



**Diseño De Una Trituradora De Raíces De Plantas De Tomate (*Lycopersicum Esculentum*) Para La Obtención De Fertilizantes Orgánicos Aplicando La Metodología De Concurrent Engineering Y Desing Thinking Para La Fundación Ayllu Apu.**

**Departamento de Eléctrica y Electrónica**

**Carrera de Ingeniería en Electromecánica**

**Trabajo de Titulación Previo a la Obtención del Título de Ingeniero en Electromecánica**

**Autor:** Eugenio Quingatuña, Marco German

**Tutor:** Ing. Manjarrez Arias , Félix Javier

**Latacunga 2023**



# AGENDA



# AGENDA



# INTRODUCCIÓN

## Antecedentes



Estos prototipos se los realiza a partir de solventar necesidad de disminuir el esfuerzo de las personas que trabajan en el área de las fincas y haciendas que utilizan instrumentos cortantes para el picado de las mismas ramas y plantas que pasaron por su última cosecha, el cual sirve como abono orgánico hacia las demás plantas que se encuentran en los cultivos.



Para la producción de abono orgánico se propone la utilización del rastrojo, como una fuente importante de la alimentación de los cultivos; la creación de un método para la producción de abono orgánico, tratando de dar una propuesta para la solución de problemas en su elaboración,



La significativa reducción en volumen de la masa orgánica mediante un proceso de trituración, que resulta de un proceso previo de reciclado no solamente provee un buen residuo hacia el compost sino también beneficia al medio ambiente a través de disminuir la contaminación del suelo por desechos acumulados.



## Objetivo General

Implementar las metodologías concurrent engineering and desing thinking en una trituradora de raíces de plantas de tomate (*Lycopersicum Esculentum*) para la obtención de fertilizantes orgánicos para la fundación Ayllu Apu.

## Objetivos Específicos

- Realizar un estudio teórico basado en artículos científicos, libros para tener un conocimiento sobre las pruebas de campo que ayuden con la comprensión de la construcción de una trituradora de desechos orgánicos de raíces de plantas de tomate.
- Definir la línea de fabricación teórica de la maquina por medio de criterios de diseño conceptual.

## Objetivos Específicos

- Emplear el método de la Ingeniería Concurrente y Desing Thinking, útiles para robustecer e innovar los sistemas para los procesos de fabricación de máquinas.
- Diseñar una máquina de trituración de residuos, con elección de los materiales existentes en el país para evitar posibles desgastes excesivos, deformaciones innecesarias y costos elevados de las piezas de la máquina.

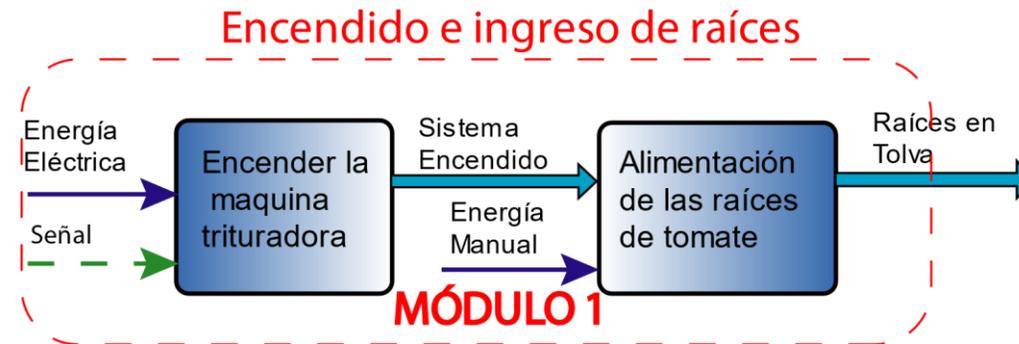
# AGENDA



## Determinación de Módulos

### Módulo 1 Encendido e ingreso de raíces

El módulo 1 inicia con el encendido de la trituradora para lo cual usaremos un pulsador que accione el motor, una vez prendido el motor se llenara la tolva con las raíces de tomate para su trituración

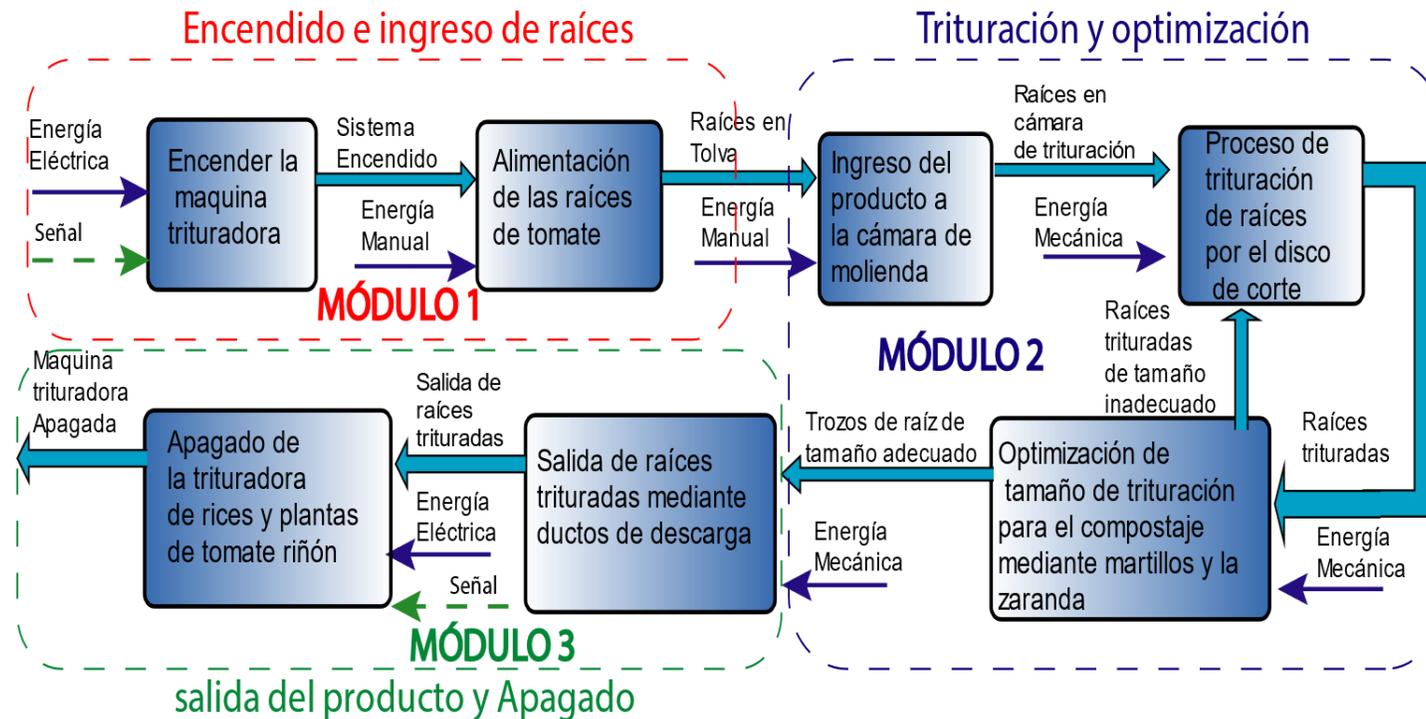




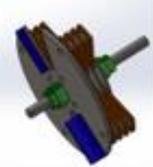
# Metodología Propuesta

## Módulo 3 Salida del producto y Apagado

Siempre y cuando se cumplan los parámetros establecidos en el módulo 2. En este módulo tendremos la salida de las raíces trituradas de tamaño óptimo a través de la tolva de salida y se repetirá el ciclo hasta terminar de triturar las raíces, en este punto se pagará el motor de la trituradora por medio de un pulsador.



