

CAPÍTULO 9

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LECHO FLUIDIZADO CON CONTROL (PID) DE TEMPERATURA, FLUJO DE AIRE Y HUMEDAD PARA GRANOS DE QUINUA (*Chenopodium quinoa willd*)

Data de submissão: 12/05/2023

Data de aceite: 02/06/2023

Russel Allidren Lozada Vilca

Universidad Nacional de Juliaca. Juliaca
- Perú
<https://orcid.org/0000-0002-8915-3964>

Luz Gisela Pfuño Medina

Universidad Nacional de Juliaca. Juliaca
- Perú
<https://orcid.org/0009-0002-1960-4659>

Uriel Quispe Mamani

Universidad Nacional de Juliaca. Juliaca
- Perú
<https://orcid.org/0000-0001-6101-3671>

Yanet Violeta Sucari Sucari

Universidad Nacional de Juliaca. Juliaca
- Perú
<https://orcid.org/0000-0003-0547-4136>

Ciro William Taipe Huamán

Universidad Nacional de Juliaca. Juliaca
- Perú
<https://orcid.org/0000-0002-6075-5582>

John Carlos Quispe Chambi

Universidad Nacional de Juliaca. Juliaca
- Perú
<https://orcid.org/0000-0003-0879-9892>

Julio Cesar Laura Huanca

Universidad Nacional de Juliaca. Juliaca
- Perú
<https://orcid.org/0000-0002-6496-5982>

Madelaine Huánuco Calsín

Universidad Nacional del Altiplano. Puno
- Perú
<https://orcid.org/0000-0002-4050-8146>

Yaquelin Roxana Vilca Ramos

Universidad Andina Néstor Cáceres
Velásquez. Juliaca, Perú
<https://orcid.org/0000-0002-2656-546X>

José Oscar Huanca Frías

Universidad Nacional de Juliaca, Juliaca
- Perú
<https://orcid.org/0000-0003-0638-2129>

RESUMEN: El presente trabajo de investigación se realizó con el objetivo de diseñar e implementar un lecho fluidizado con control (PID) que contiene sensores de temperatura, flujo de aire caliente y humedad para secar grano de quinua (*chenopodium quinoa willd*) saponificada. Se realiza con el fin de optimizar y estandarizar el proceso del deshidratado con los parámetros normalizados según norma específica

CODEX. Y la metodología consiste en la programación de los sensores de temperatura a 55 °C, flujo de aire y humedad, por lo cual se aplica el programa Arduino, se utilizará las placas de Arduino 1, sensores de temperatura y humedad DHT22. En los resultados obtenidos en el producto seco (quinua seca) con los parámetros deseados un tiempo reducido y real y así se logró optimizar el proceso para secar grano de quinua (*Chenopodium quinoa willd*) desaponificada y obtener materia prima para otros procesos.

PALABRAS CLAVE: Controlador PID, sensores, optimización, alimentos, estandarización.

DESIGN AND CONSTRUCTION OF A FLUIDIZED BED WITH TEMPERATURE, AIR FLOW AND HUMIDITY CONTROL (PID) FOR QUINOA GRAINS (*Chenopodium quinoa willd*)

ABSTRACT: The present research work was carried out with the objective of designing and implementing a controlled fluidized bed (PID) that contains temperature sensors, hot air flow and humidity to dry saponified quinoa grain (*Chenopodium quinoa willd*). It is carried out in order to optimize and standardize the dehydration process with the normalized parameters according to the specific CODEX standard. And the methodology consists of programming the temperature sensors at 55 °C, air flow and humidity, for which the Arduino program is applied, the Arduino 1 boards, DHT22 temperature and humidity sensors will be used. In the results obtained in the dry product (dry quinoa) with the desired parameters, a reduced and real time and thus it was possible to optimize the process to dry desaponified quinoa grain (*Chenopodium quinoa willd*) and obtain raw material for other processes.

KEYWORDS: PID controller, sensors, optimization, food, standardization.

