



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

**“MEJORAMIENTO DEL PROCESO PRODUCTIVO DE QUINUA (*Chenopodium
quinua, w*), EN EL CENTRO POSCOSECHA DE GRANOS ANDINOS
“IMBANDINO”, MAGAP-IMBABURA.”**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
AGROINDUSTRIAL**

Autor: JORGE ANDRÉS ALMEIDA ANDRADE

Director: Ing. Marcelo Vacas. MBA

Ibarra, 2015



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

**“MEJORAMIENTO DEL PROCESO PRODUCTIVO DE QUINUA (*Chenopodium
quinua*, w), EN EL CENTRO POSCOSECHA DE GRANOS ANDINOS
“IMBANDINO”, MAGAP-IMBABURA.”**

Tesis revisada por los miembros del tribunal, por lo cual se autoriza su presentación
como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

APROBADA:

Ing. Marcelo Vacas. MBA.

DIRECTOR DE TESIS

Dra. Lucía Yépez. Msc.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Jimmy Cuarán. MIA.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Ernesto Terán

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

FIRMA

FIRMA

FIRMA

FIRMA

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 07 días del mes de Abril de 2015

EL AUTOR:



Almeida Andrade Jorge Andrés

ACEPTACION:



ING. BETHY CHAVEZ
JEFE DE BIBLIOTECA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

3. IDENTIFICACION DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO

CÉDULA DE IDENTIDAD:	100329294-1		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Almeida Andrade Jorge Andrés		
DIRECCIÓN:	Ibarra, Calle Cuicocha #2-30 y Cunro		
EMAIL:	Andr66s@live.com		
TELÉFONO FIJO:	062 580 066	TELÉFONO MÓVIL:	0987727534

DATOS DE LA OBRA

TÍTULO:	MEJORAMIENTO DEL PROCESO PRODUCTIVO DE QUINUA (<i>Chenopodium quinoa</i> , w), EN EL CENTRO POSCOSECHA DE GRANOS ANDINOS "IMBANDINO", MAGAP-IMBABURA.
----------------	--

AUTOR:	Almeida Andrade Jorge Andrés
---------------	------------------------------

FECHA:	2015/04/07
---------------	------------

SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO

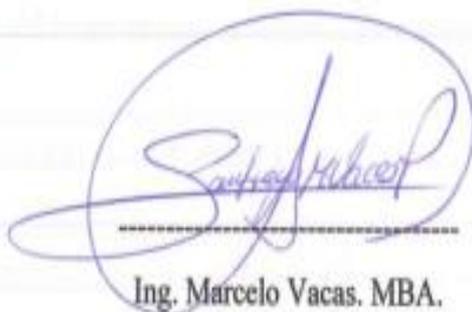
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO	<input type="checkbox"/> POSTGRADO
------------------	--	------------------------------------

TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Agroindustrial
--------------------------------	--------------------------

ASESOR / DIRECTOR:	Ing. Marcelo Vacas. MBA
---------------------------	-------------------------

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Jorge Andrés Almeida Andrade, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in blue ink, enclosed within a blue circular stamp. The signature is stylized and appears to read 'Marcelo Vacas'. Below the signature is a horizontal dashed line.

Ing. Marcelo Vacas. MBA.

DIRECTOR DE TESIS

DECLARACIÓN

Manifiesto que la presente obra es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto es original y que soy el titular de los derechos patrimoniales; por lo que asumo la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldré en defensa de la Universidad Técnica del Norte en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 07 días del mes de Abril de 2015



Jorge Andrés Almeida Andrade

**CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A
FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, Jorge Andrés Almeida Andrade, con cédula de identidad Nro. 100329294-1, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado: **“MEJORAMIENTO DEL PROCESO PRODUCTIVO DE QUINUA (*Chenopodium quinua*, w), EN EL CENTRO POSCOSECHA DE GRANOS ANDINOS “IMBANDINO”, MAGAP-IMBABURA.”**, que ha sido desarrollado para optar por el título de: **INGENIERO AGROINDUSTRIAL** en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 07 días del mes de Abril de 2015



Jorge Andrés Almeida Andrade

DEDICATORIA

Agradezco principalmente a la Universidad Técnica del Norte, mi querida alma máter, la cual me abrió sus puertas, he hizo posible la realización de esta meta.

A los representantes del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca – Imbabura, por darme apertura para el desarrollo de mi trabajo de grado en las instalaciones del Centro Poscosecha de Granos Andinos “IMBANDINO”

Finalmente agradezco a mis maestros, amigos, amigas, compañeros de trabajo, familiares y a todas las personas que de una u otra forma aportaron para la realización de este trabajo.

AGRADECIMIENTO

Este trabajo se lo dedico a mi amada madre, Marcia del Rocío Andrade Morillo, por su apoyo incondicional día tras día, por ser mi fuerza, mi razón de ser y por mostrarme que

Dios existe a través de sus ojos.

A mi padre, Jorge Eduardo Almeida Velastegui, gracias por tu ejemplo y sacrificio, heme

aquí, con este enorme regalo que es la educación.

A mis hermanos Rodney (el gordo), Kevin (negrito de la salsa) y Miley (mi enana bella),

los quiero con todo mi ser y agradezco infinitamente el privilegio de ser su hermano.

Jorge Andrés Almeida

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	TEMA:.....	1
1.2	PROBLEMA	1
1.3	JUSTIFICACIÓN.....	3
1.4	OBJETIVOS.....	4
1.4.1	OBJETIVO GENERAL.....	4
1.4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
2	MARCO TEÓRICO	5
2.1	LA QUINUA (<i>Chenopodium quinoa, w</i>).....	5
2.1.1	DESCRIPCIÓN BOTÁNICA.....	6
2.1.2	VALOR NUTRITIVO	10
2.1.3	SAPONINAS	11
2.1.4	OPERACIONES POSCOSECHA.....	16
2.2	PROCESO PRODUCTIVO	26
2.2.1	LAS CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO.....	26
2.2.2	EFFECTIVIDAD DEL PROCESO	27
2.2.3	MODERNIZACIÓN DEL PROCESO.....	27
2.2.4	MEJORAMIENTO CONTINUO	28
2.2.5	LA PRODUCTIVIDAD	28
2.2.6	ANÁLISIS Y DISEÑO DEL PROCESO.....	29
3	MATERIALES Y MÉTODOS	31
3.1	CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	31
3.1.1	MATERIALES Y EQUIPOS	31
3.1.2	METODOLOGÍA.....	32
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	35
4.1	DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE PROCESO PARA LOS EQUIPOS UTILIZADOS EN EL PROCESAMIENTO AGROINDUSTRIAL DE LA QUINUA.....	35
4.2	DESARROLLO DEL BALANCE DE MASAS GENERAL DEL PROCESO POSCOSECHA	36

4.3 MONITOREO DEL PORCENTAJE DE EXTRACCIÓN DE SAPONINAS LUEGO DE LOS PROCESOS DE DESAPONIFICACIÓN	46
4.4 DETERMINACIÓN DE DEMORAS A TRAVÉS DEL PROCESO POSCOSECHA	46
4.5 DETERMINACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS EN EL PROCESAMIENTO AGROINDUSTRIAL DE LA QUINUA.....	53
4.6 DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS EN EL PROCESAMIENTO AGROINDUSTRIAL DE LA QUINUA.....	60
4.7 DIMENSIONAMIENTO DEL ESPACIO FÍSICO DEL CENTRO POSCOSECHA Y SU DISTRIBUCIÓN	65
5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	68
5.1 CONCLUSIONES.....	68
5.2 RECOMENDACIONES	69
BIBLIOGRAFÍA	71
BIBLIOGRAFÍA DE TEXTO	71
ANEXOS	74

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. LA QUINUA (<i>CHENOPODIUM QUINUA</i> , W)	5
FIGURA 2 PERIGONIO EN ESTADO TIERNO Y SECO, ENVOLVIENDO A LA SEMILLA DE QUINUA..	8
FIGURA 3 SEMILLA Y PARTES DEL FRUTO DE LA QUINUA (DIBUJO TOMADO DE GANDARILLAS, H., 1979, LA QUINUA Y LA KAÑIWA).....	9
FIGURA 4 EMBRIÓN DE LA QUINUA	9
FIGURA 5 COMPOSICIÓN FÍSICA Y PARTES EXTERNAS DE LA SEMILLA DE QUINUA	10
FIGURA 6 POLVILLO CON SAPONINA OBTENIDA EN EL PROCESO DE ESCARIFICADO EN EL CENTRO POSCOSECHA DE GRANOS ANDINOS “IMBANDINO”	11
FIGURA 7 ESCARIFICADORA DISEÑADA Y CONSTRUIDA POR TORRES Y MINAYA, EN 1980 ...	20
FIGURA 8 COMPOSICIÓN DEL POLVO EN EL CLASIFICADO (CLASIFICADO ACTUAL).....	38
FIGURA 9 COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS DEL CICLÓN (CLASIFICADO ACTUAL).....	38
FIGURA 10 GRÁFICO COMPARATIVO DE RENDIMIENTOS DEL CLASIFICADO. INICIAL VS. ACTUAL	40

FIGURA 11 PORCENTAJES PROMEDIO DEL PROCESO DE DESAPONIFICADO SECO (ESCARIFICADO)	40
.....	
FIGURA 12 COMPOSICIÓN DEL POLVO DE ESCARIFICADO.....	41
FIGURA 13 PORCENTAJES PROMEDIO DEL PROCESO DE CEPILLADO.....	41
FIGURA 14 COMPOSICIÓN DEL POLVO DE CEPILLADO	42
FIGURA 15 BALANCE DE MASAS GENERAL DEL PROCESO POSCOSECHA DE QUINUA POR EL MÉTODO DE DESAPONIFICADO SECO	43
FIGURA 16 BALANCE DE MASAS GENERAL DEL PROCESO POSCOSECHA DE QUINUA POR EL MÉTODO DE DESAPONIFICADO HÚMEDO	44
FIGURA 17 BALANCE DE MASAS GENERAL DEL PROCESO POSCOSECHA DE QUINUA POR EL MÉTODO DE DESAPONIFICADO COMBINADO.....	45
FIGURA 18 MODELO EXPLICATIVO PARA LA INTERPRETACIÓN DE LOS DIAGRAMAS GANTT .	49
FIGURA 19 CUADRO DE TAREAS DEL DESAPONIFICADO POR VÍA SECA. (235 MINUTOS)	50
FIGURA 20 DIAGRAMA DE GANTT DEL DESAPONIFICADO POR VÍA SECA. (235 MINUTOS)	50
FIGURA 21 CUADRO DE TAREAS DEL DESAPONIFICADO POR VÍA HÚMEDA. (723,5 MINUTOS)	51
FIGURA 22 DIAGRAMA DE GANTT DEL DESAPONIFICADO POR VÍA HÚMEDA. (723,5 MINUTOS)	51
.....	
FIGURA 23 CUADRO DE TAREAS DEL DESAPONIFICADO POR EL MÉTODO COMBINADO. (710,9 MINUTOS).....	52
FIGURA 24 DIAGRAMA DE GANTT DEL DESAPONIFICADO POR EL MÉTODO COMBINADO. (710,9 MINUTOS).....	52
FIGURA 25 PORCENTAJE DE PARTICIPACIÓN DE LOS INSUMOS Y MATERIAS PRIMAS EN EL COSTO TOTAL DEL TRATAMIENTO POSCOSECHA	60
FIGURA 26 COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD DE PROCESAMIENTO ANUAL DE QUINUA VS. LA META ESTABLECIDA PARA EL AÑO 2014 EN IMBANDINO.....	62
FIGURA 27 CÁLCULO DE PÉRDIDAS ECONÓMICAS DEL CENTRO POSCOSECHA.....	63
FIGURA 28 ESTADÍSTICA DE PROCESAMIENTO DE QUINUA EN IMBANDINO AÑO 2014	64
FIGURA 29 DISTRIBUCIÓN DE LAS ÁREAS DEL CENTRO POSCOSECHA. (PLANO - VISTA SUPERIOR)	65
FIGURA 30 DISEÑO Y FLUJO DE TRABAJO ACTUAL DEL CENTRO POSCOSECHA	66
FIGURA 31 DISEÑO Y FLUJO DE TRABAJO PROPUESTO PARA EL CENTRO POSCOSECHA	67
FIGURA 32 PROCESO POSCOSECHA PARA LA OBTENCIÓN DE QUINUA PERLADA PROPUESTO .	75
FIGURA 33 DESAPONIFICADO POR EL MÉTODO HÚMEDO (LAVADO)	76

FIGURA 34 DESAPONIFICADO MÉTODO COMBINADO (ESCARIFICADO-LAVADO)	77
FIGURA 35 FLUJO DE TRABAJO PARA OBTENCIÓN DE QUINUA PERLADA	79
FIGURA 36 PANOJA DE QUINUA	79
FIGURA 37 FACHADA CENTRO POSCOSECHA	79
FIGURA 38 BODEGA DE ALMACENAMIENTO.....	80
FIGURA 39 SECADO DE QUINUA POR EXTENDIDO	80
FIGURA 40 GRANOS DE QUINUA TRILLADA.....	80
FIGURA 41 MEDIDOR DE HUMEDAD DE GRANOS AGRATRONIX (MT-PRO)	80
FIGURA 42 MÁQUINA CLASIFICADORA	80
FIGURA 43 DISTRIBUCIÓN DE LA CLASIFICADORA PARA LOS DISTINTOS GRADOS DE QUINUA.....	80
FIGURA 44 PRODUCTORES REALIZANDO EL PROCESO DE CLASIFICADO	80
FIGURA 45 QUINUA CLASIFICADA DE 1º GRADO	80
FIGURA 46 MÁQUINA ESCARIFICADORA	81
FIGURA 47 VISTA INTERNA DEL TAMBOR DE LA ESCARIFICADORA	81
FIGURA 48 TANQUE DE LAVADO.....	81
FIGURA 49 CARGA DE LA QUINUA AL TANQUE DE LAVADO	81
FIGURA 50 RECIRCULACIÓN DE LA QUINUA EN EL TANQUE DE LAVADO CON LA AYUDA DE UNA BOMBA	81
FIGURA 51 RECOLECCIÓN MANUAL DE LAS IMPUREZAS	81
FIGURA 52 DESCARGA DE QUINUA LAVADA A LA CANASTILLA DE ESCURRIDO.....	81
FIGURA 53 CANASTILLA DE ESCURRIDO	81
FIGURA 54 LAVADO MANUAL DEL GRANO DE QUINUA	82
FIGURA 55 CENTRÍFUGAS UNO Y DOS	82
FIGURA 56 CARGA DE QUINUA CENTRÍFUGAS.....	82
FIGURA 57 QUINUA LUEGO DEL PROCESO DE CENTRIFUGADO	82
FIGURA 58 CARGA DE QUINUA CENTRIFUGADA A LA PLANCHA DE SECADO.....	82
FIGURA 59 HOMOGENIZACIÓN DE LA CAPA DE QUINUA EN LA PLANCHA DE SECADO.....	82
FIGURA 60 DESPERDICIO GENERADO POR ABERTURAS EN LA PLANCHA DE SECADO	82
FIGURA 61 MEDICIÓN DE HUMEDAD DEL GRANO. (ETAPA FINAL DEL SECADO)	82
FIGURA 62 MÁQUINA CEPILLADORA	83
FIGURA 63 QUINUA CEPILLADA.....	83
FIGURA 64 BALANZA INFRARROJA. (PROPIEDAD UTN).....	83
FIGURA 65 BALANZA ANALÍTICA. (PROPIEDAD UTN).....	83

FIGURA 66 ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE SAPONINAS PARA QUINUA ESCARIFICADA (1° TUBO), QUINUA LAVADA (2° TUBO), QUINUA TRILLADA (3° TUBO).....	83
FIGURA 67 ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE SAPONINAS PARA QUINUA ESCARIFICADA (1° TUBO), QUINUA LAVADA (2° TUBO), QUINUA TRILLADA (3° TUBO).....	83

ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1 CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE PESO POR SECADO.	25
ECUACIÓN 2 PRODUCTIVIDAD DE UN SOLO FACTOR.	29
ECUACIÓN 3 PRODUCTIVIDAD DE MÚLTIPLES FACTORES.	29
ECUACIÓN 4 PRODUCTIVIDAD DE MÚLTIPLES FACTORES.	33
ECUACIÓN 5 DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS.	60

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 CAPACIDAD ACTUAL DE PROCESO DEL CENTRO POSCOSECHA.	35
TABLA 2 CAPACIDAD DE PROCESO DEL CENTRO POSCOSECHA (SIN DEMORAS).....	36
TABLA 3 BALANCE DE MASAS PARA EL PROCESO INICIAL DE CLASIFICADO.	36
TABLA 4 BALANCE DE MASAS PARA EL PROCESO DE CLASIFICADO SIN RECUPERACIÓN DE QUINUA.	37
TABLA 5 TAMAÑO NOMINAL DE ABERTURA DE MALLAS DE ALAMBRE UTILIZADAS EN EL PROCESO ACTUAL DE CLASIFICADO.	37
TABLA 6 BALANCE DE MASAS DEL PROCESO ACTUAL DE CLASIFICADO DE QUINUA.....	39
TABLA 7 TABLA COMPARATIVA DE RESULTADOS MÁQUINA CLIPPER SUPER, MODELO X29D VS CLASIFICADORA IMBANDINO.	39
TABLA 8 RESULTADOS DEL MONITOREO DE SAPONINAS DE QUINUA.....	46
TABLA 9 DEMORAS EN EL PROCESO POSCOSECHA DE LA QUINUA.	47
TABLA 10 DIAGRAMA DE PROCESO PARA EL TRATAMIENTO POSCOSECHA DE QUINUA.	48
TABLA 11 COSTOS POR CONSUMO DE AGUA.	53
TABLA 12 CARGOS TARIFARIOS ÚNICOS PARA EMPRESAS ELÉCTRICAS ECUATORIANAS.	54
TABLA 13 POTENCIA ELÉCTRICA DE LOS EQUIPOS DEL CENTRO POSCOSECHA.	54
TABLA 14 REPORTE DE PRECIOS DE QUINUA EN BODEGAS COMERCIALES.	54
TABLA 15 PRODUCTIVIDAD DE LOS EQUIPOS DEL CENTRO POSCOSECHA	56
TABLA 16 PRODUCTIVIDAD INICIAL POR EL MÉTODO DE DESAPONIFICADO SECO.	57

TABLA 17 PRODUCTIVIDAD ACTUAL POR EL MÉTODO DE DESAPONIFICADO SECO.	57
TABLA 18 PRODUCTIVIDAD INICIAL POR EL MÉTODO DE DESAPONIFICADO HÚMEDO.....	58
TABLA 19 PRODUCTIVIDAD ACTUAL POR EL MÉTODO DE DESAPONIFICADO HÚMEDO.	58
TABLA 20 PRODUCTIVIDAD INICIAL POR EL MÉTODO DE DESAPONIFICADO COMBINADO.....	59
TABLA 21 PRODUCTIVIDAD ACTUAL POR EL MÉTODO DE DESAPONIFICADO COMBINADO.....	59
TABLA 22 TIEMPO PLANIFICADO DE OPERACIÓN DE LOS EQUIPOS DEL CENTRO POSCOSECHA.	61
TABLA 23 TIEMPO DE OPERACIÓN REAL DE LOS EQUIPOS DEL CENTRO POSCOSECHA.	61
TABLA 24 CÁLCULO DE LA CAPACIDAD ANUAL DE PROCESAMIENTO POSCOSECHA DE QUINUA POR EL MÉTODO DE DESAPONIFICADO POR VÍA HÚMEDA.	62
TABLA 25 VALORES PARA EL CÁLCULO DE PÉRDIDAS ECONÓMICAS EN IMBANDINO.....	63

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A	75
ANEXO B.....	79
ANEXO C.....	79
ANEXO D	84
ANEXO E.....	85
ANEXO F.....	86
ANEXO G	88
ANEXO H	91

RESUMEN

El presente trabajo analizó la situación inicial de los procesos del Centro Poscosecha de Granos Andinos “IMBANDINO”, mismo que se encuentra ubicado en los predios del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca de Imbabura; el objetivo del estudio fue el mejoramiento del proceso productivo mediante la implementación de las acciones de mejora.

Para el análisis se utilizó la información recolectada durante la fase de diagnóstico, dando lugar a observaciones y oportunidades de mejora, enfocadas en la obtención de granos de quinua de acuerdo a las normativas técnicas ecuatorianas vigentes.

Los puntos revisados fueron: capacidades de proceso, balance de materiales, contenidos de saponinas, determinación de demoras, productividad por equipos y métodos de desaponificado, disponibilidad de equipos, dimensionamiento del espacio físico y su distribución; con lo cual se pudo determinar cuellos de botella, rendimientos y porcentaje de desperdicios, eficiencia de los procesos de desaponificado; dando como resultado, porcentajes de saponina menores al 0,10%, niveles aceptables para el consumo humano; demoras significativas que se constituyen en transporte y carga del grano a los equipos y lavado manual, pérdidas económicas, diseño y flujo de trabajo propuesto. Como resultado la cantidad y calidad del producto obtenido del proceso de clasificado aumentó en 68,80% para quinua de primer grado, 2,32% para quinua de tercer grado y una reducción de 58,81% para quinua de segundo grado; siendo el método de desaponificado húmedo el más productivo.

Los productores de quinua que utilizan los servicios poscosecha de IMBANDINO, se beneficiaron con los resultados mediante la reducción de pérdidas de producto.

SUMMARY

This work analyzed the initial situation of the “Centro Poscosecha de Granos Andinos IMBANDINO” processes, which is located in the property of the “Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca” of Imbabura; the objective of the investigation was the improvement of the production process through the implementation of improvement measures.

For the analysis, the information gathered during the diagnostic phase, was used to comment and increase opportunities, focusing primarily on obtaining grains of quinoa according to the Ecuadorian technical regulations in force.

The analyzed points were: capacity of the process, balance of materials, saponins contents, determination of delays, productivity by machines and desaponificado methods, machines availability, measuring of physical space and its distribution; which determined bottlenecks, yields and percentage of waste, efficiency of desaponificado processes; giving as result, lower percentages of saponin, it is 0,10%, acceptable levels for human consumption; significant delays are by transportation and freight of the grain to the machines and wash by hand, economic losses, desing and proposed workflow. As a result, the quantity and quality of the obtained product from the process to classified increase 68,80% for quinoa from first grade, 2,32% for quinoa from third grade and a reduction of 58.81% for quinoa of second grade; the humid method of desaponificado was the most productive.

Quinoa producers, who use the services of postharvest of “IMBANDINO”, were benefit with the results through the reduction of product losses.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 TEMA:

“MEJORAMIENTO DEL PROCESO PRODUCTIVO DE QUINUA (*Chenopodium quinoa*, w), EN EL CENTRO POSCOSECHA DE GRANOS ANDINOS “IMBANDINO”, MAGAP-IMBABURA.”

1.2 PROBLEMA

El Centro Poscosecha De Granos Andinos “IMBANDINO” en la actualidad se encuentra prestando los servicios a pequeños y medianos productores de quinua y productores de otros granos.

Sin embargo, esta agroindustria que se encuentra instalada en los predios del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca de Imbabura, carece de estudios previos a su instalación, lo cual produjo que el centro poscosecha no funcione eficientemente, la ingeniería aplicada no sea la adecuada, no exista control sobre los procesos ni se conozca verdaderamente la interacción entre estos.

La falta de ingeniería del proyecto no permite conocer la capacidad instalada, la calidad final del producto, porcentaje de disponibilidad de la maquinaria, porcentajes de desperdicio, rendimientos, costos y cantidad de insumos y materiales necesarios para el proceso poscosecha, factores técnicos que inciden directamente en la eficiencia del procesamiento y en la calidad del producto final.

La unidad no dispone de bodegas para un correcto almacenamiento de materia prima, producto terminado o subproducto; además de no existir datos precisos del porcentaje de extracción de saponina durante el proceso de escarificado que demuestren su idoneidad para el consumo humano; el diseño de construcción de equipos utilizados es ineficiente.

En la planta procesadora, no se ha destinado un espacio con el instrumental necesario, para así poder realizar controles básicos de calidad de materia prima, proceso y producto terminado, y así, asegurar a los clientes la calidad del producto final.

El personal técnico que labora en la planta, no maneja registros de control durante el procesamiento de quinua, por lo que no es posible contar con un balance de materiales de cada operación efectuada.

1.3 JUSTIFICACIÓN

El año 2013 fue considerado el **Año Internacional de la Quinua**, y al ser el Ecuador uno de los países que integran la vicepresidencia del Comité Internacional del AIQ (Año Internacional de la Quinua) y con un gran potencial para su producción, la FAO, instituciones públicas, organizaciones no gubernamentales y privadas relacionadas con el cultivo de quinua, potenciaron a los pequeños agricultores y asociaciones al cultivo de la quinua, con el fin de elevar la producción de alimentos de calidad para alimentar a la población del planeta en un contexto de cambio climático.

El Centro Poscosecha de Granos Andinos “IMBANDINO” al formar parte del MAGAP-I y al prestar servicio a los pequeños agricultores debe tener como prioridad ofrecer procesos eficientes, preocupándose por minimizar los recursos utilizados, obteniendo productos de calidad que estén de acuerdo a normativas nacionales y de esta manera satisfacer las necesidades de sus clientes.

IMBANDINO, según detallan sus antecedentes, ha sido y seguirá siendo destinado al procesamiento de quinua, debido a las diferentes actividades programadas concernientes a su cultivo, por lo que es necesario una investigación que permita implementar un manejo poscosecha adecuado. El conocer, gestionar y controlar los procesos inherentes a la poscosecha de la quinua permitió tener el enfoque correcto para aumentar la productividad, reducir las ineficiencias, el uso excesivo de recursos, obtener la retroalimentación adecuada para la mejora continua y hacer efectivos a los procesos generando los resultados deseados.

La presente investigación, beneficiará a los pequeños y medianos productores de la provincia de Imbabura, además también de los consumidores finales, quienes verán reflejado los resultados con un mayor poder adquisitivo del producto, contribuyendo así a la seguridad alimentaria; la reducción de costos en procesamiento agroindustrial y el incremento de la calidad final.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Mejorar el proceso productivo de quinua (*Chenopodium quinua*, w), aplicado en el centro poscosecha de granos andinos “IMBANDINO” MAGAP-Imbabura.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Determinar la capacidad de proceso para los equipos utilizados en el procesamiento agroindustrial de la quinua.
- ✓ Desarrollar un balance de masas general del proceso poscosecha.
- ✓ Monitorear el porcentaje de extracción de saponinas luego de los procesos de desaponificado.
- ✓ Determinar las demoras a través de los procesos de poscosecha.
- ✓ Determinar la productividad de los equipos utilizados en el procesamiento agroindustrial de la quinua.
- ✓ Determinar el porcentaje de disponibilidad de los equipos utilizados en el procesamiento agroindustrial de la quinua.
- ✓ Calcular el espacio físico del centro poscosecha y su distribución para plantear la ubicación más adecuada de la maquinaria.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 LA QUINUA (*Chenopodium quinua*, w)

La quinua, una planta andina, muestra la mayor distribución de formas, diversidad de genotipos y de progenitores silvestres, en los alrededores del lago Titicaca de Perú y Bolivia, encontrándose la mayor diversidad entre Potosí - Bolivia y Sicuani (Cusco) Perú. En la actualidad tiene distribución mundial: en América, desde Norteamérica y Canadá, hasta Chiloé en Chile; en Europa, Asia y el África, obteniendo resultados aceptables en cuanto a producción y adaptación (Mujica, Jacobsen, Izquierdo, & Marathee, 2001).