## Planteamiento de la Matriz Morfológica

Componente	Opción 1A	Opción 2B	Opción 3C
	<b>Módulo 1</b>		
Estructura			
Sistema de alimentación			
Sistema de trituración			
Separación de productos			
Ducto de salida		 <i>Canaleta de salida</i>	

### Opción 1A

Trituradora de tornillo sin fin

Estructura robusta y fija.

Sistema de alimentación manual.

Un solo tamaño de producto triturado

Salida del producto a través de un ducto o tolva de salida.

### Opción 2B

Trituradora de cuchillas y martillos

Estructura liviana y transportable

Sistema de alimentación por medio de tolvas

Distintos tamaños de producto triturado

Salida por medio de un canal

### Opción 3C

Trituradora de cuchillas

Estructura liviana y transportable

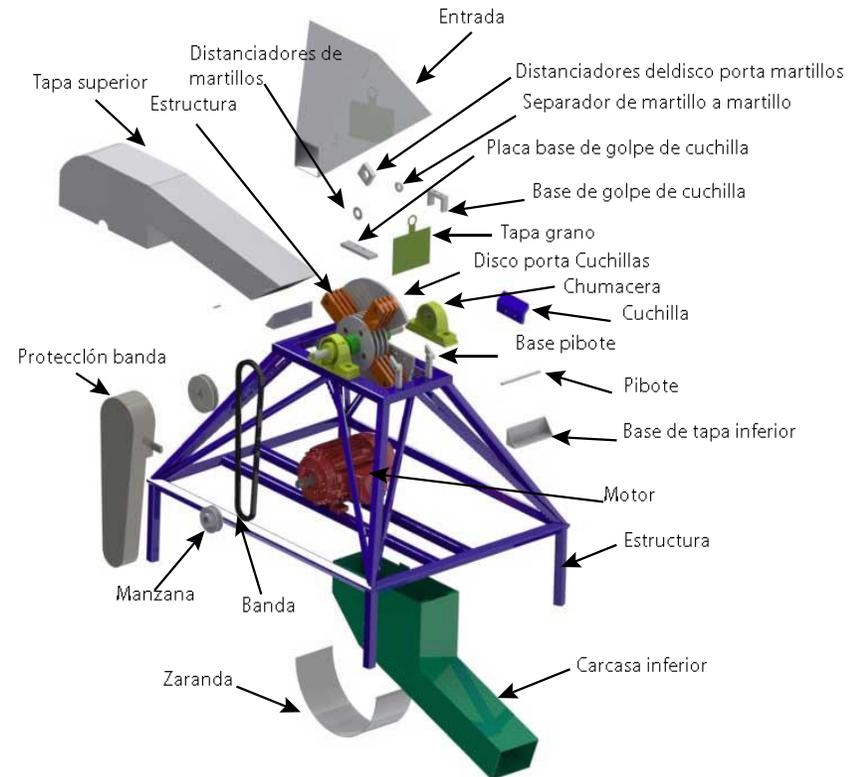
Sistema de alimentación por medio de tolva

Salida del producto caída por gravedad

## Diseño De La Máquina Trituradora De Raíces De Tomate

Cuando tengamos seleccionado el tipo de máquina que vamos a diseñar que en nuestro caso será una trituradora de raíces de tomate, conocido las ventajas y desventajas se solucionarán de la mejor manera y se tratara de disminuir los costos de fabricación .se diseña con prioridad los elementos internos que harán el trabajo de corte de las raíces estos serán enlistados a continuación.

- Tolva
- cámara de trituración
- Eje principal
- Cojinete o Chumacera)
- Motor
- Poleas y bandas
- Diseño de lengüetas.
- Diseño de la estructura.

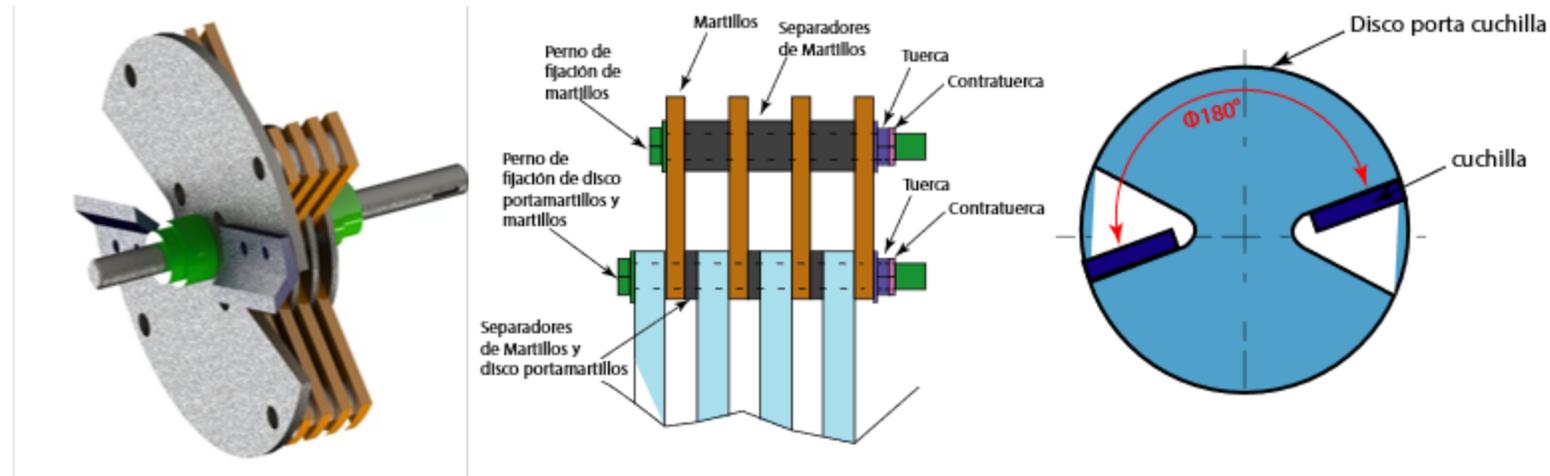


## CÁMARA DE TRITURACIÓN

La cámara de trituración está conformada por todos los elementos que se muestran en la

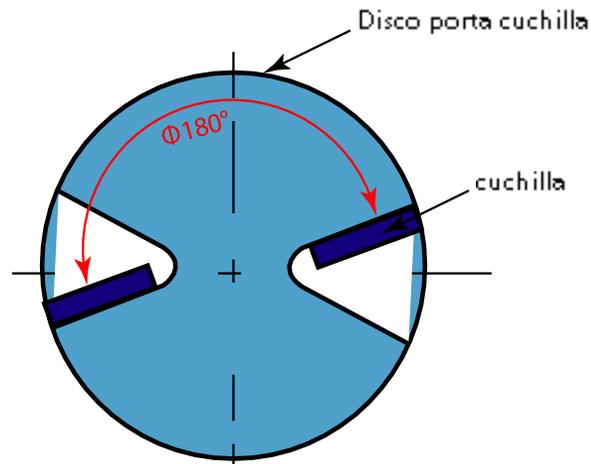
Figura 30

*Cámara de Trituración*



*Nota.* Elementos que conforman la cámara de trituración

## Designación del número de cuchillas en función al número de revoluciones



Las cuchillas por tener una curvatura de  $45^\circ$  que garantiza que el material triturado ingrese a la cámara de trituración, Se compraran de tiendas online como Amazon, Alibaba o se las mecanizara en acero Df2 que tiene un  $S_y = 106 \text{ MPa}$  con un tratamiento térmico para endurecer y garantizar la vida útil de la cuchilla.

