

Diseño de Sistemas Tecnificados para el Aprovechamiento de Subproductos de la Piña

Design of Technified Systems for the Use of Pineapple By-products

Israel Viveros Torres^a, Josimar Muñoz Delgado^b, Isabel Lagunes Gomez^c

^aInstituto Tecnológico Superior de Alvarado, Veracruz, México, ivt.imec@gmail.com;

^bInstituto Tecnológico Superior de Alvarado, Veracruz, México, josimunoz25@gmail.com;

^cInstituto Tecnológico Superior de Alvarado, Veracruz, México, isabel.lagunes@gmail.com.

How to cite: Viveros Torres, I.; Muñoz Delgado, J.; Lagunes Gomez, I. 2022. Diseño de Sistemas Tecnificados para el Aprovechamiento de Subproductos de la Piña. In the proceedings book: International conference on innovation, documentation and education. INNODOCT/22. Valencia, November 2nd-7th 2022. <https://doi.org/10.4995/INN2022.2022.15744>

Abstract

*One of the main problems faced by pineapple cultivation in the Veracruz area of Mexico is the final management of the stubble resulting from its production. This condition must be carried out efficiently, otherwise it can result in severe damage to the agricultural land and the generation of pests that affect the surrounding areas. From the above arises the need for innovative proposals that make use of these wastes and similarly protect environmental conditions. Pineapple (*Ananás comosus*) crop waste can generate green fodder that can be used to feed ruminants (López, 2009). On the other hand, adequate pre-treatment and subsequent incorporation of organic material from pineapple into the soil represents a special source of nutrients, which saves the application of fertilisers. In this way, the aim is to design and evaluate devices for the transformation of pineapple stubble, implementing technified prototypes for the conversion of these by-products. Simultaneously establishing a business model that contributes to the sustainable management of the waste. The main objective of the project is the application of instrumentation and automation techniques that allow the waste to be processed efficiently in order to obtain marketable products for the communities of producers in the region. These prototypes are evaluated as alternatives for the use of pineapple stubble, seeking to achieve business models that contribute to the sustainable management of the waste. Similarly, the aim is to provide a development alternative for pineapple producer associations in the Veracruz area, seeking a positive social impact by offering a proposal for sustainable development.*

Keywords: *Ensilaje, fertilizante, instrumentación, automatización, tecnificación.*

Resumen

*Uno de los principales problemas que enfrenta el cultivo de la piña en la zona de Veracruz México, es el manejo final del rastrojo que resulta de su producción. Dicha condición debe ejecutarse eficazmente, de lo contrario, puede dar como resultado un daño severo al terreno agrícola y generación de plagas que afectan a las zonas circundantes. De lo anterior surge la necesidad de propuestas innovadoras que aprovechen estos desechos y proteger análogamente las condiciones medio ambientales. Los desechos del cultivo de la piña (*Ananás comosus*) pueden generar forraje verde que puede ser aprovechable en la alimentación de rumiantes (López, 2009). Por otra parte un adecuado pretratamiento y posterior incorporación del material orgánico de la piña al suelo representa una fuente de nutrientes especial, lo que permite ahorrar la aplicación de fertilizantes. De esta forma se busca diseñar y evaluar dispositivos de transformación del rastrojo de la piña, implementando prototipos tecnificados para la conversión de estos subproductos. Estableciendo de manera simultánea un modelo de negocio que contribuya con el manejo sostenible del residuo. El objetivo principal del proyecto es la aplicación de técnicas de instrumentación y automatización que permitan el procesamiento de los desechos de forma eficiente a fin de obtener productos comercializables para las comunidades de productores de la región. Estos prototipos se evalúan como alternativas de aprovechamiento del rastrojo de la piña, buscando lograr modelos de negocio que contribuyan al manejo sostenible del residuo, análogamente se busca ser una alternativa de desarrollo para las asociaciones de productores de piña de la zona de Veracruz, buscando un impacto social positivo al brindar una propuesta de desarrollo sustentable.*