INTRODUCCIÓN

El control de la temperatura, flujo de aire en el proceso y la humedad en los alimentos es muy importante para optimizar el proceso y alargar la vida de anaquel evitando la proliferación de microorganismos que son los principales que deterioran y que exista cambios fisicoquímicos y organoléptico en los alimentos.

Resulta de vital importancia eliminar la humedad del grano para garantizar éxito en su almacenamiento por ciertos periodos de tiempo o su posterior uso en la alimentación o con fines de semilla para la siembra es por ello resulta importante el estudio del proceso de secado, evitando así que los granos húmedos constituyan un medio ideal para el desarrollo de microorganismos y conservar las propiedades germinativas del mismo.

Es por ello el uso de controladores es transcendental porque se van a encargar de mantener los procesos en un estado estable, cabe mencionar que, si el sistema se le presentaran variaciones, estos controladores por medio de parámetros de sintonización y funciones de transferencia van a estabilizar todo el sistema, obteniendo así el mismo punto de operación característico de un sistema estable.

Con el fin de implementar en los laboratorios de la industria alimentaria teniendo en cuenta que el proceso de análisis de humedad en alimentos requiere mayor tiempo

aplicando métodos como secado por estufa, secado en estufa por vacío, por lo cual al implementar este sensor se optimizará el tiempo y de esta forma se tendrá resultados en tiempo real, teniendo en cuenta que el control de la temperatura, fluido de aire y humedad necesaria durante todo el proceso de la producción alimentaria, permitiendo garantizar la calidad del producto elaborado.

Por eso que en esta investigación formativa se propone realizar el diseño e implementación de un lecho fluidizador con control (PID) que contiene sensores de temperatura, flujo de aire caliente y humedad para granos de quinua (*Chenopodium quinoa willd.*).

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales para la construcción del deshidratador

- Cables de conexión
- Pernos (10 unidades)
- Sensor de temperatura
- Sensor de humedad – DHT22
- Sensor de fluidos
- Panel de control
- Placa Arduino 1
- Potenciómetro
- Pantalla LCD