# Metodología Propuesta

## Fuerza de ruptura de la raíz con la cuchilla

$$T_{ruptura_{raiz}} = F * r$$

$$F_c = A * R$$

Donde,

$T_{ruptura_{raiz}}$  : torque de ruptura

$F_c$  : Fuerza

$R$  : Resistencia de corte.

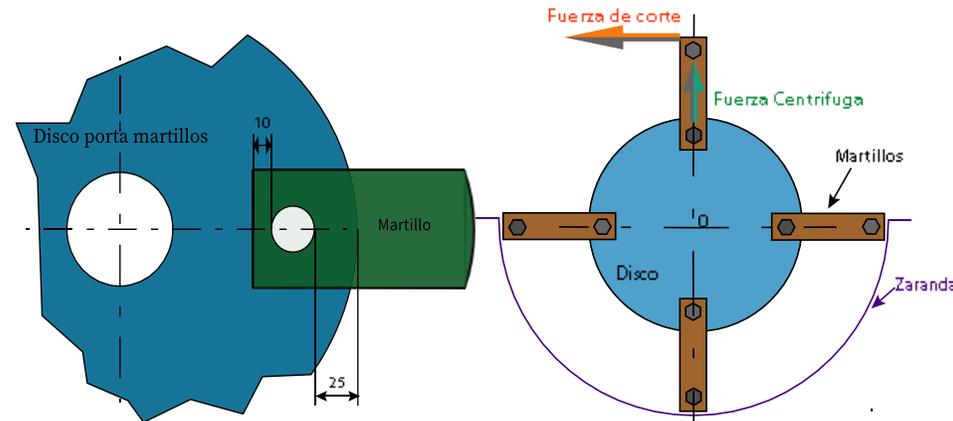
$r$  : radio.

$$F_c = 5.945 \text{ cm}^2 * 1.1 \text{ kg/cm}^2$$

Fuerza de corte de las raíces de Lycopersicon esculentum

$$F_c = 64.13 \text{ N}$$

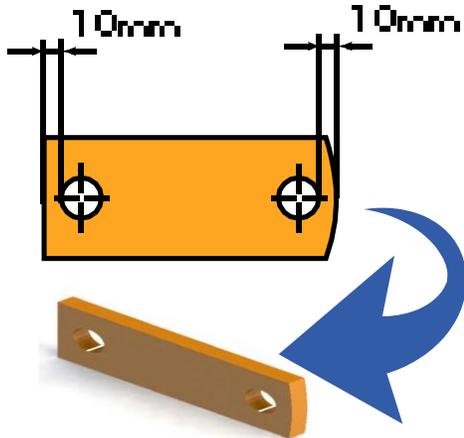
Según (Liu et al., 2021) nos dice que : La fuerza de ruptura promedio de los tallos pedicelos de tomate fueron de 22,53 N y la fuerza de ruptura máxima alcanzó los



# Metodología Propuesta

## Diseño teórico de los martillos .

De las mediciones realizadas se observa que el diámetro de la raíz es de 10 a 15 mm analizando la situación de los tamaños de la raíz que ingresa a la cámara de trituración entonces el martillo debe tener 1 cm de espesor con un material denominado acero inoxidable AISI -304 para triturar las partículas más pequeñas caso contrario estas no se romperían en su totalidad.



Velocidad angular a plena carga

$$W_c = \frac{V_{t2}}{r_{giro}}$$

$$r_{giro} = \frac{68.83 \frac{m}{s} * 60}{2 * 3.1415 * 1600 \text{ rev/min}}$$

$$r_{giro} = 0.41 \text{ m}$$

$$W_c = \frac{56.32 \text{ m/s}}{0.41 \text{ m}}$$

$$W_c = 137.09 \text{ rad/s}$$

Energía potencial

$$E_{ruptura} = m_r \cdot g \cdot h$$

Donde,

$m_r$ : Energía cinética

$h$ : Altura de la caída libre de la raíz

$g$  : Gravedad

$$E_{ruptura} = 0.5 \text{ kgr}(9.81\text{m/s}).0.45 \text{ m}$$

$$E_{ruptura} = 2.2\text{Nm}$$

# Metodología Propuesta

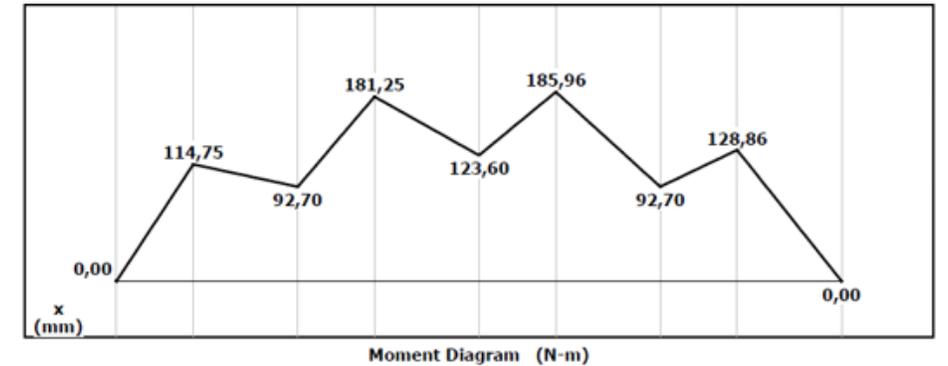
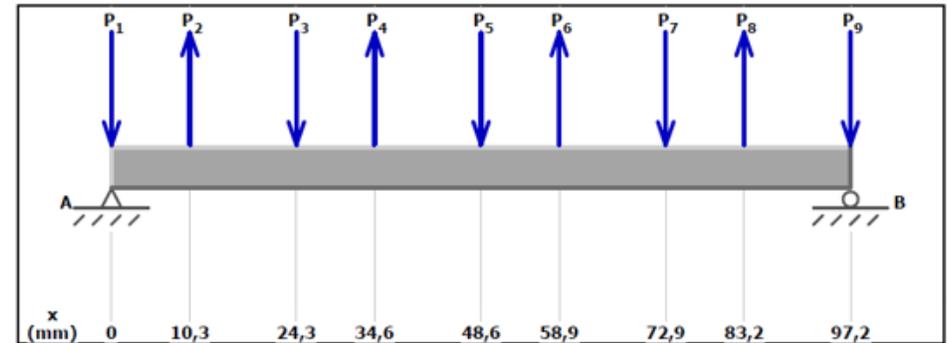
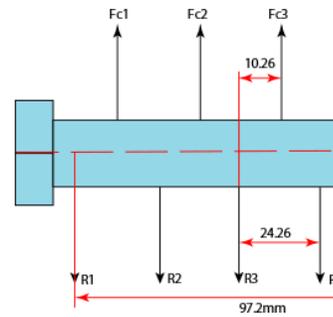
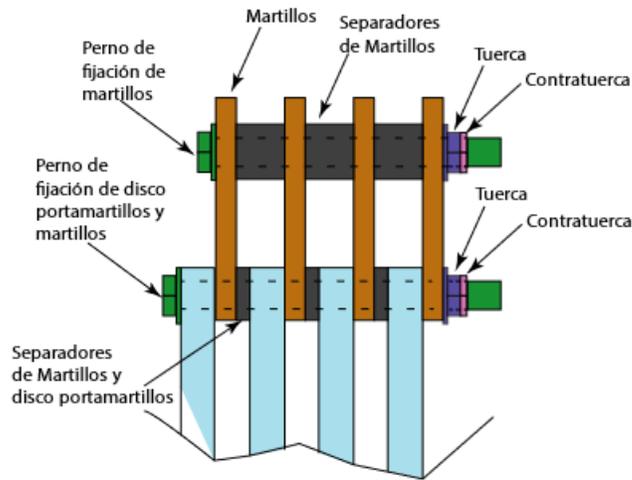
## Cálculos del perno de sujeción para el disco porta martillos y los martillos.

