



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE SEDE LATACUNGA

TECNOLOGÍA SUPERIOR EN ELECTROMECAÁNICA

PROTOTIPO DE UNA MÁQUINA CORTADORA DE CAÑA DE AZÚCAR AUTOMATIZADO MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE DISPOSITIVOS ELÉCTRICOS, ELECTRÓNICOS Y MECÁNICOS PARA EL MEJORAMIENTO DE SALUBRIDAD EN LA EXTRACCIÓN DEL JUGO.

Autor: Toctaguano Huto, Jairo Wladimir

Director: Ing. Parreño Olmos, José Alfredo

Latacunga, Agosto del
2022





Agenda

- ✓ Justificación
- ✓ Objetivos
- ✓ Desarrollo
- ✓ Implementación
- ✓ Ensamblaje
- ✓ Pruebas de Funcionamiento
- ✓ Conclusiones
- ✓ Recomendaciones





JUSTIFICACIÓN

El presente Proyecto tiene como finalidad automatizar el proceso de corte de la caña de azúcar, de esa manera optimizar el tiempo en este proceso y a la vez hacerlo más seguro. Los principales beneficiarios de este prototipo serán los comerciantes de jugo de caña y sus derivados, mi persona ya que será parte de un emprendimiento que lo voy a poner en marcha en la ciudad Machachi, Cantón Mejía, Provincia de Pichincha.





OBJETIVOS

Objetivo General

Prototipado de una máquina cortadora de caña de azúcar automatizada mediante la implementación de dispositivos eléctricos, electrónicos y mecánicos para el mejoramiento de la salubridad en la extracción del jugo de caña.





Objetivos Específicos

Determinar la funcionalidad de una máquina cortadora de caña de azúcar automatizada.

Elaborar los planos mecánicos de la máquina mediante el software SolidWorks.

Implementar una máquina cortadora de caña de azúcar.

Realizar pruebas de funcionamiento de la máquina cortadora de caña.





ALCANCE

El alcance de este proyecto es la automatización de la máquina cortadora de caña de azúcar para realizar el remplazo de las cortadoras manuales para ofrecer a los comerciantes de caña de azúcar en varias presentaciones(tamaño), las cuales son ofertadas en varias ciudades del Ecuador, siendo este un mercado rentable y reduciendo el tiempo en la entrega al consumidor.



La actividad de la extracción del jugo de caña de azúcar es una actividad que se realiza en varias ciudades como actividad económica, la cual ha permitido a sus habitantes adaptarse con utensilios para realizar esta extracción, tanto para la recolección, limpieza, corte y extracción del jugo como producto final.

Esta actividad se hace de manera tradicional usando la cortadora de caña, esto quiere decir que se la realiza en forma manual haciendo uso de utensilios de corte, para realizar esta actividad.





Implementación

Materiales de la máquina cortadora de caña

Elementos eléctricos

Motor Eléctrico



Contactador



Conductores Eléctricos





Elementos eléctricos

Relé Térmico



Motorreductor



Interruptor magnetotérmico





Elementos eléctricos

Pulsadores



Luces Piloto



Elementos mecánicos

Chumaceras



Ejes



Piñón





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Elementos mecánicos

Masas Transportadoras



Catalina



Polea





Elementos mecánicos

Banda de caucho



Cadena



Engranajes





Cálculos sistema de arrastre y de corte

Cálculo analítico del sistema de arrastre

Características de la caña de azúcar

$$L_{caña}: 2000 \text{ mm}$$

$$D_{caña}: 45 \text{ mm}$$

Con un peso aproximado de la caña de: 1.36 Kg

Numero de cañas/hora que se insertan por el sistema de arrastre

$$N_{caña} = \frac{133 \text{ Kg/h}}{1.36 \text{ Kg}} = 97.79 \text{ (un d/h)}$$





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Cálculo de la velocidad lineal y rotación

$$V_l = \frac{2m * 97.79 \text{ und}}{h} * \frac{1 h}{3600 s} = 0.0543 \text{ m/s}$$

$$\omega = \frac{0.0543 \text{ m/s}}{0.02 \text{ (m)}} = 2.715 \frac{\text{rad}}{s}$$

Transformación a RPM:

$$\frac{2.715 \text{ rad}}{s} * \frac{1 \text{ vuelta}}{2\pi \text{ rad}} * \frac{60s}{1 \text{ min}} = 25.92 \text{ RPM}$$

La velocidad requerida para el rodillo de arrastre es de 25.92 rpm, debe conseguirse mediante polea o cadena según la relación de transmisión una velocidad real de 26 rpm.