Materiales de escritorio

- Laptop con programas de AUTOCAD, programación ARDUINO
- Cuaderno
- Lapicero

Materia prima

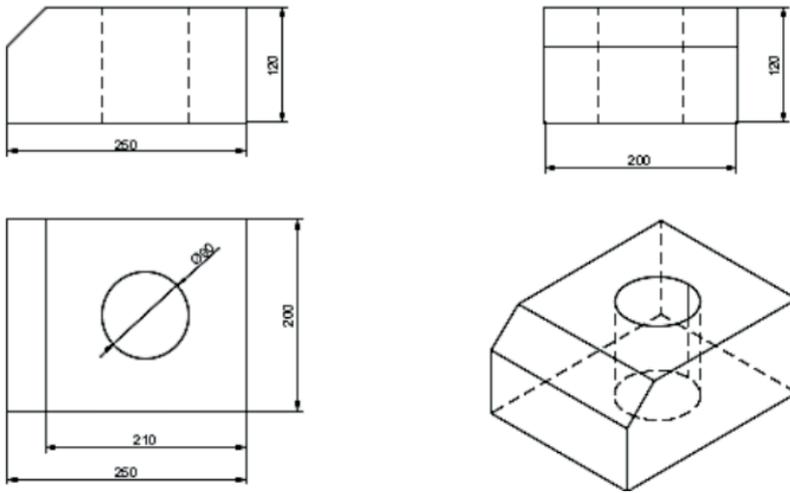
- Granos de quinua

METODOLOGIA EXPERIMENTAL

Diseño del secador de lecho fluidizado con control PID

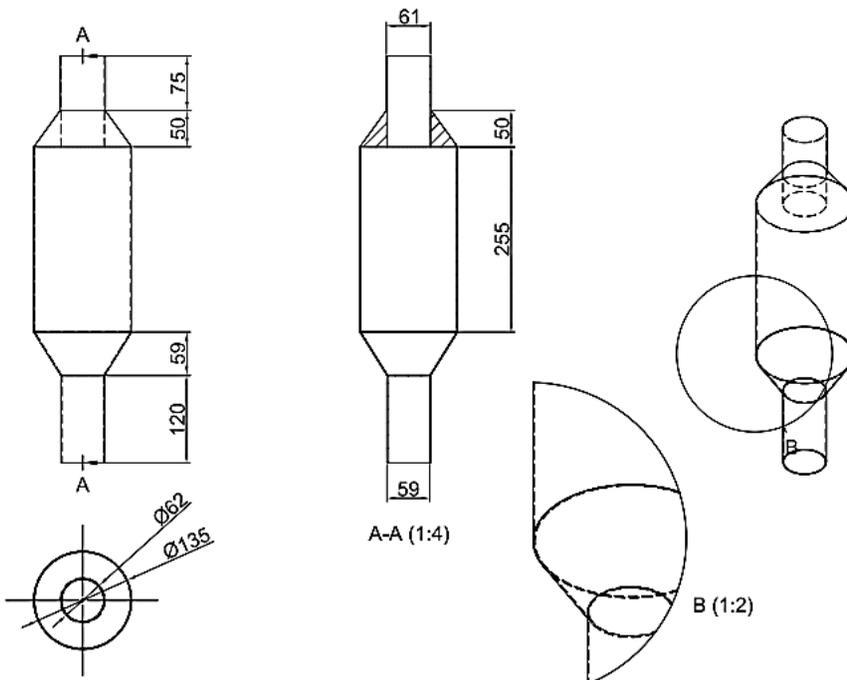
Diseño de la estructura base.

La estructura base del secador de granos de quinua se diseñaron en el programa Auto CAD 2020, con la finalidad de construir del lecho fluidizado implementado con control PID.



Diseño de la estructura de reactor de columna cilíndrica de acero inoxidable.

Según (CALA, 2007), inicialmente se construyó la instalación experimental con una altura de 50 cm y forma cilíndrica para un mejor diseño de rejilla. El diseño del reactor de columna se muestra a continuación:



Programación Arduino

La programación en plataforma Arduino consiste en traducir a líneas de código las tareas automatizadas que queremos hacer leyendo de los sensores y en función de las condiciones del entorno programar la interacción con el mundo exterior mediante unos actuadores.

El Arduino proporciona un entorno de programación sencillo y potente para programar, pero además incluye las herramientas necesarias para compilar el programa y “quemar” el programa ya compilado en la memoria flash del microcontrolador. Además, el IDE nos ofrece un sistema de gestión de librerías y placas muy práctico. Como IDE es un software sencillo que carece de funciones avanzadas típicas de otros IDEs, pero suficiente para programar. (Arduino, .d.)

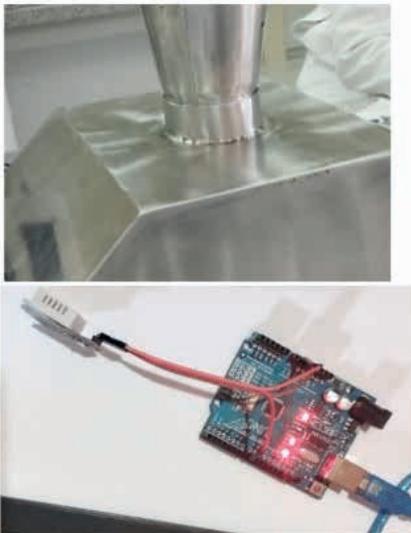


Imagen 1. Secador externo, sensores de humedad y Arduino



Imagen 2. Muestra de granos y supervisión de variables en línea.

RESULTADOS

AUMENTO DE FLUJO DE AIRE		DISMINUCION DE FLUJO DE AIRE	
Velocidad	Presión	Velocidad final	Presión
0,036	0,7	1,145	5,3
0,094	0,9	1,276	5,3
0,123	1	1,290	6,1
0,159	1,2	1,493	6,4
0,174	1,4	1,247	5,4
0,203	1,6	1,029	5
0,254	1,9	0,718	4,1
0,261	2,1	0,471	3,6
0,304	2,3	0,391	3,2
0,312	2,4	0,283	2,3

Tabla 01. Datos tomados de aumento y disminución de flujo de aire para la determinación de la velocidad mínima de fluidización.