Para alinear y que sirva de sujeción entre el disco porta martillos y el martillo se utiliza un perno galvanizado M20 y una longitud de 97 mm comercialmente tendremos que cortarlo para que se acople con la medida y garantice la sujeción se utilizara una tuerca y una contra tuerca 8 mm respectivamente

Diagrama de momento flexiónate del perno

Figura 36

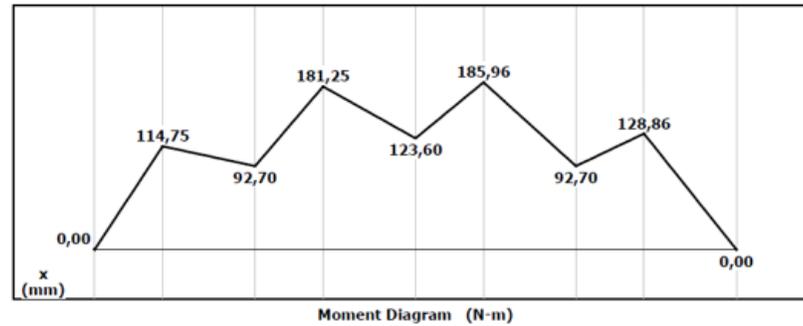
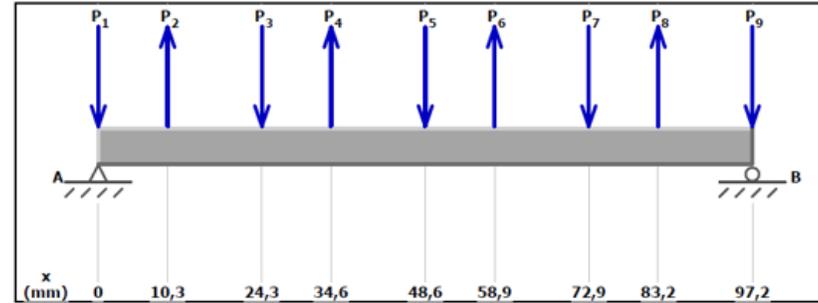
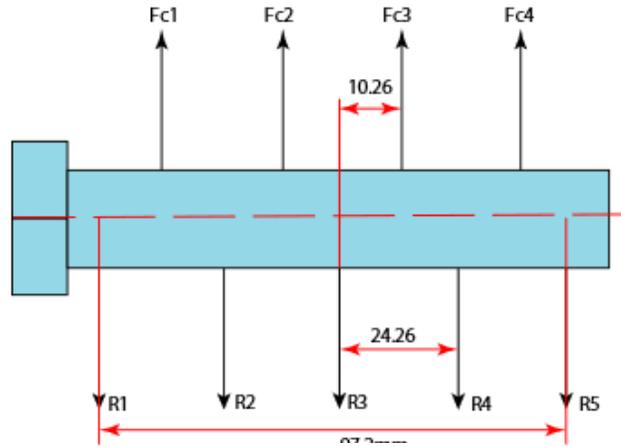
Esquema de posición del perno y las fuerzas que actúan en el para el análisis



# Metodología Propuesta

## Cálculos del perno de sujeción para el disco porta martillos y los martillos.

Diagrama de momento flexionate del perno



Para asegura la vida útil del perno recurrimos al cálculo del factor de seguridad para este parámetro es:

$$N_{perno} = \frac{S_y}{\sigma_d}$$

$$N_{perno} = \frac{235 \text{ MPa}}{236.77 \text{ MPa}}$$

$$N = 2.3$$

### Ecuación de Navier

$$\sigma = \frac{M_{perno} \cdot c}{I_{perno}}$$

Donde,

c: Distancia,

I<sub>perno</sub>: Momento inercial del perno,

M<sub>perno</sub>: Momento flexionaste del perno = 185.96 Nm.

$$\sigma_{perno} = \frac{185.96 \text{ Nm}(32\text{m})}{\frac{0.02\text{m}(3.141516)}{1000000}}$$

$$\sigma_{perno} = 236.77 \text{ MPa}$$

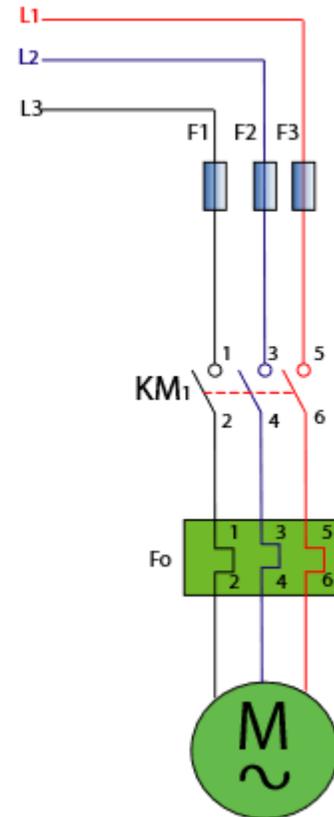
Shear Diagram (N)

# Metodología Propuesta

## Circuito de potencia

Este consta de fusibles de protección de las fases (F1, F2, F3); un relé de protección (Fo) y el contactor (KM1)