Cálculo de la potencia de los ejes del sistema de arrastre

Cálculo de la fuerza ejercida por la caña

$$F_{caña} = 1.36 * 9.8$$

$$F_{caña} = 13.32 \text{ N}$$

Cálculo del torque de la caña

$$T_{caña} = 13.32 \text{ N} * 0.02 \text{ m} = 0.2664 \text{ Nm}$$

Cálculo de la potencia requerida para mover el rodillo de acuerdo a la caña

$$P_{caña} = \frac{0.2664 * 26 * 2\pi}{60} = 0.725 \text{ W}$$





Cálculo de la fuerza ejercida de los rodillos

$$F = 1.15 \text{ kg} * 9.8 = 11.27 \text{ N} \dots \dots \dots (\text{rodillo superior})$$

$$F = 1.08 \text{ Kg} * 9.8 = 10.58 \text{ N} \dots \dots \dots (\text{rodillo inferior})$$

$$F_{\text{rodillo}} = 11.27 \text{ N} + 10.58 \text{ N}$$

$$F_{\text{rodillo}} = 21.85 \text{ N}$$

Cálculo del torque del rodillo superior

$$T_{\text{rodillo}} = 11.27 \text{ N} * 0.02 = 0.44 \text{ Nm}$$

Cálculo de la potencia requerida para mover el rodillo

$$P_{\text{rodillo}} = \frac{0.44 \text{ Nm} * 26 * 2\pi}{60} = 1.19 \text{ W}$$





Cálculo de la potencia requerida para girar los rodillos

Potencia total de trabajo:

$$P_{T\text{rodillo}} = P_{caña} + P_{caña}$$

$$P_{T\text{rodillo}} = 0.725 W + 1.19 W = 1.915 W$$

$$P_{T\text{rodillo}} = 1.915 W$$

$$P_{T\text{rodillo}} = 1.915 W * 2 = 3.83 W$$

$$P_{T\text{rodillo}} = 3.83 W = 0.38 Kw = 0.52 HP$$





Cálculo de la velocidad de corte

$$V_c = \frac{45 \text{ mm} * \pi * 26 \text{ rpm}}{1000} = 3.68 \text{ m/m in}$$

Fuerza de corte de la caña

$$F_c = \frac{1.36 \text{ Kg} * 9.81 \text{ (m/s}^2\text{)}}{2 * 1} = 6.67 \text{ N}$$

Cálculo de la potencia neta P_c en KW para la cuchilla

$$P_c = \frac{3.70 \frac{\text{m}}{\text{min}} * 45 \text{ mm} * 2.87 \frac{\text{mm}}{\text{r}} * 6.67 \text{ N}}{60 * 10^3} = 0.0531 \text{ KW}$$

Potencia total de trabajo de corte:

$$P_{ct} = P_c * 1 = 0.0531 * 1 = 0.0531 \text{ kw} = 53 \text{ W} = 0.071 \text{ HP}$$





Cálculos Eléctricos

Se considero primero la potencia que va necesitar la máquina de acuerdo a los cálculos realizados, en donde se pudo considerar que necesitamos 0.38 KW para el buen funcionamiento del sistema de la máquina.

| | |
|---------------------------|---------------|
| Motor | M1-monofasico |
| Potencia | 1HP/0.75 KW |
| Tensión nominal | 220 V |
| Corriente nominal | 7.70 A |
| Numero de polos | 4 |
| Factor de potencia | 0.92 (100%) |

Cálculo de corriente nominal de motor (I_n)

$$1HP \times \frac{746 W}{1 HP} = 746 W$$

$$I_n = \frac{746 W}{220 V \times 0.92} = 3.68 A$$





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Cálculo de la potencia de entrada

$$Potencia\ de\ entrada = \frac{746\ W}{0.92} = 810.86\ W$$

Cálculo de la intensidad de arranque

$$I_{arranque} = I_l * (CODE\ K)$$

$$I_{arranque} = 3.68\ A * 8.0$$

$$I_{arranque} = 28.44\ A$$

Cálculo de la potencia reactiva

$$Q = Potencia\ de\ entrada * \tan\theta$$

$$Q = 810.86\ W * 0.92$$

$$Q = 745.62\ VA$$

$$Q = 0.745\ KVA$$





Selección del contactor

$$I_k \geq I_n$$

$$I_k \geq 3.68 A$$

Obtenida la corriente nominal procedemos a seleccionar un contactor de 12 A de acuerdo a su marca y capacidades que soporta, además se seleccionó con una bobina de 220V/60Hz.

