

Caracterización de los sistemas de secado de maíz duro amarillo

Characterization of hard corn drying systems

Marcelo Mancheno¹ , Mercedes Moreira¹ , Walter Jácome¹ , Nataly Tigse¹ , Jorge Vásquez¹ 

¹Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador, 120501;

mmoreira@uteq.edu.ec, wjacomev@uteq.edu.ec, nataly.tigse2016@uteq.edu.ec, jorge.vasquez2017@uteq.edu.ec

*Correspondencia: emanchenop@uteq.edu.ec

Citación: Mancheno, M.; Moreira, M.; Jácome, W.; Tigse, N. & Vásquez, J., (2024). Caracterización de los sistemas de secado de maíz duro amarillo. *NovasinerGía*. 7(1). 136-148.

<https://doi.org/10.37135/ns.01.13.08>

Recibido: 09 julio 2023

Aceptado: 02 noviembre 2023

Publicado: 10 enero 2024

NovasinerGía

ISSN: 2631-2654

Resumen: El secado del maíz permite reducir el contenido de humedad presente en el grano a niveles que permitan un almacenamiento seguro. El objetivo de esta investigación permite analizar los sistemas de secado de maíz empleados en el Cantón Quevedo, Provincia de Los Ríos. Para alcanzar nuestro objetivo se realizaron visitas de campo en la zona objeto de estudio, por lo que se consideraron factores relacionados con la tecnología empleada y período de cosecha de maíz, características de la región costera del Ecuador. Se determinó que el secado estacionario o de lecho fijo es el sistema de secado ampliamente empleado para el secado de maíz, el cual emplea como combustible el gas licuado de petróleo subsidiado para su funcionamiento. La humedad de recibo de maíz en las plantas de secado presenta niveles de humedad por encima del 30 %, en los dos periodos de cosecha del producto, situación que repercute en los tiempos de proceso y en la calidad del producto. La demanda de combustible para secar una masa promedio de producto, 60,2 Ton, entre el primer período de cosecha que va de Marzo – Junio, y el segundo período, Septiembre – Noviembre, presenta una diferencia de 300,77 Kg de GLP con relación a la primera cosecha, siendo la humedad de recibo un factor clave a tomar en cuenta.

Palabras clave: Calidad, Energía, Impurezas, Porcentaje de Humedad, Proceso de secado estacionario.

Abstract: Corn drying reduces the moisture content present in the grain to levels that allow safe storage. This process requires a large amount of energy, which is why, if not applied correctly, it can affect the quality of the product to be dried, in addition to representing important costs in the operation of the drying plants. The objective of this research is to analyze the corn drying systems used in Canton Quevedo, Province of Los Ríos. In order to achieve the objective, field visits were made to the area under study, considering factors related to the technology used and the corn harvesting period, as well as, characteristics of the coastal region of Ecuador. It was determined that stationary or fixed bed drying is the drying system widely used for corn drying, which uses subsidized liquefied petroleum gas as fuel for its operation. The moisture content of the corn received at the drying plants is above 30% in the two harvesting periods of the product, a situation that has an impact on processing times and product quality. The fuel demand for drying an average mass of product of 60.2 tons, between the first harvest period, March - June, and the second period, September - November, presents a difference of 300.77 kg of LPG in relation to the first harvest, being the moisture content a key factor to take into account.

Keywords: Quality, Energy, Impurities, Moisture percentage, Stationary drying process.



Copyright: 2024 derechos otorgados por los autores a NovasinerGía.

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de una licencia de Creative Commons Attribution (CC BY NC).

(<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introducción

El maíz amarillo duro se produce en la región costera del Ecuador, se lo utiliza principalmente como materia prima en la elaboración de balanceado. De acuerdo con (Zambrano & Andrade Arias, 2021), a nivel nacional, el 37 % del área maicera se localiza en la Provincia de Los Ríos, un 32 % en Manabí y un 15 % en Guayas; con rendimientos que alcanzan las 6,2 t/ha en Los Ríos, Guayas con 4,6 t/ha y Manabí con la productividad más baja 5,5 t/ha, lo cual implica implementar u operar sistemas de secado acordes a la dinámica del mercado.

El aprovechamiento de esta materia prima por parte del sector alimenticio, requiere de un abastecimiento continuo para sus diferentes procesos, por lo que el secado de granos (Kauffmann, 1999) constituye una parte importante de la cadena de comercialización, sobre todo en zonas tropicales y subtropicales donde la humedad de los granos al momento de la cosecha es superior a la conveniente para un almacenamiento y aprovechamiento seguros.

Con las mejoras tecnológicas en la agricultura, las necesidades de secado artificial de granos incrementaron de forma significativa, el requerimiento de secado rápido y efectivo se torna imperativo cuando se tienen grandes volúmenes de cosecha en cortos períodos de tiempo y con humedades muy por encima de las recomendadas para un almacenamiento seguro. Aunque el secado natural en la mata sería lo recomendado para conservar su calidad, difícilmente se puede conseguir en el trópico, debido a las condiciones climáticas y de lluvias existentes en la mayor parte de las tierras cultivadas (Caro, 1998). El principal combustible para los sistemas de secado artificial es el Gas Licuado de Petróleo del tipo Agroindustrial.

El secado según (Doymaz & Pala, 2003) consiste en extraer del maíz el agua libre mediante la aplicación de aire caliente, con lo cual se impide el crecimiento de microorganismos y cualquier actividad enzimática que afecte la calidad del alimento y sus propiedades organolépticas (de Dios, 1996). Primero se evapora el agua libre, con humedades superiores al 27%, la cual demanda relativamente poca energía, luego se evapora el agua situada en los capilares hasta lograr el umbral de estabilización (13% de humedad), a partir de este punto el agua se encuentra unida químicamente a los componentes del grano y se requiere de una gran cantidad de energía para su evaporación (Márquez & Pozzolo, 2012).

El contenido de humedad con la que se recibe el grano de las plantas de secado representa un factor de importancia al momento de gestionar el proceso de secado, lo cual implica mayor exposición del grano a elevadas temperaturas lo que representa un mayor requerimiento de energía; sin embargo, si no se gestiona adecuadamente trae consigo problemas en la calidad del producto. Esta investigación se enfoca en analizar los sistemas de secado de maíz duro amarillo empleados en el Cantón Quevedo, adicionalmente se estimada la cantidad de energía necesaria para el secado del grano de maíz.

2. Metodología

La investigación inició con una recopilación bibliográfica de varios artículos científicos, libros y capítulos de libros, resúmenes de congresos e informes técnicos, sobre

sistemas de secado de maíz duro amarillo. Los sujetos de estudio fueron las empresas que prestan el servicio de almacenamiento y secado de maíz duro amarillo ubicadas en el Cantón Quevedo en los meses de Junio y Septiembre de 2022. Las unidades de producción fueron seleccionadas de manera aleatoria en función de su condición de operación.

Mediante diagramas de proceso se esquematizó la operación de los sistemas de secado de maíz duro amarillo con sus respectivos tiempos.