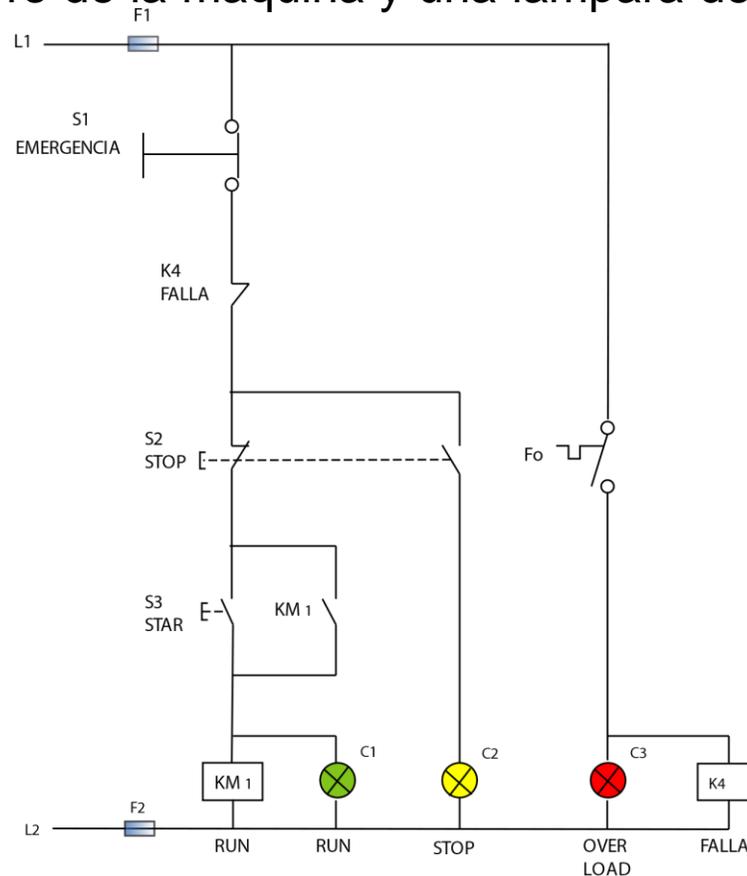
*Circuito de Potencia*



# Metodología Propuesta

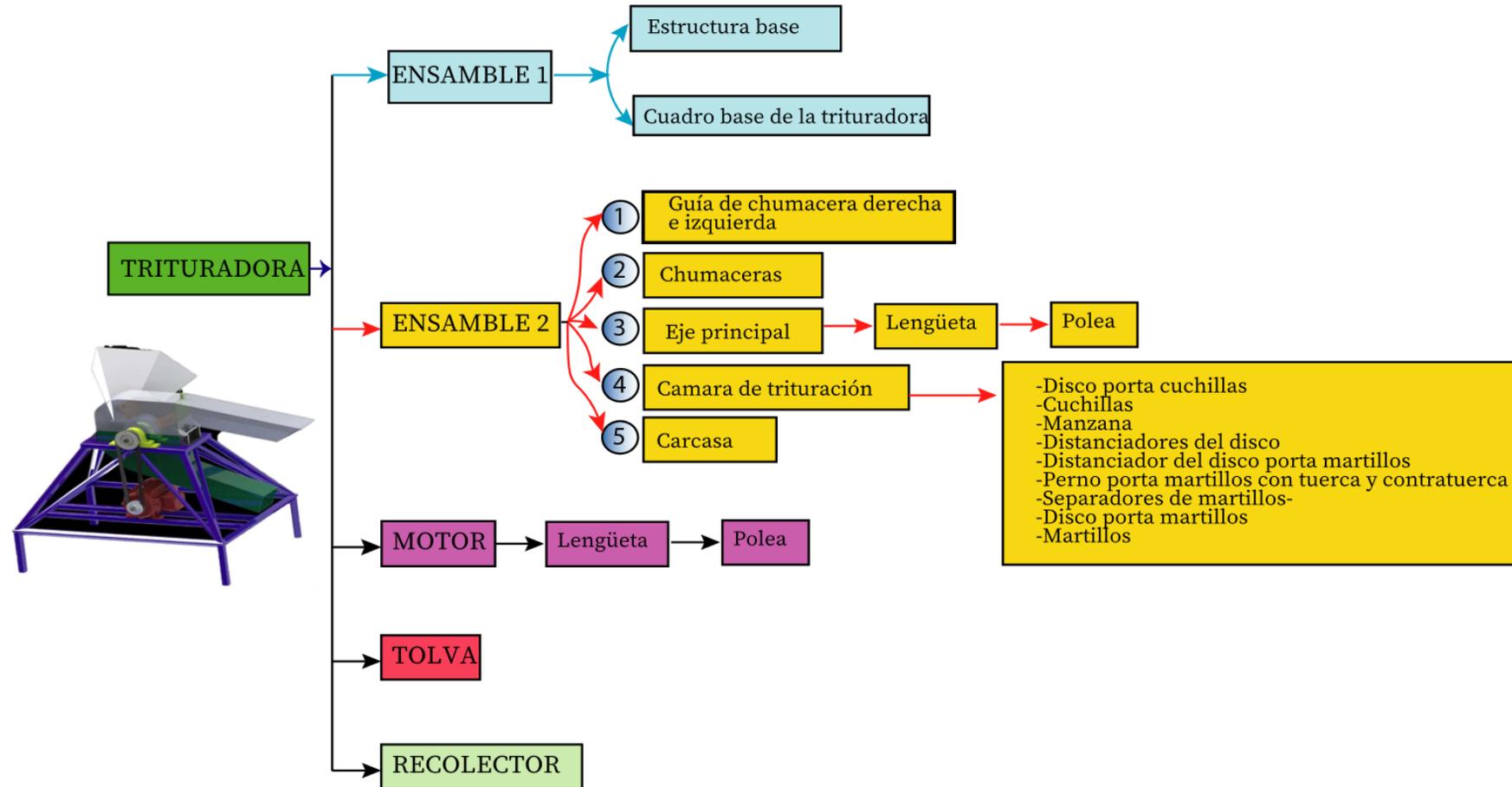
## Circuito de control.

El circuito está compuesto por un botón de encendido (S3), un paro de emergencia (S2), un paro general de la maquina (S1), consta de una lampara de color verde que indica que el motor está en funcionamiento, una lampara roja que indica el pro de la maquina y una lampara de color tomate la cual indica que hay una sobreintensidad



# Metodología Propuesta

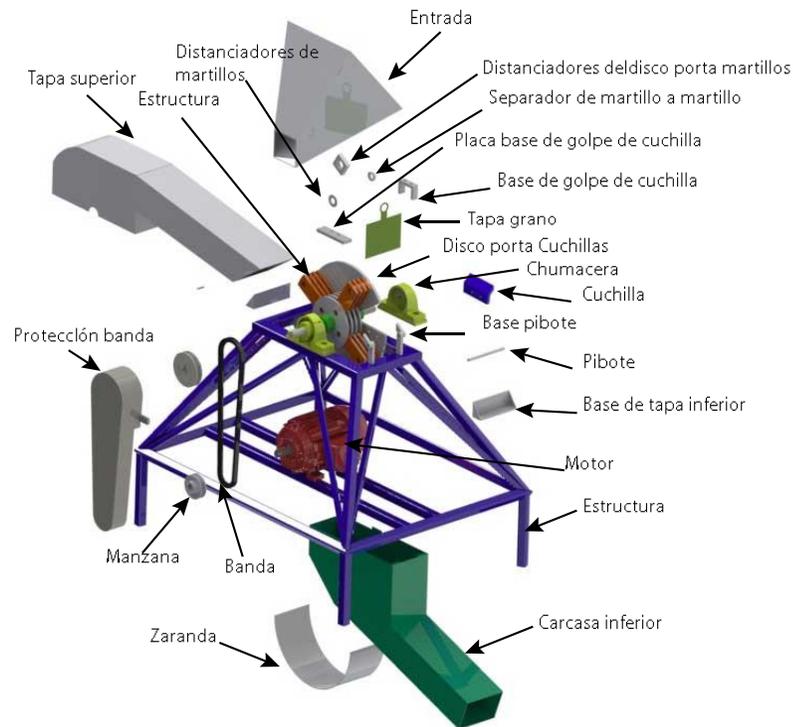
## Fabricación de la trituradora de raíces de tomate