Selección del Interruptor termomagnético

$$I_{termomag} \geq I_k$$

$$I_{termomag} \geq 12 A$$

Seleccionamos un Interruptor termomagnético de 20 Amperios, para su correcto funcionamiento.





Selección de Relé térmico

- **Regulación mínima**

$$I_{min} = I_n * 0.8 = 3.68 A * 0.8 = 2.94 A$$

- **Regulación máxima**

$$I_{max} = I_n \div 0.8 = 3.68 A \div 0.8 = 4.60 A$$

Por lo tanto, con el resultado mínimo y máximo tenemos el relé térmico con un rango de 2.94 A – 3,60 A, en tanto a la marca y a sus capacidades se seleccionó un relé térmico de 3 - 5 Amperios.





Selección de conductor de alimentación

Se debe estimar que no debe superar al 3% de la tensión de la línea, considerando que para la resistividad del cobre es de $0.0172 \Omega\text{mm}^2/m$, para el aluminio de $0.028 \Omega\text{mm}^2/m$.

| Calibre AWG - MCM | Sección Real (mm ²) | Intensidad Admisible (Amperios) |
|-------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 14 | 2.081 | 30 |
| 12 | 3.309 | 40 |
| 10 | 5.261 | 55 |
| 8 | 8.366 | 70 |
| 6 | 13.300 | 100 |
| 4 | 21.150 | 130 |
| 3 | 26.670 | 150 |
| 2 | 33.630 | 175 |
| 1 | 42.410 | 205 |
| 1/0 | 53.480 | 235 |
| 2/0 | 67.430 | 275 |
| 3/0 | 85.030 | 320 |
| 4/0 | 107.200 | 370 |
| 250 MCM | 126.700 | 410 |
| 300 MCM | 151.000 | 460 |

$$\Delta V = \frac{2 * 0.0172 * 3.68 A * 5 * 0.92}{5.25}$$

$$\Delta V = 0.11 V$$

$$\% \Delta V = \frac{0.11 V}{220} * 100 = 0.5\%$$

$$\% \Delta V = 0.5\% < 3\%$$

Podemos seleccionar un cable para la alimentación principal sea considerado un calibre de 10 AWG para alimentar el motor monofásico de 220 V un calibre de 10-12 AWG y finalmente para los componentes eléctricos y electrónicos de control de tablero un calibre de 16-18 AWG.





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Costos de energía eléctrica consumida

Tiempo de trabajo = 5h/día

Consumo diario de energía eléctrica

$$E_{diario M1} = 746 \text{ KW} * 5 = 3.73 \text{ KW/h}$$

$$E_{diario M2} = 0.24 \text{ KW} * 5 = 1.2 \text{ KW/h}$$

$$E_{diario} = 4.93 \text{ KW/h}$$

Consumo mensual de energía eléctrica

$$E_{mes} = 4.93 \frac{\text{KW}}{\text{h}} * 20 \text{ dias} = 98.6 \frac{\text{KW}}{\text{h}}$$

Costo mensual de energía

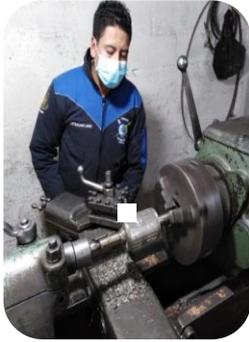
$$C_{mes} = 98.6 \frac{\text{KW}}{\text{h}} * 0.10 = 9.86 \text{ dólares}$$





Etapas de Construcción

Sistema de arrastre



- Fabricación de los rodillos.



- Ensamblaje de la parte interna



- Colocación de los rodillos de arrastre





Sistema de corte



- Elaboración de la cuchilla



- Corte del eje de transmisión de la cuchilla





Estructura de la máquina



- Fabricación de la estructura metálica



- Soldadura de las piezas que conforman la estructura





Fabricación de las cubiertas de la máquina



- Corte de material de acero inoxidable



- Ensamble de las cubiertas en la máquina



- Recubrimiento completo de la máquina





Pintado de la máquina



- Pintado de las piezas mecánicas



- Pintado de la cubierta de la tapa exterior





Instalación del sistema eléctrico



- Conexión del circuito de potencia



- Instalación del circuito de control



- Instalación del tablero eléctrico en la máquina.