Para la medición de la humedad de recibo en las plantas de secado se empleó un medidor avanzado de Humedad en granos y semillas, PM450, con una resolución de 0,1 %.

A través de las ecuaciones (1) y (2) (Bonilla Bird, 2014) se estimó las pérdidas totales asociados con el proceso de secado de maíz.

$$ML=GL \cdot (I_i - I_f) / (100 - I_f) \quad (1)$$

Donde:

ML = Merma por limpieza.

GL = Cantidad de granos a limpiar (Kg).

I_i = Porcentaje de impurezas Inicial.

I_f = Porcentaje de impurezas final.

$$MS=GS \cdot (Chi - Chf) / (100 - Chf) \quad (2)$$

Donde:

MS = Merma por secado.

GS = Cantidad de granos a secar (Kg).

Chi = Contenido de humedad Inicial del grano (% de base húmeda).

Chf = Contenido de humedad final del grano (% de base húmeda).

Se utilizó Microsoft Excel y Minitab para la determinación del porcentaje de humedad promedio y las gráficas de porcentaje de humedad por período analizado.

Mediante el poder calorífico del Gas Licuado de Petróleo, se estimó el requerimiento de energía para el sistema de secado artificial.

3. Resultados

Se identificaron tres métodos de secado de maíz ampliamente utilizados en el Cantón Quevedo, los cuales comprenden: el secado natural o solar, secado convencional o estacionario y el secado de flujo continuo.

3.1. El Secado natural

Se lo realiza sobre una superficie plana, en la cual se ubica una masa húmeda de maíz esparcida en una capa delgada, no mayor a 10 cm, expuesta directamente a la luz solar. De forma periódica de rota el grano para evitar el sobrecalentamiento de la capa superior sobre la inferior y acumulación de humedad en la base (Bonilla Bird, 2014) (Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio ambiente, s.f).

Registrar datos de humedad del maíz previo al secado, de forma regular hasta lograr valores de humedad del 13 % base húmeda. Una vez alcanzado el porcentaje de humedad requerido, se limita la exposición del grano seco a condiciones ambientales desfavorables (bacterias, hongos, polvo, etc.). El secado natural (

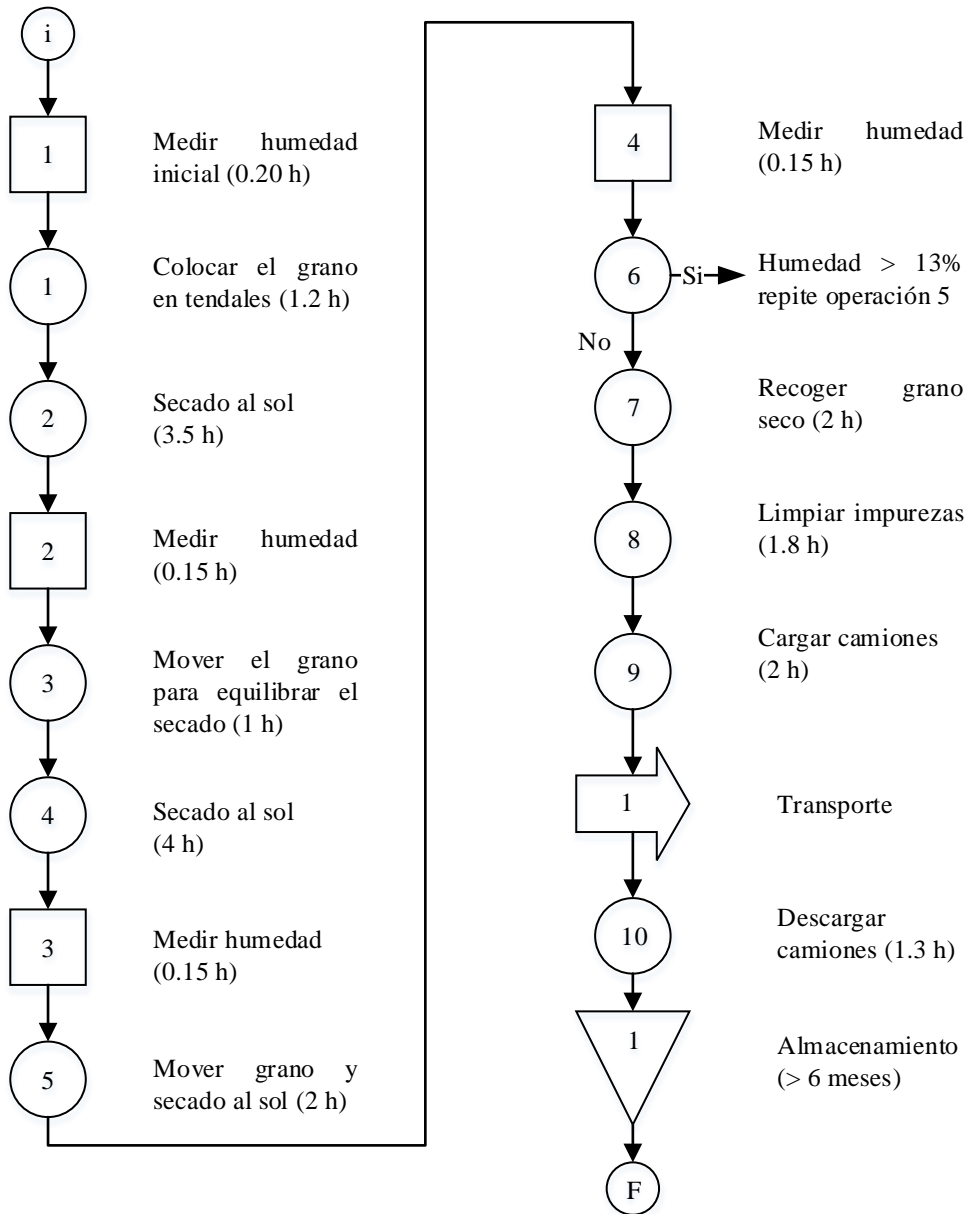


Figura 1) en términos generales es un proceso lento que depende y se encuentra influenciado por múltiples factores que no son controlables para el hombre.