# Metodología Propuesta

## Montaje Manual

Se utiliza un montaje manual para simplificar el número de piezas, reducir la cantidad de movimientos de elementos para que su instalación y fijación sea simple, por lo que también se ajusta a la máquina trituradora según los principios de simetría y asimetría de piezas ajustables, para evitar la obstrucción o el atascamiento de piezas durante el almacenamiento y evite que las piezas sean excesivamente pequeñas o muy grandes para que no ocasionen dificultad al ensamblar



Colocar las chumaceras  
Con pernos de fijación

Colocar los elementos  
de la cámara de  
trituration sobre el eje

Montar con solda la bases  
de la carcasa junto con los  
elementos de la cámara  
de trituration

Colocar con solda las  
tolva de entrada

Montar el motor y fijar  
con pernos a la  
estructura base

Montar las poleas tanto del  
eje principal como del motor  
con ayuda de una lengüeta

Colocar la banda de transmisión  
y la tapa protectora de la banda

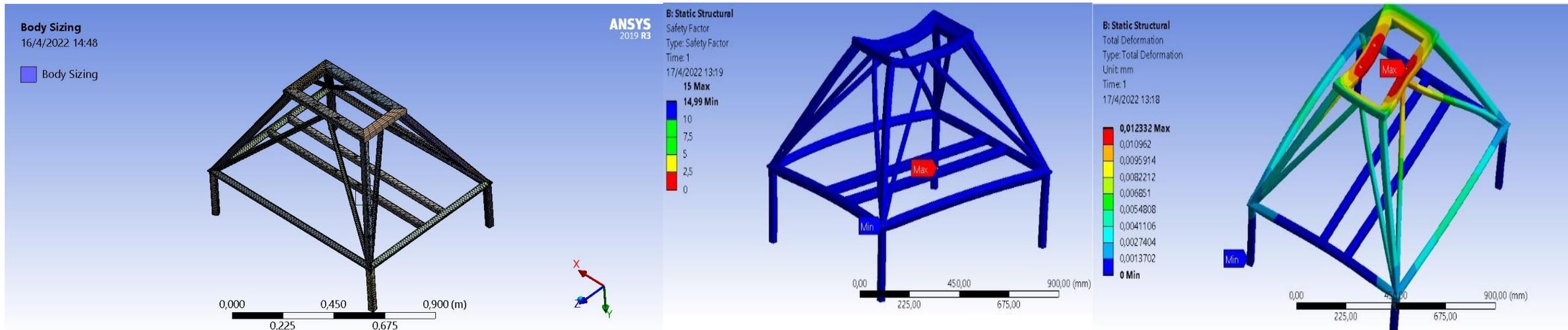
# AGENDA



# Metodología Propuesta

## Análisis por el método de elementos finitos de la estructura de la trituradora

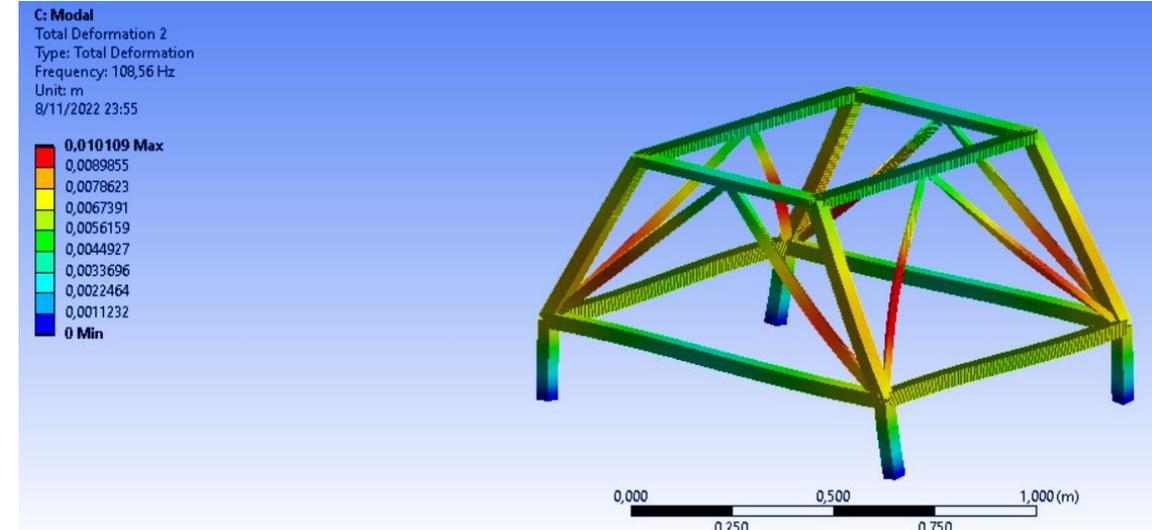
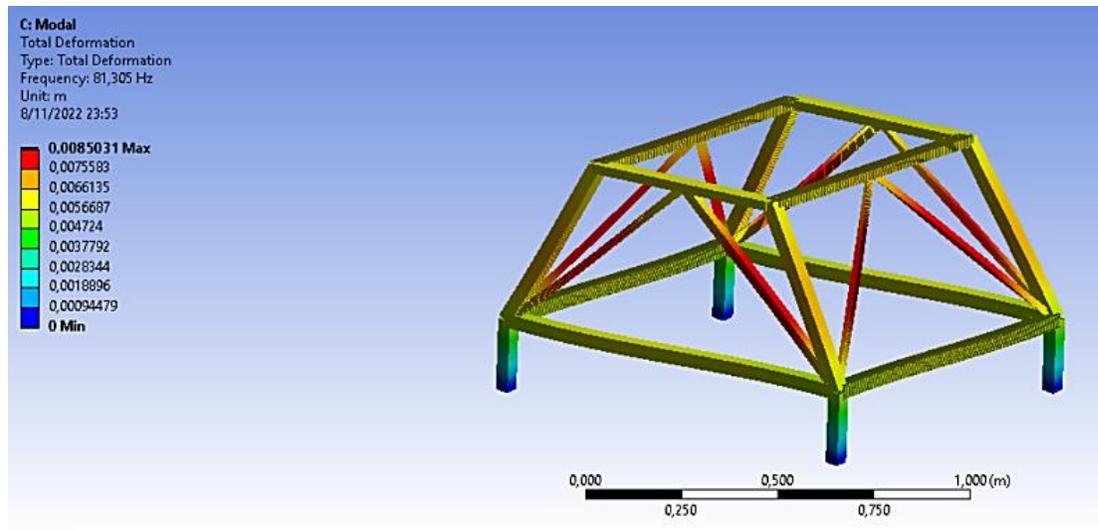
Se visualiza el resultado de la chapa metálica de la tolva AISI 304 que alcanza un esfuerzo máximo de 27.16 MPa comparando con el límite de fatiga de 206 MPa del material.