Diseño del sistema eléctrico

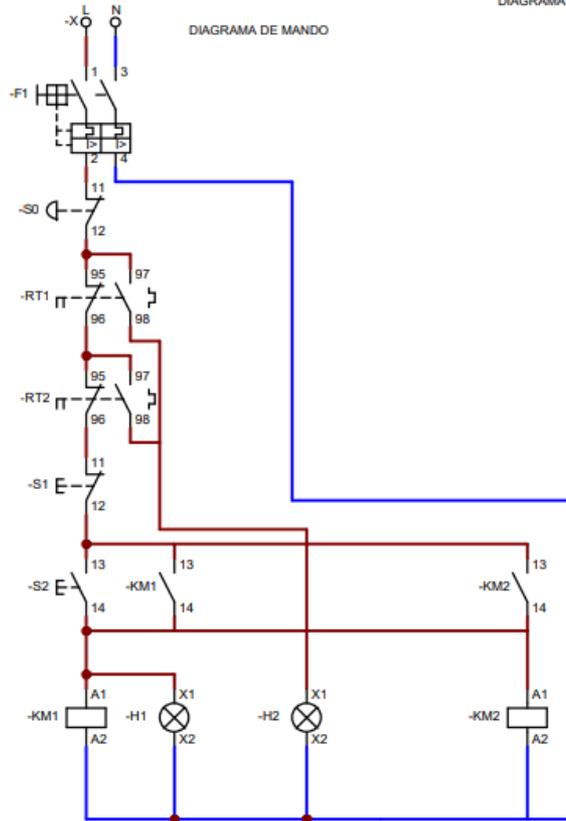
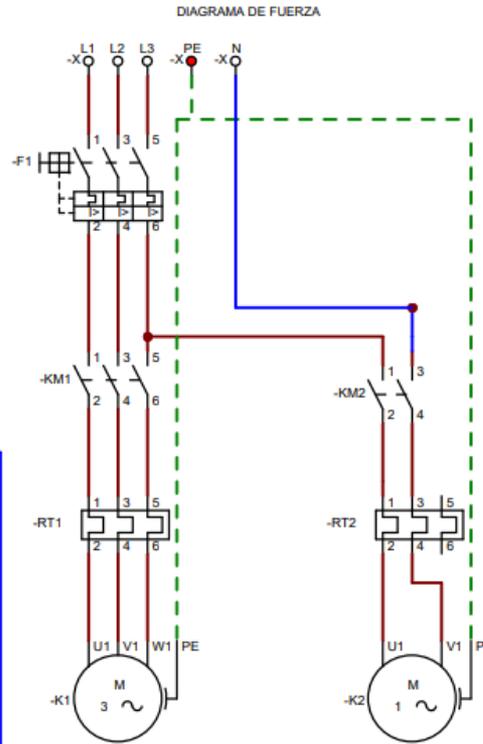
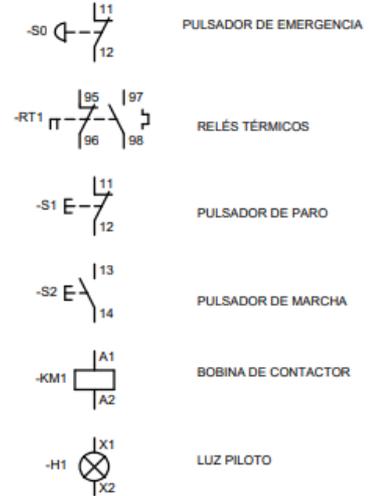


DIAGRAMA ELÉCTRICO



SIMBOLOGIA





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Prototipo de la máquina cortadora de caña ensamblada





Pruebas de funcionamiento

En esta prueba como se puede observar en la imagen, el corte de la caña es correcto y preciso ya que se realizó el respectivo afilado de la cuchilla, por otro lado en cuestión de la cuchilla se realizó una tipo punta angular, de tal modo la caña salió en perfectas condiciones por lo que se comprobó que la máquina está en buenas condiciones para funcionar.





Plan de mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo en dicha máquina se efectúa periódicamente en donde algunas acciones de mantenimiento preventivas son: ajustes, limpieza, análisis, lubricación, calibración, reparación, cambios de piezas, entre otros, con el objetivo de detectar fallas que puedan llevar al mal funcionamiento del objeto en mantenimiento y, de esta manera se evita los altos costos de reparación y se disminuye la probabilidad de paros imprevistos.