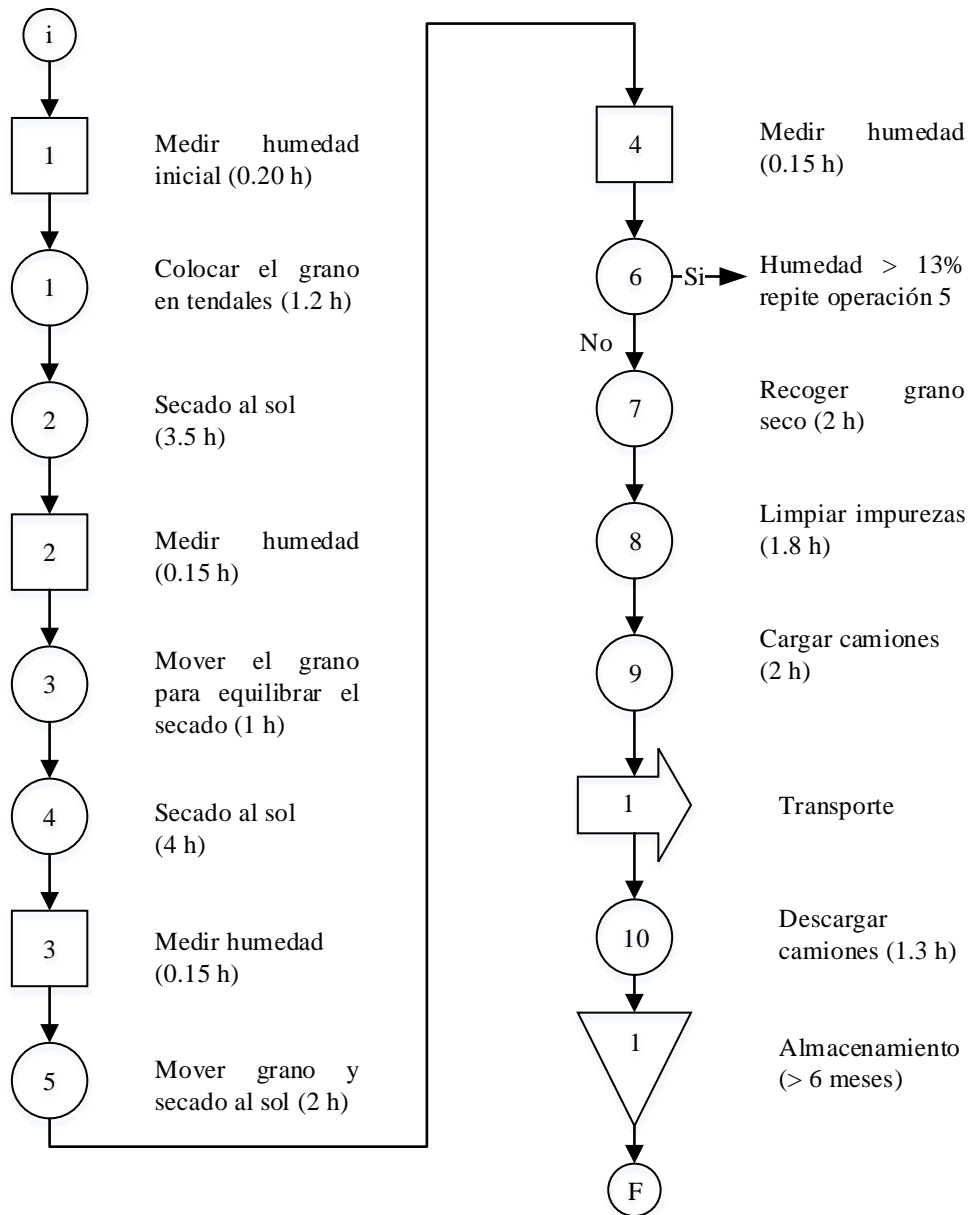


Figura 1: Diagrama de proceso Secado Natural

3.2. *Secado estacionario, de lecho fijo o capa estacionaria*

El lote de maíz húmedo se coloca en una cámara de secado (Figura 2) de altura promedio 0.5 m, la cual cuenta en la base con una placa perforada con un diámetro máximo de los orificios de 6 mm y distancia máxima entre centros de 20 mm. (Novoa Carrera & Palacios Pillajo, 2010) (D'Antonino, Texeira, Marques, Ribeiro, & Pereira, 1993), a través de las cuales fluye aire caliente de abajo hacia arriba.

La carga y descarga del sistema, se realiza por medios manuales y mecánicos gracias a un sistema de compuertas adosadas en las paredes laterales de la estructura. Las dimensiones de estos sistemas de secado varían en función de la masa de producto a secar e infraestructura disponible.