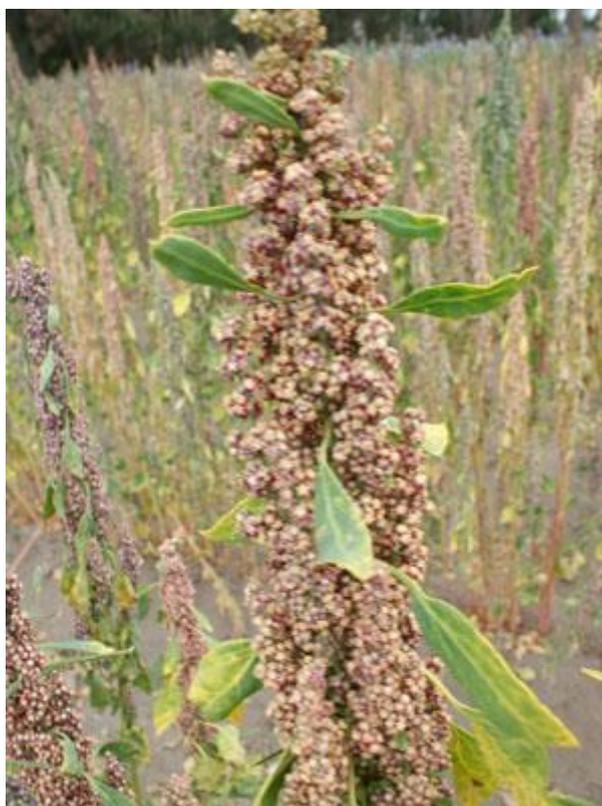


Figura 1. LA QUINUA (*Chenopodium quinua*, w)

Es el único alimento vegetal que posee todos los aminoácidos esenciales, oligoelementos y vitaminas y no contiene gluten. Los aminoácidos esenciales se encuentran en el núcleo del grano, a diferencia de otros cereales que los tienen en el exosperma o cáscara, como el arroz o trigo. Tiene una extraordinaria adaptabilidad a diferentes pisos agroecológicos. Puede crecer con humedades relativas desde 40% hasta 88%, y soporta temperaturas desde -4°C hasta 38°C. Es una planta eficiente en el uso de agua, es tolerante y resistente a la falta de

humedad del suelo, y permite producciones aceptables con precipitaciones de 100 a 200 mm. En 1996 la quinua fue catalogada por la FAO como uno de los cultivos promisorios de la humanidad, no sólo por sus grandes propiedades benéficas y por sus múltiples usos, sino también por considerarla como una alternativa para solucionar los graves problemas de nutrición humana. La NASA también la incluyó dentro del sistema CELLS (en español: Sistema Ecológico de Apoyo de Vida Controlado) para equipar sus cohetes en los viajes espaciales de larga duración, por ser un alimento de composición nutritiva excelente como alternativa para solucionar los problemas de insuficiente ingesta de proteínas. Existen varios productos derivados de la quinua, como insuflados, harinas, fideos, hojuelas, granolas, barras energéticas, etc.; sin embargo están en proceso de ser explotados otros productos más elaborados o cuya producción requiere del uso de tecnologías más avanzadas, como es el caso de la extracción de aceite de quinua, el almidón, la saponina, colorantes de las hojas y semillas, concentrados proteicos, etc. Estos productos son considerados el potencial económico de la quinua por darle uso a características no sólo nutritivas sino fisicoquímicas, que abarcan más allá de la industria alimentaria y ofrecen productos a la industria química, cosmética y farmacéutica (Fundación Promoción e Investigación de Productos Andinos, 2011).

2.1.1 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

2.1.1.1 Las variedades

2.1.1.1.1 Variedades criollas

Las variedades criollas son aquellas variedades que el agricultor ya cultivó por mucho tiempo. Como este material permanentemente está sometido a la presión y selección del medio ambiente, se encuentran bien adaptadas al lugar de cultivo. Debido a los cruzamientos naturales que ocurren por acción de los insectos, viento, agua, estas variedades son muy heterogéneas, se caracterizan por tener granos pequeños y con una coloración oscura, generalmente son amargas, lo que implica los altos contenidos de saponina (De la Roche, 2005).

2.1.1.1.2 Variedades mejoradas

Las variedades mejoradas son el resultado de un fitomejoramiento sistemático, usando muchas veces como material de partida las variedades criollas. Las variedades mejoradas son más homogéneas (De la Roche, 2005).

En 1986, se crea el Programa de Cultivos Andinos y en agosto de este mismo año se liberan las primeras variedades mejoradas de quinua amarga: INIAP Cochasqui e INIAP Imbaya (Nieto, C., Peralta, E., Castillo, R.).

En 1992, se liberan las variedades INIAP Tunkahuan e INIAP Ingapirca de bajo contenido de saponina. En el 2007, mediante procesos de investigación participativa, el PRONALEGGA libera la variedad de quinua INIAP Pata de Venado o Taruka Chaki (Peralta E. , 2009-2011).

De las cinco variedades liberadas solo está vigente INIAP Tunkahuan e INIAP Pata de Venado hasta la fecha, las otras desaparecieron o se mezclaron con variedades criollas (Peralta E. , 2009-2011).

2.1.1.2 Semilla

Constituye el fruto maduro sin el perigonio, es de forma lenticular, elipsoidal, cónica o esferoidal, presentando tres partes bien definidas que son:

- ✓ Episperma.
- ✓ Embrión.
- ✓ Perisperma.

Episperma: en ella se ubica la saponina que le da el sabor amargo al grano y cuya adherencia a la semilla es variable con los genotipos (Villacorta y Talavera, 1976).

Embrión: está formado por dos cotiledones y la radícula y constituye el 30% del volumen total de la semilla, el cual envuelve al perisperma como un anillo, con una curvatura de 320°, es de color amarillo, mide 3,54 mm. de longitud y 0,36 mm. de ancho (Carrillo, 1992), en algunos casos alcanza una longitud de 8,2 mm. y ocupa 34% de toda la semilla y con cierta

frecuencia se encuentran tres cotiledones (Gallardo et al., 1997). En forma excepcional a otras semillas, en ella se encuentra la mayor cantidad de proteína, que alcanza del 35 al 40%, mientras que en el perisperma solo del 6,3 al 8,3% de la proteína total del grano (Ayala, 1997).

Perisperma: es el principal tejido de almacenamiento y está constituido principalmente por granos de almidón, es de color blanquecino y representa prácticamente el 60% de la superficie de la semilla (Mujica, Jacobsen, Izquierdo, & Marathee, 2001).

2.1.1.3 Fruto

Es un aquenio, tiene forma cilíndrica- lenticular, levemente ensanchado hacia el centro. Está constituido por el perigonio que envuelve a la semilla por completo, y contiene una sola semilla, de coloración variable con diámetro de 1.4 a 4 mm., la cual se desprende con facilidad a la madurez, el contenido de humedad de fruto a la cosecha debe ser de 14,5% (Gallardo et al., 1997).

El color del fruto está dado por el del perigonio y se asocia directamente con el de la planta, de donde resulta que puede ser verde, púrpura o rojo **Figura 2**. El pericarpio del fruto que está pegado a la semilla, presenta alveolos y en algunas variedades se puede separar fácilmente. Pegada al pericarpio se encuentra la saponina, que le transfiere el sabor amargo, en el caso de variedades amargas. La semilla está envuelta por el episperma en forma de una membrana delgada **Figura 3** (Peralta E. , 2010).



Figura 2 Perigonio en estado tierno y seco, envolviendo a la semilla de quinua
Fuente: (Peralta E. , 2010)

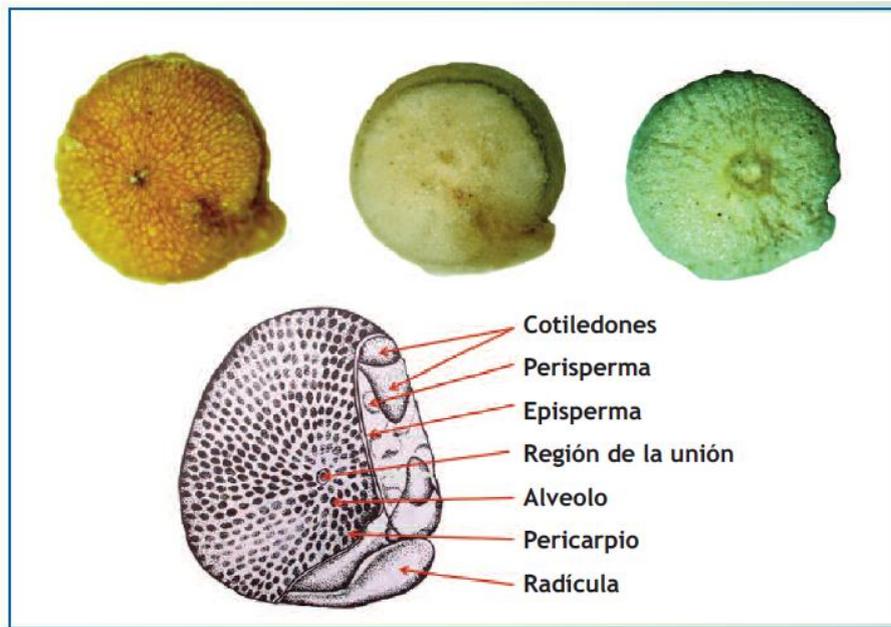


Figura 3 Semilla y partes del fruto de la quinua (Dibujo tomado de Gandarillas, H., 1979, La Quinua y la Kañiwa)

Fuente: (Peralta E. , 2010)

El embrión está formado por los cotiledones y la radícula, y constituye la mayor parte de la semilla que envuelve al perisperma como un anillo. El perisperma es almidonoso y normalmente de color blanco **Figura 4** (Peralta E. , 2010).

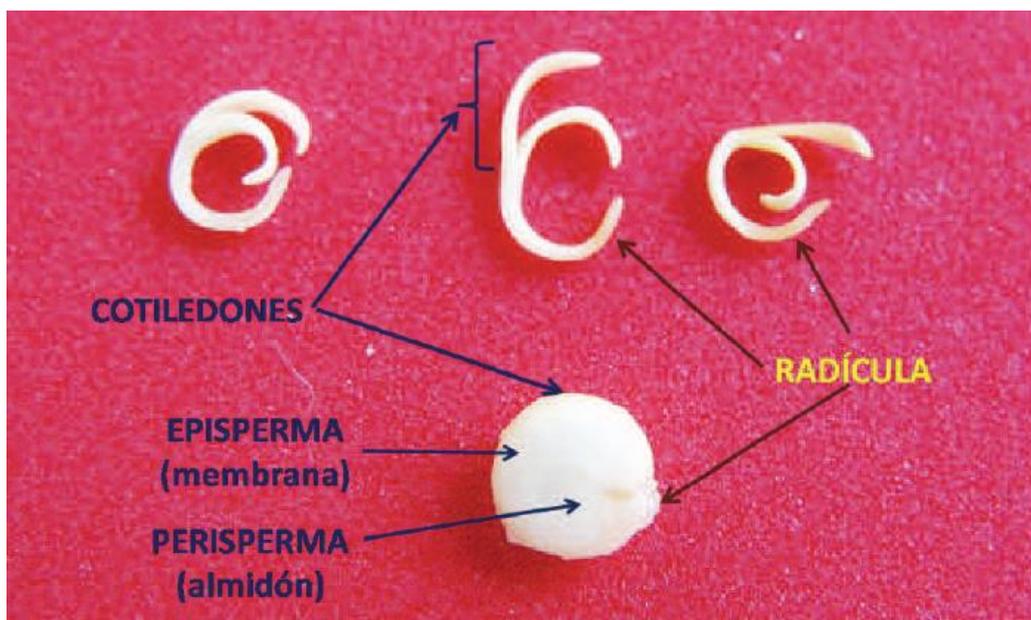


Figura 4 Embrión de la quinua

Fuente: (Peralta E. , 2010)

Calculado en base a la materia seca, se estima que el embrión en la quinua (cotiledones y radícula) equivale al 60% y el 40% el perisperma y episperma **Figura 5** (Peralta E. , 2010).

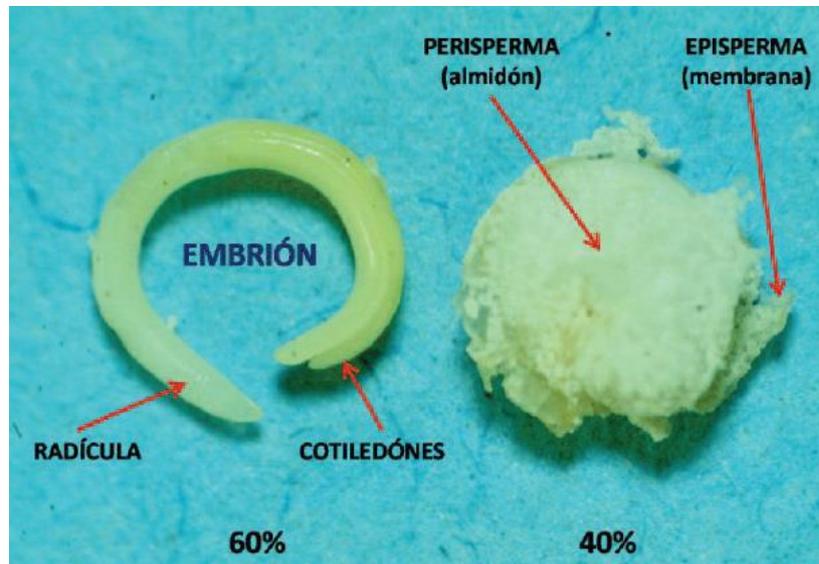


Figura 5 Composición física y partes externas de la semilla de quinua
Fuente: (Peralta E. , 2010)

2.1.2 VALOR NUTRITIVO

Existen alimentos con un alto contenido de proteínas, por ejemplo, la soya, el chocho, etc., pero la quinua supera a aquellos de consumo masivo como son: trigo, arroz, maíz, cebada y es comparable con algunos de origen animal: carne, leche, huevo, pescado.

Pero el verdadero valor de la quinua se encuentra en la calidad de la proteína, es decir, en la presencia de un buen balance de aminoácidos esenciales, como son: lisina, metionina y triptófano especialmente. La cantidad de proteína puede variar entre 14 y 20%. Además posee excelentes cantidades de minerales como: calcio, hierro y fósforo y algunas vitaminas (Peralta E. , 1985).

2.1.3 SAPONINAS



Figura 6 Polvillo con saponina obtenida en el proceso de escarificado en el centro poscosecha de granos andinos "IMBANDINO"

Las saponinas son compuestos glicósidos del tipo esterol o triterpenoide, que se encuentra en unos 500 géneros de plantas que pertenecen a más de 90 familias (Basu y Rastogi, 1967; Chandel y Rastogi, 1980). Las plantas pueden contener saponinas en cada una de sus diferentes partes o pueden mostrar partes libres de ellas (Koziol, 2011).

Las saponinas son compuestos tóxicos, cuya toxicidad depende del tipo de saponina, el organismo receptor y su sensibilidad y el método de absorción. La dosis letal por ingestión oral puede ser 3 a 1.000 veces más alta que por inyección intravenosa (George, 1965).

En roedores, la dosis letal varía entre 1,9 a 6.000 mg/kg peso corporal (George, 1965), es decir que algunas saponinas son casi 3.000 veces más tóxicas que otras. Están por estudiarse los efectos tóxicos de las saponinas de la quinua, hasta hoy desconocidos.

Burnouf-Radesovich *et al.* (1985) identificaron nueve agluconas del tipo triterpenoide en la quinua: alfa-amirina, beta-amirina, eritrodíol, ácido oleanólico, ácido ursólico, ácido equinocístico, hederagenina, gipsogenina y ácido queretaroico, de las cuales, el ácido oleanólico y la hederagenina presentaron las cantidades mayores, pero también falta información sobre los residuos glicósidos que se enlazan con estas agluconas triterpenoides

en la quinua, que interfiere en el cálculo de los pesos moleculares de las saponinas respectivas (Koziol, 2011).

Luego de una investigación sobre los contenidos de las saponinas en algunos comestibles, se reportaron reducciones en los niveles de colesterol en el plasma sanguíneo humano cuando se comieron garbanzo, lentejas y judías (Oakenfull, 1981), un efecto que se atribuyó a las saponinas.

El problema es determinar que niveles de saponinas pueden ser aceptados en los alimentos sin que su sabor amargo interfiera. Claramente, en otros alimentos se aceptan niveles de saponinas dentro del rango del 0,02 al 5%, pero no es válido suponer el mismo caso para la quinua, debido a que las saponinas con sus estructuras diferentes, pueden exhibir sensaciones diferentes del amargor y de la toxicidad (Koziol, 2011).

El sabor amargo es muy difícil de cuantificar debido a las diferentes sensibilidades de las personas. En las mezclas de harinas de quinua dulces con quinuas amargas se encontró que una mezcla que contenía sólo 0,6% de harina amarga ya fue considerada amarga por los catadores (equivalente a 0,13% de saponinas). Estos resultados demuestran que a las quinuas hay que desamargarlas antes de hacer las mezclas para uso alimenticio (Koziol, 2011).

Al remover la cáscara por el pulimento se reduce la fibra y las cenizas, mientras que hay algunas pérdidas de proteínas como consecuencia del lavado. Sin embargo, ninguno de los dos métodos tiene efectos significativamente adversos sobre la composición del grano (Koziol, 2011).

2.1.3.1 Vías para la reducción del contenido de saponinas

Hay dos caminos que pueden conducir a la disminución del contenido de saponinas en el grano de quinua para consumo humano:

- ✓ **El genético (por mejoramiento genético tradicional o por ingeniería genética).** La variedad Sajama de quinua es un ejemplo de lo que se puede lograr en cuanto a producción de quinuas de muy bajo contenido de saponinas (Bacigalupo & Tapia, 2000).

✓ **El procesamiento agroindustrial.** La opción agroindustrial debe ser priorizada por las siguientes razones:

1. Las saponinas parecen ser factores protectores de las plantas y del grano de quinua;
2. Normalmente es difícil evitar el cruzamiento entre quinuas y por ende mantener la total pureza de las variaciones de quinua de bajo contenido de saponina
3. Son mayores los daños que causan los pájaros al momento de la cosecha, al preferir alimentarse con los granos de quinua de menor contenido de saponinas
4. En todo cultivo es cada vez más conveniente reducir al máximo la utilización de plaguicidas artificiales, por motivos sanitarios.

Por todas estas razones resulta evidente que mediante la agroindustria se deben eliminar económicamente las saponinas y mejorar la aceptabilidad del grano, sin alterar su excelente valor nutritivo (Bacigalupo & Tapia, 2000).

2.1.3.2 Ensayos de reconocimiento para saponinas

Las saponinas se pueden reconocer mediante las siguientes pruebas:

- ✓ Ensayo de la espuma
- ✓ Hemólisis de glóbulos rojos
- ✓ Liebermann-Burchard
- ✓ Ensayos para carbohidratos.

2.1.3.2.1 Ensayo de la Espuma

Al agitar una solución acuosa de una muestra que sea o contenga saponinas, se forma una espuma estable como la obtenida al agitar la solución acuosa de un jabón. Puesto que existen otras sustancias que pueden formar también espuma, se debe asumir este ensayo como una prueba presuntiva de la presencia de saponinas (Martínez, 2001).

2.1.3.2.2 Ensayo de Hemólisis

Este ensayo es más confiable que el de la espuma. A una suspensión de glóbulos rojos en solución salina diluida, se añade una solución de la muestra que se presume que es o que contiene saponinas. Si los glóbulos rojos se rompen (lisan o hemolizan), se asume que la prueba es positiva. Este ensayo puede realizarse en tubo de ensayo, en cajas de Petri con agar-sangre o en cajas de Petri con gelatina-sangre. Cuando la muestra contiene taninos, deben eliminarse antes de realizar la prueba ya que la interfieren. Esto se logra por

tratamiento repetido de la muestra con óxido de magnesio, el cual forma complejos insolubles con los taninos, por lo cual es fácil eliminarlos por filtración.

Este ensayo, junto con el de la espuma, cuando ambos resultan positivos en una muestra vegetal (extracto, fracción o sustancia pura) permiten establecer que la muestra es o contiene saponinas. La sola prueba de espuma positiva no es concluyente para determinar la presencia de saponinas. Además hay sustancias que interfieren estas dos pruebas como son los taninos. Si la muestra contiene taninos, estos pueden eliminarse pues se absorben en MgO (Martínez, 2001).

2.1.3.2.3 Ensayo de Liebermann-Burchard

Por la porción esteroide que poseen las saponinas esteroides, este ensayo puede confirmar su presencia por ejemplo en muestras y extractos vegetales, tal como se indicó anteriormente para los esteroides, pero debe tenerse en cuenta que al igual que en el caso de los esteroides -y los esteroides en general- solamente dan un resultado positivo los que tengan grupos dienos conjugados reales o potenciales. Sin embargo otras saponinas como las triterpenoides también dan positiva la prueba (Martínez, 2001).

2.1.3.2.4 Ensayos para carbohidratos

La presencia de carbohidratos ligados puede reconocerse fácilmente mediante ensayos como el de Molisch, el de la Antrona, etc., o mediante análisis por cromatografía en papel, utilizando carbohidratos de referencia (Martínez, 2001).

2.1.3.3 La saponina en el consumo humano

Según Ruales y Nair (1992 a), las saponinas consisten de una a seis unidades de exosas o pentosas, unidas a una sapogenina aglicona. Las saponinas pueden tener agliconas esteroidales o triterpenoidales. Estas son capaces de producir espuma estable en soluciones acuosas, bajar el nivel de plasma del colesterol y producir hemólisis en las células sanguíneas. Un gran número de saponinas presentan sabor amargo. Las saponinas de la quinua son glucósidos triterpenoidales, localizadas en el pericarpio de las semillas y solubles en metanol y agua. Estas son tóxicas para especies acuáticas (de sangre fría), producen intoxicación a animales de sangre caliente, si se las administra intravenosamente, pero no son tóxicas si es administrada oralmente, ya que no son absorbidas por el intestino.

En quinua, se encontraron dos tipos de saponinas: saponina A: (b-D-glucopiranosil-[b-D-glucopiranosil-(1->3)-a-L-arabino-piranosil-(1->3)]-3-b-23dihidroxi-12-en-28-oatemetilester), en aproximadamente 0.7% y saponina B: (b-D-glucopiranosil [b-D-glucopiranosil-(1->3)-a-L-arabinopiranosil-(1->3)]-3-b-23-dihidroxi-olean-12-en-38-oate), en aproximadamente 0.2%; ambas en base seca (Romero, 1981; Ruales, 1992). Sin embargo Mizui *et al.*, en 1988, citados por Ruales y Nair, 1992, describieron hasta seis tipos de saponinas en la quinua (Mujica, Jacobsen, Izquierdo, & Marathee, 2001).

Bacigalupo y Tapia (1990) indican que existen varios compuestos orgánicos e inorgánicos que podrían contribuir a conferir o modificar el sabor amargo de la quinua. En algunos casos los alimentos preparados en base a quinua, podrían presentar sabores, astringentes, jabonosos, picantes o rancios, que podrían aparecer al momento de la preparación o minutos después. Entre los compuestos orgánicos detectados en la quinua se encuentran los siguientes: saponinas, sapogeninas, fracción de escualeno, terpenoides, ácidos grasos oxidados, oxalatos, y sales de magnesio. Estos mismos autores indican que durante el proceso de eliminación de saponinas de la quinua, se corre el riesgo de eliminar otros compuestos orgánicos, los que podrían ser responsables del sabor y olor característicos, los que le dan la identidad a la quinua, respecto a otros alimentos. De esta forma, estos autores se preguntan si será conveniente perfeccionar las tecnologías del desaponificado, para llegar a producir quinua exenta de sabor. Sin embargo, también hay criterios que indican que una de las ventajas comparativas de la quinua es justamente su carácter de insaboro e inodoro, características que le permiten ser un alimento acompañante, es decir que se puede combinar con casi todos los alimentos conocidos y dar el sabor que el usuario crea conveniente (Mujica, Jacobsen, Izquierdo, & Marathee, 2001).

No obstante todo lo anterior, el limitante más serio del consumo del grano de quinua es sin duda su contenido de saponinas. Según Zabaleta, citado por Bacigalupo y Tapia, (1990), el nivel máximo aceptable de saponina en la quinua para consumo humano oscila entre 0.06 y 0.12%. Esto concuerda con los resultados de pruebas sensoriales realizadas en la Universidad de Ambato, Ecuador, en donde determinó que el límite máximo de aceptación del contenido de saponina en el grano cocido, fue de 0.1% (Nieto y Soria, 1991).

2.1.4 OPERACIONES POSCOSECHA

2.1.4.1 Limpieza y clasificación de grano

La eliminación de impurezas de los granos cosechados es una práctica importante del manejo poscosecha, pues permite mejorar la calidad y presentación de los mismos, al tiempo de favorecer el almacenamiento. Las impurezas son higroscópicas y propensas al ataque de polillas, mohos y bacterias, las que aceleran el deterioro de granos almacenados. Por otro lado, la clasificación de granos, debería ser una práctica habitual del agricultor, pues permite alcanzar mejores precios y oportunidades para los granos de primera calidad, o permite disponer de semillas de calidad para garantizar el éxito de futuras plantaciones (Nieto & Valdivia, 2001).

En el caso de la quinua, se han identificado por lo menos tres métodos de clasificación de granos después de la cosecha:

a. LIMPIEZA Y CLASIFICADO TRADICIONAL

La eliminación de impurezas (hojas, perigóneos, pedazos de tallos, semillas extrañas y otros), se realiza aventando manualmente los granos, para lo que se aprovechan las corrientes de aire, mientras que la clasificación de granos se realiza con la ayuda de tamices o zarandas de manejo manual. Estos métodos son utilizados por pequeños productores, de subsistencia, cuya producción es en su mayoría de autoconsumo (Nieto & Valdivia, 2001).

b. LIMPIEZA Y CLASIFICADO MEJORADO

Considerando la dificultad de conseguir una máquina que sirva para limpiar y clasificar granos a nivel de finca y peor a nivel de pequeños productores, como son los productores de quinua en la Zona Andina, lo más aconsejado es la adaptación de otros modelos de máquinas, de tal forma que la limpieza y clasificación de granos no sea exclusiva para quinua. En INIAP, Ecuador, se realizaron varias pruebas de adaptación de máquinas clasificadoras de granos al procesamiento de quinua, encontrándose que el sistema más adecuado de clasificar quinua fue con la clasificadora conocida como "Cajón de zarandas" o "Mini clipper", en la que la clasificación de granos por tamaños se realiza con un juego de tamices y la eliminación de impurezas con un tamiz y ventilación final (Nieto & Valdivia, 2001).

c. LIMPIEZA Y CLASIFICADO INDUSTRIAL

Cuando la producción de quinua es a nivel comercial, lo que significa volúmenes grandes a procesar, la limpieza y clasificación de granos se puede hacer con las máquinas industriales procesadoras de semillas. Pruebas realizadas con la clasificadora "Clipper super, modelo x29D", fueron muy satisfactorias. Esta máquina consta de cuatro cribas: dos limpiadoras y dos clasificadoras, además de dos ventiladores. Para el caso de la quinua, estas cuatro cribas son las siguientes:

- Primera criba (Limpiadora), 4 mm
- Segunda criba (Clasificadora), 1.3 mm
- Tercera criba (Limpiadora), 2.2 mm
- Cuarta criba (Clasificadora), 1.8 mm

La primera criba separa impurezas de volumen y tamaño grandes, la tercera criba separa semillas de quinua con perigóneos adheridos y semillas grandes de malezas, mientras que la segunda criba separa semillas pequeñas de malezas, granos partidos o inmaduros. La cuarta criba es propiamente la clasificadora y que separa la quinua de primera calidad; granos de 1,8 mm de diámetro o más, según la norma del Instituto Ecuatoriano de Normalización, (Espinoza, 1988). Las pruebas realizadas con esta máquina, con semilla de quinua, fueron satisfactorias. Se logró procesar alrededor de 0.5 t/h con los siguientes resultados (Galárraga, 1987):

- Semilla de primera 75 a 80%
- Grano comercial 15 a 20%
- Impurezas y pérdidas 5 %

En este caso el porcentaje de extracción de granos de primera depende de varios factores. Estado de madurez de la quinua, variedad, grado de contaminación con impurezas y otros (Nieto & Valdivia, 2001).

2.1.4.2 Almacenamiento

El almacenamiento es un paso importante dentro del proceso poscosecha de quinua y es de mayor interés si se trata de semillas. De nada sirve que se haya logrado un buen proceso de clasificación o eliminación de impurezas si el almacenamiento es deficiente.

En la Zona Andina se han observado muchas deficiencias en el proceso de almacenamiento de la quinua. Tradicionalmente se almacena en recipientes abiertos de metal, barro o plástico,

aunque también es muy común el almacenamiento en envases de tela o polietileno. Los principales problemas con estos tipos de almacenamiento son el ataque de ratas, la contaminación con polvo y el ataque de insectos, conocidos como polillas del grano. Estas polillas, según Ortiz y Zanabria (1979), en el caso de quinua, corresponden a *Pachyzancla bipunctalis* Fabricius, un microlepidóptero de la familia Pyralidae (Nieto & Valdivia, 2001).

De un estudio realizado para conservar semillas y granos comerciales de quinua (Castillo et al., 1990), se encontró que si la semilla se va a conservar a corto plazo, es suficiente con almacenar en recipientes sellados como: bolsas o tarros y almacenarlos a 10 °C o menos y con baja humedad ambiental; pero, si la conservación es a mediano o largo plazo, (más de dos años), se recomienda sellar las semillas herméticamente y guardarlas en cámaras refrigeradas (0 °C o menos). En este último caso, los mejores resultados se han obtenido con el uso de bolsas de aluminio-polietileno, con lo que se supera el problema de humedad ambiental de la cámara refrigerada. Las semillas para ser conservadas a largo plazo deben ser secadas hasta un nivel de por lo menos 8 %, para garantizar un mínimo de actividad fisiológica y asegurar su conservación (Nieto & Valdivia, 2001).

En el caso de material comercial, se debe almacenar en recipientes cerrados o a granel y conservar en ambientes ventilados, secos y protegidos de insectos y roedores. Sin embargo, si se trata de volúmenes grandes, y especialmente si se trata de grano a ser procesado en alimento de consumo humano, lo más aconsejado es el almacenamiento en silos. Los silos pueden ser de metal o cemento y el material antes de ser almacenado en el silo debe estar seco (de 10 a 13 % de humedad) y libre de impurezas (Nieto & Valdivia, 2001).

2.1.4.3 Métodos de desaponificación

Existen cuatro procesos utilizados para la desaponificación del grano la quinua:

1. Tradicional
2. Mecánico por escarificación o seco
3. Mecánico por lavado o húmedo
4. Desaponificado por el método combinado

2.1.4.3.1 Desaponificado Tradicional

Los campesinos y las amas de casa utilizan tradicionalmente los procesos húmedos. Consisten en sucesivos lavados del grano en agua, haciendo fricción con las manos o una piedra para facilitar la eliminación de las primeras capas (Tapia *et al.*, 1979).