Palabras clave: *Silage, fertiliser, instrumentation, automation, technification.*

Introducción

El ananás ha sido explotado desde hace tiempo como fuente de fibra, esto lo hace uno de los rubros más rentables y de mayor importancia nutricional de la región tropical. Es ampliamente utilizado como cultivo de subsistencia en muchas regiones de Latinoamérica, donde nos representa un alto valor comercial, tanto que al día de hoy, la piña representa una producción anual de más de 26,4 millones de toneladas. Lo anterior ha potenciado una proliferación en su explotación, que sin embargo presenta riesgos importantes en la industria agropecuaria.

Tradicionalmente, en las plantaciones de piña se ha acostumbrado que, una vez hecha la recolección de la piña, se corta la planta y se revuelve con la tierra como abono. Esta práctica contribuye con la proliferación de esta dañina mosca que parasita al ganado, ya que se alimenta de su sangre. Ante estas condiciones proceso de aprovechamiento tales como el

ensilaje y su tecnificación presentan importantes ventajas estratégicas para eficientar y potenciar significativamente esta línea productiva. El proceso del ensilaje de los rastrojos implica la transformación del material vegetal así como su tratamiento y control de parámetros fisicoquímicos con la finalidad de conservar sus condiciones nutricionales en forma óptima (López-Herrera, 2016). Estas etapas de procesos implican triturado, secado, compactado así como adición de agregados que mejoren condiciones físicas y/o nutricionales. En primera instancia el objetivo esencial de la investigación se fundamenta en dar un uso a una serie de subproductos generados una vez que se da la cosecha de la piña. Una segunda línea colateral, que es contribuir con el control de la plaga de la mosca pañera, que es altamente perjudicial para el ganado vacuno, así como disminuir la contaminación de los remanentes vegetales. En forma general el objetivo principal de la presente investigación es el diseño de un sistema de automatización para el proceso de ensilaje, empleando dispositivos de bajo costo, optimizando los niveles de producción y estableciendo de esta forma un precedente en la aplicación de técnicas de automatización para la industria agropecuaria, logrando un sistema de producción más eficiente y rentable (PALLES, 2015).

Desarrollo

Como ya se ha mencionado en forma introductoria para la presente investigación, el ensilado consiste en conservar los forrajes por medio de fermentaciones que los mantienen en un estado muy semejante al que poseen cuando están frescos. Los elementos nutritivos encerrados en las células vegetales y liberados parcialmente en el momento de su muerte, son empleados por las bacterias lácticas y transformadas en ácido láctico. Este método de conservación de forrajes o subproductos agrícolas con alto contenido de humedad (60-70 %), mediante la compactación, expulsión del aire y producción de un medio anaeróbico, que permite el desarrollo de bacterias que acidifican el forraje. El valor nutritivo del producto ensilado es similar al del forraje antes de ensilar. Además mediante el uso de algunos aditivos, se puede mejorar este valor (López-Herrera, 2016).

El proceso de ensilaje consta de dos fases: Aeróbica y Anaeróbica

Fase aeróbica. Esta se desarrolla en presencia del oxígeno contenido en el silo, los carbohidratos solubles de la planta, son metabolizados por las propias células de la planta y por microorganismos aeróbicos y convertidos en CO₂, agua y calor. Esta fase debe ser limitada al menor tiempo posible, para evitar las pérdidas de nutrimento. La temperatura debe ser menor a 30°C; para lograrlo, se deben considerar lo siguiente: Humedad: El forraje verde debe contener de 60 a 70 % de humedad.

Fase anaerobia. Al desaparecer el oxígeno del silo y establecerse las condiciones de anaerobiosis, se favorece el desarrollo de las bacterias anaeróbicas beneficiosas. En primer lugar, las bacterias productoras de ácido acético disminuyen bruscamente el pH e incrementan la acidez del silo. Al mismo tiempo, las bacterias productoras de ácido láctico se multiplican rápidamente y tienden a dominar la fermentación. Estas bacterias disminuyen

aún más el pH (alrededor de 4), lo que inhibe el crecimiento microbiano y crea las condiciones óptimas para la preservación del forraje (Pereira, 2009).