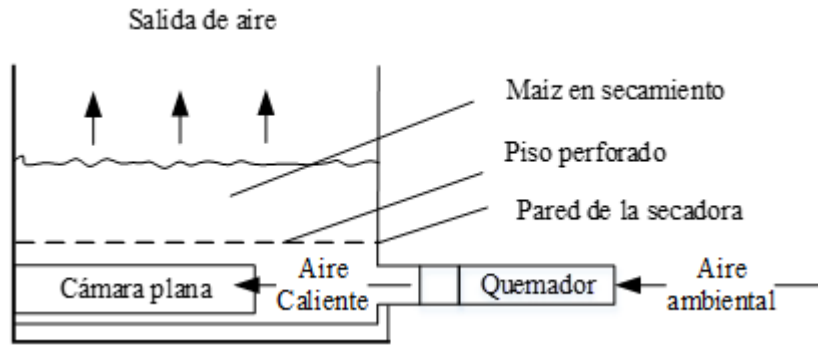


Figura 2: Cámara de Secado Estacionario

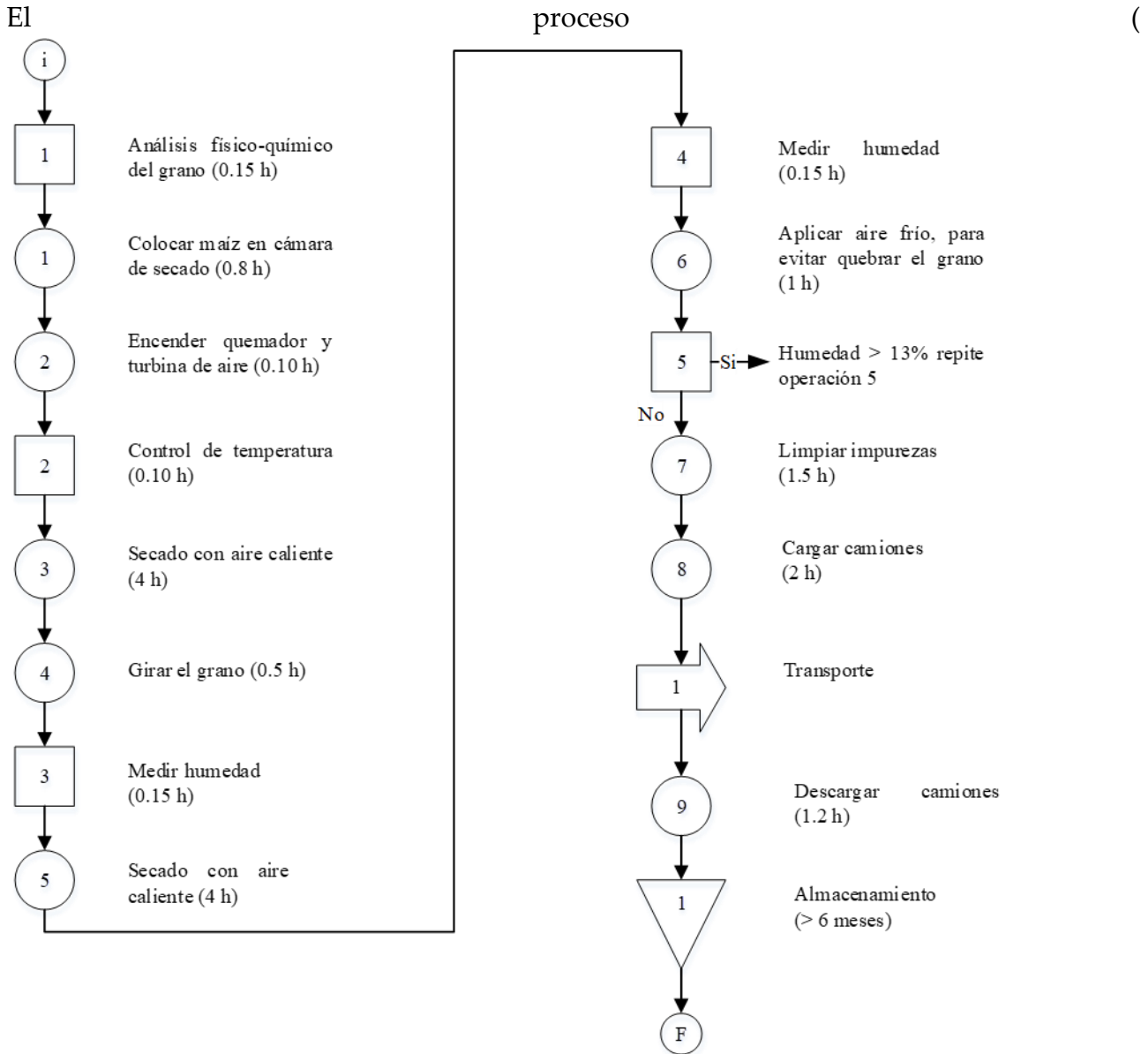


Figura 3) inicia con el control de calidad del producto al momento de la recepción, donde se analizan contenido de humedad e impurezas, criterios que sirven de base para la definición del valor a cancelar al producto, de acuerdo al precio de sustentación mínimo fijado por el Ministerio de Agricultura para el maíz duro amarillo. Granos con elevado porcentaje de humedad requiere mayor tiempo de exposición a elevadas temperaturas por lo que su

monitoreo resulta ser de importancia para evitar deterioros en la calidad del grano seco. El tiempo de secado puede ser de cuatro a ocho horas. Una vez que grano a alcanzado niveles de humedad (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1995) son almacenados para su posterior comercialización.

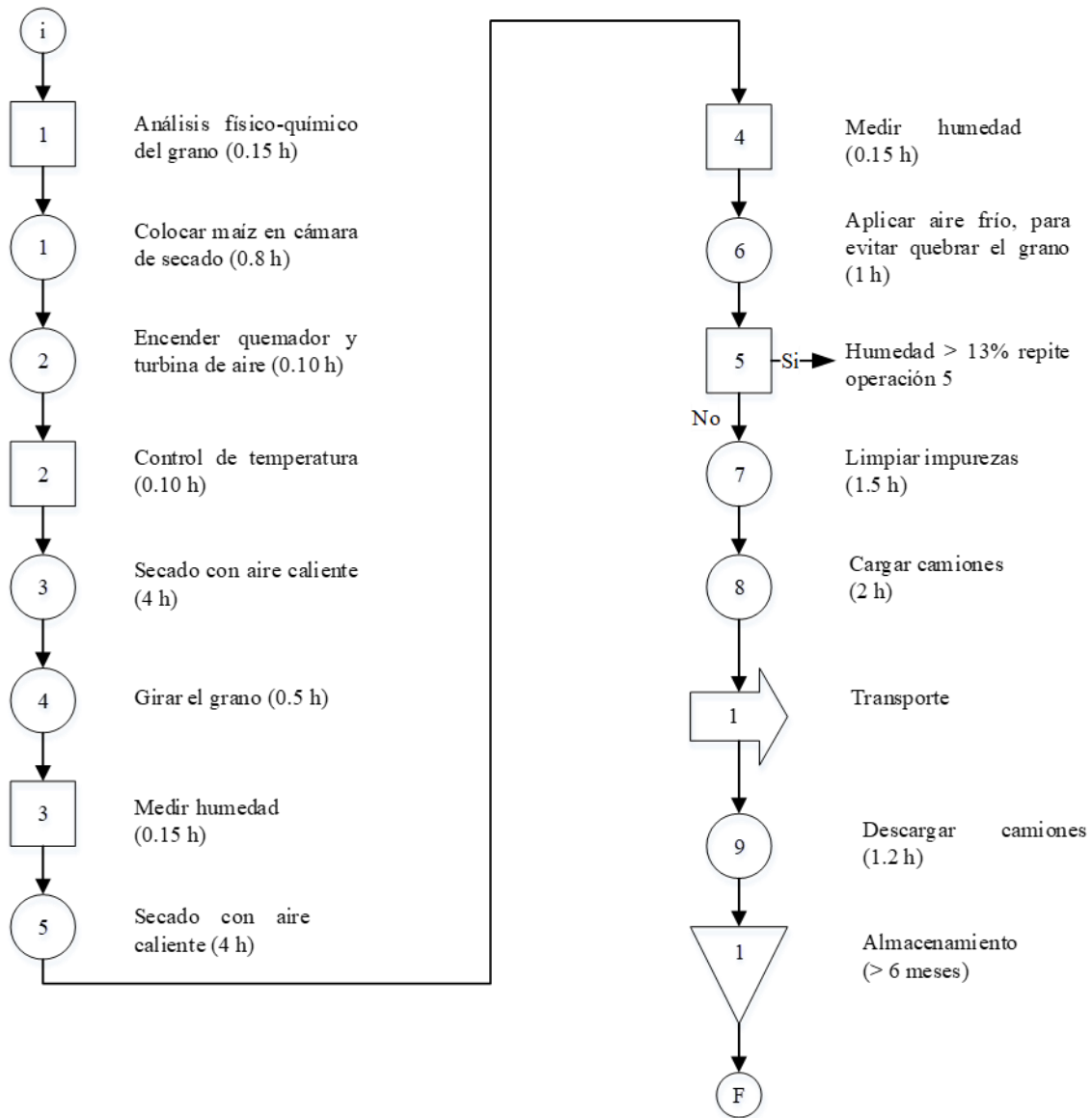


Figura 3: Diagrama de proceso Secado Estacionario

3.3. Secado continuo

Son sistemas de flujo mixto, combina los sistemas existentes de columnas y caballetes, con lo cual el grano que se debe secar desciende por dentro de columnas, sin chapa perforada, que dispone de menos caballetes en su interior, generando un movimiento en zig-zag del grano seco, acompañado de un flujo de aire a elevada temperatura durante un tramo de la columna, pasando a una zona en la cual no se produce circulación de aire dentro de la masa de grano hasta que nuevamente es atravesado por una corriente de aire caliente. Este tipo de sistemas permite un secado uniforme con un menor consumo de