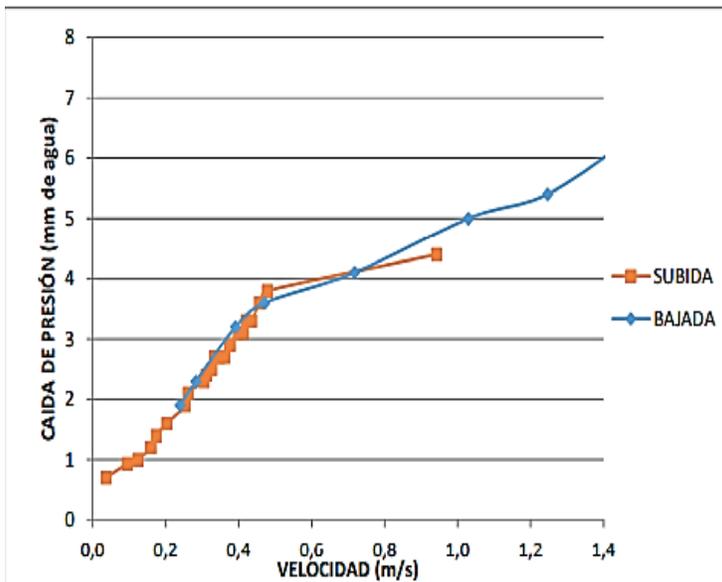


Figura 01. Curvas de caída de presión contra velocidad para un diámetro de 13.5 cm y altura de 25 cm.

La velocidad de arrastre de las partículas de mayor tamaño de la quinua se produce a una velocidad de 6,1 m/s pero para las partículas de menor diámetro el arrastre comienza a manifestarse a velocidades mayores a 5,5 m/s.

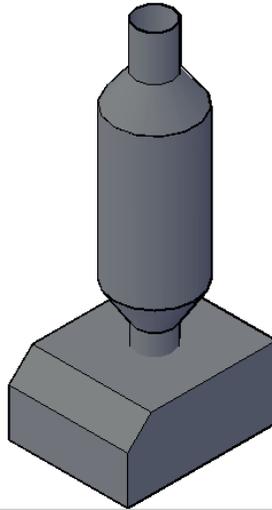


Imagen 3. Estructura de secador de lecho fluidizado para los granos de quinua

HUMEDAD 1 (%HR)	HUMEDAD 2 (%HR)	HUMEDAD 3 (%HR)	TEMPERATURA 1 (°C)	TEMPERATURA 2 (°C)	TEMPERATURA 3 (°C)
71.74	16.57	84.17	23.02	46.91	25.86
71.46	16.25	84.1	23	47.48	25.86
71.14	15.91	83.95	23.02	48.07	25.85
70.82	15.5	83.61	23.03	48.66	25.85
70.53	15.24	83.21	23.03	49.23	25.85
70.24	14.91	82.72	23.02	49.82	25.85
69.94	14.62	82.21	23.02	50.39	25.85
69.67	14.46	81.66	23.03	50.93	25.83
69.34	14.2	81.13	23.05	51.47	25.81
69.07	13.92	80.57	23.03	52.01	25.75
68.76	13.74	80.06	23.06	52.48	25.75
68.49	13.56	79.64	23.07	52.97	25.72
35.44	13.81	29.64	22.68	48.13	37.17
35.45	13.81	29.59	22.71	48.38	37.18
35.47	13.77	29.54	22.69	48.68	37.18
35.45	13.62	29.72	22.66	49.07	37.18
35.49	13.53	29.68	22.68	49.52	37.21

35.49	13.49	29.67	22.66	49.99	37.22
35.53	13.35	29.94	22.64	50.25	37.22
35.49	13.29	30.98	22.62	50.35	37.24
35.52	13.36	31.92	22.64	50.49	37.21
35.52	13.57	33.27	22.59	50.66	37.21
35.54	13.84	34.65	22.62	50.82	37.21
35.53	13.97	35.68	22.61	51.02	37.18
35.56	14.33	36.46	22.61	51.15	37.18
35.55	14.9	36.62	22.59	51.22	37.1
35.6	15.38	34.45	22.59	51.35	37.04

Tabla 02. Datos de humedad (%HR) y temperaturas (°C) del proceso de secado de quinua (*chenopodium quinoa willd*).