Otro proceso tradicional es el que se emplea en algunas comunidades de la región de los salares en el altiplano sureño de Bolivia; concretamente en la población de Llica se pudo observar la utilización de una piedra horadada de unos 50 cm de diámetro. En ella se coloca la quinua mezclada con arena gruesa, que en la región se denomina pokera. La mezcla quinua-arena se expone al sol durante unas horas hasta que se caliente. Con esto se consigue que el pericarpio se dilate y facilite su desprendimiento al frotarse el grano manualmente o con los pies (Bacigalupo & Tapia, 2000).

2.1.4.3.2 Desaponificado mecánico por escarificación ó seco

Consiste en someter el grano a un proceso de fricción para eliminar las capas periféricas que contienen las saponinas (Episperma), en forma de polvo. En la Zona Andina, se han hecho varios experimentos de desaponificado con el diseño de prototipos y pruebas de adaptación de máquinas que originalmente fueron diseñadas para otros usos. Bacigalupo y Tapia, 1990, indican que en Perú y Bolivia se han hecho varias pruebas de desaponificado de quinua por este método. Desde 1950, cuando en Cuzco, Perú, aparecen las primeras agroindustrias artesanales de quinua en las cuales, el desaponificado se hacía con la adaptación de los equipos de procesamiento de trigo. Luego, estos mismos autores citan a Briceño en 1970, quien probó el desaponificado de quinua por molienda diferencial de granos, a Amaya en 1978, en Brasil con métodos similares y, a las industrias Ferri Ghezzi, en 1975, en Bolivia, que utilizaron procesos de cepillado. Sin embargo, cada uno de estos intentos presentaron dificultades en los procesos seguidos, los que hicieron que los métodos no fueran los más eficientes. Por ejemplo los resultados de las pruebas de desaponificado por las industrias Ferri Ghezzi de Bolivia presentaron hasta 8,74% de pérdidas durante el proceso y, el contenido de saponina en el producto final fue de alrededor de 0.74%, valor superior a los estándares indicados para consumo humano (Nieto & Valdivia, 2001).

Uno de los estudios más interesantes dentro de este tema es la escarificadora diseñada y construida por Torres y Minaya, en 1980. En este caso, los granos de quinua son sometidos

a un proceso combinado de efecto abrasivo y golpeado, con paletas giratorias sobre tamices estacionarios, los que recogen y separan el polvillo de saponina de los granos. La máquina consta de tres cilindros dispuestos en tres bolillos, de tal forma que los granos en proceso pasan de un cilindro a otro por gravedad. Cada cilindro está provisto de 9 paletas escarificadoras y de 12 paletas transportadoras colocadas sobre el eje giratorio. Los granos que salen del último cilindro, reciben una corriente de aire, que ayuda a separar el polvo y afrechillo, antes de ser recogidos en la salida final. Según los autores, esta máquina escarificadora tiene una eficiencia del 95% y, los contenidos de saponina en el producto final oscilan entre el 0.04 y 0.25%, dependiendo de la variedad utilizada como materia prima (Nieto & Valdivia, 2001).

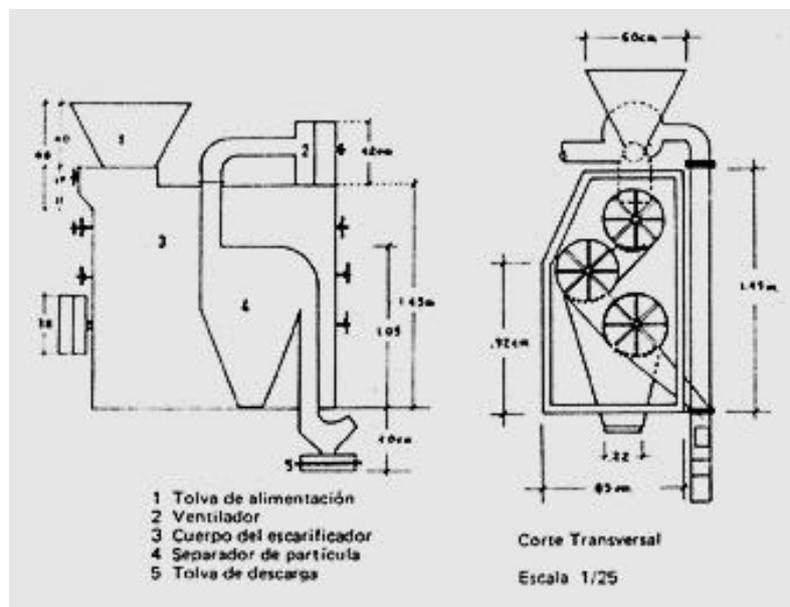


Figura 7 Escarificadora diseñada y construida por Torres y Minaya, en 1980
Fuente: Torres y Minaya, 1980

Franco y Tapia en 1974 (citado en Tapia, 1979), desarrollaron otro método de escarificado de quinua, combinando calor o pre tostado del grano con cepillado, con resultados satisfactorios. Otros métodos de escarificado o pulido de granos de quinua por cepillado también han sido probados en varias industrias y centros de investigación en Perú y Bolivia. Sin embargo, según Bacigalupo y Tapia, 1990, ninguno de los equipos diseñados para escarificación de quinua han permitido obtener niveles de separación de saponina lo suficientemente elevados como para posibilitar el consumo humano directo del producto sin ulterior tratamiento. Un inconveniente adicional del método, según estos autores, es el elevado contenido de proteína y grasa que se elimina en el polvillo resultado de la

escarificación. Esto, debido a que el mayor contenido de estos elementos se encuentra en el embrión, que por la morfología del grano de quinua, se encuentra expuesto al proceso de escarificación (Nieto & Valdivia, 2001).

En INIAP, Ecuador, se adaptó una máquina peladora de sorgo, para la escarificación de quinua, con resultados aceptables (Lara y Nieto, 1990). El principio de funcionamiento de esta máquina es la fricción del grano en un cilindro cerrado, en cuyo interior están conectadas cinco piedras de carborundo, las que giran en la misma dirección y accionan un movimiento circular a los granos de quinua los que se escarifican por fricción entre las paredes del cilindro y las piedras en movimiento (Nieto & Valdivia, 2001).

En Ecuador, se diseñó y evaluó un prototipo específico para el desaponificado de quinua por vía seca (Valdivieso y Rivadeneira, 1992). Esta máquina fue diseñada para un proceso de flujo continuo y consiste de una tolva receptora del grano, un cilindro horizontal externo, en cuyo interior están los dispositivos de operación, que son: un tornillo alimentador tipo "sinfín", que gira en el interior de la cámara de escarificado, formada por un cilindro hexagonal perforado (criba). El diámetro de las perforaciones de esta criba depende del tamaño de grano a escarificar (para granos de 1.8 mm o más, se trabajó con una criba de 1.25 mm de diámetro). Este tornillo empuja a presión el grano desde la tolva receptora hasta la salida. El escarificado se produce durante el recorrido del grano por fricción entre el tornillo y las paredes de la criba; también por fricción entre los mismos granos. El polvo de saponina es absorbido hacia el espacio entre los dos cilindros y captado por un colector de polvo hacia un ciclón externo (Nieto & Valdivia, 2001).

Las condiciones previas del grano a ser escarificado por esta máquina son: debe ser clasificado por tamaños para seleccionar el tamaño de la criba, debe ser limpiada totalmente de tierra e impurezas, debe ser secada hasta aproximadamente 12% de humedad. Además se recomienda escarificar por separado las variedades dulces y las variedades amargas, para asegurar la eficiencia del trabajo (Nieto & Valdivia, 2001).

2.1.4.3.3 Desaponificado mecánico por lavado ó húmedo

Consiste en someter al grano de quinua a un proceso de remojo y turbulencia, en agua circulante o fija en el recipiente de lavado, la saponina se elimina en el agua de lavado.

Existen varios estudios que han tratado de optimizar este método. Posnansky, en 1945, en Bolivia; Briceño et al., en 1972, en Perú y Junge, en 1973, en Chile (citados por Tapia, 1979), desarrollaron métodos de desaponificado por agitación y turbulencia, todos con resultados halagadores. Sin embargo, uno de los proyectos más sobresalientes de procesamiento de quinua por este método, fue el proyecto Huarina, en Bolivia (Reggiardo y Rodríguez, 1983); citados por Bacigalupo y Tapia, 1990). El método desarrollado por estos autores, consiste de un tanque vertical provisto de paletas giratorias para dar turbulencia. El grano de quinua es sometido a un remojo inicial, que dura de 5 a 8 minutos, dependiendo del contenido de saponina, de un agitado con turbulencia, que dura de 5 a 15 minutos, también dependiendo del contenido de saponina del material y de un enjuague final, que también dura de 5 a 8 minutos. Luego de lo cual, los granos son sometidos a un proceso de secado. Este proceso se hace en bandejas móviles colocadas en el interior de un secador de túnel. El secado dura de 4 a 5 horas y aparentemente es el paso más tedioso y costoso del proceso. La calidad del producto final obtenido en esta planta ha sido satisfactoria y los subproductos obtenidos han tenido gran aceptación en los mercados locales de Bolivia (Nieto & Valdivia, 2001).

Otras investigaciones han ensayado el proceso de desaponificado con agua a diferentes temperaturas. Por ejemplo: Tellería en 1977 (citado en Bacigalupo y Tapia, 1990), comparó tres temperaturas del agua de lavado (50, 70 y 80 °C), y encontró que mediante el lavado con agua a 50 °C, se puede reducir el contenido de saponina hasta en un 25%, del contenido inicial; mientras que con lavados a 70 y 80 °C, la saponina residual ya no es detectable. De igual forma, Romero (1981), estudió varios procesos de desaponificado de quinua: con agua a diferentes temperaturas, aplicación de soluciones de alcohol, cocción en autoclave y con la adición de una solución de cal al 1%. A juzgar por el sabor amargo del producto procesado (calificado por un panel de degustación), se encontraron resultados satisfactorios con todos los tratamientos, con excepción del tratamiento de autoclave. Zabaleta (1982) (citado en Bacigalupo y Tapia, 1990), realizó una serie de pruebas de desaponificado por vía seca y húmeda, a nivel de laboratorio y planta piloto, llegando a las siguientes conclusiones:

- ❖ La mayor parte de la desaponificación se debe a un efecto mecánico abrasivo del solvente desplazado a alta velocidad sobre la superficie de la quinua, consecuentemente, la primera parte del proceso debería ser hecha por vía seca (Nieto & Valdivia, 2001).

- ❖ Tiempos prolongados de tratamiento con agua no mejoran el rendimiento de la extracción de saponina de quinua, por el contrario, incrementan la hidratación del grano, lo que dificulta o encarece el proceso de secado (Nieto & Valdivia, 2001).
- ❖ El lavado es mejor en un ambiente turbulento y con tiempos cortos de exposición. Sin embargo, el número de Reynolds (número que relaciona la velocidad angular de rotación y el diámetro de la hélice del agitador con la densidad y viscosidad dinámica del fluido), debe quedar confinado a 50000, para ahorrar potencia instalada destinada a la agitación y evitar desplazamiento del grano de quinua respecto a la posición solvente. En todo caso, este número no debe excederse de 130000, para evitar ruptura del grano (Nieto & Valdivia, 2001).
- ❖ Si el contenido de humedad del producto desaponificado no excede de 27%, el secado se puede hacer fácilmente con secadores solares o inclusive con exposición al ambiente (Nieto & Valdivia, 2001).

2.1.4.3.4 Desaponificado por el método combinado

Considerando los inconvenientes del desaponificado por el método húmedo y que el método seco no es eficiente para variedades de alto contenido de saponina, lo más aconsejado parecería ser la aplicación de un método combinado para la desaponificación de la quinua; es decir, primero se aplica un escarificado, con lo que se elimina un alto porcentaje de saponina y luego se somete a un lavado para eliminar el remanente. De esta forma, el grano no es expuesto excesivamente a la humedad y el proceso de secado es mucho más rápido y barato (Nieto & Valdivia, 2001).

Algunos autores han probado y recomendado el método combinado de desaponificado. Zavaleta, en 1982 (citado en Bacigalupo y Tapia, 1990), indica que con el proceso combinado se pueden lograr tiempos de contacto breves (2 minutos), con bajas relaciones solvente/producto (2:1 o hasta menores), lo que resulta económico en términos del bajo consumo de energía para el secado de grano. Areas y Nieto, 1982, describen un prototipo combinado de desaponificar quinua. Este tiene incorporado un compartimento adicional para el secado de los granos, el mismo que trabaja con un juego de resistencias eléctricas (Nieto & Valdivia, 2001).

En Oruro, Bolivia, también se desarrolló un método combinado de desaponificado: escarificado, lavado y secado (Derpic, 1988). Mediante el escarificado se elimina alrededor del 65% de la saponina, luego la quinua pasa al proceso de lavado y a un secado final. En este caso, el agua de lavado, a pesar de no tener una alta concentración de saponinas, es sometida a un proceso de filtración antes de ser vertida en el sumidero. Este es uno de los primeros intentos de eliminar un posible efecto ambiental del proceso de desaponificación. Bacigalupo y Tapia, 1990, mencionan a otras empresas como: Central de Cooperativas Agropecuarias y Operación Tierra, en Bolivia que procesan quinua con el método combinado de desaponificación (Nieto & Valdivia, 2001).

2.1.4.4 Secado

Aunque en algunas zonas del altiplano Peruano-Boliviano, la quinua al momento de la cosecha se encuentra completamente seca, en otras áreas, el producto final (grano trillado) se obtiene con contenidos de 15 a 20% de humedad, dependiendo del estado de madurez de las plantas y del nivel de humedad ambiental al momento de la cosecha. Si el grano es almacenado con estos contenidos de humedad, rápidamente se produce un calentamiento, y se inician o aceleran algunas actividades bioquímicas, principalmente fermentación, lo que afecta seriamente la calidad del grano. Este proceso de deterioro se acelera si el contenido de impurezas del grano (pedazos de hojas, tallos, semillas de malezas, o granos quebrados) es alto (Nieto & Valdivia, 2001).

2.1.4.4.1 Secado natural

Según Meyhuay, el secado natural se lleva a cabo extendiendo los granos en capas finas y exponiéndolos a la acción del aire (al sol o a la sombra), por un tiempo no mayor a 15 días. Para que el secado sea eficaz, la humedad relativa del aire no debería ser mayor de 70%, y los granos deberían ser removidos frecuentemente para una exposición uniforme. Pese a los inconvenientes que acarrea (secado insuficiente o lento, daño por acción de agentes atmosféricos, animales y microorganismos), el secado natural se recomienda en los siguientes casos:

- ❖ Cuando las condiciones atmosféricas son propicias para un secado en un lapso relativamente corto.

- ❖ Cuando las cantidades que se procesan son pequeñas.
- ❖ Cuando la organización de la producción y las condiciones socio-económicas no justifican la inversión en una instalación para secado artificial.

2.1.4.4.2 Secado artificial

El secado artificial es necesario cuando se trabaja en condiciones atmosféricas desfavorables (zonas lluviosas o con alta humedad relativa), o cuando el proceso productivo exige el manejo de grandes cantidades de grano en un tiempo relativamente corto. El método consiste en someter a los granos a la acción de una corriente de aire, previamente calentado (Meyhuay).

Existen dos tipos de secadores artificiales:

- ❖ Secadores estáticos o discontinuos, que son relativamente baratos, pero pueden procesar sólo cantidades pequeñas de grano (Meyhuay).
- ❖ Secadores continuos, de gran capacidad de secado, de alto costo y que requieren de una infraestructura más compleja, que se justifica sólo para grandes centros de producción o almacenes que trabajen con cantidades muy grandes (Meyhuay).

Según Nieto & Valdivia (2001), el proceso de secado disminuye el peso del producto cosechado. La cantidad de pérdida en peso de la cosecha depende tanto de la humedad inicial como del nivel de humedad final deseado. Para calcular la cantidad de pérdida de peso por secado se puede aplicar la siguiente fórmula:

$$PF = ((100 - \%HI) \times PI) / (100 - \%HF)$$

Ecuación 1 Cálculo de pérdidas de peso por secado.

Dónde:

PI = Peso inicial

PF = Peso final

HI = Humedad inicial

HF = Humedad final

El contenido de humedad de grano en quinua es muy importante porque éste es un parámetro de calificación de calidad del grano y que sirve para determinar los precios de venta del producto. La determinación del contenido de humedad en las semillas se puede realizar en laboratorio por diferentes métodos. Lo más común es secar una muestra de peso conocido por dos horas a 135 °C, luego determinar el peso final, calcular el contenido de humedad perdido y, transformar a porcentaje. Existen métodos directos de medir la humedad en granos, con equipos electrónicos de lectura directa; sin embargo, la dificultad está en la necesidad de calibración específica del aparato, para granos de quinua. En el programa de quinua de INIAP, Ecuador, se dispone de un determinador de humedad, marca "Steinlite", con las tablas de interpretación y corrección por temperatura para quinua, dentro del rango de 5 a 15% de humedad (Nieto & Valdivia, 2001).

La quinua sale del proceso de lavado con aproximadamente 27 a 30% de humedad, cifra que facilita la operación de secado, el cual se efectúa en un secador con energía combinada solar – eléctrica. El aire es calentado hasta alcanzar aproximadamente 65 °C y pasa a través de un cilindro rotatorio de malla fina hasta la salida por mecanismo helicoidal y fenómeno de gravedad. El producto final tiene una humedad de alrededor del 11% (Bacigalupo & Tapia, 2000).

2.2 PROCESO PRODUCTIVO

2.2.1 LAS CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO

Duque (2008) “El conocimiento es la única herramienta de producción que no depende de la disminución de utilidades”. Esto puede interpretarse como si nos dijese que cuanto más comprendamos los procesos de la empresa, con mayor éxito podremos mejorarlos. Para lograrlo debemos comprender claramente varias características de los procesos de la empresa:

- ✓ **FLUJO.** Los métodos para transformar el *input* en *output*.
- ✓ **EFFECTIVIDAD.** Cuan bien se satisfagan las expectativas del cliente.
- ✓ **EFICIENCIA:** Cuan acertadamente se utilizan los recursos para generar un *output*.
- ✓ **TIEMPO DEL CICLO.** El lapso necesario para transformar el *input* en *output*.
- ✓ **COSTO.** Los gastos correspondientes a la totalidad del proceso.

2.2.2 EFECTIVIDAD DEL PROCESO

Según Duque (2008), la efectividad del proceso se refiere a la forma aceptada en que este cumple los requerimientos de sus clientes finales. Esta evalúa la calidad del proceso. Específicamente, la efectividad se refiere a:

- ❖ El *output* del proceso cumple los requerimientos de los clientes finales.
- ❖ Los *outputs* de cada subproceso cumplen los requerimientos de *input* de los clientes internos.
- ❖ Los *inputs* de los proveedores cumplen los requisitos del proceso.

Se puede mejorar la efectividad de todo proceso, independientemente de la manera como este se haya diseñado. El mejoramiento de la efectividad genera clientes más felices, mayores ventas y mejor participación del mercado. (Duque, 2008)

2.2.3 MODERNIZACIÓN DEL PROCESO

Duque, (2008) indica que la modernización implica reducción de despilfarros y excesos y una atención a cada uno de los detalles que pueden conducirnos al mejoramiento del rendimiento y la calidad. Existen doce herramientas básicas de la modernización que se aplican en el orden siguiente:

Eliminación de la burocracia: suprimir tareas administrativas.

Eliminación de la duplicación: suprimir actividades idénticas.

Evaluación del valor agregado: las actividades del valor agregado real son aquellas por las cuales los clientes le pagan a usted. La comida en un avión, por ejemplo.

Simplificación: reducir la complejidad del proceso.

Reducción del tiempo del ciclo del proceso: formas de aminorar el tiempo del ciclo y así minimizar los costos de almacenamiento.

Prueba de errores: dificultar la realización incorrecta de la actividad.

Eficiencia en la utilización de los equipos: uso efectivo de los bienes de capital y del ambiente de trabajo.

Lenguaje simple: reducir la complejidad de la manera como escribimos y hablamos.

Estandarización: elegir una forma sencilla de realizar una actividad y hacer que todos los colaboradores lleven a cabo esa actividad, del mismo modo todas las veces.

Alianzas con proveedores: el desempeño general de cualquier proceso aumenta cuando mejora el input de sus proveedores.

Mejoramiento de situaciones importantes: esta herramienta tiene como objetivo ayudarle al equipo de mejoramiento de procesos en la búsqueda de formas creativas para cambiar significativamente el proceso.

Automatización y/o mecanización: aplicar equipo y computadores a las actividades rutinarias, con el fin de simplificarle la actividad al empleado.

2.2.4 MEJORAMIENTO CONTINUO

Algunos conceptos de diferentes autores son:

- ❖ Harrington, J. (1993) mejorar un proceso significa cambiarlo para hacerlo más efectivo, eficiente y adaptable, qué cambiar y cómo cambiar depende del enfoque específico del empresario y del proceso.
- ❖ Kabboul, F. (1994) define el mejoramiento continuo como una conversión en el mecanismo viable y accesible al que las empresas de los países en vías de desarrollo cierran la brecha tecnológica que mantienen con respecto al mundo desarrollado.
- ❖ Abell, D. (1994) da como concepto de mejoramiento continuo una mera extensión histórica de uno de los principios de la gerencia científica, establecida por Frederick Taylor, que afirma que todo método de trabajo es susceptible de ser mejorado (tomado del *Curso de mejoramiento continuo*, dictado por Fadi Kbbaul).
- ❖ Deming, E. (1996): según la óptica de este autor, la administración de la calidad total requiere de un proceso constante, que será mejoramiento continuo, donde la perfección nunca se logra pero siempre se busca.

El mejoramiento continuo es un proceso que describe muy bien lo que es la esencia de la calidad y refleja lo que las empresas necesitan hacer si quieren ser competitivas a lo largo del tiempo (Duque, 2008).

2.2.5 LA PRODUCTIVIDAD

La productividad es la relación que existe entre las salidas (bienes y servicios) y una o más entradas (recursos como mano de obra y capital), mejorar la productividad significa mejorar la eficiencia. Esta mejora puede lograrse de dos formas: mediante una reducción en la entrada mientras la salida permanece constante, o bien con un incremento en la salida mientras la entrada permanece constante. En el sentido económico, las entradas son mano

de obra, capital y administración integrados en un sistema de producción. Las salidas son bienes y servicios que incluyen artículos tan diversos como pistolas, mantequilla, educación, sistemas judiciales mejorados y centros turísticos para esquiar (Heizer & Render, 2009).

2.2.5.1 Medición de la productividad

La productividad no es una medida de la producción, ni de la cantidad que se ha fabricado o producido. Es un indicador que expresa y mide lo bien (o mal) que hemos utilizado los recursos disponibles para alcanzar resultados deseados. Si hemos desperdiciado tiempo, materiales, energía, uso de maquinarias, etc.

Implica la interacción entre distintos factores de la producción que incluyen entre otros, calidad, disponibilidad de materiales, maquinaria y equipo, nivel de capacitación de la mano de obra, efectividad de los administradores (SENATI, 2011).

$$Productividad = \frac{Unidades\ producidas}{Insumos\ Consumidos}$$

Ecuación 2 Productividad de un solo factor.

El uso de un solo recurso de entrada para medir la productividad, se conoce como productividad de un solo factor. Sin embargo, un panorama más amplio de la productividad es la productividad de múltiples factores, la cual incluye todos los insumos o entradas (por ejemplo, capital, mano de obra, material, energía). La productividad de múltiples factores también se conoce como productividad de factor total (Heizer & Render, 2009).

$$Productividad = \frac{Salidas}{Mano\ de\ obra + material + energía + capital + otros}$$

Ecuación 3 Productividad de múltiples factores.

2.2.6 ANÁLISIS Y DISEÑO DEL PROCESO

Algunas herramientas nos ayudan a entender las complejidades del diseño y rediseño del proceso. Son formas sencillas de hacer que tenga sentido lo que sucede o debe suceder en un proceso. A continuación, algunas herramientas como: diagramas de flujo, gráfica de la función tiempo, gráfica del flujo de valor, diagramas del proceso. Cada una de estas herramientas para el análisis del proceso tiene sus propias fortalezas y variaciones (Heizer & Render, 2009).

Los diagramas de flujo son una forma rápida de obtener una visión general y de tratar de que el sistema completo tenga sentido. La gráfica de función tiempo agrega cierto rigor y un elemento de tiempo al análisis macro. Las gráficas del flujo de valor van más allá de la organización inmediata hasta clientes y proveedores. Los diagramas del proceso están diseñados para brindar una visión mucho más detallada del proceso, agregando elementos como el tiempo con valor agregado, demoras, distancia, almacenamiento, etc. (Heizer & Render, 2009).

2.2.6.1 Diagramación de flujo

Es un método para describir gráficamente un proceso existente o uno nuevo, propuesto mediante la utilización de símbolos, líneas y palabras simples, demostrando las actividades y secuencias en el proceso. Una ventaja en la construcción de los diagramas de flujo es la de disciplinar nuestro modo de pensar. Un diagrama de flujo se conoce como diagrama lógico u ordinograma y es una herramienta de gran valor para entender el funcionamiento interno y las relaciones entre los procesos de la empresa (Duque, 2008).

2.2.6.2 Diagramas del proceso

Los diagramas del proceso usan símbolos, tiempo y distancia para proporcionar una forma objetiva y estructurada sobre cómo analizar y registrar las actividades que conforman un proceso. Permiten enfocar la atención en las actividades que agregan valor. La identificación de todas las operaciones que agregan valor (al contrario de la inspección, el almacenamiento, las demoras y el transporte, que no agregan valor) nos permite determinar el porcentaje de valor agregado correspondiente a todas las actividades. Los elementos sin valor agregado son desperdicio; son recursos que la empresa y la sociedad pierden por siempre (Heizer & Render, 2009).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El desarrollo de la investigación se llevó a cabo en las instalaciones del Centro Poscosecha De Granos Andinos “**IMBANDINO**” ubicado en los predios del MAGAP-I, conforme se detalla a continuación:

Región	: Zona 1
Provincia	: Imbabura
Cantón	: Ibarra
Parroquia	: San Francisco
Sector	: El Ejido
Calles	: Guallupe y Olimpia Gudiño
Latitud geográfica	: 00° 19' 47" S
Longitud geográfica	: 78° 07' 56" W
Altitud	: 2256 m
Humedad media anual	: 72%
Temperatura media anual	: 17,7°C
Precipitación media anual	: 52,5mm

Fuente: Estación Meteorológica de Yuyucocha, Ibarra-Ecuador [Consulta Noviembre 2014]

3.1.1 MATERIALES Y EQUIPOS

Materias Primas e Insumos

- ✓ Granos de quinua
- ✓ Agua destilada
- ✓ Agua Potable

Instrumentos y Equipos

- ✓ Probeta de 10 ml
- ✓ Cronómetro
- ✓ Tubos de ensayo con tapones de rosca

- ✓ Balanza sensible al 0,01g
- ✓ Balanza sensible a 2 oz
- ✓ Gradilla
- ✓ Balanza infrarroja
- ✓ Regla sensible al 0,1 cm
- ✓ Flexómetro
- ✓ Piseta
- ✓ Medidor de humedad de granos agraTronix (MT-PRO)

3.1.2 METODOLOGÍA

3.1.2.1 Determinación de la capacidad de proceso para los equipos utilizados en el procesamiento agroindustrial de la quinua

Se realizaron cronometrajes del funcionamiento de los equipos mientras se ejecutaban las diferentes etapas del proceso poscosecha para una cantidad determinada de quinua. La capacidad de proceso es la cantidad de producto que se obtiene luego de cada proceso por unidad de tiempo.

3.1.2.2 Desarrollo de un balance de masas general del proceso poscosecha

Se realizó un pesaje después de cada proceso para determinar los porcentajes de desperdicio de materia prima, para los procesos de centrifugado y secado se consideraron los porcentajes de humedad de la quinua.

3.1.2.3 Monitoreo del porcentaje de extracción de saponinas luego de los procesos de desaponificado

Para determinar los porcentajes de extracción de saponinas se utilizó un método físico, basado en la propiedad tensoactiva de las saponinas. Cuando las saponinas se disuelven en agua y se agitan, producen una espuma estable, la altura de la cual está correlacionada con el contenido de saponinas en los granos.

A continuación se detalla el procedimiento de la (Norma Técnica Ecuatoriana 1672. Quinua. Determinación del contenido de saponinas por medio del método espumoso (método de rutina). Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN)):

Procedimiento:

1. Colocar $0,50 \pm 0,02$ g de granos de quinua en un tubo de ensayo.
2. Añadir $5,0 \text{ cm}^3$ de agua destilada y tapan el tubo. Poner en marcha el cronómetro y sacudir fuertemente el tubo durante 30 segundos.
3. Dejar el tubo en reposo durante 30 minutos, luego sacudirlo otra vez durante 30 segundos.
4. Dejar el tubo en reposo durante 30 minutos o más, luego sacudor otra vez durante 30 segundos. Dar al tubo una última sacudida fuerte.
5. Dejar el tubo en reposo durante 5 minutos, luego medir la altura de espuma con aproximación al 0,1 cm.