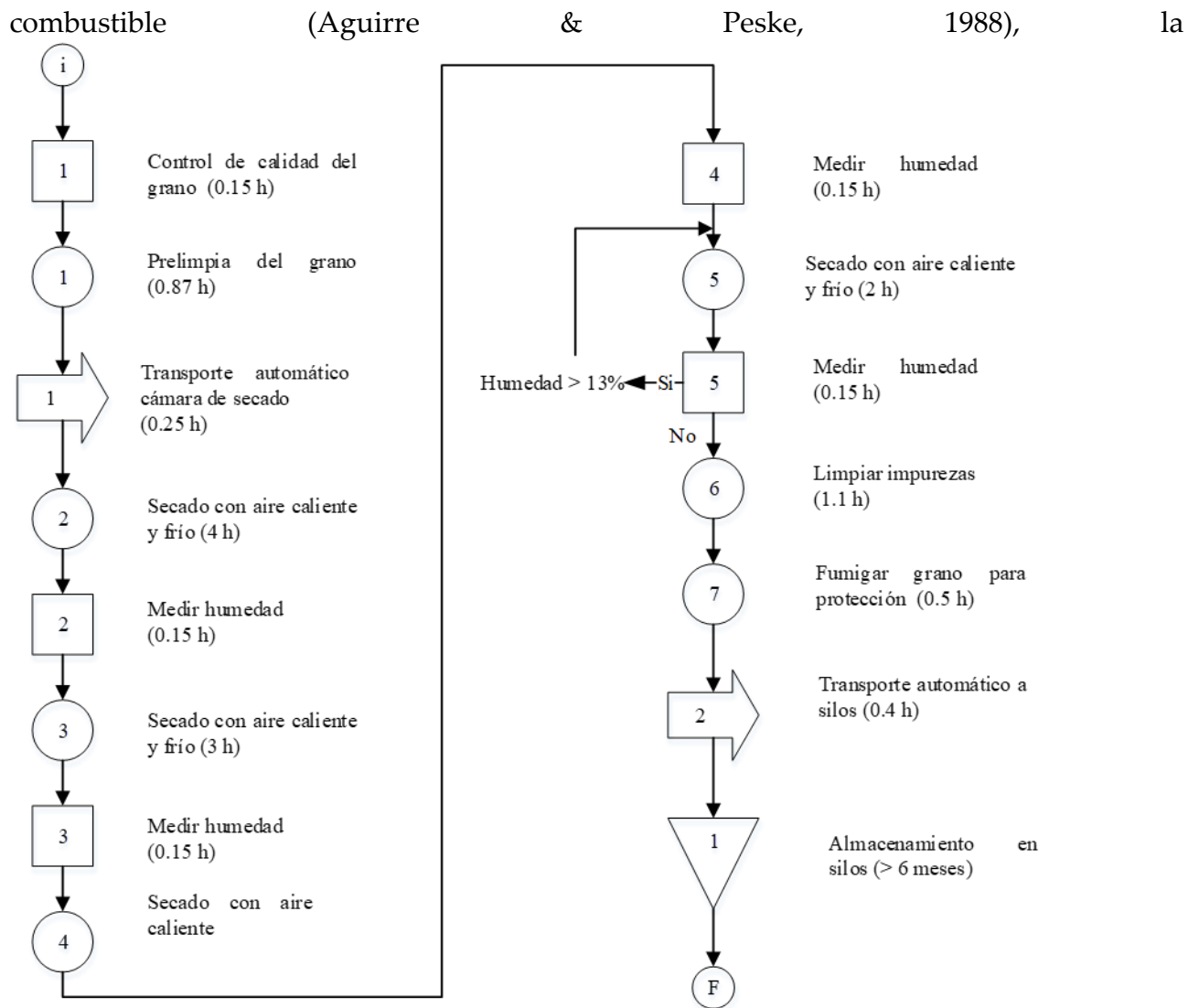


Figura 4 muestra el proceso desarrollado en el secado continuo con sus respectivos tiempos estimados.

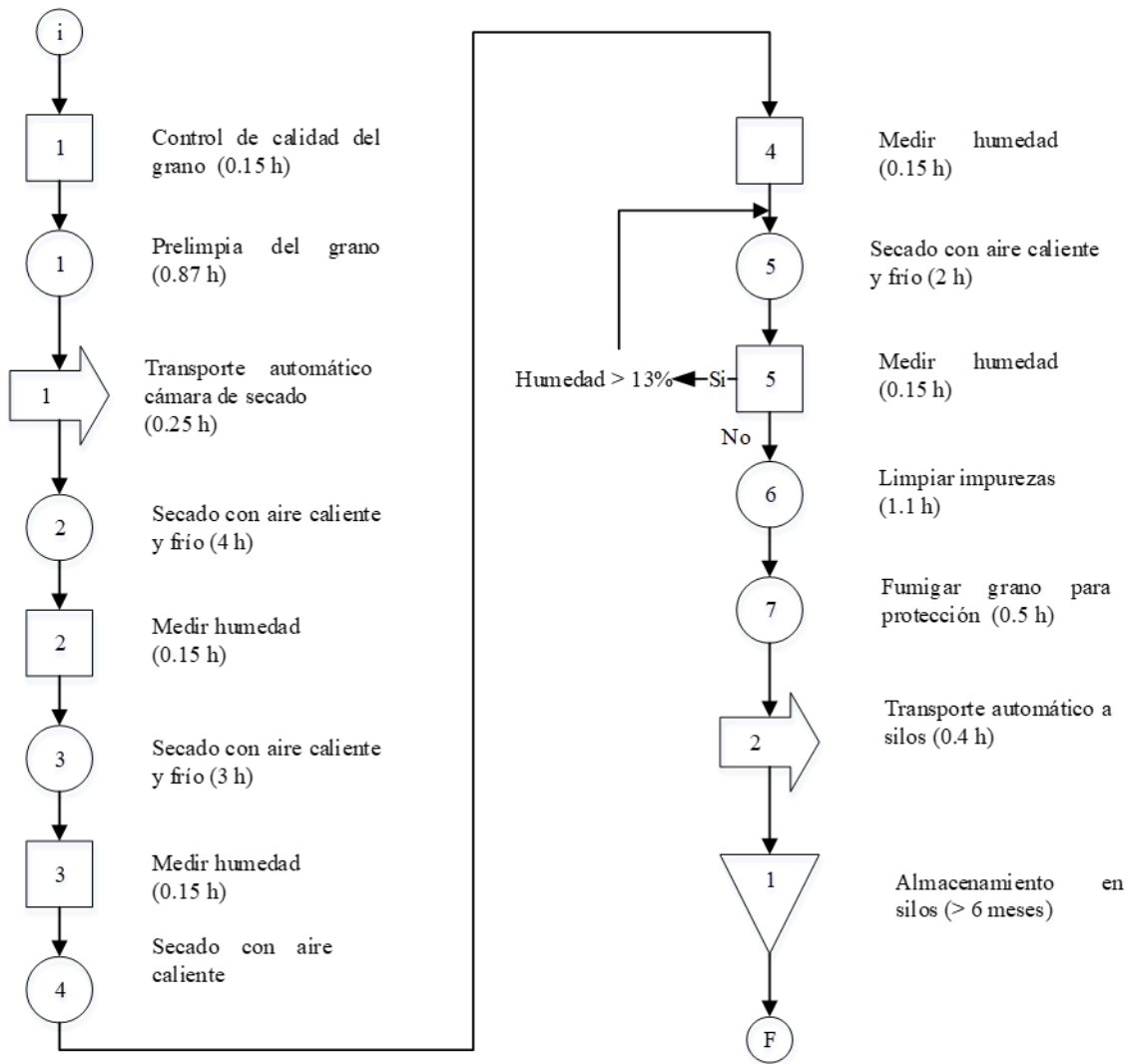


Figura 4: Diagrama del proceso de Secado Continuo

El secado artificial del maíz duro amarillo se ve influenciado por una serie de factores, entre los que tenemos:

- Humedad relativa del aire, según (Bonilla Bird, 2014) al inicio del secado puede estar a menos del 40 %. Un método para medir la humedad relativa es utilizar un psicrómetro.
- La temperatura de secado, gira en torno al uso que se le dará al grano, por lo que para destino industrial la temperatura al interior de la secadora es de 60 °C (Abadía & Bartosik, 2013).
- El flujo de aire durante el secamiento, tiene las funciones de absorber humedad de la superficie del grano, por lo que mantener una adecuada altura de la masa a secar, permitirá reducir las pérdidas de presión al interior del sistema. (Aguirre & Peske, 1988).
- Capacidad de secado, definida de acuerdo al grado de humedad con la que se recibe el producto (Aguirre & Peske, 1988). Se calcula por hora, y determina la eficiencia del sistema.
- Una masa de producto con alto contenido de impurezas (mayor al 10%), ofrece mayor resistencia al flujo de aire a través del espacio intergranario, lo que según (Abadía &

Bartosik, 2013) afecta la capacidad del ventilador, debiendo ser ajustado para un rendimiento adecuado de la secadora.

La cosecha de maíz duro amarillo dentro de la Provincia de Los Ríos se presenta en dos períodos claramente diferenciados; el primero de marzo a junio y el segundo de septiembre a noviembre los cuales pueden variar en función de las condiciones ambientales de la región, con la particularidad de que el primer período de cosecha coincide con la época invernal en la región costera del país, por lo que el productor en aras de cuidar su producción inicia con la cosecha del producto con elevados niveles de humedad (mayor al 30 %) e impurezas (mayor al 10 %), por lo que el secado constituye una etapa crucial para su almacenamiento, preservación y posterior industrialización.

En la Figura 5 se observa la humedad con la que se recibe el grano en las piladoras (plantas) de secado supera a lo fijado en la norma (INEN, 1995). Granos con humedad menores al 30%, en ciertos casos proviene de otras Provincias o han sido acondicionado de forma natural a fin de optimizar costos.

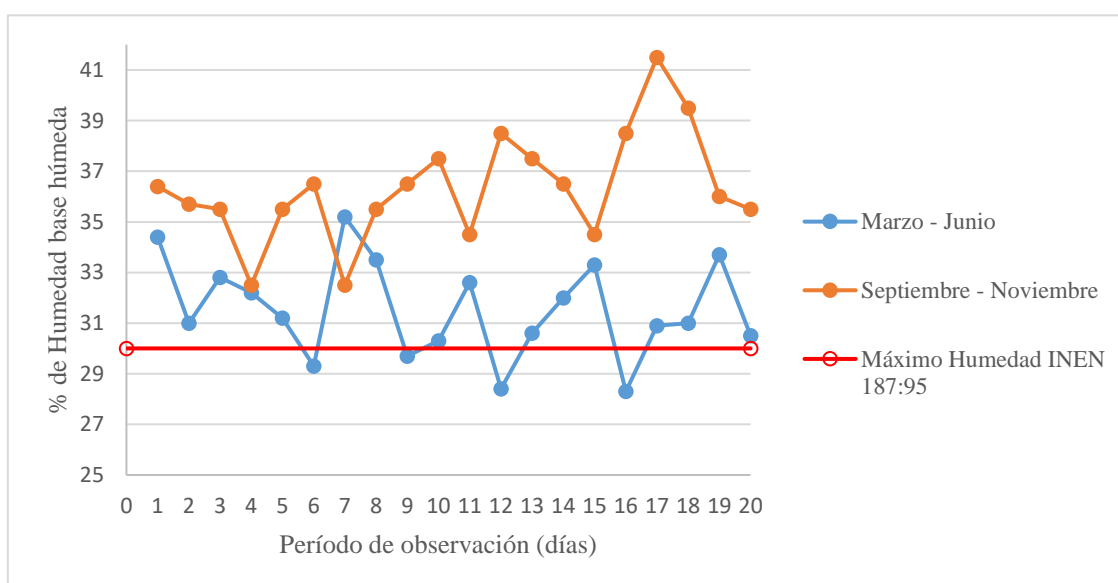


Figura 5: Porcentaje (%) Humedad antes de Secado por período de cosecha

La Figura 6 muestra el porcentaje humedad con la que se recibe el grano en las piladoras, es mayor en el período de cosecha comprendido entre Septiembre – Noviembre. De igual forma podemos observar mayor variación en el porcentaje de humedad con el que se recibe el producto en el período Marzo – Junio (Rango Intercuartílico= 2.825) en comparación con el Septiembre – Noviembre (Rango Intercuartílico =2) que en cierta parte se presenta por retrasos en la cosecha de maíz duro amarillo en la zona de estudio. En cuanto al rango de humedades con las que se recibe el producto en las plantas de secado en ambos períodos es similar considerando los valores máximos y mínimos acotados; sin embargo, el grano que recibe en las plantas de secado (piladoras) en el período septiembre – noviembre es de mejor calidad en comparación a marzo – junio en cuanto a % de humedad se refiere debido a una menor variabilidad en los datos. En el período septiembre – noviembre se presentan observaciones que se alejan de manera poco usual del resto de los datos (outliers) de nuestro diagrama de cajas (de Dios, 1996).