# Metodología Propuesta

## Análisis dinámico para determinar vibraciones que se producen en la estructura.

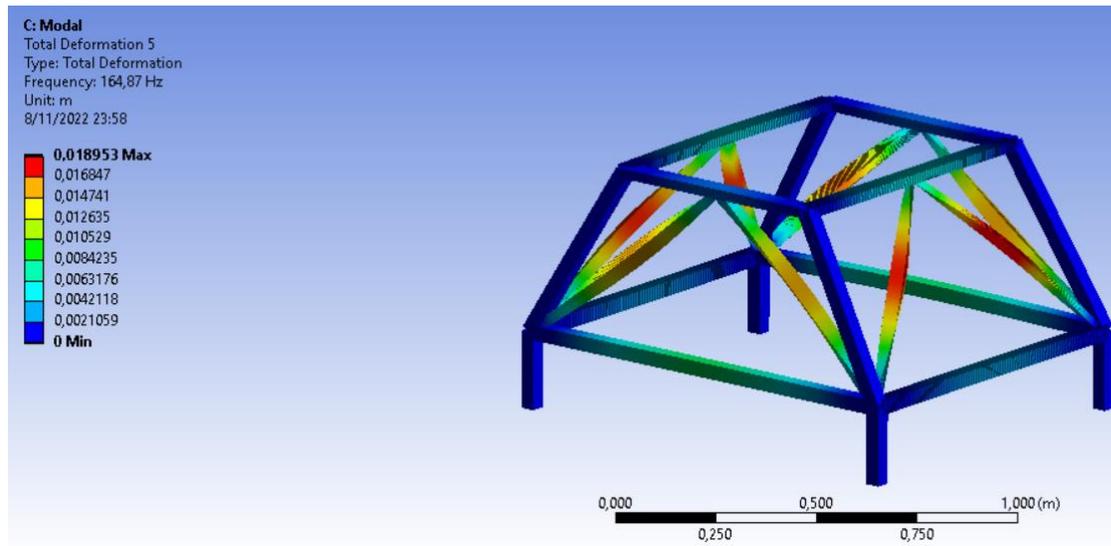
Este análisis dinámico se lo realizo en el software ANSYS bajo la petición del usuario de que la maquina no sea muy ruidosa una de las principales condiciones para el ruido excesivo son las excesivas vibraciones que se producen tanto del motor de la maquina como los componentes que conforman la cámara de trituración, esta consta con pronos guías de los martillos los cuales evitan que la maquina tenga excesivas vibraciones. El análisis se lo realizo con 6 modos de vibración a diferentes frecuencias se observó las distintas deformaciones producidas a lo largo de la estructura de soporte.



# Resultados

## Sexto nodo de vibracional una frecuencia de 164.68Hz

En conclusión, como podemos observar las vigas interiores diagonales a 60 grados cumplen con el trabajo de disminuir casi en su totalidad las vibraciones en la Figura 53 tenemos de color azul y con una deformación máxima de 0.00221 m en toda la estructura principal de soporte

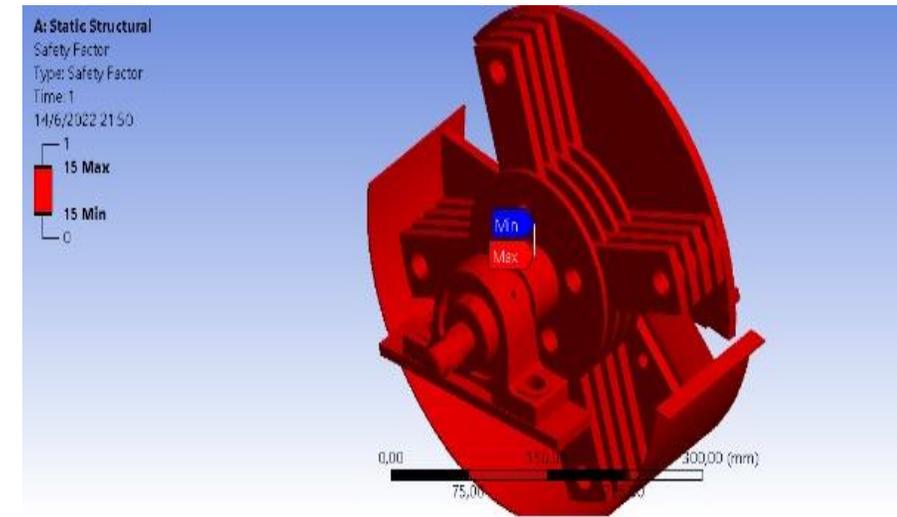
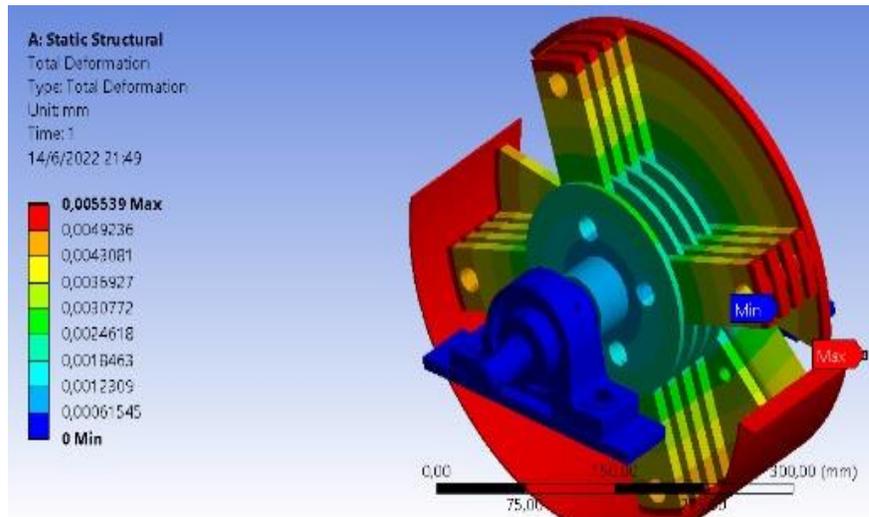
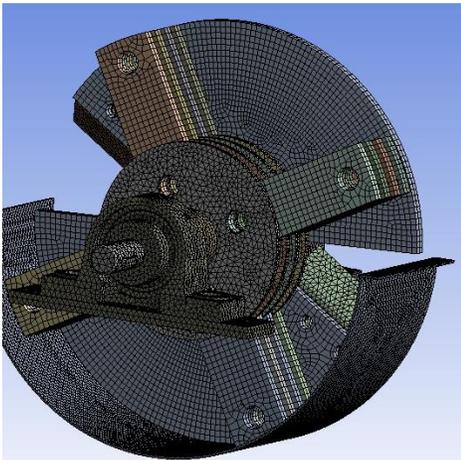


# Metodología Propuesta

## Análisis por el método de elementos finitos de la cámara de trituración

obtenemos un factor de seguridad máximo de 15 y una deformación máxima de 0.005539 esta deformación tan pequeña y el factor de seguridad alto se debe a las propiedades mecánicas del material AISI 304 que para garantizar que la maquina se oxide se debe utilizar este material

se visualiza la cámara de trituración que alcanza un esfuerzo máximo de 3.0966 MPa comparando con el límite de fatiga de 206 MPa del material. Esto corrobora que no abra problemas en soportar las cargas que representan la cámara de trituración.