Cálculos:

El contenido de saponinas de la quinua en grano, expresado en porcentaje, se calcula aplicando la siguiente ecuación:

$$Ps = \frac{(0,646 \times h) - 0,104}{m \times 10}$$

Ecuación 4 Productividad de múltiples factores.

Siendo:

- Ps** = el contenido de saponinas de la quinua, en porcentaje en masa;
h = altura de espuma, en cm;
m = masa de la muestra, en g.

3.1.2.4 Determinación de las demoras a través de los procesos de poscosecha

Se utilizó la observación a lo largo de las diferentes actividades que componen el proceso poscosecha para la quinua, esto con el fin de identificar las demoras que impiden el flujo rápido de las operaciones, una vez identificadas se realizaron los cronometrajes para establecer los tiempos promedio de las demoras.

3.1.2.5 Determinación de la productividad de los equipos utilizados en el procesamiento agroindustrial de la quinua

Para determinar la productividad de los equipos se establece la relación entre los múltiples factores o recursos utilizados por cada máquina frente a las unidades producidas como resultado del procesamiento de sus entradas.

3.1.2.6 Determinación del porcentaje de disponibilidad de los equipos utilizados en el procesamiento agroindustrial de la quinua

El factor de disponibilidad para equipos fue calculado luego de establecer el tiempo total que la máquina podría haber estado produciendo menos el tiempo en que no estaba planificado producir por razones legales, festivos, turnos no laborables, sábados, domingos, etc., lo que se denominan paradas planificadas

La disponibilidad indica cuánto tiempo ese equipo o sistema operativo está trabajando respecto de la duración total durante la que se hubiese deseado que funcionase.

3.1.2.7 Cálculo del espacio físico del centro poscosecha y su distribución para plantear la ubicación más adecuada de la maquinaria

Se tomó medidas de la infraestructura del centro poscosecha, con el fin de determinar el espacio utilizado actualmente, la localización de la maquinaria, además de la distribución del espacio físico y las áreas disponibles.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE PROCESO PARA LOS EQUIPOS UTILIZADOS EN EL PROCESAMIENTO AGROINDUSTRIAL DE LA QUINUA

La capacidad de proceso es la cantidad de producto que se obtiene de un proceso por unidad de tiempo. Considerando que las propiedades físicas de los granos difieren unas de otras por los métodos y condiciones de siembra y cosecha, se estableció rangos de seguridad en el tiempo de proceso para cada equipo involucrado. Las capacidades actuales para cada proceso se muestran en la **Tabla 1**.

Tabla 1 Capacidad actual de proceso del centro poscosecha.

PROCESO	Capacidad de la máquina (kg)	Tiempo (min.)	Capacidad promedio de proceso (kg/h)
Clasificado	90,72	$35,50 \pm 5,00$	153,33
Escarificado	9,07	$4,00 \pm 0,50$	136,08
Lavado (con quinua escarificada)	362,87	$33,50 \pm 1,50$	649,92
Lavado (con quinua clasificada)	362,87	$52,00 \pm 5,00$	418,70
Centrifugado (cada centrifuga)	68,04	$10,50 \pm 0,50$	388,79
Secado	453,59	$124,00 \pm 30,00$	219,48
Cepillado	113,40	$45,50 \pm 5,00$	149,54

Del análisis de la **Tabla 1**, se determina que:

- ✓ El equipo limitante es el secador, ya que tiene una capacidad de proceso menor a los procesos previos de centrifugado y lavado.
- ✓ Hay equipos que tienen capacidades de proceso menores a los procesos de lavado y centrifugado. Equipos como la clasificadora, la escarificadora y la cepilladora, para los cuales habrá que crear almacenes de quinua y permitir un flujo continuo.

En la **Tabla 2** se muestran las capacidades ideales de proceso para el centro poscosecha, para el cálculo se restaron las demoras identificadas en cada etapa del proceso, estas se encuentran detalladas más adelante en la **Tabla 9**.

Tabla 2 Capacidad de proceso del centro poscosecha (sin demoras).

PROCESO	Capacidad de la máquina (kg)	Tiempo (min.)	Capacidad promedio de proceso (kg/h)
Clasificado	90,72	35,00 ± 5,00	155,52
Escarificado	9,07	3,5 ± 0,50	155,52
Lavado (con quinua escarificada)	362,87	11,50 ± 1,50	1893,25
Lavado (con quinua clasificada)	362,87	30,00 ± 5,00	725,74
Centrifugado (cada centrifuga)	68,04	2,50 ± 0,50	1632,92
Secado	453,59	120,00 ± 30,00	226,80
Cepillado	113,40	45,00 ± 5,00	151,20

4.2 DESARROLLO DEL BALANCE DE MASAS GENERAL DEL PROCESO POSCOSECHA

Datos obtenidos del valor promedio de siete determinaciones a lo largo del proceso poscosecha.

Los porcentajes presentados en la **Tabla 3** corresponden al proceso de clasificado con las mallas originales del equipo:

Tabla 3 Balance de masas para el proceso inicial de clasificado.

Ingresa			Sale		
	kg	%		kg	%
Quinua trillada	453,59	100,00%	CLASIFICADO	Quinua 1°	19,50 4,30%
				Quinua 2°	334,66 73,78%
			Sale		
				kg	%
			Panoja	25,76	5,68%
			Polvo	36,85	8,13%
			Ciclón	36,81	8,12%

Los porcentajes presentados en la **Tabla 4** corresponden al proceso de clasificado actual, utilizando en el equipo, el tamaño nominal de mallas para determinación de los grados de calidad de la quinua según (Norma Técnica Ecuatoriana 1673. Quinua requisitos. Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN)).

Tabla 4 Balance de masas para el proceso de clasificado sin recuperación de quinua.

Ingresa			CLASIFICADO				Sale		
	kg	%					kg	%	
Quinua trillada	453,59	100,00%					Quinua 1º	311,48	68,67%
							Quinua 2º	46,52	10,26%
			Sale						
				kg	%				
			Panoja	22,85	5,04%				
			Polvo	21,54	4,75%				
			Ciclón	51,20	11,29%				

En el proceso actual de clasificado se cambiaron las mallas de las zarandas, las dimensiones de abertura se detallan a continuación:

Tabla 5 Tamaño nominal de abertura de mallas de alambre utilizadas en el proceso actual de clasificado.

PRODUCTO	MESH DE MALLA	ABERTURA DE MALLA
Granza	10	2,00 mm
Quinua grado 1	12	1,70 mm
Quinua grado 2	14	1,40 mm

Luego de analizar el proceso de clasificado actual se obtuvieron los siguientes resultados:

- Del 4,75% de polvo que se extrae luego de clasificar el grano, se pudo determinar que el 48,80% aún es recuperable para obtener quinua de tercer grado.

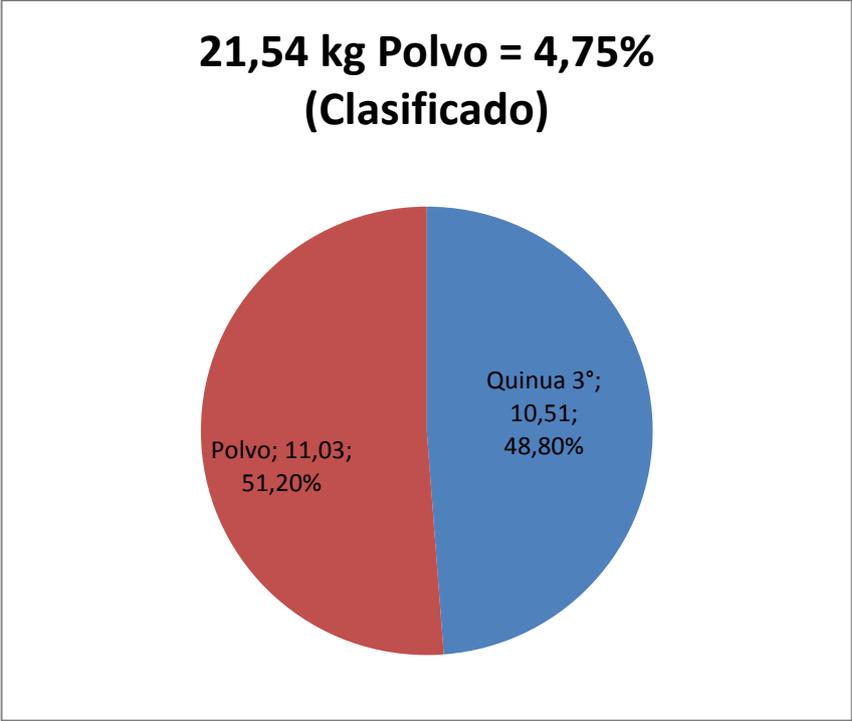


Figura 8 Composición del polvo en el clasificado (Clasificado actual)

- En el proceso de clasificado actual se pudo apreciar que las revoluciones del motor del ciclón crean un poder de absorción tan fuerte que se lleva el polvo y consigo granos de quinua; el 11,29% del polvo extraído por el ciclón contiene: 39,28% de quinua de primer grado, 41,74% de quinua de segundo grado, 1,13% de granza y 17,85% de polvo.

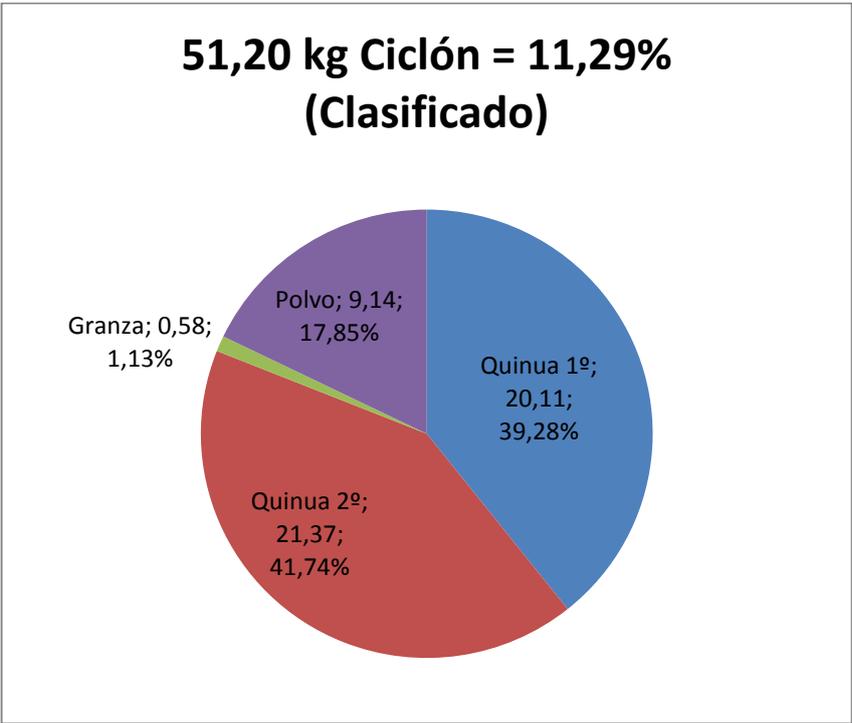


Figura 9 Composición de los residuos del ciclón (Clasificado actual)

Con la regulación de las revoluciones del motor del ciclón, los porcentajes promedio del proceso de clasificado actual aumentan, estos valores se indican en la **Tabla 6**.

Tabla 6 Balance de masas del proceso actual de clasificado de quinua.

Ingresa			Sale				
kg	%	CLASIFICADO		kg	kg	kg	%
Quinua trillada	453,59	100,00%		Quinua 1°	311,48 + 20,11 =	331,59	73,10%
				Quinua 2°	46,52 + 21,37 =	67,89	14,97%
				Quinua 3°	0,00 + 10,51 =	10,51	2,32%
				Sale			
				kg	kg	kg	%
				Panoja	22,85 + 0,58 =	23,43	5,17%
				Polvo	21,54 - 10,51 =	11,03	2,43%
				Ciclón	51,20 - 42,06 =	9,14	2,02%

Realizando una comparación de los resultados obtenidos en nuestro proceso de clasificado frente a las pruebas realizadas con la clasificadora “Clipper super, modelo x29D” donde según indica Galárraga (1987), se obtuvieron los resultados detallados en la **Tabla 7**, se determina que los resultados se hallan ligeramente fuera de estos parámetros; esto puede explicarse debido a la variación de los factores que detallan Nieto & Valdivia (2011), los cuales son: el estado de madurez de la quinua, variedad, grado de contaminación con impurezas y otros.

Tabla 7 Tabla comparativa de resultados máquina Clipper super, modelo x29D Vs clasificadora IMBANDINO.

*Clipper super, modelo x29D		Clasificadora IMBANDINO	
Semilla de primera	75 a 80 %	Quinua de 1°	73,10 %
Grano comercial	15 a 20 %	Quinua de 2° + Quinua de 3°	17,29 %
Impurezas y pérdidas	5 %	Panoja + ciclón + polvo	9,62 %

*Datos de pruebas de clasificado realizadas por Galárraga (1987).

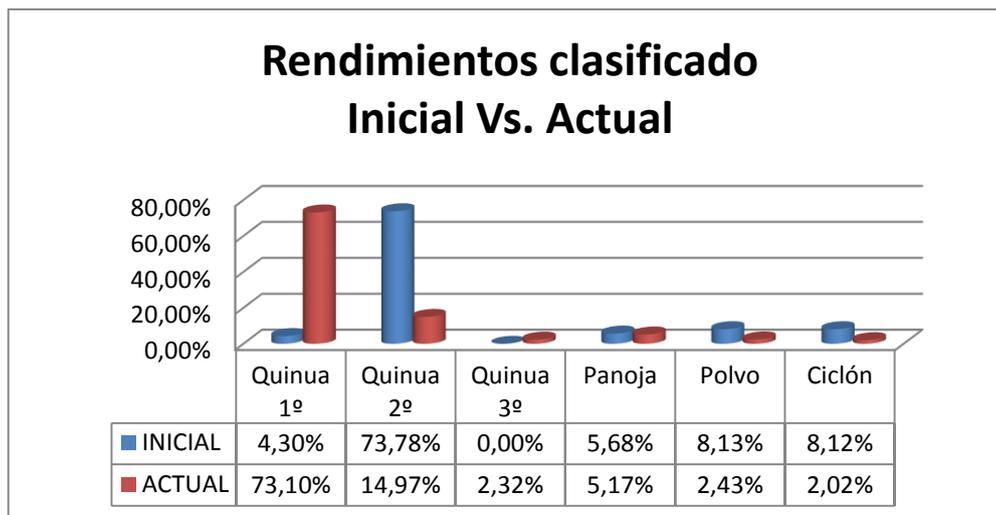


Figura 10 Gráfico comparativo de rendimientos del clasificado. Inicial Vs. Actual

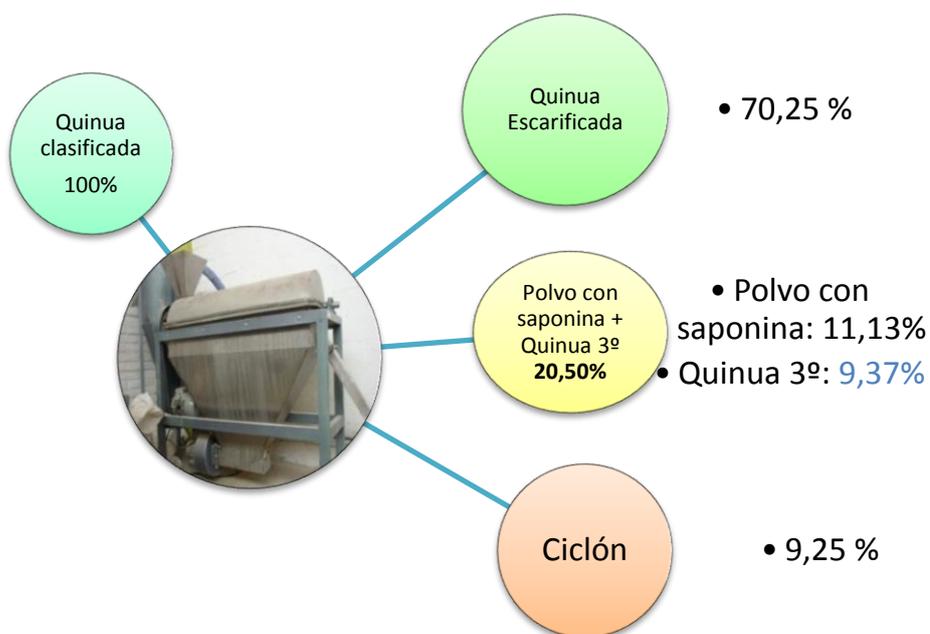


Figura 11 Porcentajes promedio del proceso de desaponificado seco (escarificado)

- ✓ Del análisis de la composición del 20,50% de polvo con saponina, obtenido luego del proceso de escarificado, se obtuvo como resultado que el 45,71% de este polvo, aún es recuperable para obtener quinua de tercer grado.

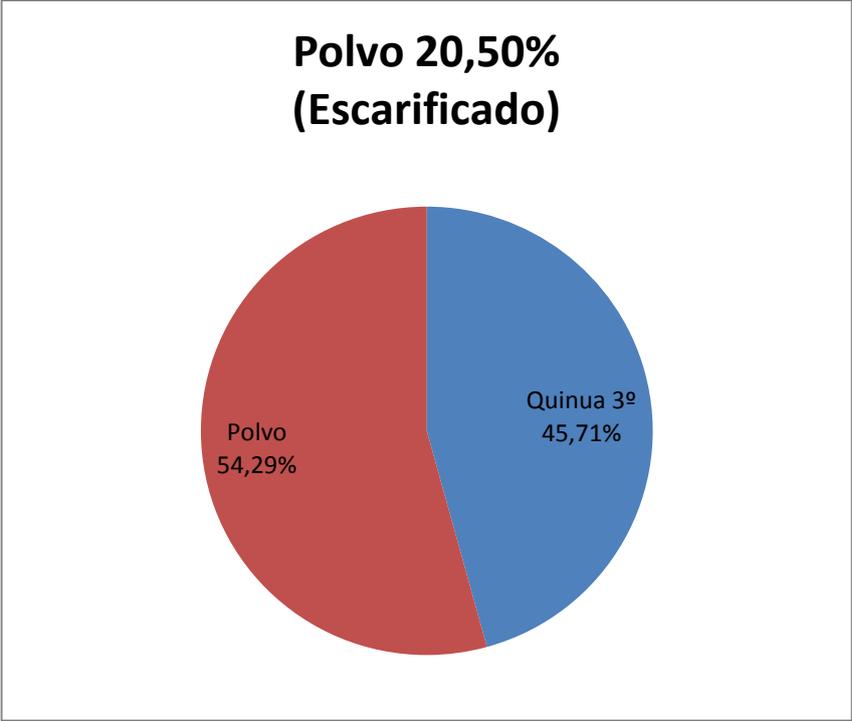


Figura 12 Composición del polvo de escarificado

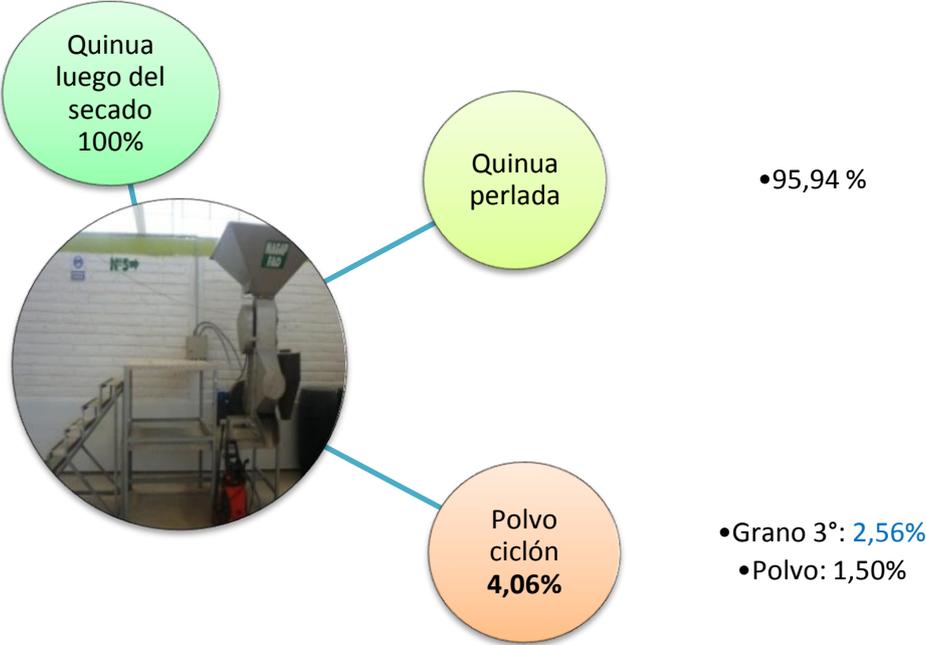


Figura 13 Porcentajes promedio del proceso de cepillado

- ✓ Del análisis de la composición del 4,06% del polvo extraído a través del ciclón en el proceso de cepillado se obtuvo como resultado que el 63,05% de este polvo, aún es recuperable para obtener quinua de tercer grado, misma que puede ser destinada a usos diferentes a la venta granel.

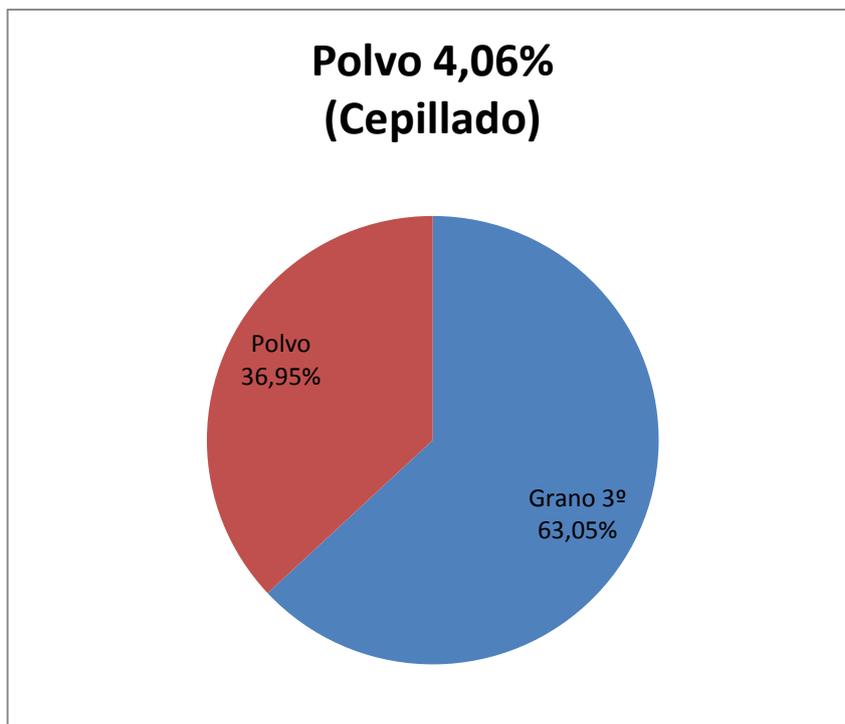


Figura 14 Composición del polvo de cepillado

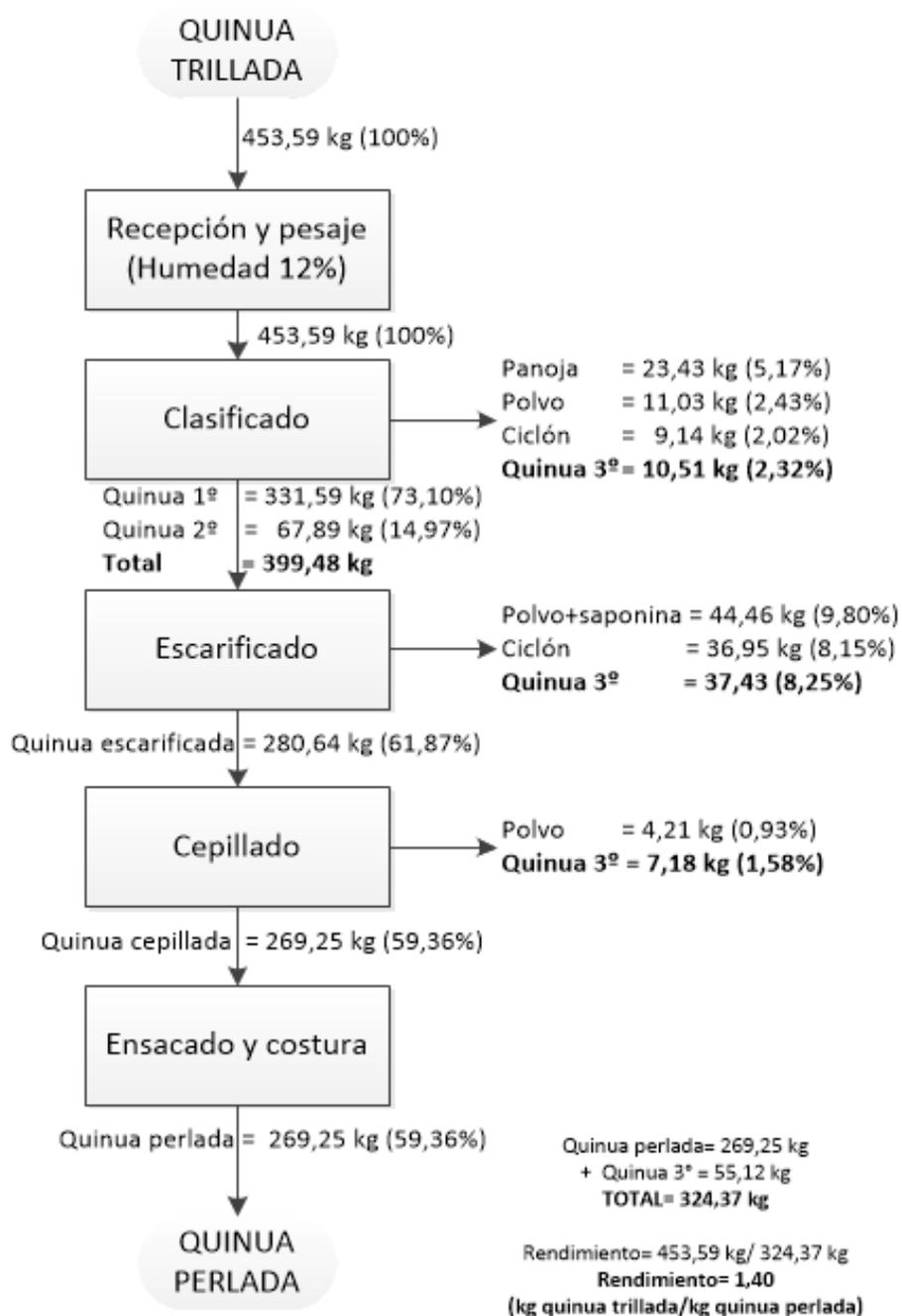


Figura 15 Balance de masas general del proceso poscosecha de quinua por el método de desaponificado seco

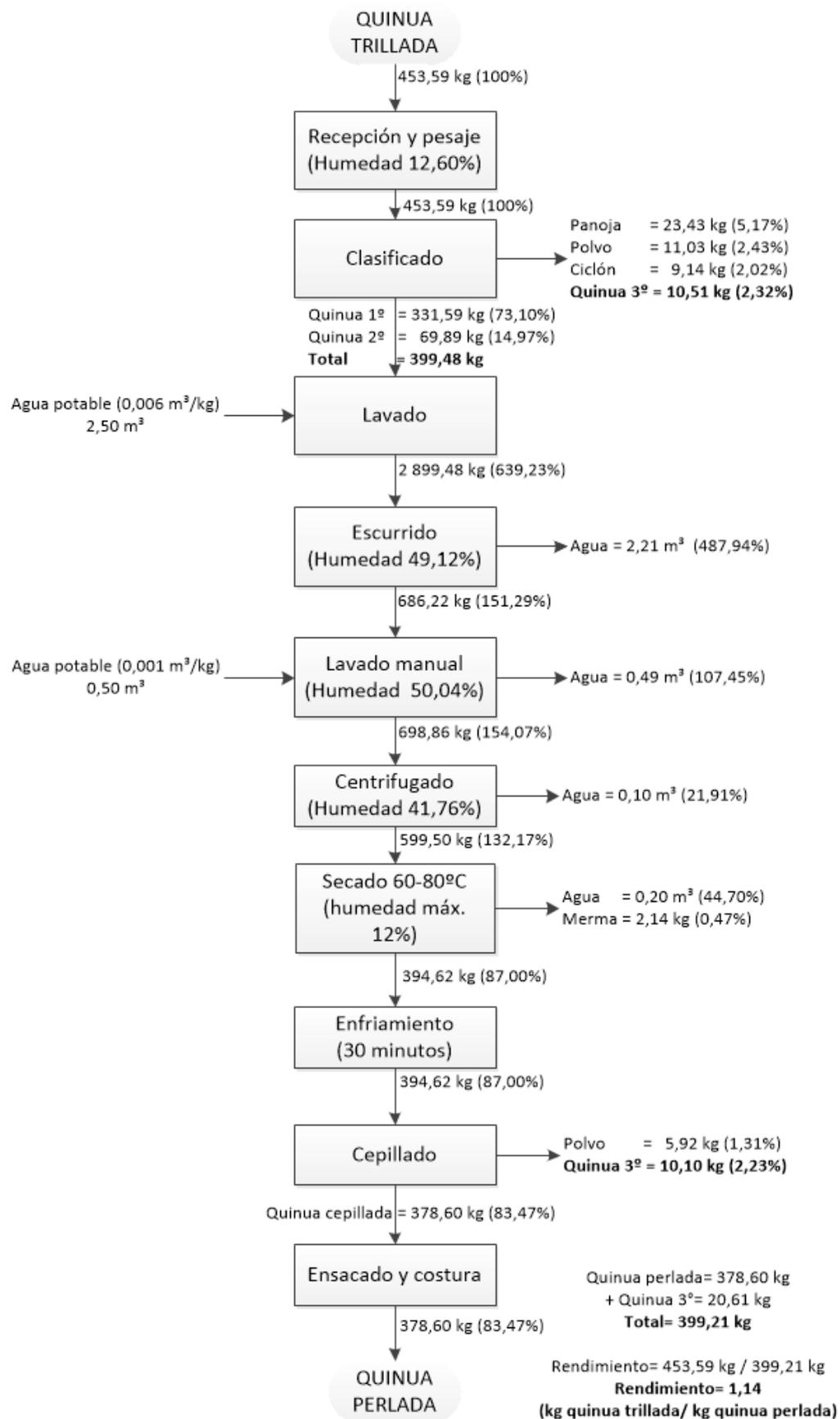


Figura 16 Balance de masas general del proceso poscosecha de quinoa por el método de desulfonado húmedo