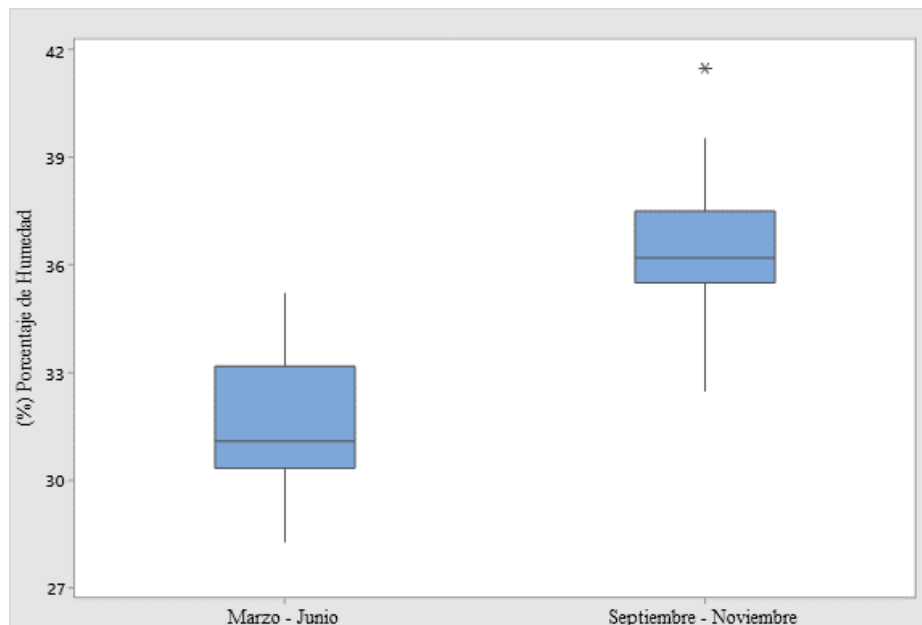


Figura 6: Porcentaje de Humedad al ingreso en Planta de Secado

Los datos reflejados en la Tabla 1, registran el porcentaje de humedad del maíz al ingreso a la planta de secado, y el cálculo de las mermas de producto debido al porcentaje de impurezas y humedad presente, así como la estimación de la energía requerida para el secado.

Tabla 1: Mediciones de % de humedad de recibo en Plantas de Secado y estimación demanda de GLP

Período de cosecha	Masa de maíz (Kg)	% Humedad Promedio		Merma		Merma Total (%)	Demanda de Energía (Kcal/Kg)	Demanda de GLP (Kg)
		Inicial	Final	Impureza (Kg) (I ₀ =10%; I _r =1%)	Secado (Kg Agua/Kg grano húmedo)			
Marzo – Junio	60.200,0	31,55	13	5.472,73	11.668,86	28,47	14.002.633,23	1.167,23
Septiembre – Noviembre	60.200,0	36,33	13	5.472,73	14.675,72	33,47	17.610.858,93	1.468,00

La Tabla 1, resume la cantidad de energía requerida para el secado de 60,2 Ton de maíz con una humedad promedio de 31,55 % y 10 % de impurezas de recibo en la planta de secado con un sistema estacionario de lecho fijo o capa estacionaria, la demanda de energía para alcanzar el nivel de humedad del 13 % e impurezas del 1 % es significativa (de la Torre, 2010) (Novoa Carrera & Palacios Pillajo, 2010), lo cual matemáticamente significan 1.167,23 Kg de Gas Licuado de Petróleo del tipo Agroindustrial para el secado de 60.20 Toneladas de maíz base húmeda, requerimiento que se incrementa si más sistemas se encuentran operando de manera simultánea.

Adicionalmente es importante indicar que las merman globales del secado estacionario incrementan en función del porcentaje de humedad de recibo de maíz en la planta de secado, del 28,47 % al 33,47 %, sin considerar aquellas pérdidas derivadas de los problemas

asociados a la calidad del producto a causa del secado, tales como grano quemado o partido (Bartosik & Rodríguez, 2008) (Thompson & Foster, 1963).

4. Discusión

El factor crítico a ser analizado en este tipo de sistemas (secado natural y artificial), es la humedad de recibo del producto en las plantas de secado y el porcentaje de impurezas presentes en el producto. Mientras más humedad contenga el grano mayores pérdidas en peso del grano se estiman y por ende un mayor consumo de energía.

El método de secado de maíz duro amarillo ampliamente utilizado en la zona de estudio es el sistema artificial estacionario, por cuanto se ajusta a los requerimientos del pequeño, mediano y gran productor de maíz, tecnología disponible y capacidad instalada en las plantas de secado; sin embargo es importante recalcar la desventaja de este método de secado, principalmente las diferencias de contenido de humedad entre las capas superior (más húmeda) e inferior (más seca) aun cuando se trabaja sobre espesores reducidos (30 a 50 cm) (Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio ambiente, s.f). El sistema de secado de flujo continuo, sin bien mejora el rendimiento del secado, su operación queda condicionada a la disponibilidad de producto, adicionalmente es importante tomar en consideración que este tipo de sistemas producen un aumento del 2 al 3 % de los granos partidos como consecuencia de los numerosos recorridos que tiene que realizar el grano hasta su completo secado.

El secado natural, en el campo y al sol, es un proceso lento; no es homogéneo ya que el calor no está repartido uniformemente en todas partes, y hay granos que se secan más que otros, por lo que el agricultor mediante rastrillos mantiene el movimiento el grano para emparejar la humedad. El área de secado, así como demás implementos empleados para el secado del grano deben permanecer limpios, para evitar la contaminación del producto con tierra, piedras, excrementos de animales y otros contaminantes. Su aplicación queda limitada a volúmenes pequeños de cosecha (Mera Zambrano & Santana Parrales, 2021).

En la Tabla 2 se menciona aspectos críticos de cada sistema de secado empleado para el secado de maíz duro amarillo en el cantón Quevedo.

Tabla 2: Comparación Sistemas de Secado

Características	Natural	Artificial: Estacionario, lecho fijo o capa estacionaria	Secado continuo
Volumen de secado	Lotes pequeños	Lotes medianos (300 - 600 quintales)	Flujo continuo en función de la capacidad del sistema y disponibilidad del producto
Tiempo de secado	Días	Horas	Horas
Temperatura de secado	Variable	Variable	Homogéneo
Calidad del grano	Contaminación por el ambiente	Exposición a temperaturas elevadas provoca fisuras en el grano	No produce daños mecánicos al grano
Demanda de energía (combustible)	No requiere	Alta inversión (1.167, 23 Kg GLP para secar 60.2 Ton en 4.25 horas)	Alta inversión (1.167.23 Kg GLP para secar 60.2 Ton/h)

Infraestructura	Baja inversión	Mediana Inversión	Alta inversión
Personal	Poco calificado	Personal calificado	Personal calificado

Estos sistemas tienden a complementarse mutuamente, si lo que se busca es optimizar recursos, esto es, se puede emplear el secado natural como una forma de acondicionar el producto disminuyendo el porcentaje de humedad inicial del grano. Estudios como los realizados Okara y Pind Dadan Khan durante octubre de 2010 y junio de 2011, respectivamente, evidencian la gran posibilidad de mejorar el método de secado de maíz en términos de preservación de la calidad, disminución de costos y aumento de la capacidad (Mera Zambrano & Santana Parrales, 2021) (Iqbal & Ahmad, 2014).

Las mermas que se presentan en el secado de maíz duro amarillo, se incrementan conforme se recibe granos con elevado contenido de humedad e impurezas lo cual se refleja en esta investigación (31.55 – 36.55 % en cada período de cosecha), sobre todo en zonas tropicales y subtropicales donde la práctica de conservación de granos constituye un gran desafío, lo cual impacta en la calidad del producto y eficiencia de las secadoras.