Plan de mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo es una actividad que se lleva a cabo para reparar el daño encontrado durante el mantenimiento preventivo ya que no se trata de un conjunto de acciones planificadas, ya que se realiza cuando un componente ha sido dañado. Su objetivo es restaurar la confiabilidad del sistema y devolverlo a su estado original.





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

| PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO | | | | | | |
|--|--------|---------|---------|-----------|-------|---|
| PERIODO | | | | | | OBSERVACION |
| PARTES | Diario | Semanal | Mensual | Semestral | Anual | |
| Cuchilla | | X | | | | Limpiar y afilar la cuchilla para asegurar el corte preciso de la caña. |
| Ajuste de pernos de cuchillas | | | X | | | Se debe verificar el ajuste de los pernos de las cuchillas para que durante el proceso no surjan fallas. |
| Ajuste de pernos y prisioneros totales de la máquina | | | | X | | Se recomienda verificar y dar ajuste a todos los pernos para evitar des calibración en el sistema mecánico de la máquina. |
| Motorreductor | | | | X | | Inspeccionar el estado del aceite de la caja para mantener en buen estado los engranes internos, si es necesario cambiarlo. |
| Rodillos de arrastre | X | | | | X | Dar la debida limpieza para quitar impurezas que haiga quedado durante el proceso de trabajo. |
| Estructura | | | | X | | Se recomienda dar la debida limpieza de toda la estructura para evitar el desgaste del material y tener buena presentación. |
| Bandeja | X | | | | X | Realizar la limpieza de la bandeja diariamente para mantener la caña en buen estado de sanidad. |





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

PLAN DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO

| PLAN DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO | | | | | |
|----------------------------------|--------|-----------|-------|--------|--|
| PERIODO | | | | | OBSERVACIÓN |
| PARTES | Diario | Semestral | Anual | 2 años | |
| Piñones | | | X | | Se debe visualizar el sistema de piñones en cuanto a desgastes de los dientes y fallos de lubricación. |
| Catalinas | | | X | | Se recomienda verificar el desgaste de los dientes y lubricación respectivamente en el sistema. |
| Cadenas | | X | | | Se recomienda inspeccionar el desgaste de los pasadores, los casquillos y rodillos |
| Banda | | X | | | Se debe inspeccionar el desgaste ya que durante el trabajo suele producir daño en sus alrededores. |
| Motor | | | | X | Inspección del funcionamiento y cambio de rodamientos. |
| Motorreductor | | | | X | Inspección interna de los engranes de la caja y cambio de aceite. |
| Cuchilla | | | X | | Realizar cambio de cuchilla para mantener el estado de corte en estándar. |
| Rodamientos de las chumaceras | | | X | | Verificar el estado de los rodamientos y si es necesario realizar el cambio. |
| Tablero eléctrico de control | | | | X | Verificar el funcionamiento de los elementos de control, si existe algún fallo realizar el cambio efectivamente. |





Conclusiones

En la elaboración del prototipo de la máquina cortadora de caña de azúcar se diseñaron los componentes con la ayuda del software SolidWorks el cual nos permite realizar comprobaciones mediante simulaciones y de esa manera tomar decisiones en cuanto a mejoras del diseño, para luego proceder a construir el prototipo.

La aplicación de los conocimientos en cálculos eléctricos y mecánicos se pudo seleccionar el motor adecuado que permite el correcto funcionamiento.

Se elaboró un manual de mantenimiento del equipo para mantener a la máquina cortadora en óptimas condiciones.





Una vez finalizado la construcción del prototipo y realizadas las pruebas de funcionamiento se concluyó que la máquina cumple con las características principales que se plantearon al principio del proyecto, dado que mejoro el tiempo de proceso de corte y en cuanto a salubridad, que la máquina sea automatizada la cual hace que la caña de azúcar no tenga mucho contacto con el hombre.





Recomendaciones

Se recomienda realizar el mantenimiento correspondiente a la máquina para que la vida útil de la máquina sea más larga.

Se recomienda utilizar material de acero inoxidable en las piezas que tienen contacto directo con el producto para mejorar su salubridad.

Realizar una limpieza de la máquina cortadora de caña totalmente desconectada, cada vez de que se utilice para evitar acumulación de corteza sobrante.

Se recomienda afilar la cuchilla de corte y sujeción del eje para no tener problema en el proceso de funcionamiento.





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Funcionamiento de la máquina cortadora de caña





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

*Muchas
Gracias!*