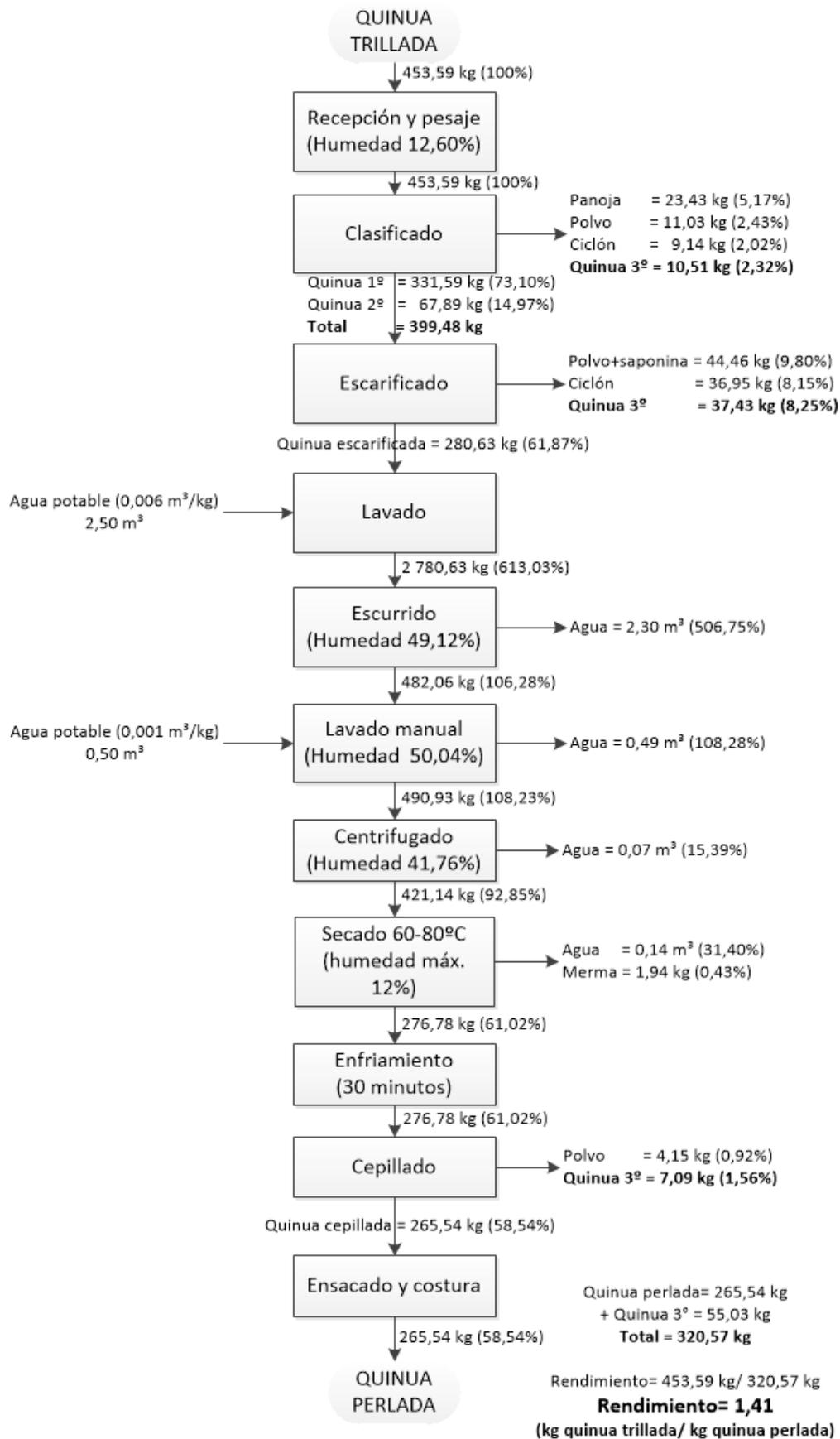


Figura 17 Balance de masas general del proceso poscosecha de quinua por el método de desaponificado combinado

4.3 MONITOREO DEL PORCENTAJE DE EXTRACCIÓN DE SAPONINAS LUEGO DE LOS PROCESOS DE DESAPONIFICACIÓN

Se realizaron monitoreos al momento de la recepción del grano siguiendo la metodología para análisis de saponinas descrito anteriormente, dando como resultado en todos los monitoreos porcentajes de saponina menores al 0,10%. Según Zabaleta, citado por Bacigalupo y Tapia, (1990), el nivel máximo aceptable de saponina en la quinua para consumo humano oscila entre 0,06 a 0,12%, por lo tanto, los granos cumplen con el nivel máximo aceptable de saponina aún sin someterse a un proceso de desaponificado.

Tabla 8 Resultados del monitoreo de saponinas de quinua.

Muestra #	Altura de la espuma (cm)	% saponinas
1	0,70	0,070
2	0,70	0,070
3	0,60	0,057
4	0,60	0,057
5	0,60	0,057
6	0,70	0,070
7	0,60	0,057
8	0,70	0,070
9	0,60	0,057
10	0,70	0,070
11	0,60	0,057
12	0,70	0,070
13	0,50	0,044
14	0,80	0,083
15	0,60	0,057

4.4 DETERMINACIÓN DE DEMORAS A TRAVÉS DEL PROCESO POSCOSECHA

Como resultado de seguir la secuencia de las actividades del proceso poscosecha y cronometrarlas se determinó que las demoras se constituyen en transporte y alimentación del grano de quinua a las máquinas entre una actividad a otra, también se identificó que la demora más significativa es la del lavado manual en el proceso de desaponificado húmedo o combinado. El desglose de los tiempos por demoras durante el procesamiento de 453,59 kg de quinua se encuentra detallado en la **Tabla 9**.

Tabla 9 Demoras en el proceso poscosecha de la quinua.

CAUSA DE LA DEMORA	TIEMPO PROMEDIO (min)
Recepción y pesaje	2,00
Carga del grano a la máquina clasificadora.	5,00
Carga del grano desde el proceso de clasificado al proceso de escarificado.	5,00
Llenaje del tanque de lavado con agua potable	35,00
Transporte de la quinua desde el proceso de clasificado al proceso de lavado	15,00
Transporte de la quinua desde el proceso de escarificado al proceso de lavado	15,00
Carga del grano en la canastilla de escurrido	15,00
Lavado manual de la quinua luego de la recirculación del grano con agua en el tanque de lavado	150,00
Carga de quinua a canastilla	10,00
Desmontado de las canastilla	10,00
Transporte de las canastillas a la plancha de secado	20,00
Enfriamiento de la quinua.	30,00
Ensacado y transporte de la quinua desde el proceso de secado al proceso de cepillado	40,00
Carga del grano a la máquina cepilladora.	5,00
Ensacado y costura	2,00

La **Tabla 10** indica el flujo de proceso para todo el tratamiento poscosecha, en la tabla se puede identificar un resumen que detalla las actividades que se realizan con sus respectivos tiempos por actividad, basado en el procesamiento de 453,59 kg.

Tabla 10 Diagrama de proceso para el tratamiento poscosecha de quinua.

RESUMEN	Actual						
	Actividades	Tiempo (min)	Distancia (m)				
Operación	10	885,90					
Transporte	6	95,00	53,13				
Control	1	2,00					
Demora	4	80,00					
Almacen	1	0,00					

PROCESO POSCOSECHA DE QUINUA							
Descripción de las actividades generales	Operación	Tansporte	Control	Demora	Almacen	Distancia (m)	Tiempos (min)
	○	→	□	◐	△		
Recepción y pesaje.			●			0,00	2,00
Carga a máquina clasificadora.		●	●			29,08	5,00
Clasificado.	●					0,00	175,00
TOTAL	1	1	1	0	0	29,08	182,00

Subproceso de desaponificado por vía seca							
Descripción de las actividades	Operación	Tansporte	Control	Demora	Almacen	Distancia (m)	Tiempos (min)
	○	→	□	◐	△		
Carga del grano desde el proceso de clasificado al proceso de escarificado.		●				1,30	5,00
Escarificado.	●					0,00	175,00
TOTAL	1	1	0	0	0	1,30	549,00

Subproceso de desaponificado por vía húmeda							
Descripción de las actividades	Operación	Tansporte	Control	Demora	Almacen	Distancia (m)	Tiempos (min)
	○	→	□	◐	△		
Llenaje del tanque de lavado.				●		0,00	35,00
Transporte desde el proceso de clasificado o escarificado al tanque de lavado.		●				5,75	15,00
Lavado Quinua clasificada.	●					0,00	37,50
Carga del grano a la canastilla de escurrido y escurrido.	●					0,00	15,00
Lavado manual.	●					0,00	150,00
Carga de quinua a canastillas.		●				1,50	10,00
Centrifugado.	●					0,00	17,00
Desmontado de canastillas.				●		0,00	10,00
Transporte de las canastillas a la plancha de secado.		●				6,50	20,00
Secado.	●					0,00	120,00
Enfriamiento de la quinua.				●		0,00	30,00
Ensamado y transporte de la quinua desde el proceso de secado al proceso de cepillado.		●				9,00	40,00
TOTAL	5	4	0	3	0	22,75	868,50

Subproceso de Desaponificado por él método combinado							
Descripción de las actividades	Operación	Tansporte	Control	Demora	Almacen	Distancia (m)	Tiempos (min)
	○	→	□	◐	△		
Lavado Quinua escarificada.	●					0,00	14,40
TOTAL	1	0	0	0	0	0,00	1025,40

PROCESO POSCOSECHA DE QUINUA							
Descripción de las actividades generales	Operación	Tansporte	Control	Demora	Almacen	Distancia (m)	Tiempos (min)
	○	→	□	◐	△		
Carga del grano a la máquina cepilladora.				●		0,00	5,00
Cepillado.	●					0,00	180,00
Ensamado y costura.	●					0,00	2,00
Almacenamiento.					●	0,00	0,00
TOTAL	2	0	0	1	1	0,00	187,00

La **Figura 18** tiene la finalidad de facilitar la interpretación de los diagramas Gantt que se encuentran más adelante

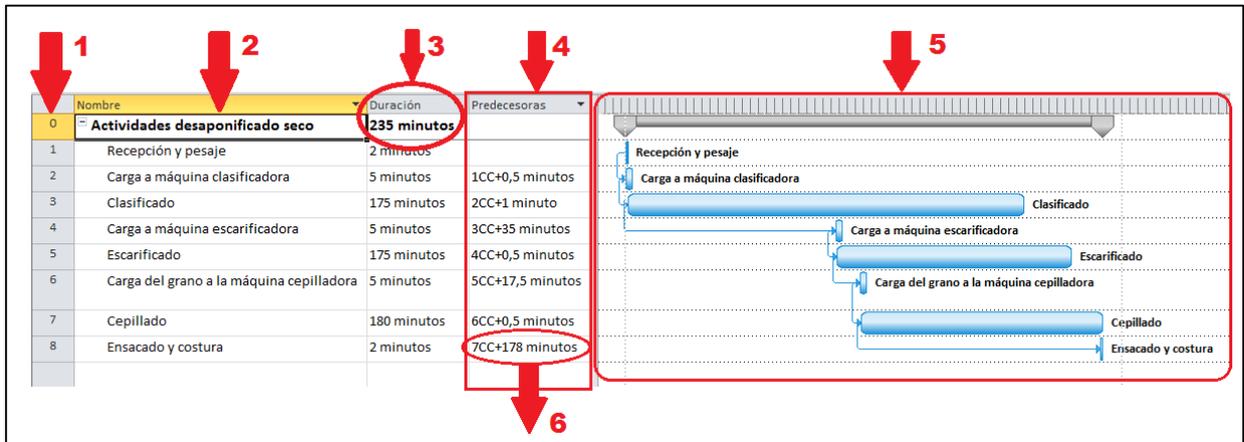


Figura 18 Modelo explicativo para la interpretación de los diagramas Gantt

A continuación la explicación de la **Figura 18**:

1. La primera columna indica el número de actividad a desarrollar. **Ejemplo:** la primera actividad se encontraría identificada con el número **1**.
2. La segunda columna indica el nombre de la actividad a desarrollar. **Ejemplo:** la actividad número 1 tiene por nombre “**Recepción y pesaje**”.
3. La tercera columna indica la duración en minutos de cada actividad. **Ejemplo:** la actividad número 1, recepción y pesaje, tiene una duración de **2 minutos**.
En esta columna se encuentra también la duración total del proyecto, valor que se encuentra dentro de la circunferencia. **Ejemplo:** la duración total del proyecto de la figura 18 es de **235 minutos**.
4. La cuarta columna indica cuales son las actividades predecesoras a cada actividad, es decir, la actividad anterior a otra.
5. Diagrama de Gantt construido a partir de los datos mencionados anteriormente, las barras de color azul representan la duración de cada actividad.
6. Dentro de la columna de actividades predecesoras, se encuentra la nomenclatura CC, siglas de Comienzo/Comienzo; lo que quiere decir que una actividad comienza cuando la otra comienza. Igualmente puede tener una demora, es decir, la actividad comienza tiempo después que comienza la otra. **Ejemplo:** si en la actividad número 3 “Clasificado”, en la columna de predecesoras, se escribe **2CC+1 minuto**, significa que la actividad 3

comenzará (C) 1 minuto después que comienza (C) la actividad 2, en cambio, si solamente se escribe **2**, significa que la actividad 3 comienza una vez que la actividad 2 finalizó.

Debido a que existen varias actividades que se desarrollan de manera simultánea, es decir, con actividades predecesoras, actividades que se desarrollan mientras otras aún no terminan. Se elaboró diagramas de Gantt para cada una de las tres vías de desaponificado, en los gráficos se puede apreciar el tiempo aproximado para el tratamiento poscosecha de 453,59 kg.

Para una mejor visualización se dividió a los diagramas de Gantt en dos partes, la primera es el cuadro de tareas y la segunda es el diagrama de Gantt.

	Nombre	Duración	Predecesoras
0	Actividades desaponificado seco	235 minutos	
1	Recepción y pesaje	2 minutos	
2	Carga a máquina clasificadora	5 minutos	1CC+0,5 minutos
3	Clasificado	175 minutos	2CC+1 minuto
4	Carga a máquina escarificadora	5 minutos	3CC+35 minutos
5	Escarificado	175 minutos	4CC+0,5 minutos
6	Carga del grano a la máquina cepilladora	5 minutos	5CC+17,5 minutos
7	Cepillado	180 minutos	6CC+0,5 minutos
8	Ensayado y costura	2 minutos	7CC+178 minutos

Figura 19 Cuadro de tareas del desaponificado por vía seca. (235 minutos)

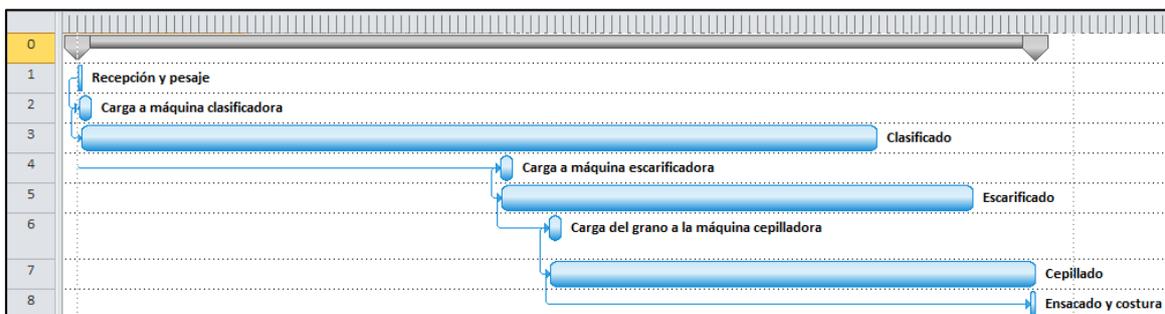


Figura 20 Diagrama de Gantt del desaponificado por vía seca. (235 minutos)

	Nombre de tarea	Duración	Predecesoras
0	Actividades desaponificado húmedo	723,5 minutos	
1	Recepción y pesaje	2 minutos	
2	Carga a máquina clasificadora	5 minutos	1CC+0,5 minutos
3	Clasificado	175 minutos	2CC+1 minuto
4	Llenaje del tanque de lavado	35 minutos	
5	Transporte de la quinua desde el proceso de clasificado al proceso de lavado	15 minutos	3CC+161,5 minutos
6	Lavado Quinua clasificada	37,5 minutos	5CC+9 minutos
7	Carga del grano en la canastilla de escurrido y escurrido	15 minutos	6
8	Lavado manual	150 minutos	7
9	Carga de quinua a canastillas (por cada centrifuga)	10 minutos	8CC+141 minutos
10	Centrifugado (con 2 centrifugas)	8,5 minutos	9CC+1,5 minutos
11	Desmontado de las canastillas (por cada centrifuga)	10 minutos	10CC+1 minuto
12	Transporte de las canastillas a la plancha de secado	20 minutos	11CC+1 minuto
13	Secado	120 minutos	12
14	Enfriamiento de la quinua.	30 minutos	13
15	Ensacado y transporte de la quinua desde el proceso de secado al proceso de cepillado	40 minutos	14
16	Carga del grano a la máquina cepilladora.	5 minutos	15CC+4 minutos
17	Cepillado	180 minutos	16CC+0,5 minutos
18	Ensacado y costura	2 minutos	17CC+178 minutos

Figura 21 Cuadro de tareas del desaponificado por vía húmeda. (723,5 minutos)

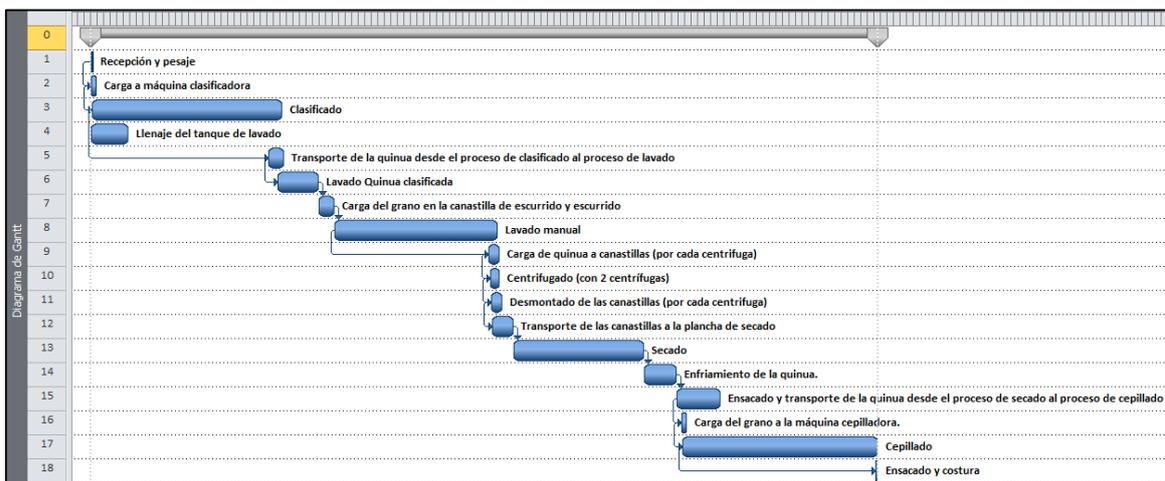


Figura 22 Diagrama de Gantt del desaponificado por vía húmeda. (723,5 minutos)

	Nombre de tarea	Duración	Predecesoras
0	Actividades desaponificado combinado	710,9 minutos	
1	Recepción y pesaje	2 minutos	
2	Carga a máquina clasificadora	5 minutos	1CC+0,5 minutos
3	Clasificado	175 minutos	2CC+1 minuto
4	Llenaje del tanque de lavado	35 minutos	
5	Carga del grano desde el proceso de clasificado al proceso de escarificado.	5 minutos	3CC+10 minutos
6	Escarificado	175 minutos	5CC+0,5 minutos
7	Transporte de la quinua desde el proceso de escarificado al proceso de lavado	15 minutos	6CC+161,5 minutos
8	Lavado Quinua escarificada	14,4 minutos	7CC+9 minutos
9	Carga del grano en la canastilla de escurrido y escurrido	15 minutos	8
10	Lavado manual	150 minutos	9
11	Carga de quinua a canastillas (por cada centrifuga)	10 minutos	10CC+141 minutos
12	Centrifugado (con 2 centrifugas)	8,5 minutos	11CC+1,5 minutos
13	Desmontado de las canastillas (por cada centrifuga)	10 minutos	12CC+1 minuto
14	Transporte de las canastillas a la plancha de secado	20 minutos	13CC+1 minuto
15	Secado	120 minutos	14
16	Enfriamiento de la quinua.	30 minutos	15
17	Ensayado y transporte de la quinua desde el proceso de secado al proceso de cepillado	40 minutos	16
18	Carga del grano a la máquina cepilladora.	5 minutos	17CC+4 minutos
19	Cepillado	180 minutos	18CC+0,5 minutos
20	Ensayado y costura	2 minutos	19CC+178 minutos

Diagrama de Gantt

Figura 23 Cuadro de tareas del desaponificado por el método combinado. (710,9 minutos)

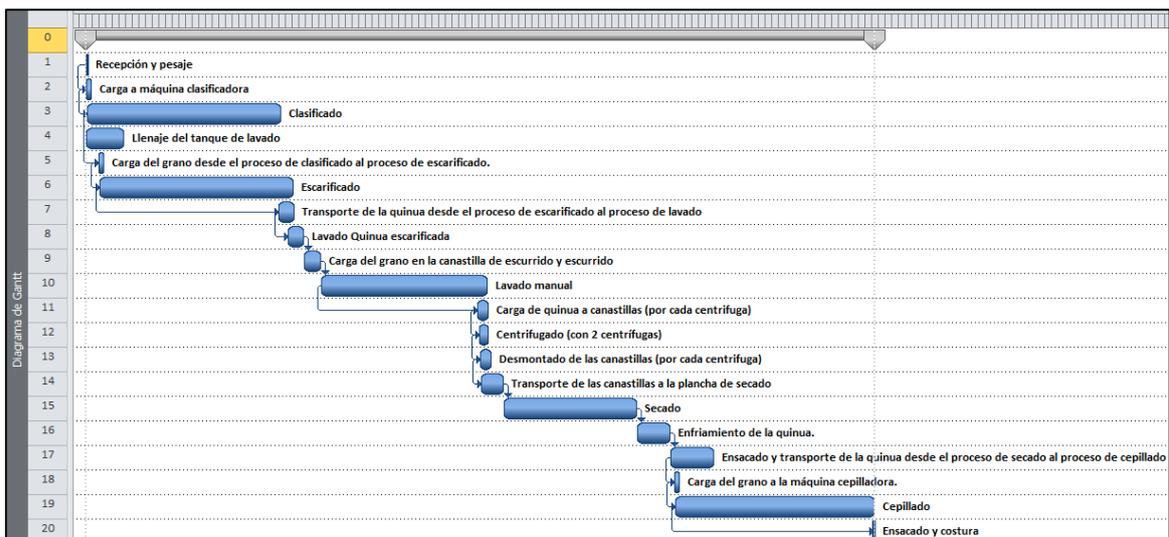


Diagrama de Gantt

Figura 24 Diagrama de Gantt del desaponificado por el método combinado. (710,9 minutos)

4.5 DETERMINACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS EN EL PROCESAMIENTO AGROINDUSTRIAL DE LA QUINUA

Para determinar la productividad de un equipo es necesario conocer su capacidad de proceso y cantidad de insumos que este utiliza para transformar las entradas en salidas. Los insumos y entradas del proceso poscosecha son agua, energía eléctrica, gas licuado de petróleo, mano de obra y quinua trillada.

Según datos obtenidos mediante entrevistas a los productores de quinua y usuarios de los servicios del centro poscosecha, el costo de 45,359 kg de quinua trillada varía de 130 a 140 USD, este precio varía por factores de humedad, tamaño, color y limpieza del grano. Por motivos de cálculo se trabajó con el precio promedio, es decir, 135 USD.

Como dato adicional, el centro poscosecha cuenta con una bombona de gas licuado de petróleo con capacidad de 1000 kg, cada recarga de la bombona cuesta 500 USD, es decir, que cada kilogramo de gas cuesta 0,50 USD. Para el procesamiento de 45,359 kg de quinua son necesarios 3 kilogramos de GLP (gas licuado de petróleo).

El consumo de agua potable en el tanque de lavado es de aproximadamente 3 m³ por cada lote de 453,59 kg. Ya que el centro poscosecha cuenta con agua de cisterna, utiliza el 50% de agua potable de red pública y el otro 50% del agua de cisterna.

Tabla 11 Costos por consumo de agua.

Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado "EMAPA" tarifa comercial 2014 - ciudad			
Rango mín.	Rango máx.	Base	Adicional
0	10	2,75	0,00
11	20	7,29	0,37
21	60	13,50	0,56
61	100	42,40	0,84
101	300	84,30	0,90
301	9999	280,00	1,04

Tabla 12 Cargos tarifarios únicos para empresas eléctricas ecuatorianas.

Rango de consumo	Demanda (USD/kwh)	Energía (USD/kw)	Comercialización (USD/consumidor)
Categoría	General		
Nivel tensión	General baja y media tensión		
	Comerciales, e. Oficiales, industriales, bombeo agua esc. deportivos, periódicos y abonados especiales		
	4,790	0,061	1,414

Tabla 13 Potencia eléctrica de los equipos del centro poscosecha.

Equipo	Potencia eléctrica (kw)	
Clasificadora	Motor 1	1,50
	Motor 2	1,50
Escarificadora	Motor 1	3,75
	Motor 2	1,35
Lavadora	Motor 1	7,50
Centrífuga #1	Motor 1	1,50
Centrífuga #2	Motor 1	1,50
Secadora	Motor 1	7,50
Cepilladora	Motor 1	1,50
	Motor 2	1,10

Tabla 14 Reporte de precios de quinua en bodegas comerciales.

	<u>REPORTE DE PRECIOS DE LA QUINUA EN BODEGAS COMERCIALES EN UN DETERMINADO PERIODO DE TIEMPO</u>		
	Reporte obtenido para: bodegas comerciales: --TODAS-- , productos: Quinua , en el rango de fechas entre el viernes, 27 de diciembre de 2013 y el domingo, 26 de enero de 2014		
Bodega comercial: Quito		Categoría: CEREALES, Y DERIVADOS	
Producto	Fecha Investigación	Precio (USD/Quintal)	Precio (USD/Kg)
Quinua	25/01/2014	240	5,28
Quinua	21/01/2014	240	5,28
Quinua	18/01/2014	240	5,28
Quinua	14/01/2014	240	5,28
Quinua	11/01/2014	240	5,28
Quinua	07/01/2014	240	5,28
Quinua	04/01/2014	240	5,28

Fuente: Coordinación General Del Sistema de Información Nacional – SINAGAP

(<http://sinagap.agricultura.gob.ec>) [Consulta Enero 2014]

Los valores mencionados en la **Tabla 14** pertenecen a los precios asignados para quinua de primer grado, sin embargo, los productores también comercializan quinua de segundo grado por un valor de 220 USD y quinua de tercer grado por un valor de 120 USD. Los valores antes mencionados son costos por cada 45,359 kg y se obtuvieron a través de entrevistas a los productores de quinua.

Para determinar la productividad de cada equipo se utilizó la productividad de múltiples factores. Los resultados de la **Tabla 15** se basan en el procesamiento de quinua durante una jornada de trabajo (8 horas).

Los insumos agua potable y energía eléctrica tienen una tarifa de pago base, misma que debe ser cancelada mensualmente; la tarifa base fue dividida para las 160 horas laborables de un mes.

Para determinar la cantidad de grano que puede procesar cada máquina, se tomaron los datos de capacidad de proceso de la **Tabla 2**.

Para determinar costos por consumo de agua potable se utilizaron los datos de la **Tabla 11**.