El principal combustible empleado para el secado artificial es el gas licuado de petróleo del tipo agroindustrial, el cual recibe un subsidio por parte del Estado Ecuatoriano para el secado de maíz, arroz y soya. Este subsidio en parte matiza las pérdidas que se presentan en el proceso de secado estacionario, lo cual resta competitividad al sector. Un entendimiento del proceso de secado, las pérdidas que se originan y su impacto económico constituyen aspectos clave para la mejora del sector maicero de nuestro país (Zambrano & Andrade Arias, 2021).

5. Conclusiones

La tecnología implementada en los sistemas de secado de maíz del cantón Quevedo son sistemas estacionarios de lecho fijo, el manejo del grano es manual lo cual hace que el proceso de secado no sea uniforme, lo que conlleva mayor demanda de recursos, con una producción por hora menor en comparación con sistemas de flujo continuo.

La humedad de recibo de maíz en las plantas de secado presenta niveles de humedad por encima del 30 %, en los dos periodos de cosecha del producto, situación que repercute en los tiempos de secado y en la calidad del producto. La demanda de combustible para secar una masa promedio de producto, 60,2 Ton, entre el primer período de cosecha que va de Marzo – Junio, y el segundo período, Septiembre – Noviembre, presenta una diferencia de 300,77 Kg de GLP con relación a la primera cosecha, siendo la humedad de recibo un factor clave a tomar en cuenta siendo éste un punto de partida para futuras investigaciones en cuanto a eficiencia energética de los sistemas de secado estacionario.

El factor climático es un elemento de significativa importancia en los procesos de secado, en la Provincia de Los Ríos a diferencia de las demás Provincias del País, la cosecha coincide con el período invernal en la región costera del país, por lo que el maíz presenta niveles de humedad por encima de lo que establece la norma INEN 187:1995 lo cual amerita un mayor consumo de energía para que el maíz alcance el porcentaje de humedad para un

almacenamiento seguro, y un incremento de pérdidas. En el período analizado, la muestra analizada coincide con la finalización de la primera cosecha cuya pérdida estimada es del 28,47 % mientras que el inicio del segundo período de cosecha la pérdida gira en torno al 33,47 %, lo cual represente pérdidas para el agricultor y empresario que ofrece el servicio de secado.

Contribuciones de los autores

En concordancia con la taxonomía establecida internacionalmente para la asignación de créditos a autores de artículos científicos (<https://casrai.org/credit/>). Los autores declaran sus contribuciones en la siguiente matriz:

	Mancheno, M.	Moreira, M.	Jácome, W.	Tigse, N.	Vásquez, J.
Conceptualización					
Análisis formal					
Investigación					
Metodología					
Recursos					
Validación					
Redacción – revisión y edición					

Conflicto de Interés

Los autores declaran que no existen conflictos de interés de ninguna naturaleza en la presente investigación.

Referencias

Abadía, B., & Bartosik, R. (2013). *Manual de Buenas Prácticas en Poscosecha de Granos: Hacia el agregado de valor en origen* (1era ed.). Buenos Aires: Ediciones INTA

Aguirre, R., & Peske, S. T. (1988). *Manual para el beneficio de Semillas*. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical.

Bartosik, R. E., & Rodríguez, J. C. (2008). El flujo de aire en la aireación de granos. *Actualización Técnica PRECOP*. Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

Bonilla Bird, N. (2014). *Guía de buenas prácticas de acondicionamiento de semillas de granos básicos; Infraestructura, y equipamiento*. Recuperado de: https://www.researchgate.net/profile/Nestor-Bonilla-Bird/publication/275337519_Guia_de_Buenas_Practicas_de_Acondicionamiento_de_Semillas_de_Granos_Basicos_Infraestructura_y_Equipamiento/links/5538715f0cf2239f4e79a912/Guia-de-Buenas-Practicas-de-Acondicionamiento-de-Semillas-de-Granos-Basicos-Infraestructura-y-Equipamiento.pdf.

Caro, A. (1998). Breves normas de control de calidad es granos. Quito, Ecuador. Obtenido de <https://coin.fao.org/coin-static/cms/media/20/13950919933370/c11.pdf>

- de la Torre, D. A. (2010). *Estudio de la demanda energética del secado de maíz en Argentina* (tesis de maestría). Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina.
- Doymaz, I., & Pala, M. (2003). The thin-layer drying characteristics of corn. *Journal of Food Engineering*, 60(2), 125-130. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(03\)00025-6](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(03)00025-6)
- D'Antonino, L., Texeira, M., Marques, J., Ribeiro, A., & Pereira, F. (1993). Manual de manejo poscosecha de granos a nivel rural. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación FAO. Editor, Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile..
- de Dios, C. (1996). *Secado de granos y secadoras*. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación FAO. Editor, Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile.
- Iqbal, J., & Ahmad, M. (2014). Comparative performance of selected ear-corn drying. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 9(4), 574-579. Recuperado de http://arpnjournals.com/jeas/research_papers/rp_2014/jeas_0414_1073.pdf
- Kauffmann, M. (1999). *Alternativas de secado y almacenamiento de semilla de maíz (Zea Mays L.) y su efecto en la calidad* (tesis de maestría). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México.
- Márquez, L., & Pozzolo, Ó. (mayo, 2012). Almacenamiento y conservación de los granos. *Tecnología agrícola*. Recuperado de: https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/conserv-grano-parte1_tcm30-58512.pdf
- Mera Zambrano, E., & Santana Parrales, F. (2021). Técnicas de Secado y Calidad de grano de maíz (Zea Mayz L). *Revista Multidisciplinaria Arbitrada de Investigación Científica*, 5(4), 327 - 350. Recuperado de: http://www.doi.revistamqr.com/V5_4_ART_17.pdf
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. (s.f). *Secado y Almacenamiento de los granos*. Plataforma de conocimiento para el medio rural y pesquero. Recuperado de: https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/secado-grano_tcm30-58515.pdf
- Instituto Ecuatoriano de Normalización, (1995). *Granos y cereales. Maíz en grano. Requisitos NTE INEN 187-95*. Recuperado de: <https://archive.org/details/ec.nte.0187.1995/page/n1/mode/2up>
- Novoa Carrera, W. A., & Palacios Pillajo, J. C. (2010). *Diseño de dos Sistemas de Secado de Maíz para el Sector Agrícola del Cantón Ventanas Provincia de Los Ríos, proyecto Senacyt-EPN-Petrocomercial* (tesis de grado). Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- Thompson, R. A., & Foster, G. H. (1963). Stress cracks and breakage in artificially dried corn (No. 631). US Department of Agriculture, Agricultural Marketing Service, Transportation and Facilities Research Division.
- Zambrano, C. E., & Andrade Arias, M. S. (2021). Productividad y precios de maíz duro pre y post Covid-19 en el Ecuador. *Revista Universidad y Sociedad*, 13(4), 143 - 150. Recuperado de: <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v13n4/2218-3620-rus-13-04-143.pdf>