Ensilado de Piña: Proceso de Elaboración

Recepción: Los desechos de fruta y cáscara se reciben y son acumulados hasta obtener las cantidades suficientes para ser procesadas.

Triturado: El redrojo, desechos y cáscara se trituran para disminuir el tamaño de producto para poder ser procesadas.

Prensado: Tras el triturado es prensado para la eliminación del jugo de la pulpa, esta acción se reitera hasta obtener la mayor cantidad de líquido de la pulpa.

Secado: La producto se seca hasta alcanzar una humedad entre el 7 y 8 %, para reducir los tiempos de secado puede utilizarse aire forzado a alta temperatura (S., 2007).

Empacado y almacenamiento: Cuando el producto se encuentre seco y a temperatura ambiente para evitar la acumulación de humedad se procede al empacado. En esta operación el producto es pesado y es empacado para su conservación. Ya empacado es colocado en un almacén que se encuentre fresco y seco (figura 1).



Figura 1. Diagrama de flujo de proceso indicando etapas de ensilaje.

Análisis de variables fisicoquímicas

Con base a las etapas preestablecidas y definidas con antelación se procede a establecer el diseño de planta de proceso para la implementación de las fases del mismo para ello primeramente debemos determinar las variables a medir en tiempo real durante la operación:

Análisis de pH y temperatura. El pH indica la concentración de iones hidrógeno $[H]^+$ presentes en determinadas disoluciones. Se puede cuantificar de forma precisa mediante un sensor que mide la diferencia de potencial entre dos electrodos: un electrodo de referencia (de plata/cloruro de plata) y un electrodo de vidrio que es sensible al ion de hidrógeno. Esto es lo que formará la sonda. Además hay que utilizar un circuito electrónico para acondicionar la señal adecuadamente y que podamos usar este sensor con un microcontrolador. La medición de temperatura de DS18B20 se basa en la frecuencia de oscilación del oscilador de cristal de bajo coeficiente de temperatura. Se utiliza para generar una señal de pulso de

frecuencia fija y enviarla al contador de resta. La cifra también implica una puerta de conteo. Cuando se abre la puerta de conteo, el DS18B20 cuenta el pulso de reloj generado por el oscilador de coeficiente de baja temperatura para completar la medición de temperatura (figura 2).

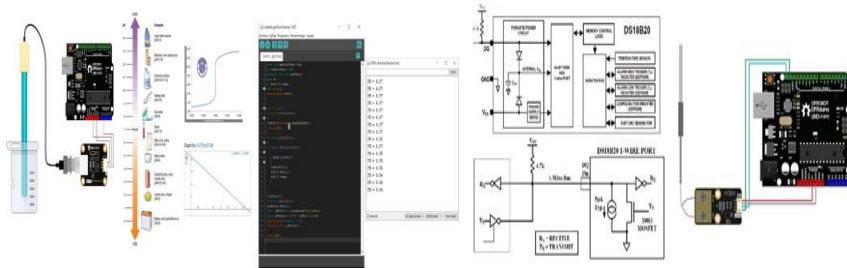


Figura 2. Principio de medición t adquisición de datos pH y temperatura.

Análisis de humedad. El funcionamiento del sensor se basa en medir la capacitancia entre 2 electrodos insertados dentro del suelo, la capacitancia entre los electrodos dependerá de la humedad del suelo, por lo que para un suelo muy húmedo tendremos una capacitancia muy baja y para un suelo muy seco la capacitancia será muy alta. El electrodo va conectado a una tarjeta de acondicionamiento que entrega una salida analógica. Este tipo de sensores capacitivos disponen de un timer 555, que se emplea para generar una onda cuadrada. Al aplicar este pulso, el efecto de la capacitancia registrada modifica la onda aplicada. Esta diferencia en las ondas es comparada, dando lugar a una pequeña tensión diferencial que puede ser medido por un microprocesador. Cuanto mayor es la humedad del suelo, mayor es la capacidad registrada por el sensor. Valores habituales son 2.3-2.5V para sensor totalmente seco (en el aire) y 1.2-1.3V para sensor totalmente húmedo, figura 3 (R, págs.20-37).