Para determinar costos por consumo de energía eléctrica se utilizaron los datos de la **Tabla 12**, en relación a los kw/h de consumo para cada equipo; los datos de la potencia eléctrica de los equipos se encuentran detallados en la **Tabla 13**.

Para el cálculo de las unidades producidas se considera las pérdidas generadas en cada actividad.

Tabla 15 Productividad de los equipos del centro poscosecha

Productividad= Salidas/(Mano de obra+material+energía+capital+otros)												
EQUIPO	INSUMOS (Costo/8h)										Unidades Producidas (kg)	Productividad
	Materia Prima		Agua		Energía eléctrica		Gas Licuado de Petróleo		8 horas- hombre	TOTAL (USD)		
	Cant. (kg)	Costo	Cant. (m ³)	Costo	Cant. (kw)	Costo	Cant. (kg)	Costo	Costo			
Clasificadora	1244,16	3702,94	-	0	24,00	1,77	-	0	15,00	3719,71	982,02	0,2640
Escarificadora	1244,16	3702,94	-	0	40,80	2,80	-	0	15,00	3720,74	874,02	0,2349
Lavado Quinoa escarificada	15146,00	45078,37	100,17	86,27	60,00	3,97	-	0	15,00	45183,61	14732,51	0,3261
Lavado Quinoa clasificada	5805,92	17279,90	38,40	22,18	60,00	3,97	-	0	15,00	17321,05	5647,42	0,3260
Centrifugas	26126,72	77759,81	-	0	24,00	1,77	-	0	15,00	77776,58	25413,46	0,3267
Secador	1814,40	5400,12	-	0	60,00	3,97	120,00	60,00	15,00	5479,09	1764,87	0,3221
Cepilladora	1209,60	3600,08	-	0	20,80	1,58	-	0	15,00	3616,66	1160,49	0,3209

Para obtener un panorama más amplio de la productividad del centro poscosecha, se realizaron los cálculos de productividad de múltiples factores por cada método de desaponificado, es decir, para desaponificado seco, húmedo y combinado. Los cálculos se basan en el procesamiento de 453,59 kg de quinua.

Tabla 16 Productividad inicial por el método de desaponificado seco.

Productividad = Salidas / (Mano de obra+material+energía+capital+otros)							
PROCESO	INSUMOS						
	Materia Prima	Agua	Energía eléctrica			Gas Licuado de Petróleo	Mano de Obra
	Cant. (kg)	Cant. (m³)	horas	kw	Cant. (kw/h)	Cant. (kg)	Cant. (und.)
Clasificado	453,59	-	2,92	3,00	8,75	-	
Escarificado	354,25	-	2,28	5,10	11,61	-	
Cepillado	249,02	-	1,83	2,60	4,76	-	
CANTIDAD TOTAL	238,59	0,00	25,12			0,00	3,00
COSTO (USD)	1350,00	0,00	1,84			0,00	45,00
Productividad =	salidas =	238,59	=	0,1708			
	entradas =	1396,84					

Tabla 17 Productividad actual por el método de desaponificado seco.

Productividad = Salidas / (Mano de obra+material+energía+capital+otros)							
PROCESO	INSUMOS						
	Materia Prima	Agua	Energía eléctrica			Gas Licuado de Petróleo	Mano de Obra
	Cant. (kg)	Cant. (m³)	horas	kw	Cant. (kw/h)	Cant. (kg)	Cant. (und.)
Clasificado	453,59	-	2,92	3,00	8,75	-	
Escarificado	399,48	-	2,57	5,10	13,10	-	
Cepillado	280,64	-	1,86	2,60	4,83	-	
<i>Quinua perlada</i>	269,25	-	-	-	-	-	
<i>Quinua 3°</i>	55,12	-	-	-	-	-	
CANTIDAD TOTAL	324,37	0,00	26,67			0,00	3,00
COSTO (USD)	1350,00	0,00	1,94			0,00	45,00
Productividad =	salidas =	324,37	=	0,2322			
	entradas =	1396,94					

La productividad por el método de desaponificado seco, aumentó de 0,1708 a 0,2322. Este cambio es de $0,2322/0,1708=1,36$, es decir, un 36% de incremento en la productividad de múltiples factores.

Tabla 18 Productividad inicial por el método de desaponificado húmedo.

Productividad = Salidas / (Mano de obra+material+energía+capital+otros)							
PROCESO	INSUMOS						
	Materia Prima	Agua	Energía eléctrica			Gas Licuado de Petróleo	Mano de Obra
	Cant. (kg)	Cant. (m³)	horas	kw	Cant. (kw/h)	Cant. (kg)	Cant. (und.)
Clasificado	453,59	-	2,92	3,00	8,75	-	
Lavado quinua clasificada	354,25	2,34	0,49	7,50	3,66	-	
Centrifugado	619,60	-	0,19	3,00	0,57	-	
Secado	531,61	-	2,34	7,50	17,58	35,16	
Cepillado	349,72	-	2,32	2,60	6,02	-	
<i>Quinua perlada</i>	337,47	2,34	36,58			35,16	3,00
COSTO (USD)	1350,00	2,75	2,54			17,58	45,00
Productividad =	salidas =	337,47	=	0,2380			
	entradas =	1417,87					

Tabla 19 Productividad actual por el método de desaponificado húmedo.

Productividad= Salidas / (Mano de obra+material+energía+capital+otros)							
PROCESO	INSUMOS						
	Materia Prima	Agua	Energía eléctrica			Gas Licuado de Petróleo	Mano de Obra
	Cant. (kg)	Cant. (m³)	horas	kw	Cant. (kw/h)	Cant. (kg)	Cant. (und.)
Clasificado	453,59	-	2,92	3,00	8,75	-	
Lavado quinua clasificada	399,48	2,64	0,55	7,50	4,13	-	
Centrifugado	698,86	-	0,21	3,00	0,64	-	
Secado	599,50	-	2,64	7,50	19,83	39,65	
Cepillado	394,62	-	2,61	2,60	6,79	-	
<i>Quinua perlada</i>	378,60	-	-	-	-	-	
<i>Quinua 3°</i>	20,61	-	-	-	-	-	
CANTIDAD TOTAL	399,21	2,64	40,13			39,65	3,00
COSTO (USD)	1350,00	2,75	2,76			19,83	45,00
Productividad =	salidas =	399,21	=	0,2811			
	entradas =	1420,33					

La productividad por el método de desaponificado húmedo, aumentó de 0,2380 a 0,2811. Este cambio es de $0,2811/0,2380=1,18$, es decir, un 18% de incremento en la productividad de múltiples factores.

Tabla 20 Productividad inicial por el método de desaponificado combinado.

Productividad = Salidas / (Mano de obra+material+energía+capital+otros)							
PROCESO	INSUMOS						
	Materia Prima	Agua	Energía eléctrica			Gas Licuado de Petróleo	Mano de Obra
	Cant. (kg)	Cant. (m³)	horas	kw	Cant. (kw/h)	Cant. (kg)	Cant. (und.)
Clasificado	453,59	-	2,92	3,00	8,75	-	
Escarificado	354,25		2,28	5,10	11,61		
Lavado quinua escarificada	249,02	1,65	0,13	7,50	0,99	-	
Centrifugado	435,45	-	0,13	3,00	0,40	-	
Secado	373,30	-	1,65	7,50	12,35	24,69	
Cepillado	244,94	-	1,62	2,60	4,22	-	
CANTIDAD TOTAL	234,96	1,65	38,31			24,69	3,00
COSTO (USD)	1350,00	2,75	2,65			12,35	45,00
Productividad =	salidas =	234,96	=	0,166			
	entradas =	1412,74					

Tabla 21 Productividad actual por el método de desaponificado combinado.

Productividad = Salidas / (Mano de obra+material+energía+capital+otros)							
PROCESO	INSUMOS						
	Materia Prima	Agua	Energía eléctrica			Gas Licuado de Petróleo	Mano de Obra
	Cant. (kg)	Cant. (m³)	horas	kw	Cant. (kw/h)	Cant. (kg)	Cant. (und.)
Clasificado	453,59	-	2,92	3,00	8,75	-	
Escarificado	399,48		2,57	5,10	13,10		
Lavado quinua escarificada	280,63	1,86	0,15	7,50	1,11	-	
Centrifugado	490,93	-	0,15	3,00	0,45	-	
Secado	421,14	-	1,86	7,50	13,93	27,85	
Cepillado	276,78	-	1,83	2,60	4,76	-	
<i>Quinua perlada</i>	265,54	-	-	-	-	-	
<i>Quinua 3°</i>	55,03	-	-	-	-	-	
CANTIDAD TOTAL	320,57	1,86	42,10			27,85	3,00
COSTO (USD)	1350,00	2,75	2,88			13,93	45,00
Productividad =	salidas =	320,57	=	0,2266			
	entradas =	1414,55					

La productividad por el método de desaponificado combinado, aumentó de 0,1663 a 0,2266. Este cambio es de $0,2266/0,1663=1,36$, es decir, un 36% de incremento en la productividad de múltiples factores.

Para determinar el porcentaje de participación de las materias primas y de los insumos del proceso poscosecha de la quinua se tomaron los valores de costos de la **Tabla 19**. Los resultados se expresan en la **Figura 25**.

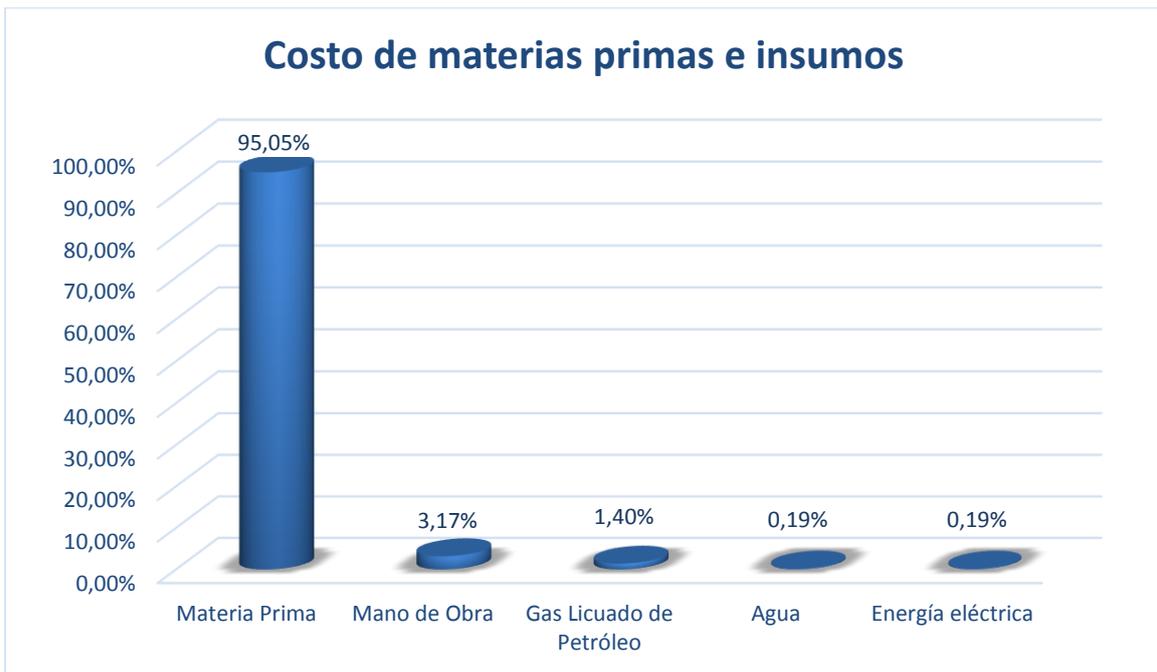


Figura 25 Porcentaje de participación de los insumos y materias primas en el costo total del tratamiento poscosecha

4.6 DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS EN EL PROCESAMIENTO AGROINDUSTRIAL DE LA QUINUA

Cálculo para determinación del porcentaje de disponibilidad de los equipos del centro poscosecha:

$$Disponibilidad = \frac{Tiempo\ de\ operación\ (TO)}{Tiempo\ planificado\ de\ operación\ (TPO)} \times 100$$

Ecuación 5 Disponibilidad de equipos.

Dónde:

TPO = Tiempo Total de trabajo - Tiempo de Paradas Planificadas

TO = TPO - Paradas y/o Averías

Tabla 22 Tiempo planificado de operación de los equipos del centro poscosecha.

TIEMPO PLANIFICADO DE OPERACIÓN (TPO)					
Tiempo total de trabajo 365 días	Tiempo de paradas planificadas (horas)				TPO (horas)
	feriados	sábados	domingos	turnos (no se labora)	
8760	216	1248	1248	4032	2016
100%	2,47%	14,25%	14,25%	46,03%	23,01%

Tabla 23 Tiempo de operación real de los equipos del centro poscosecha.

TIEMPO DE OPERACIÓN (TO)			
TPO (horas)	Tiempo por paradas no planificadas (horas)		TO (horas)
	Paradas/Averías. (5 %)	Mantenimiento (5 %)	
2016	100,80	100,80	1814,40

Disponibilidad = $(TO / TPO) \times 100$

Disponibilidad = $(1814,4 / 2016) \times 100$

Disponibilidad = 90 %

La disponibilidad de los equipos resulta de dividir el tiempo que la máquina ha estado produciendo (**Tabla 23** Tiempo de operación real de los equipos del centro poscosecha) por el tiempo que la máquina podría haber estado produciendo, mismo que se detalla en la **Tabla 22** (Tiempo planificado de operación de los equipos del centro poscosecha) y considerando el 10% del tiempo de operación por averías, paradas y mantenimiento de los equipos, se determinó que el centro poscosecha dispone del 90% de sus equipos.

Una vez que se conoce el tiempo de operación disponible de los equipos y nuestro cuello de botella, es posible calcular cual es la cantidad máxima de quinua que se puede procesar durante el año. El cálculo se detalla en la **Tabla 24**.

Tabla 24 Cálculo de la capacidad anual de procesamiento poscosecha de quinua por el método de desaponificado por vía húmeda.

#	Descripción	Dato	Unidad	Referencia
A	Tiempo de operación disponible	1 814,40	horas	Tabla 23
B	Capacidad de proceso del cuello de botella secador	219,48	kg/hora	Tabla 1
C	Capacidad de procesamiento anual	398 224,51	Kg	C=AxB
D	Meta de procesamiento del centro poscosecha	136 077	Kg	MAGAP-I
E	Kilogramos procesados año 2014	84 453,92	kg	MAGAP-I

En la **Figura 24** se observa que existe una diferencia del 66%, es decir, existe una diferencia de 262 147,51 kg de quinua entre la meta establecida para IMBANDINO en el año 2014 frente a su capacidad total de procesamiento.

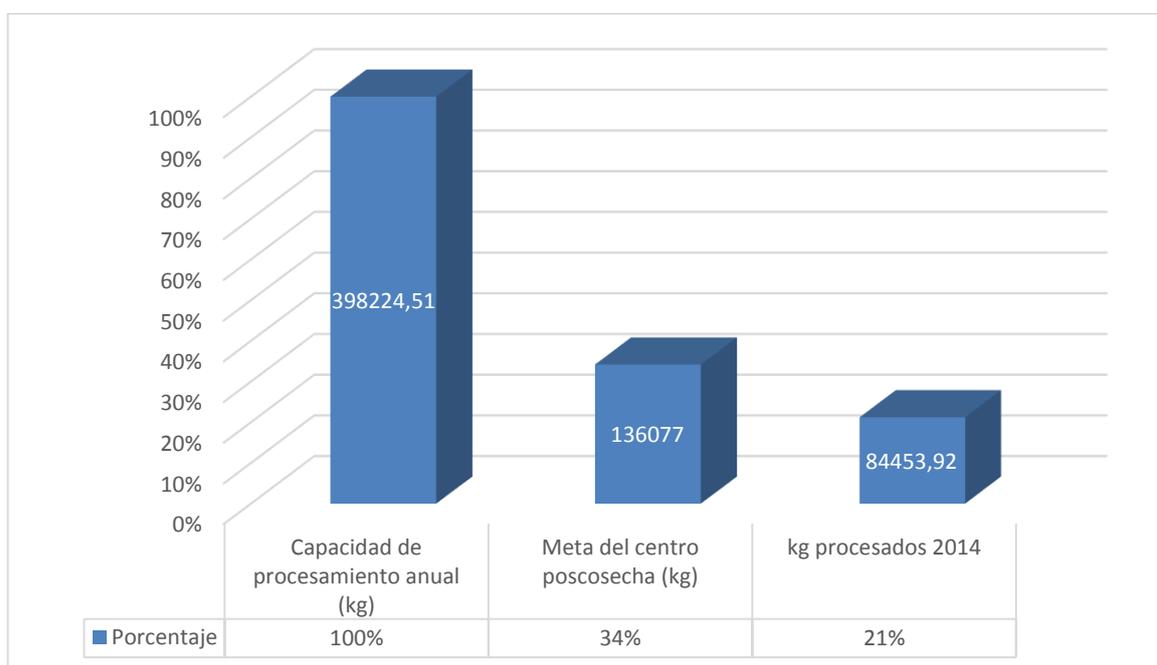


Figura 26 Comparativo de la capacidad de procesamiento anual de quinua Vs. la meta establecida para el año 2014 en IMBANDINO

Con el fin de obtener una perspectiva adicional del impacto generado con las mejoras implementadas, se realizó el cálculo de las pérdidas económicas del centro poscosecha. Para este fin se utilizaron los datos de la **Figura 10** sobre los rendimientos del proceso en la etapa inicial versus la etapa actual; el valor meta de procesamiento poscosecha de quinua de Imbandino para el año 2014 **Tabla 24** (136 077 kg) y el reporte de precios de quinua en bodegas comerciales de la **Tabla 14**, incluyendo los valores de comercio para quinua de segundo y tercer grado obtenidos mediante entrevista a los productores.

Tabla 25 Valores para el cálculo de pérdidas económicas en IMBANDINO.

Meta: 136 077 kg	Figura 10		Cantidades obtenidas (kg)		USD percibidos		Precios por kg (USD)
	INICIAL	ACTUAL	INICIAL	ACTUAL	INICIAL	ACTUAL	PRECIO
Quinua 1º	4,30%	73,10%	5851,31	99472,29	30.960,00 \$	526.320,00 \$	5,29 \$
Quinua 2º	73,78%	14,97%	100397,61	20370,73	486.948,00 \$	98.802,00 \$	4,85 \$
Quinua 3º	0,00%	2,32%	0,00	3156,99	0,00 \$	8.352,00 \$	2,65 \$
Panoja	5,68%	5,16%	7729,17	7021,57	0,00 \$	0,00 \$	
Polvo	8,13%	2,43%	11056,26	3306,67	0,00 \$	0,00 \$	
Ciclón	8,12%	2,02%	11042,65	2748,76	0,00 \$	0,00 \$	
TOTAL			136077,00	136077,00	517.908,00 \$	633.474,00 \$	

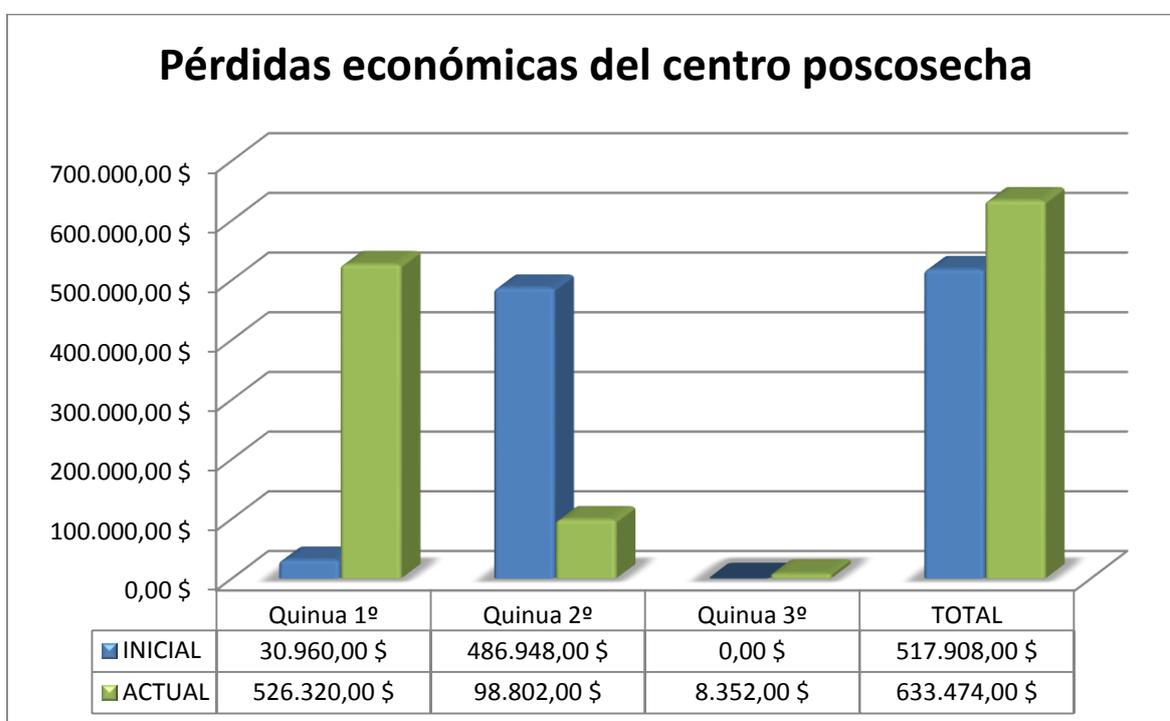


Figura 27 Cálculo de pérdidas económicas del centro poscosecha

Del cálculo se determinó que se habría estado asumiendo pérdidas económicas con un valor equivalente a 115 566 USD anuales, esto debido a un mal manejo de la quinua a lo largo del procesamiento poscosecha. Los valores económicos calculados para la etapa inicial y la etapa actual, se encuentran detallados en la **Figura 25**.

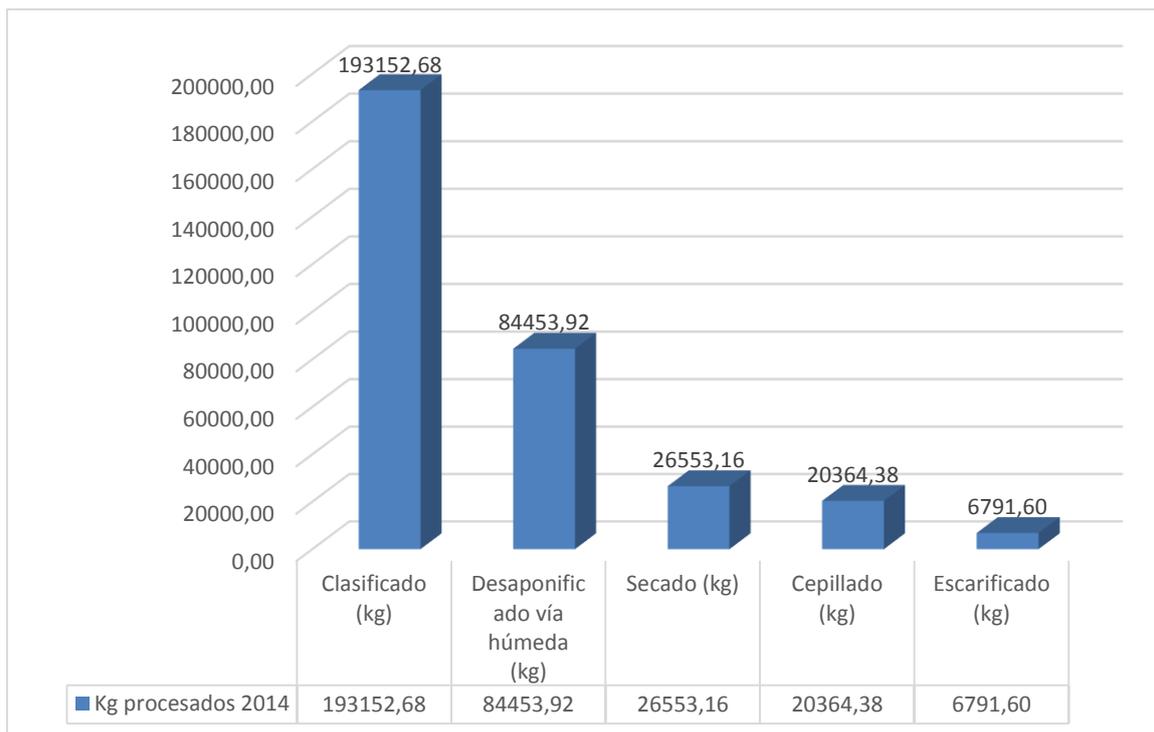


Figura 28 Estadística de procesamiento de quinua en IMBANDINO año 2014

La **Figura 28** muestra la estadística de procesamiento de IMBANDINO del año 2014, siendo los servicios más demandados, el clasificado y el desaponificado por vía húmeda.

4.7 DIMENSIONAMIENTO DEL ESPACIO FÍSICO DEL CENTRO POSCOSECHA Y SU DISTRIBUCIÓN

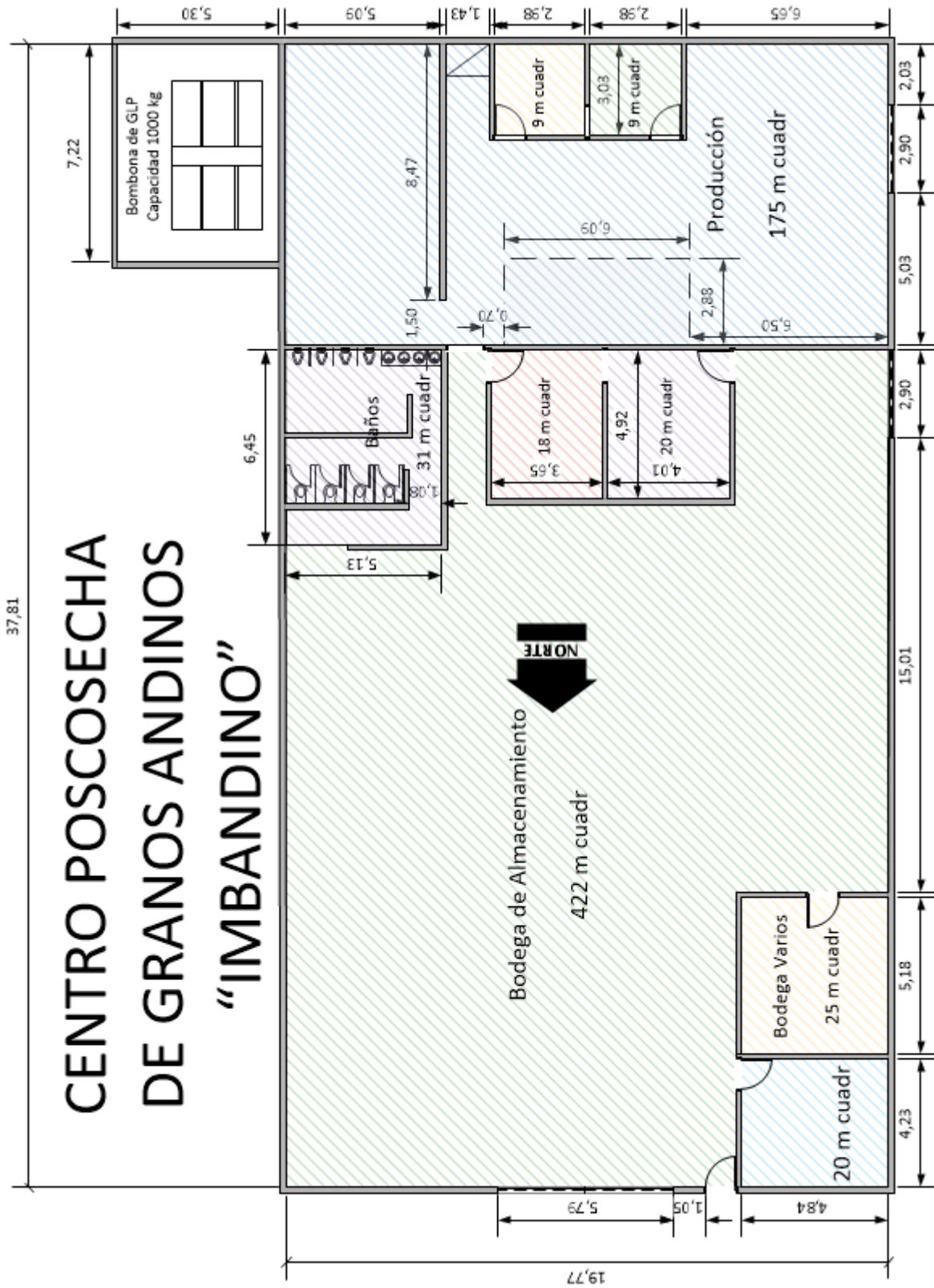


Figura 29 Distribución de las áreas del centro poscosecha. (Plano - Vista superior)