En la tabla se observa que el valor de la humedad 1 inicial fue de 71.74 y llegando a obtener la humedad de 35.6; mientras que con la temperatura A3 se obtuvo el mínimo de 25.86 y el máximo de 37.04.

CONCLUSIONES

Con el estudio se consiguió diseñar el lecho fluidizado con la ayuda del software de Auto CAD teniendo las vistas y medidas correspondientes de cada pieza y/o partes del secador por lecho fluidizado.

La construcción del lecho fluidizado con control (PID) que contiene sensores de temperatura, flujo de aire caliente y humedad para secar grano de quinua (*chenopodium quinoa willd*) de saponificada, se logró terminar los valores que se buscaba con la ayuda de programación de software de Arduino, donde se determinó la temperatura y humedad de los granos de quinua los resultados óptimos y estandarizados nos pueda ayudar a que los granos de quinua no pierdan sus propiedades nutricionales y alargar su vida de anaquel.

En la programación en Arduino los sensores se conectaron a un sistema de registro de datos (como el registrador ARDUINO y con un cable en serie se descarga la información a una computadora personal. El registrador de datos ARDUINO puede aceptar varios sensores de acuerdo con el modelo usado.

REFERENCIAS

ABUNDE NEBA, F.; JIOKAP NONO, Y. **Modeling and simulated design**: A novel model and software of a solar-biomass hybrid dryer. *Computers and Chemical Engineering*. [S.l.]: [s.n.], 2017. Disponible em: <<https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2017.04.002>>.

CHO, E. et al. **Chrysanthemi on the surface of fresh produce using a 222 nm krypton – chlorine excimer lamp and 280 nm UVC light-emitting diodes.** *LWT*, 165(May), 113710. [S.I.]: [s.n.], 2022. Disponivel em: <<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113710>>.

DEMISSIE, P. et al. **Design, development and CFD modeling of indirect solar food dryer.** *Energy Procedia*, 158, 1128–1134. [S.I.]: [s.n.], 2019. Disponivel em: <<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2019.01.278>>.

DOEBLIN, E. **Sistemas de medición, aplicación y diseño.** Nueva York: McGraw Hill Book Co, 1982.

DOEBLIN, E. **Sistemas de medición, aplicación y diseño.** Nueva York.: McGraw Hill Book Co, 1982.

EL-MESERY, H. et al. **Design of low-energy consumption hybrid dryer: A case study of garlic (*Allium sativum*) drying process.** *Case Studies in Thermal Engineering*, 33(February), 101929. [S.I.]: [s.n.], 2022. Disponivel em: <<https://doi.org/10.1016/j.csite.2022.101929>>.

HOLMAN, J. **Transferencia de calor.** Novena edición. ed. Nueva York.: McGraw Hill Inc, 2001.

ISLAM, M.; TUSAR, M.; LIMON, A. **Effect of cover design on moisture removal rate of a cabinet type solar dryer for food drying application.** *Energy Procedia*, 160(2018), 769–776. [S.I.]: [s.n.], 2019. Disponivel em: <<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2019.02.181>>.

KRABCH, H.; TADILI, R.; IDRISSE, A. **Results in Engineering Design , realization and comparison of three passive solar dryers. Orange drying application for the Rabat site (Morocco).** 15(May). [S.I.]: [s.n.], 2022.

MURALI, S. et al. **Design and performance evaluation of solar - LPG hybrid dryer for drying of shrimps.** *Renewable Energy*, 147, 2417–2428. [S.I.]: [s.n.], 2020. Disponivel em: <<https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.10.002>>.

VELÁSQUEZ, A. **Manual técnico de diseño y evaluación económica de secadores ambientales para hierbas aromáticas.** [S.I.]: [s.n.], 2009.