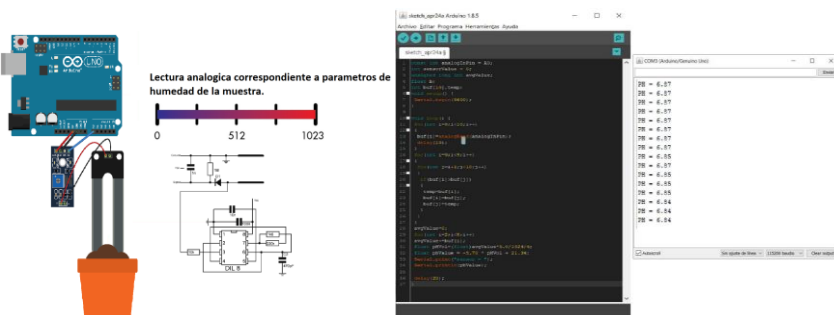


Figura 3. Adquisición de datos para lectura de humedad de la molienda.

Implementación del sistema. El equipo tendrá un eje montado en un bastidor, el cual girará hacia el centro del aparato. Estos ejes van dispuestos con las cuchillas responsables de triturar el material. Una caja de transmisión con reductor se acopla a un motor eléctrico para la entrega de potencia. El conjunto de molienda se dispone en una estructura de soporte, el sistema embebido de control y sus conexiones se alojan en el tablero comunicando a transductores y actuadores. El sistema integra también una etapa de secado y compresión del triturado por inyección de un tiro forzado de aire caliente por medio de un ventilador que hace fluir aire a partir de un calentador solar. Finalmente se aplica una compresión de la molienda, por medio de actuadores neumáticos (figura 4). Es en este bloque donde se instrumenta el dispositivo a fin de monitorear los parámetros de temperatura, el cual regula el gasto de aire caliente al prensador, de igual forma evaluar en contenido de humedad del subproducto obtenido (Silva-Díaz, Hernández-López, Vázquez-Peña, & Pérez-Acosta, octubre-diciembre, 2017).

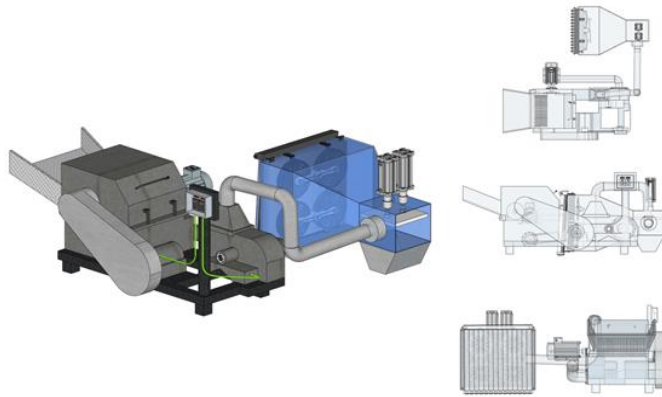


Figura 4. Isométrico y vistas principales para el prototipo propuesto.