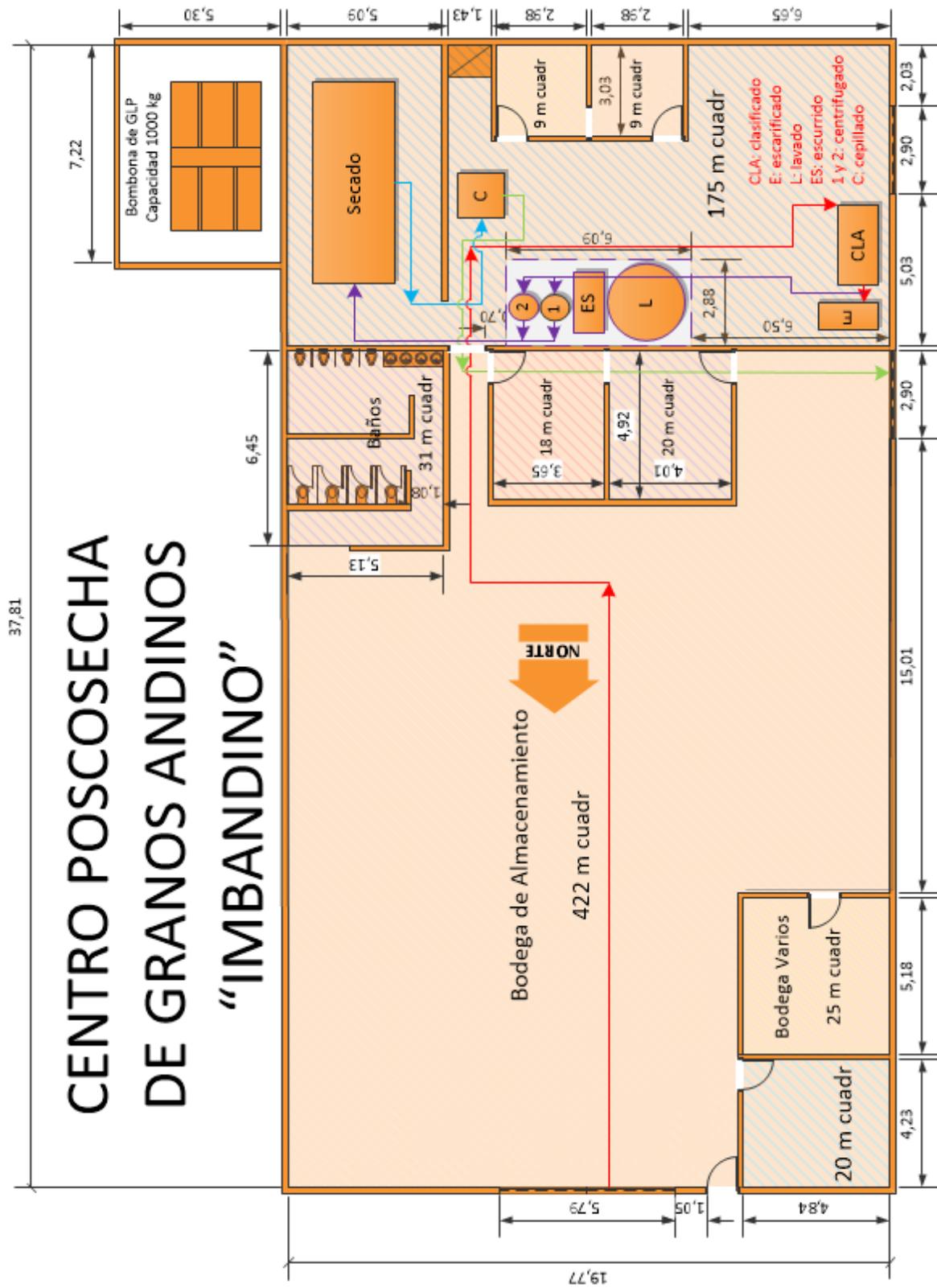


Figura 30 Diseño y flujo de trabajo actual del centro poscosecha

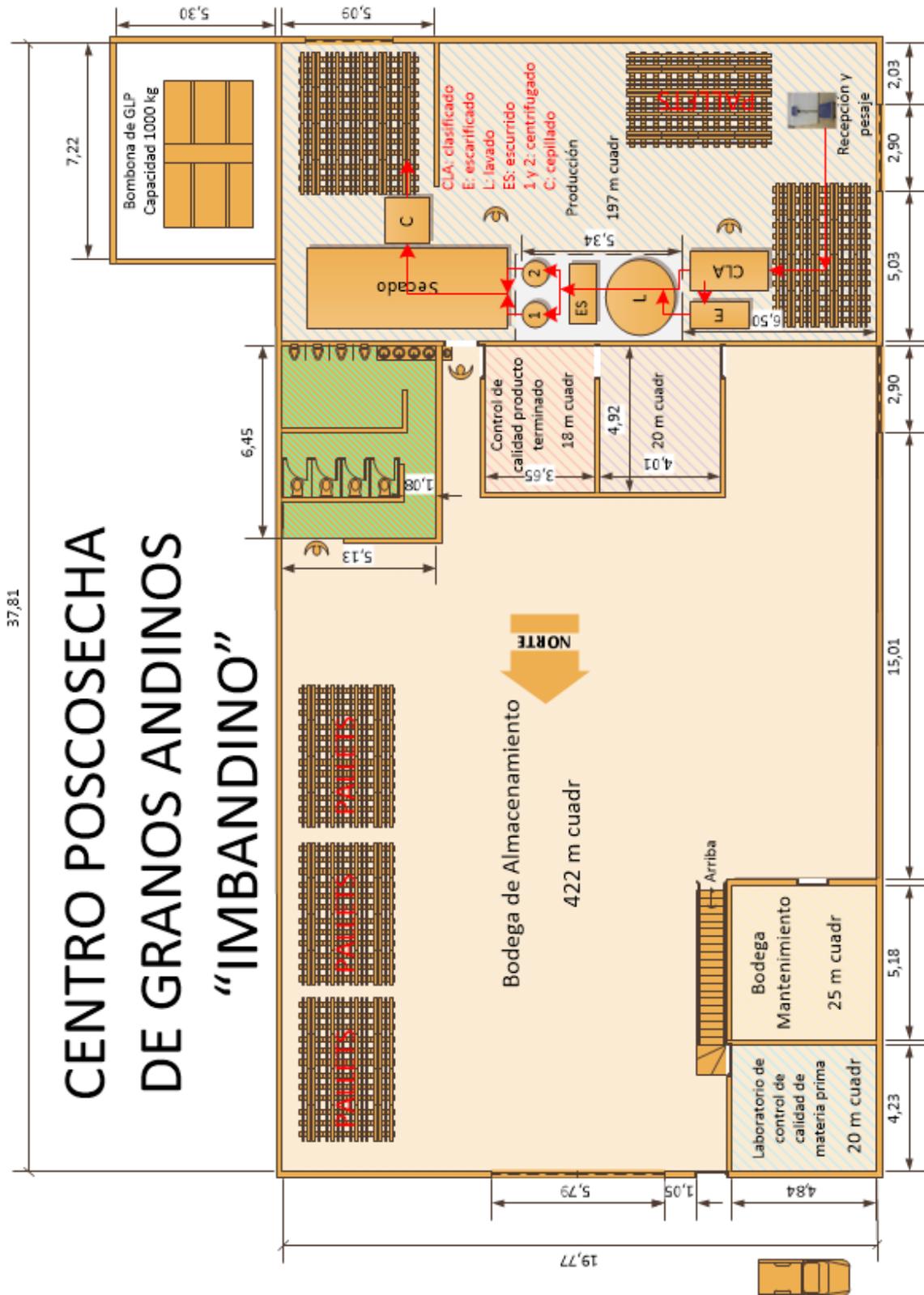


Figura 31 Diseño y flujo de trabajo propuesto para el centro poscosecha

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Se determinó que el equipo limitante, es decir, donde se crean cuellos de botella, es el secador, ya que tiene una capacidad de proceso de 219,48 kg/h, capacidad menor a los procesos previos de centrifugado y lavado. El diseño del secador requiere de gran esfuerzo del operario al tener que mover constantemente el grano para un secado uniforme y produce pérdidas de grano por las juntas o soldaduras de la plancha donde reposa el grano.
- Del análisis del balance de masas se pudo determinar que en el proceso de clasificado el 48,80% del polvo que se extrae luego de clasificar el grano aún es recuperable para obtener quinua de tercer grado; de la composición del polvo con saponina luego del escarificado se obtuvo como resultado que el 45,71% de este polvo, aún es recuperable para obtener quinua de tercer grado; del polvo extraído a través del ciclón en el proceso de cepillado se obtuvo que el 63,05% de este polvo, aún es recuperable para obtener quinua de baja calidad, misma que puede ser destinada a usos diferentes a la venta granel.
- La baja turbulencia en el tanque de lavado y el posterior lavado manual hacen que la quinua se encuentre mayor tiempo en contacto con el agua, por lo tanto, su humedad aumenta hasta porcentajes superiores a 40% al final del proceso de centrifugado.
- Luego de realizar el monitoreo del porcentaje de saponinas, se pudo determinar que la quinua al momento de recepción tiene porcentajes de saponina menores al 0,10% y corresponden a quinuas de variedades dulces, con bajo contenido de saponinas, por lo tanto, los procesos de desaponificado aportan principalmente al mejoramiento de las características visuales del grano.
- Como resultado de seguir la secuencia de las actividades del proceso poscosecha y cronometrarlas, se determinó que las demoras se constituyen en transporte y alimentación o carga del grano de quinua a las máquinas entre una actividad a otra, también se identificó que la demora más significativa es la del lavado manual en el proceso de desaponificado.
- La productividad por el método de desaponificado seco, aumentó en 36%, por el método de desaponificado húmedo aumentó 18% y por el método combinado aumentó 36%.

Siendo el más productivo el método de desaponificado húmedo con una productividad de 0,2811, seguido del desaponificado seco con 0,2322 y por último el desaponificado combinado con 0,2266. Un incremento del 18% de la productividad en el método de desaponificado húmedo es equivalente a un aumento de 115 566 USD por cada 136 077 kg de quinua trillada.

- Luego de calcular la disponibilidad de los equipos del centro poscosecha se estableció que este puede procesar hasta 398 224,51 kg de quinua trillada al año por el método de desaponificado húmedo y según la planificación establecida por el MAGAP-I para el año 2014 solamente se planteó utilizar el 34% de la capacidad total de procesamiento de IMBANDINO.

5.2 RECOMENDACIONES

- Hay equipos como la clasificadora, la escarificadora y la cepilladora que tienen capacidades de proceso menores a los procesos de lavado y centrifugado, para los cuales se recomienda crear almacenes de quinua y permitir un flujo continuo. Para eliminar el cuello de botella del proceso de secado, se recomienda evaluar la conveniencia de utilizar un secador cerrado frente al actualmente instalado, con el fin de aumentar la capacidad de proceso y reducir el trabajo manual. Revisar **Anexo E**.
- La quinua (primer o segundo grado) a ser escarificada debe estar de acuerdo con las dimensiones de la malla instalada en el escarificador.
- El proceso en el tanque de lavado debe aumentar la turbulencia, para realizar un lavado más eficiente, reduciendo tiempos y eliminando el posterior lavado manual al que se somete a la quinua.
- Se recomienda realizar la medición del porcentaje de humedad del grano al momento de recepción para el cálculo de pérdidas de peso por eliminación de agua.
- ✓ Para disminuir las fuentes de demoras en el centro poscosecha, la organización debe enfocarse hacia la automatización del proceso, reduciendo así el segundo costo más significativo, es decir, mano de obra.
- ✓ Se debe realizar una planificación de la producción adecuada con el fin de ahorrar la energía eléctrica consumida por los equipos en arranques y paros, además de aprovechar su disponibilidad, reduciendo así los costos fijos y aumentando la productividad. La

planificación de la producción deberá realizarse de acuerdo a las capacidades de proceso de cada máquina para evitar el alto porcentaje de subutilización.

- ✓ Con la finalidad de reducir las distancias recorridas por el grano de quinua y de mejorar el flujo de trabajo se planteó una nueva distribución del espacio físico y un nuevo layout para el centro poscosecha. El flujo recomendado se puede visualizar en la **Figura 31**.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA DE TEXTO

- Bacigalupo, A., & Tapia, M. (2000). Agroindustria. En M. Tapia, *Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación*. Santiago de Chile: FAO.
- Calderón, S., & Ortega, J. (2009). *Guía para la Elaboración de Diagramas de Flujo*. Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (MIDEPLAN), Modernización del Estado.
- De la Roche, J. (2005). *La Quinua en el Ecuador*. Quito, Ecuador.
- Descripción Botánica*. (s.f.). Recuperado el Noviembre de 2012, de Montenoa: <http://www.montenoa.com/botanica.htm>
- Duque, L. (2008). *Mejoramiento de Procesos*. Medellín, Colombia: FUNDACIÓN UNIVERSITARIA LUIS AMIGÓ.
- Fundación Promoción e Investigación de Productos Andinos. (2011). *La quinua, cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria*. FAO.
- Heizer, J., & Render, B. (2009). *Principios de Administración de Operaciones* (Séptima ed.). Naucalpan, México: PEARSON EDUCACIÓN.
- Introducción a la T. Saponina*. (s.f.). Recuperado el Diciembre de 2012, de CCBOL GROUP S.R.L.: <http://www.ccbolgroup.com/teasaponina.html>
- ISO 9000:2005 Sistemas de gestión de la calidad - Fundamentos y vocabulario*. (2005).
- Koziol, M. (2011). Composición Química. En C. Wahli, *Quinua Hacia su Cultivo Comercial* (pág. 206). Quito: LATINRECO S.A.
- Martínez, A. (2001). *Saponinas Esteroides*. Medellín: Universidad de Antioquia - Facultad de Química Farmacéutica.
- Meyhuay, M. (s.f.). *Quinua: Operaciones Poscosecha*. (B. Lewis, & D. Mejia, Edits.) FAO.
- Mujica, A., Jacobsen, S., Izquierdo, J., & Marathee, J. P. (2001). *Quinua (Chenopodium quinoa Willd.) Ancestral Cultivo Andino, Alimento del Presente y Futuro*. Santiago, Chile.
- Nieto, C., & Valdivia, R. (2001). Post-cosecha, Transformación Y Agroindustria. En A. Mujica, S. Jacobsen, J. Izquierdo, & J. P. Marathee (Edits.), *Quinua (Chenopodium quinoa Willd.) Ancestral Cultivo Andino, Alimento Del Presente Y Futuro*. Santiago de Chile: FAO.
- Norma Técnica Ecuatoriana 1233. Granos y cereales muestreo. Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (s.f.). Recuperado el Enero de 2014, de <http://apps.inen.gob.ec/download/>

Norma Técnica Ecuatoriana 1235. Granos y cereales Determinación del contenido de humedad (método de rutina). Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (s.f.). Recuperado el Enero de 2014, de <http://apps.inen.gob.ec/descarga/>

Norma Técnica Ecuatoriana 1515. Granos y cereales. Cribas metálicas o zarandas y tamices. Tamaño nominal de la abertura. Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (s.f.). Recuperado el Enero de 2014, de <http://apps.inen.gob.ec/descarga/>

Norma Técnica Ecuatoriana 154. Tamices de ensayo. Dimesiones nominales de las aberturas. Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (s.f.). Recuperado el Enero de 2014, de <http://apps.inen.gob.ec/descarga/>

Norma Técnica Ecuatoriana 1670. Quinoa. Determinación de la proteína total (proteína cruda). Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (s.f.). Recuperado el Enero de 2014, de <http://apps.inen.gob.ec/descarga/>

Norma Técnica Ecuatoriana 1671. Quinoa. Determinación del nivel de infestación y de las impurezas. Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (s.f.). Recuperado el Enero de 2014, de <http://apps.inen.gob.ec/descarga/>

Norma Técnica Ecuatoriana 1672. Quinoa. Determinación del contenido de saponinas por medio del método espumoso (método de rutina). Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (s.f.). Recuperado el Enero de 2014, de <http://apps.inen.gob.ec/descarga/>

Norma Técnica Ecuatoriana 1673. Quinoa requisitos. Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (s.f.). Recuperado el Enero de 2014, de <http://apps.inen.gob.ec/descarga/>

Peralta, E. (1985). *La quinoa... Un gran alimento y su utilización*. Quito: Estación Experimental Santa Catalina. INIAP.

Peralta, E. (2009-2011). *La Quinoa En Ecuador "Estado del Arte"*. Quito: Programa Nacional de Leguminosas - Granos Andinos. INIAP.

Peralta, E. (2010). *Producción y distribución de semilla de buena calidad con pequeños agricultores de granos andinos: chocho, quinoa, amaranto*. Quito: Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. Estación Experimental Santa Catalina. INIAP.

Peralta, E., Mazón, N., Murillo, Á., Rivera, M., & Monar, C. (2008). *Manual Agrícola de Granos Andinos: Chocho, Quinoa, Amaranto y Ataco. Cultivo, variedades y costos de producción*. Manual, Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. Estación Experimental Santa Catalina. INIAP, Quito.

Quinua: IV Congreso Mundial de la Quinua. (s.f.). Recuperado el Diciembre de 2012, de http://www.congresomundialquinua.com.ec/images/doc_quinua/quinua.pdf

SENATI. (2011). *Introducción a la Calidad Total II.* Servicio Nacional de Adiestramiento en Trabajo Industrial, Lima.

Suñé, A., Gil, F., & Arcusa, I. (2004). *Manual Práctico de Diseño de Sistemas Productivos.* España: Ediciones Díaz de Santos, S.A.

ANEXOS

ANEXO A

PROCESO POSCOSECHA PARA LA OBTENCIÓN DE QUINUA PERLADA PROPUESTO

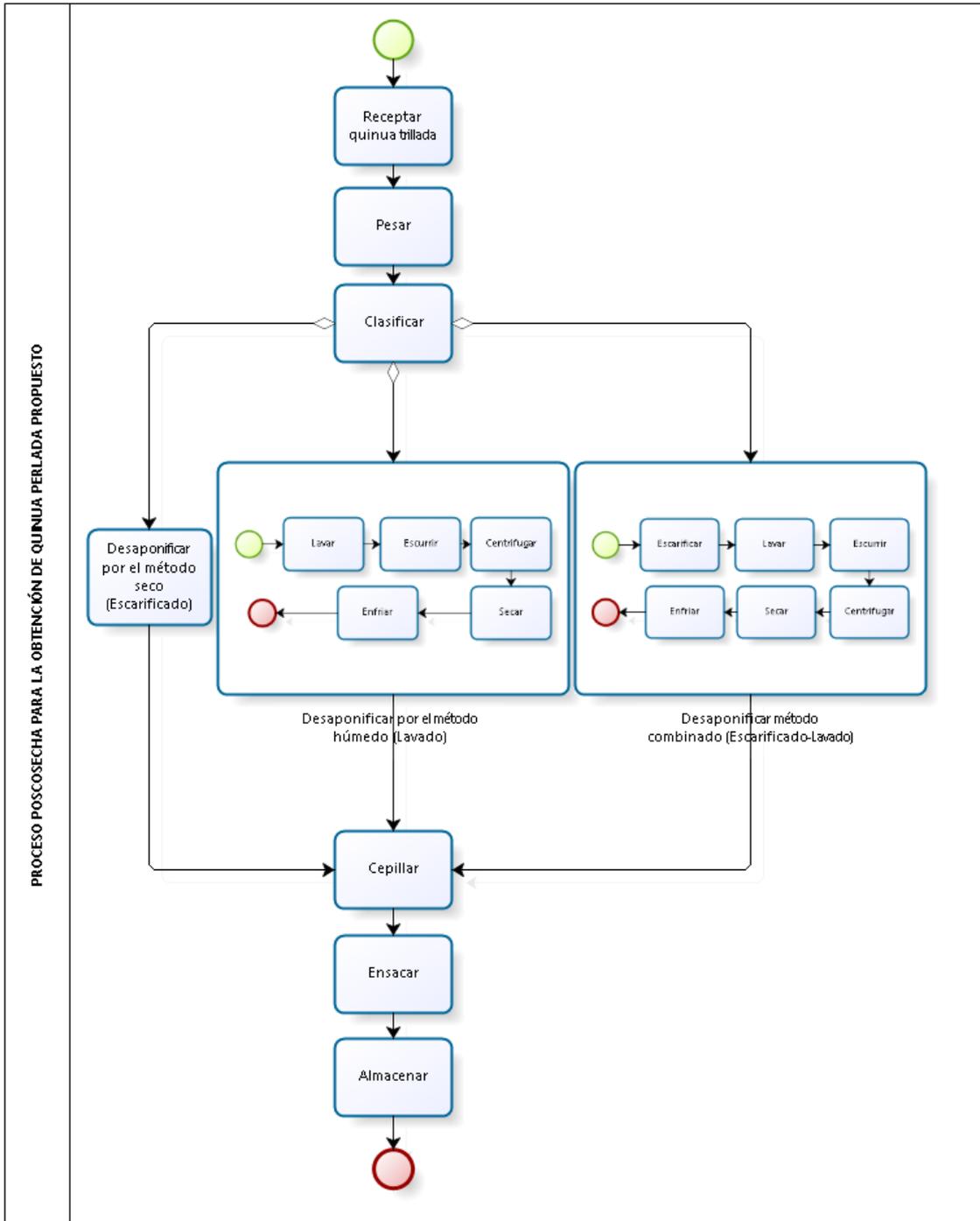


Figura 32 Proceso poscosecha para la obtención de quinua perlada propuesto

ELEMENTOS DEL PROCESO

Receptar quinua trillada

Al llegar a planta se debe realizar un control del porcentaje de humedad en la quinua al igual que una revisión de posibles plagas con el fin de evitar la infestación de sacos aledaños. Luego de la revisión se debe almacenar los sacos sobre pallets, con el fin de evitar el contacto con el suelo y paredes, facilitando así el flujo de aire mientras espera a ser procesada.

Pesar

Cuando la quinua tiene una humedad máxima del 12% está lista para ser procesada para lo cual se realiza un pesaje y así determinar un adecuado balance de materiales y un correcto proceso de clasificado.

NOTA: La quinua destinada al desaponificado húmedo o desaponificado combinado puede ingresar al proceso con valores de humedad superiores al 12% ya que durante el lavado, la quinua también adquiere humedad.

Clasificar

El clasificado debe realizarse de acuerdo a la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1673, la cual determina los requisitos que la quinua debe cumplir para ser considerada como quinua de primer, segundo o tercer grado. Esta actividad tiene como objetivo separar las impurezas propias del grano como panojas, polvo, piedritas y todo el material extraño procedente de la cosecha.

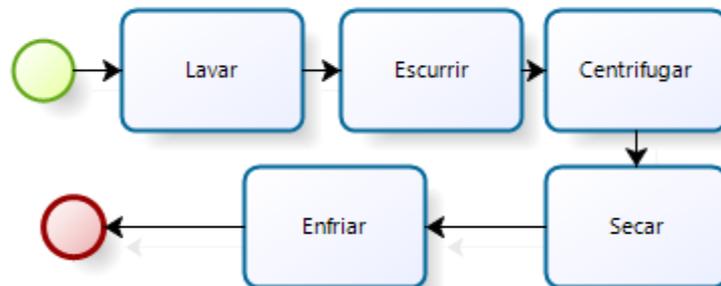


Figura 33 Desaponificado por el método húmedo (Lavado)

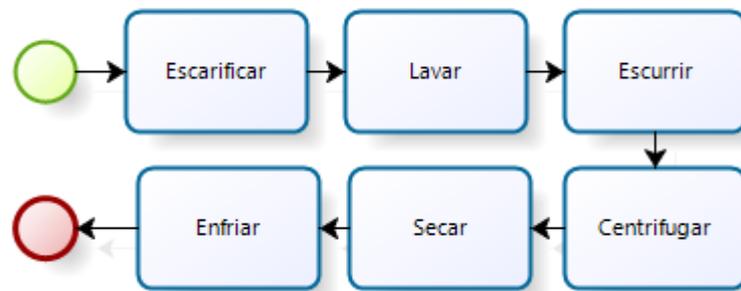


Figura 34 Desaponificado método combinado (Escarificado-Lavado)

Escarificar

El escarificado o desaponificado por vía seca consiste en el desprendimiento por acción mecánica de la capa superficial del grano de quinua (episperma), el cual contiene las sustancias amargas conocidas como saponinas.

Lavar

El lavado o desaponificado por vía húmeda se realiza por recirculación con agua potable, la quinua se coloca en el tanque de lavado y se hace recircular. Todas las impurezas por ser más livianas quedarán en la superficie del tanque. (Humedad máxima 30%)

Ecurrir

La quinua lavada por recirculación se descarga a una canasta con mallas de acero inoxidable, eliminando la mayor cantidad de agua con el fin de evitar que el grano germine mientras espera a ser centrifugado.

Centrifugar

Este proceso elimina otra porción de agua que se encuentra adherida al grano, facilitando así el proceso de secado. La quinua se coloca en canastas de acero inoxidable en una cantidad aproximada de 453,59 kg por centrífuga por el lapso de un minuto, el producto debe salir con una humedad aproximada del 25% para facilitar el posterior proceso de secado.

Secar

Ya que el grano de quinua aún posee humedad suficiente para propiciar su germinación, fermentaciones o el crecimiento de mohos, se somete al grano a un proceso de secado por recirculación de aire caliente a 65°C hasta alcanzar una humedad máxima del 12%.

Enfriar

El grano de quinua debe reposar por un lapso de 30 minutos antes de ser transportado, envasado o almacenado con el fin de evitar la condensación que se da lugar con el desprendimiento del vapor de agua presente en el grano.

Cepillar

El cepillado ayuda con la eliminación del polvillo adherido a los granos y descartando granos dañados y quebrados tras las operaciones poscosecha a las que ha sido sometido,

Ensacar

Para su posterior comercialización o almacenaje la quinua perlada se envasa en sacos de yute con una capacidad para 50 kg, controlando su peso con una balanza calibrada y sellando los sacos con una cosedora manual o automática.

Almacenar

Los almacenes o bodegas para almacenar los alimentos terminados deben mantenerse en condiciones higiénicas y ambientales apropiadas para evitar la descomposición o contaminación posterior.

El estibaje de los sacos debe hacerse sobre pallets y respetando las distancias mínimas recomendadas respecto a piso, pared y techo, con el fin de facilitar la accesibilidad de inspección, limpieza, transporte y ventilación.

Distancia mínima respecto al piso: 15 centímetros

Distancia mínima respecto a paredes: 50 centímetros

Distancia mínima respecto al techo: 1 metro

ANEXO B FLUJO DE TRABAJO PARA OBTENCIÓN DE QUINUA PERLADA.



Figura 35 Flujo de trabajo para obtención de quinua perlada

ANEXO C FOTOGRAFÍAS.



Figura 36 Panoja de quinua



Figura 37 Fachada centro poscosecha



Figura 38 Bodega de almacenamiento



Figura 39 Secado de quinua por extendido



Figura 40 Granos de quinua trillada

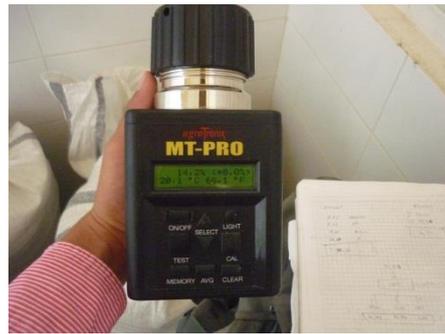


Figura 41 Medidor de humedad de granos agraTronix (MT-PRO)



Figura 42 Máquina clasificadora



Figura 43 Distribución de la clasificadora para los distintos grados de quinua



Figura 44 Productores realizando el proceso de clasificado



Figura 45 Quinua clasificada de 1º Grado



Figura 46 Máquina escarificadora



Figura 47 Vista interna del tambor de la escarificadora



Figura 48 Tanque de lavado



Figura 49 Carga de la quinua al tanque de lavado



Figura 50 Recirculación de la quinua en el tanque de lavado con la ayuda de una bomba



Figura 51 Recolección manual de las impurezas



Figura 52 Descarga de quinua lavada a la canastilla de escurrido



Figura 53 Canastilla de escurrido



Figura 54 Lavado manual del grano de quinua



Figura 55 Centrífugas uno y dos



Figura 56 Carga de quinua centrífugas



Figura 57 Quinua luego del proceso de centrifugado



Figura 58 Carga de quinua centrifugada a la plancha de secado



Figura 59 Homogenización de la capa de quinua en la plancha de secado



Figura 60 Desperdicio generado por aberturas en la plancha de secado



Figura 61 Medición de humedad del grano. (Etapa final del secado)



Figura 62 Máquina cepilladora



Figura 63 Quinoa cepillada



Figura 64 Balanza infrarroja. (Propiedad UTN)



Figura 65 Balanza analítica. (Propiedad UTN)



Figura 66 Análisis del contenido de saponinas para quinua escarificada (1º tubo), quinua lavada (2º tubo), quinua trillada (3º tubo)

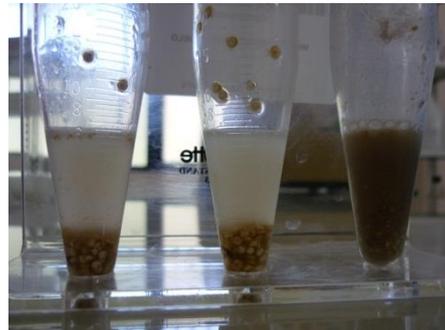


Figura 67 Análisis del contenido de saponinas para quinua escarificada (1º tubo), quinua lavada (2º tubo), quinua trillada (3º tubo)

ANEXO D SECADOR DE CÁMARA HORIZONTAL DHNP-120 IX

FICHA TECNICA 2 SECADOR DE CAMARA HORIZONTAL DHNP - 120 IX

I. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

Equipo para secado. Cámara de secado de trabajo horizontal. Eje central suspendido en rodamientos. Estructura rígida fabricada con ángulos de acero comercial. Motor reductor de velocidad a engranajes del tipo coaxial, con acople a eje central a través de piñones y con seguro de cadena. Transmisión de movimiento por medio de cadena, piñón, polea y fajas en V. Porta motor incorporado. Acabado sanitario. Acero inoxidable calidad AISI 304.

IV. RECOMENDACIONES

Regulaciones

- Temperatura interna
- Caudal circulación de aire
- Cantidad de producto alimentado a la cámara de secado

Mantenimiento

- Verificar estado del soplador / quemador
- Verificar presión de los ventiladores
- Verificar estanqueidad de la cámara

II. DATOS TÉCNICOS

Marca	NEGAVIM DEL PERU E.I.R.L.
Modelo	DHNP – 120 IX
Potencia (HP)	2.68
Productividad	0.25 TM de quinua secada / hora
Voltaje (voltios)	220 – 380 – 440
Suministro	Trifásico
Vida útil	20.000 horas de operación
Peso (Kg)	500
Para su instalación requiere	Interruptor Termo magnético de 30 amperios

V. DONDE SE PUEDE COMPRAR

Empresa que comercializa	NEGAVIM DEL PERU E.I.R.L.
Costo aproximado de la máquina	S/. 26,580.00 (Incluye IGV)
Garantía	1 año
Dirección tienda	Av. Principal Mz A, Lte 5 SJL - Lima
Teléfonos	(1)386 1355
Dirección electrónica	informes@nevagimdelperu.com ventas@nevagimdelperu.com servicios@nevagimdelperu.com

III. COSTOS DE FUNCIONAMIENTO

Costo de electricidad S./ hora	8.0 kW* h/TM de quinua secada tarifa BTSB (S/.0.40/kwh)
Repuestos que utiliza la máquina	Soplador / quemador, ventiladores, cámara, etc.
Insumos para la máquina	1/8 litro grasa para la máquina
Mano de obra necesaria	Requiere de una persona para ser operado



ANEXO E
NTE INEN 154: TAMICES DE ENSAYO. DIMENSIONES NOMINALES DE LAS
ABERTURAS

NTE INEN 154

1986-12

APENDICE Y

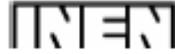
Y.1 En este apéndice se presentan las equivalencias aceptadas entre los tamaños nominales de las aberturas dadas en esta norma y las de la serie ASTM para las mallas de alambre.

INEN	ASTM
Abertura indicada	Designación
125 mm	5 pulg
106 mm	4,24 pulg
90 mm	3 ½ pulg
75 mm	3 pulg
63 mm	2 ½ pulg
53 mm	2,12 pulg
45 mm	1 ¾ pulg
37,5 mm	
31,5 mm	1 ¼ pulg
26,5 mm	1,06 pulg
22,4 mm	7/8 pulg
19,0 mm	¾ pulg
16,0 mm	5/8 pulg
13,2 mm	0,53 pulg
11,2 mm	7/16 pulg
9,5 mm	3/8 pulg
8,0 mm	5/16 pulg
6,7 mm	0,265 pulg
5,8 mm	No. 3 ½
4,75 mm	No. 4
4,00 mm	No. 5
3,35 mm	No. 6
2,80 mm	No. 7
2,36 mm	No. 8
2,00 mm	No. 10
1,70 mm	No. 12
1,40 mm	No. 14
1,18 mm	No. 16
1,00 mm	No. 18
850 µm	No. 20
710 µm	No. 25
600 µm	No. 30
500 µm	No. 35
425 µm	No. 40
355 µm	No. 45
300 µm	No. 50
250 µm	No. 60
212 µm	No. 70
180 µm	No. 80
150 µm	No. 100
125 µm	No. 120
106 µm	No. 140
90 µm	No. 170
75 µm	No. 200
63 µm	No. 230
53 µm	No. 270
45 µm	No. 325
38 µm	No. 400

(Continua)

ANEXO F
NTE INEN 1672: QUINUA. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE
SAPONINAS POR MEDIO DEL MÉTODO ESPUMOSO (MÉTODO DE RUTINA)

ODU: 633.1



AG 05.04-317

Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria	QUINUA. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE SAPONINAS POR MEDIO DEL MÉTODO ESPUMOSO (MÉTODO DE RUTINA)	INEN 1 672 1988-04
<p>1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece el método de ensayo para la determinación del contenido de saponinas.</p> <p>2. ALCANCE</p> <p>2.1 Este método se aplica a la quinua con contenido de saponinas comprendido entre 0,005% (0,2 cm) hasta 0,37 % (3,0 cm).</p> <p>3. FUNDAMENTO</p> <p>3.1 Este método físico se basa en las propiedades tensoactivas de las saponinas. Cuando se disuelven en agua y se agiten, las saponinas dan una espuma estable, cuya altura puede correlacionarse con el contenido de saponinas en los granos.</p> <p>3. INSTRUMENTAL</p> <p>3.1 Materiales.</p> <p>3.1.1 Tubos de ensayo con tapones de rosca; L = 160 mm, Ø = 16 mm, SUL 15.</p> <p>3.1.2 Probeta de 10 cm³</p> <p>3.1.3 Cronómetro (reloj)</p> <p>3.1.4 Balanza sensible al 0,01 g</p> <p>3.1.5 Regla sensible al 0,1 cm.</p> <p>3.1.6 Portatubos.</p> <p>3.2 Reactivos</p> <p>3.2.1 Agua destilada o agua de pureza equivalente.</p> <p style="text-align: right;">(Continúa)</p>		

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Casilla 17-01-3999 - Baquerizo Moreno E8-29 y Almagro - Quito-Ecuador - Prohibida la reproducción

4. PROCEDIMIENTO

- 4.1 Colocar $0,50 \pm 0,02$ g de granos de quinua en un tubo de ensayo.
- 4.2 Añadir $5,0 \text{ cm}^3$ de agua destilada y tapar el tubo. Poner en marcha el cronómetro y sacudir fuertemente el tubo durante 30 segundos.
- 4.3 Dejar el tubo en reposo durante 30 minutos, luego sacudirlo otra vez durante 30 segundos.
- 4.4 Dejar el tubo en reposo durante 30 minutos o más, luego sacudir otra vez durante 30 segundos. Dar al tubo una última sacudida fuerte.
- 4.5 Dejar el tubo en reposo durante 5 minutos, luego medir la altura de espuma con aproximación al 0,1 cm.

5. CÁLCULOS

- 5.1 El contenido de saponinas de la quinua en grano, expresado en porcentaje, se calcula aplicando la siguiente ecuación:

$$P_s = \frac{(0,646 \times h) - 0,104}{m \times 10}$$

Siendo:

- P_s = el contenido de saponinas de la quinua, en porcentaje en masa;
 h = altura de espuma, en cm;
 m = masa de la muestra, en g.

6. INFORME DE RESULTADOS

- 6.1 Como resultado final, debe reportarse la media aritmética de las determinaciones efectuadas por duplicado.
- 6.2 En el informe de resultados, debe indicarse el resultado obtenido. Además, debe mencionarse cualquier condición de operación no especificada en esta norma o considerada como opcional, así como cualquier circunstancia que pueda haber influenciado sobre el resultado.
- 6.3 El informe incluirá todos los detalles necesarios para una completa identificación de la muestra.

(Continua)

ANEXO G

NTE INEN 1673: QUINUA REQUISITOS



CDU: 633.1

AG 05-04.412

Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria	QUINUA. REQUISITOS	INEN 1 673 1988-06
<p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el grano de quinua (<i>Chenopodium quinoa Willd</i>).</p> <p style="text-align: center;">2. ALCANCE</p> <p>2.1 Esta norma se aplica a la quinua en grano.</p> <p>2.2 Esta norma no se aplica a la quinua destinada a semilla.</p> <p style="text-align: center;">3. TERMINOLOGIA</p> <p>3.1 Masa hectolítica. Masa de grano por unidad de volumen, expresada en kilogramos por hectolitro.</p> <p>3.2 Insecto primario. Es el insecto capaz de romper el grano por sí solo, es decir, sin que por otros medios se facilite el ataque.</p> <p>3.3 Insecto secundario. Es el insecto que por sí solo no es capaz de romper el grano, es decir, que necesita la presencia de insectos primarios u otros medios que faciliten el ataque.</p> <p>3.4 Grano infestado. Es aquel que porta en su superficie o en su parte interna insectos vivos o muertos en cualesquiera de sus estados biológicos.</p> <p>3.5 Impurezas. Para efectos de esta norma, comprende:</p> <ul style="list-style-type: none"> - granos dañados por calor. - granos dañados por humedad. - granos quebrados, germinados y ennegrecidos. - granos dañados por insectos. - otros granos. - excremento de animales y vegetales. - otros materiales dañinos. <p style="text-align: right; margin-top: 20px;">(Continúa)</p>		

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN – Casilla 17-01-3999 – Baquerizo Moreno ES-29 y Almagro – Guillo-Ecuador – Prohibida la reproducción

3.6 Sachaquinua. Aquellas que corresponden a especies silvestres de quinua, entre las más importantes son las siguientes:

Chenopodium album
Chenopodium hircinum
Chenopodium quinoa var. millanum

3.7 Granos de otro color. Granos de *Chenopodium quinoa* willd de color marrón o negro, o de color diferente al de la variedad.

3.8 Granos dañados. Grano de quinua que ha sufrido deterioro por la acción de insectos o agentes patógenos, que este fermentando, germinando o dañado por cualquier otra causa, observables a simple vista.

4. CLASIFICACION

4.1 La quinua en grano se clasifica en los grados 1, 2 y 3, de acuerdo con los requisitos indicados en la Tabla 1.

5. REQUISITOS

5.1 Color. La quinua en grano debe presentar un color natural y uniforme, característico de la variedad.

5.2 Sabor. Para efectos de esta norma de acuerdo con la prueba de espuma, se considera como quinua dulce aquella que da una altura de espuma de 1,0 cm o menor y como quinua amarga aquella que da una altura de espuma superior a 1,0 cm (ver Norma INEN 1 672).

5.3 Olor. La quinua en grano, en un examen organoléptico, debe estar libre de olores producidos por contaminación de mohos o por una mala conservación u otros olores objetables.

5.4 Humedad. El contenido máximo de humedad de la quinua en grano será del 12% (m/m); (ver INEN 1 235).

5.5 Residuos de pesticidas. La quinua en grano no debe contener residuos de pesticidas y sus metabolitos en cantidades superiores a las tolerancias máximas admitidas por las regulaciones vigentes.

5.6 Impurezas. El contenido de impurezas totales de la quinua en grano no excederá del 3 % (m/m), (Ver Norma INEN 1 671) y el porcentaje de grano cubierto con perigonio no deberá exceder del 8 %.

5.7 Grados de quinua. La quinua en grano ensayada con las normas INEN correspondientes deben cumplir con los requisitos establecidos en la Tabla 1. El grado que se asigne al lote será el que corresponda al factor de calidad más bajo de la muestra.

(Continua)

TABLA 1. Determinación de los grados de la calidad de la quinua

Grado	Masa Hectolítica (mínima)		Porcentaje Mín. de proteína cruda *	Tamaño del grano ** en mm	Porcentaje máx. en masa		
	Q. dulce	Q. amarga			Sacha quinua y granos de otro color	Granos dañados	Excrementos de animales
1	62	66	13	Mayor o igual a 1,8	0,1	0,1	0,01
2	60	64	13	Menor a 1,8	0,5	0,5	0,01
3	58	62	13	Menor a 1,8	1,0	1,0	0,01

* Porcentaje de proteína cruda expresado sobre la base del 12% de humedad. (Ver INEN 1670).
 ** Equivalente al tamaño nominal del tamiz de orificios redondos en mm

5.8 Insectos. El nivel de infestación por insectos en la muestra de quinua en grano, expresado como el número de insectos presentes por kilogramo de muestra, tal como se indica en la Tabla 2; (ver INEN 1 671).

TABLA 2. Niveles de infestación de insectos en la quinua en grano

NIVEL DE INFESTACION	No. Total de insectos permitidos primarios y secundarios
Libre	0
Ligeramente infestado	3
Infestado	Mayor de 3

(Continúa)

ANEXO H



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

**“MEJORAMIENTO DEL PROCESO PRODUCTIVO DE QUINUA (*Chenopodium
quinua, w*), EN EL CENTRO POSCOSECHA DE GRANOS ANDINOS
“IMBANDINO”, MAGAP-IMBABURA.”**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
AGROINDUSTRIAL**

Autor: JORGE ANDRÉS ALMEIDA ANDRADE

Director: Ing. Marcelo Vacas. MBA.

Ibarra, 2015

Hoja de vida del investigador



NOMBRE : Jorge Andrés Almeida Andrade
CÉDULA DE IDENTIDAD : 100329294-1
FECHA DE NACIMIENTO : 24 de febrero de 1991
EDAD : 24 años
LUGAR DE NACIMIENTO : Ibarra-Imbabura
NACIONALIDAD : Ecuatoriano
ESTADO CIVIL : Soltero
CIUDAD DE RESIDENCIA : Ibarra
DIRECCIÓN : La Dolorosa de Priorato, calle Cuicocha 2-30
y Cunro.
TELÉFONO CELULAR CLARO : 0993770045
TELÉFONO CELULAR MOVISTAR : 0987727534
CORREO ELECTRÓNICO : andr66s@live.com
andr66s@gmail.com
andr66s@me.com

FORMATO DEL REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

ALMEIDA ANDRADE, JORGE ANDRÉS. Mejoramiento del proceso productivo de quinua (*Chenopodium quinua*, w), en el centro poscosecha de granos andinos “IMBANDINO”, MAGAP-Imbabura/ TRABAJO DE GRADO. Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agroindustrial. Ibarra, 07 de Abril de 2015.

DIRECTOR: *Vacas, Marcelo*

La presente investigación tuvo como objetivo el mejoramiento del proceso productivo de la quinua (*Chenopodium quinua*, w), en el centro poscosecha de granos andinos “IMBANDINO”, Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca-Imbabura.

Para el análisis se utilizó la información recolectada durante la fase de diagnóstico, la cual dió lugar a observaciones y oportunidades de mejora para el proceso poscosecha, enfocándose principalmente en la obtención de granos de quinua de acuerdo a las normativas técnicas ecuatorianas vigentes y en el aumento de la productividad.

Ibarra, 07 de Abril de 2015

Ing. Marcelo Vacas. MBA.
Director de Tesis

Jorge Andrés Almeida Andrade
Autor

ARTÍCULO CIENTÍFICO

TÍTULO: “MEJORAMIENTO DEL PROCESO PRODUCTIVO DE QUINUA (*Chenopodium quinoa*, w), EN EL CENTRO POSCOSECHA DE GRANOS ANDINOS “IMBANDINO”, MAGAP-IMBABURA.”

AUTOR:

Jorge Andrés Almeida Andrade

DIRECTOR:

Ing. Marcelo Vacas. MBA.

1. RESUMEN

El presente trabajo analizó la situación inicial de los procesos del Centro Poscosecha de Granos Andinos “IMBANDINO”, mismo que se encuentra ubicado en los predios del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca de Imbabura; el objetivo del estudio fue el mejoramiento del proceso productivo mediante la implementación de las acciones de mejora. Para el análisis se utilizó la información recolectada durante la fase de diagnóstico, dando lugar a observaciones y oportunidades de mejora, enfocadas en la obtención de granos de quinua de acuerdo a las normativas técnicas ecuatorianas vigentes. Los puntos revisados fueron: capacidades de proceso, balance de materiales, contenidos de saponinas, determinación de demoras, productividad por equipos y métodos de desaponificado, disponibilidad de equipos, dimensionamiento del espacio físico y su

distribución; con lo cual se pudo determinar cuellos de botella; rendimientos y porcentaje de desperdicios; eficiencia de los procesos de desaponificado, dando como resultado, porcentajes de saponina menores al 0,10%, niveles aceptables para el consumo humano; demoras significativas que se constituyen en transporte y carga del grano a los equipos y lavado manual; pérdidas económicas; diseño y flujo de trabajo propuesto. Como resultado la cantidad y calidad del producto obtenido del proceso de clasificado aumentó en 68,80% para quinua de primer grado, 2,32% para quinua de tercer grado y una reducción de 58,81% para quinua de segundo grado; siendo el método de desaponificado húmedo el más productivo. Los productores de quinua que utilizan los servicios poscosecha de IMBANDINO, se beneficiaron con los resultados mediante la reducción de pérdidas de producto.

PALABRAS CLAVE

Saponina, Clasificado, Escarificador, Secado, Desaponificado.

ABSTRACT

This work analyzed the initial situation of the “Centro Poscosecha de Granos Andinos IMBANDINO” processes, which is located in the property of the “Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca” of Imbabura; the objective of the investigation was the improvement of the production process through the implementation of improvement measures. For the analysis, the information gathered during the diagnostic phase, was used to comment and increase opportunities, focusing primarily on obtaining grains of quinoa according to the Ecuadorian technical regulations in force. The analyzed points were: capacity of the process, balance of materials, saponins contents, determination of delays, productivity by machines and desaponificado methods, machines availability, measuring of physical space and its distribution; which determined bottlenecks, yields and percentage of waste, efficiency of desaponificado processes; giving as result, lower percentages of saponin, it is 0,10%, acceptable levels for human consumption; significant delays are by transportation

and freight of the grain to the machines and wash by hand, economic losses, desing and proposed workflow. As a result, the quantity and quality of the obtained product from the process to classified increase 68,80% for quinoa from first grade, 2,32% for quinoa from third grade and a reduction of 58.81% for quinoa of second grade; the humid method of desaponificado was the most productive. Quinoa producers, who use the services of postharvest of “IMBANDINO”, were benefit with the results through the reduction of product losses.

KEYWORDS

Saponin, Classified, Scarifier, Dried, Desaponificado.

2. INTRODUCCIÓN

El Centro Poscosecha de Granos Andinos “IMBANDINO” al formar parte del MAGAP-I y al prestar servicio a los pequeños agricultores debe tener como prioridad ofrecer procesos eficientes, preocupándose por minimizar los recursos utilizados y obteniendo un producto de calidad que esté de acuerdo a normativas nacionales y de esta manera satisfacer las necesidades de sus clientes.

El conocer, gestionar y controlar los procesos inherentes a la poscosecha de la quinua permitió tener el enfoque correcto

para aumentar la productividad, reducir las ineficiencias, reducir el uso excesivo de recursos, obtener la retroalimentación adecuada para la mejora continua y hacer efectivos a los procesos generando los resultados deseados y aumentando la calidad del producto final.

Para esto, los objetivos de este estudio son:

- ✓ Determinar la capacidad de proceso para los equipos utilizados en el procesamiento agroindustrial de la quinua.
- ✓ Desarrollar un balance de masas general del proceso poscosecha.
- ✓ Monitorear el porcentaje de extracción de saponinas luego de los procesos de desaponificado.
- ✓ Determinar las demoras a través de los procesos de poscosecha.
- ✓ Determinar la productividad de los equipos utilizados en el procesamiento agroindustrial de la quinua.
- ✓ Determinar el porcentaje de disponibilidad de los equipos utilizados en el procesamiento agroindustrial de la quinua.
- ✓ Calcular el espacio físico del centro poscosecha y su distribución para plantear la ubicación más adecuada de la maquinaria.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

El desarrollo de la investigación se llevó a cabo en las instalaciones del Centro Poscosecha De Granos Andinos “**IMBANDINO**” ubicado en los predios del MAGAP-I, conforme se detalla a continuación:

Región: Zona 1

Provincia: Imbabura

Cantón: Ibarra

Parroquia: San Francisco

Sector: El Ejido

Calles: Guallupe y Olimpia Gudiño

Latitud geográfica: 00° 19' 47" S

Longitud geográfica: 78° 07' 56" W

Altitud: 2256 m

Humedad media anual: 72%

Temperatura media anual: 17,7°C

Precipitación media anual: 52,5mm

Fuente: Estación Meteorológica de Yuyucocha, Ibarra-Ecuador [Consulta Noviembre 2014]

MATERIALES Y EQUIPOS

Materias Primas e Insumos

- ✓ Granos de quinua
- ✓ Agua destilada
- ✓ Agua Potable

Instrumentos y Equipos

- ✓ Probeta de 10 ml
- ✓ Cronómetro
- ✓ Tubos de ensayo con tapones de rosca
- ✓ Balanza sensible al 0,01g
- ✓ Balanza sensible a 2 oz

- ✓ Gradilla
- ✓ Balanza infrarroja
- ✓ Regla sensible al 0,1 cm
- ✓ Flexómetro
- ✓ Piseta
- ✓ Medidor de humedad de granos agraTronix (MT-PRO)

A lo largo del proceso poscosecha se realizaron cronometrajes, mediciones y pesajes, además, se usó la observación para la identificación de las demoras y los recursos necesarios en cada etapa del proceso; para determinar los porcentajes de extracción de saponinas se utilizó un método físico establecido en la NTE INEN 1672, basado en la propiedad tensoactiva de las saponinas.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La capacidad de proceso para un equipo es la cantidad de producto que se obtiene por unidad de tiempo. Las capacidades actuales para cada proceso se muestran a continuación:

Tabla 1 Capacidad actual de proceso del centro poscosecha.

PROCESO	Capacidad de Tolva(kg)	Tiempo (min.)	Rango (min. ±)	Capacidad promedio de proceso (kg/h)
Clasificado	90,72	35,50	5,00	153,33
Escarificado	9,07	4,00	0,50	136,08
Lavado de Qe	362,87	33,50	1,50	649,92
Lavado de Qc	362,87	52,00	5,00	418,70
Centrifugado I	68,04	10,50	0,50	388,79
Centrifugado II	68,04	10,50	0,50	388,79
Secado	453,59	124,00	30,00	219,48
Cepillado	113,40	45,50	5,00	149,54

Qe: Quinua escarificada Qc: Quinua clasificada

Del análisis de la **Tabla 1**, se determina que el equipo limitante es el secador, ya que tiene una capacidad de proceso menor

a los procesos previos de centrifugado y lavado.

Hay equipos que tienen capacidades de proceso menores, como la clasificadora, la escarificadora y la cepilladora, para los cuales habrá que crear almacenes de quinua y permitir un flujo continuo.

En el proceso actual de clasificado se cambiaron las mallas de las zarandas con lo cual se lograron aumentos del 68,80% para quinua de primer grado, 2,32% para quinua de tercer grado y una reducción de 58,81% para quinua de segundo grado. En la siguiente figura se puede observar los porcentajes de quinua obtenidos.

Rendimientos Clasificado Inicial Vs. Actual

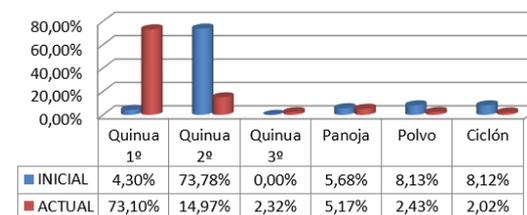


Figura 1 Gráfico comparativo de rendimientos del clasificado. Inicial Vs. Actual.

Realizando una comparación de los resultados obtenidos en nuestro proceso de clasificado frente a las pruebas realizadas con la clasificadora “Clipper super, modelo x29D” donde según indica Galárraga (1987), se obtuvieron los resultados detallados en la **Tabla 2**, se determina que los resultados se hallan ligeramente fuera de estos parámetros. Esto puede explicarse debido a la

variación de los factores que detallan Nieto & Valdivia, 2011, los cuales son: el estado de madurez de la quinua, variedad, grado de contaminación con impurezas y otros.

Tabla 2 Tabla comparativa de resultados máquina Clipper super, modelo x29D Vs clasificadora IMBANDINO

*Clipper super, modelo x29D		Clasificadora IMBANDINO	
Semilla de primera	75 a 80 %	Quinua de 1°	73,10 %
Grano comercial	15 a 20 %	Quinua de 2° + Quinua de 3°	17,29 %
Impurezas y pérdidas	5 %	Panoja + ciclón + polvo	9,62 %

*Datos de pruebas de clasificado realizadas por Galárraga (1987).

Para determinar el porcentaje de extracción de saponinas luego de los procesos de desaponificado se realizaron monitoreos al momento de la recepción del grano, dando como resultado en todos los monitoreos porcentajes de saponina menores al 0,10%. Según Zabaleta, citado por Bacigalupo y Tapia, (1990), el nivel máximo aceptable de saponina en la quinua para consumo humano oscila entre 0,06 a 0,12%, por lo tanto, los granos cumplen con el nivel máximo aceptable de saponina aún sin someterse a un proceso de desaponificado.

5. CONCLUSIONES

- Se determinó que el equipo limitante, es decir, donde se crean cuellos de botella, es el secador, ya que tiene una capacidad de proceso de 219,48 kg/h,

capacidad menor a los procesos previos de centrifugado y lavado. El diseño del secador requiere de gran esfuerzo del operario al tener que mover constantemente el grano para un secado uniforme y produce pérdidas de grano por las juntas o soldaduras de la plancha donde reposa el grano.

- Del análisis del balance de masas se pudo determinar que en el proceso de clasificado el 48,80% del polvo que se extrae luego de clasificar el grano aún es recuperable para obtener quinua de tercer grado; de la composición del polvo con saponina luego del escarificado se obtuvo como resultado que el 45,71% de este polvo, aún es recuperable para obtener quinua de tercer grado; del polvo extraído a través del ciclón en el proceso de cepillado se obtuvo que el 63,05% de este polvo, aún es recuperable para obtener quinua de baja calidad, misma que puede ser destinada a usos diferentes a la venta granel.
- La baja turbulencia en el tanque de lavado y el posterior lavado manual hacen que la quinua se encuentre mayor tiempo en contacto con el agua, por lo tanto, su humedad aumenta hasta porcentajes superiores a 40% al final del proceso de centrifugado.

- Luego de realizar el monitoreo del porcentaje de saponinas, se pudo determinar que la quinua al momento de recepción tiene porcentajes de saponina menores al 0,10% y corresponden a quinuas de variedades dulces, con bajo contenido de saponinas, por lo tanto, los procesos de desaponificado aportan principalmente al mejoramiento de las características visuales del grano.
- Como resultado de seguir la secuencia de las actividades del proceso poscosecha y cronometrarlas, se determinó que las demoras se constituyen en transporte y alimentación o carga del grano de quinua a las máquinas entre una actividad a otra, también se identificó que la demora más significativa es la del lavado manual en el proceso de desaponificado.
- La productividad por el método de desaponificado seco, aumentó en 36%, por el método de desaponificado húmedo aumentó 18% y por el método combinado aumentó 36%. Siendo el más productivo el método de desaponificado húmedo con una productividad de 0,2811, seguido del desaponificado seco con 0,2322 y por último el desaponificado combinado con 0,2266. Un incremento del 18% de

la productividad en el método de desaponificado húmedo es equivalente a un aumento de 115 566 USD por cada 136 077 kg de quinua trillada.

- Luego de calcular la disponibilidad de los equipos del centro poscosecha se estableció que este puede procesar hasta 398 224,51 kg de quinua trillada al año por el método de desaponificado húmedo y según la planificación establecida por el MAGAP-I para el año 2014 solamente se planteó utilizar el 34% de la capacidad total de procesamiento de IMBANDINO.

6. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Fundación Promoción e Investigación de Productos Andinos. (2011). *La quinua, cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria*. FAO.

Koziol, M. (2011). Composición Química. En C. Wahli, *Quinua Hacia su Cultivo Comercial* (pág. 206). Quito: LATINRECO S.A.

Meyhuay, M. (s.f.). *Quinua: Operaciones Poscosecha*. (B. Lewis, & D. Mejia, Edits.) FAO.

Norma Técnica Ecuatoriana 1515. Granos y cereales. Cribas metálicas o zarandas y tamices. Tamaño nominal de la abertura. Instituto Ecuatoriano de Normalización

(INEN). (s.f.). Recuperado el Enero de 2014, de <http://apps.inen.gob.ec/descarga/> Norma Técnica Ecuatoriana 154. Tamices de ensayo. Dimesiones nominales de las aberturas. Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (s.f.). Recuperado el Enero de 2014, de <http://apps.inen.gob.ec/descarga/> Norma Técnica Ecuatoriana 1672. Quinoa. Determinación del contenido de saponinas por medio del método espumoso (método de rutina). Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (s.f.). Recuperado el Enero de 2014, de <http://apps.inen.gob.ec/descarga/> Norma Técnica Ecuatoriana 1673. Quinoa requisitos. Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (s.f.). Recuperado el Enero de 2014, de <http://apps.inen.gob.ec/descarga/>

Peralta, E. (2009-2011). *La Quinoa En Ecuador “Estado del Arte”*. Quito: Programa Nacional de Leguminosas - Granos Andinos. INIAP.

Peralta, E. (2010). *Producción y distribución de semilla de buena calidad con pequeños agricultores de granos andinos: chocho, quinoa, amaranto*. Quito: Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. Estación Experimental Santa Catalina. INIAP.

Quinoa: IV Congreso Mundial de la Quinoa. (s.f.). Recuperado el Diciembre de 2012, de http://www.congresomundialquinoa.com.ec/images/doc_quinoa/quinoa.pdf

SENATI. (2011). *Introducción a la Calidad Total II*. Servicio Nacional de Adiestramiento en Trabajo Industrial, Lima.