Diseño mecánico. Primero evaluaremos el sistema de triturado, lo que se muestra a continuación en la aplicación MDSolids, es necesario también, evaluar en forma numérica sus estados de esfuerzo, en condiciones de cargas en modalidad de torsión pura, con base en este enfoque, aplicaremos principios de mecánica de fluidos así como máquinas para fluidos incompresibles, esto a fin de establecer los valores de trabajo y así evaluar los esfuerzos resultantes. Podemos ahora establecer las condiciones de esfuerzo para el eje en torsión pura, para esta tarea aplicaremos la herramienta de cálculo CAE MDSolids, misma que nos permite determinar el estado de esfuerzos para el elemento, de esta forma se aplican las características geométricas dimensionales del motor y eje de transmisión seleccionados así como sus parámetros de torque, para de esta forma determinar también, su valores de esfuerzos principales a través del círculo de Mohr. Donde se evidencia los estados

de esfuerzos planos y esfuerzos principales, así como la dirección y grado de deformación elástica sufrido por el elemento en este régimen de carga (figura 5).

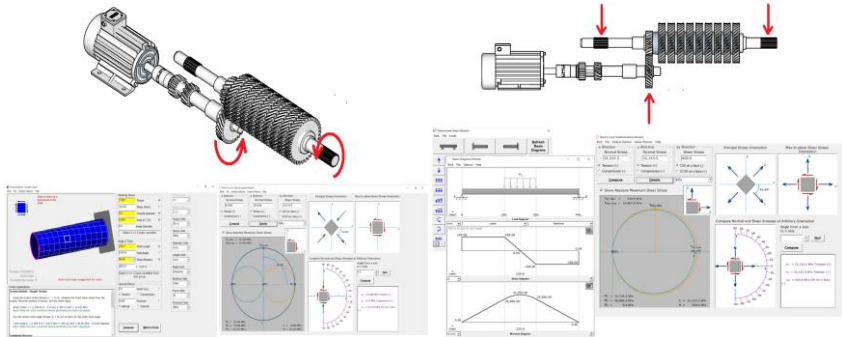


Figura 5. Análisis de esfuerzo por torsión y flexión, para el eje de trituración.

Con base al análisis anterior es factible determinar el grado de confiabilidad para el diseño propuesto, por lo que por último se establece su ensayo de resistencia con base al enfoque de teorías de falla para materiales dúctiles donde se aplican los criterios de Tresca y de Von Mises Henky, mismos que se evalúan en la aplicación MDSolids de nueva cuenta determinando así factores de seguridad sobrados para la posible falla por deformación del eje de transmisión (figura 6).

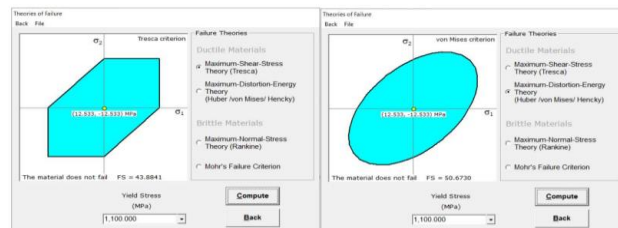


Figura 6. Análisis de factor de seguridad con base a enfoque elemento dúctil.

Sistema de control. El proyecto propuesto se desarrollará con base a tecnología de microcontrolador, a fin de implementar un dispositivo de diseño propio que se encargue de operar en forma automática el proceso total, activando los diferentes dispositivos de potencia o actuadores con base a la señal de entrada de los transductores de nivel, de temperatura y humedad, detectados que regulan la ejecución del proceso. La elaboración del algoritmo de programación parte del análisis de las variables fisicoquímicas aportadas por los parámetros de instrumentación, estos datos nos establecen los puntos de consigna para la activación de los elementos finales de actuación y/o control, para llevar a cabo la ejecución del proceso en forma exitosa. Con base a los antes analizado

el proceso se inicia con la admisión y triturado del redrojo de piña, que gradualmente ira llenado el depósito de secado y prensado. Una vez que este llegue al nivel de consigna, se insufla una corriente de aire caliente, el tiempo de secado se determinan en tiempo real en función al nivel de humedad del lote de triturado, una vez alcanzado la condición adecuada se extrae el contenido aerobio de la molienda a través de la activación de la prensa neumática (figura 7).

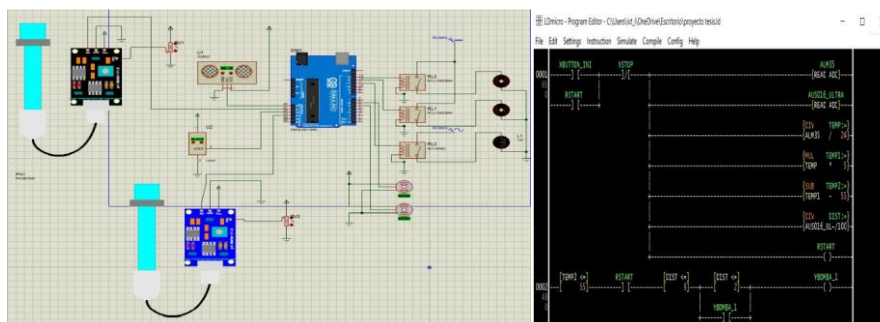


Figura 7. Diagrama, código y simulación de planta de proceso.

Análisis y Conclusiones

Se realizó el diseño de cada elemento con su factor de seguridad que garantiza un correcto funcionamiento en la máquina, lo anterior bajo los criterios de selección preestablecidos y respetando los parámetros dimensionales del prototipo. El corte de los redrojos y cascaras se presentó de forma homogénea y con el grado dimensional requerido. El tiempo promedio para molienda del material con el arreglo propuesto asciende a 24,6 segundos, mejorando la producción del forraje. Con base a esta tasa promedio se considera que la producción en un lapso de 12 horas asciende a una cantidad de 650 kg. El prototipo de acuerdo con los resultados obtenidos daría una producción anual de 474.5 toneladas de cardón, corona y cascara. Se aplicara el prototipo a fin de realizar transferencia de tecnología y propiedad intelectual con la organización de agricultores y productores cañeros de la zona de los Robles Veracruz. Con la finalidad de potenciar la economía de esta zona como parte del programa NODDES.

Referencias

- LICITRA, G. T. (1996). Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Anim. Feed Sci. Technol*, 57:347-358.
- LÓPEZ, M. R.-J. (2009). Características fermentativas y nutricionales del ensilaje de rastrojo de piña (Ananas comosus). *Agron. Costarricense*, 33(1):1-15.
- LÓPEZ-HERRERA, M. (2016). Bromatología De Ensilados De Corona De Piña Con Pulpa De Cítricos, Heno Y Urea. *Agronomía. Mesoamericana*, 27(1):37-47.

- PALLES, J. G. (2015). *Diseño Del Sistema De Control Y Automatización Para Una Trituradora De Endocarpio Y Mesocarpio De Coco*. Pereira, Colombia.: Universidad Tecnológica De Pereira.
- PEÑA BONILLA, M. (21 de Junio de 2018). *Universidad de costa Rica*. Obtenido de <https://www.ucr.ac.cr/>
- PEREIRA, E. J. (2009). Valor energético de subproductos da agroindústria brasileira. *Arch. Zootec.*, 58:455-458.
- R, J. (págs.20-37). Tutorial: analog data adquisition technology. *IEEE Micro*, mayo, 1982.
- S., R. R. (2007). Modelación de la cinética de degradación de alimentos para rumiantes. . *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, No.20:174-182.
- SILVA-DÍAZ, L. J., HERNÁNDEZ-LÓPEZ, Y., VÁZQUEZ-PEÑA, A., & PÉREZ-ACOSTA. (octubre-diciembre, 2017). Design of an Automation System for the Silage Plant. *Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 109-120.
- TACO, V. G. (2021). Diseño y construcción de una máquina trituradora y granuladora de plástico de baja densidad como una herramienta de reciclaje. *Ecuadorian Science Journal*, 5(3), 41-58.
- VILABOA B., J. (enero-diciembre, 1999). Automatización de la Selección de la Fruta en los Packing. *Revista Facultad de Ingeniería*, pp. 3-8.