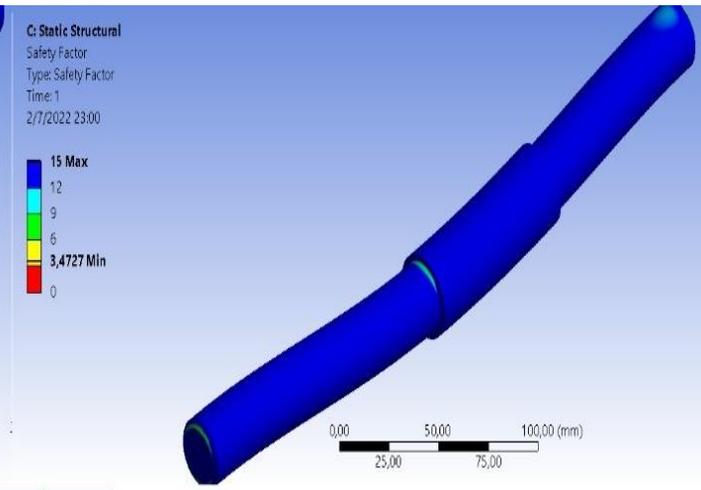
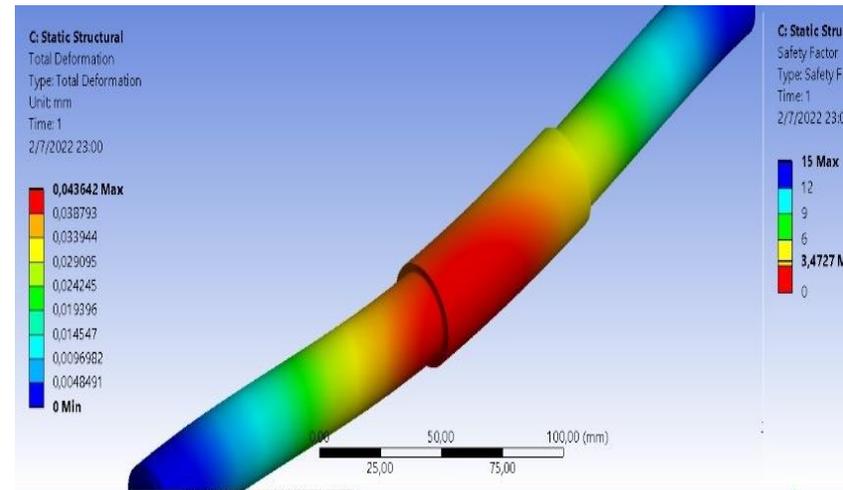
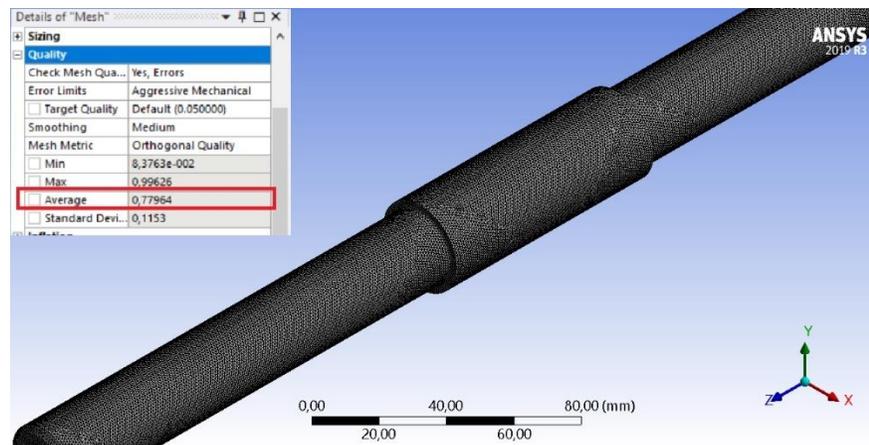


# Resultados

## Análisis por el método de elementos finitos del eje principal

Se aplico una fuerza resultante de 196,08 N que equivalente a los elementos montados sobre el eje mismo que esta echo de material AISI 304 con un límite de cadencia de 206 MPa.

En la Figura 45 obtenemos un factor de seguridad máximo de 15 y una deformación máxima de 0.04346 en el centro del eje que es la región donde el eje sufrirá el máximo esfuerzo generado por las cargas, entonces concluimos que el eje no tendrá fallas estructurales durante sus ciclos de trabajo.



# AGENDA



# Conclusiones

- ❑ Se determinó que para lograr un diseño conceptual ordenado y consecuente, se aplica un proceso sistemático el cual permite obtener datos y variables confiables con ayuda de simulaciones estructurales, montaje manual y fabricación que contribuyan con la culminación exitosa del proyecto.
- ❑ Los parámetros utilizados con el objetivo de diseñar una máquina trituradora de raíces de plantas de tomate con una capacidad de 150 kg por hora y un tamaño óptimo de viruta de entre 2 a 5 mm, para posteriormente elaborar compostaje para los cultivos de tomate de la zona de Salache que son beneficiarios de la fundación AYLLU APU FAA.
- ❑ Se encontró que la ingeniería concurrente junto con la metodología desing thinking vincula los requerimientos del cliente y los parámetros que puede aportar el profesional en el área de diseño con énfasis en que la máquina cumpla la función de trituración de raíces de tomate para su posterior elaboración de compostaje, es importante señalar que deben proporcionar virutas de un tamaño adecuado para hacer compost apto para los cultivos de tomates.

# Conclusiones

- ❑ Se logró con éxito el objetivo planteado en la tesis, que era diseñar una máquina que triturara de raíces de tomate la cual necesita una fuerza de ruptura de 64.13 N para realizar la tarea designada según los cálculos realizados, bajo el modelo de desing thinking el cual es proponer innovación al producto se modificó un poco la carcasa para poder moler muchos más productos como morocho para consumo de aves , maíz y cebada para el consumo humano ya que tiene una fuerzas de ruptura menor a la que proporciona la trituradora, la selecciono minuciosamente de los materiales de construcción de la maquina como lo es el acero inoxidable nos asegura que no abra tanto corrosión como contaminación alimentaria por oxido de las piezas de la cámara de trituración.
- ❑ Se diseñó la cámara de trituración en software CAD (Diseño asistido por computadora) y se comprobó los resultados del diseño con el uso de softwares CAE (Ingeniería asistida por computadora) con el fin de evitar la construcción de la maquina física, como resultados del análisis realizado se obtuvo los siguientes valores deformación total de 0.005539 mm, un esfuerzo principal de Von Mises de 3.0966 MPa y un factor de seguridad de 15.

# Conclusiones

- ❑ se obtuvo los diagramas hombre maquina a través de la hojas de procesos y diagramas de flujo los mismos que indican la cantidad de material y los tiempos de zona muerta que se generan las distancias entre áreas de producción .entonces el tiempo de fabricación del eje principal es de 112 minutos, el separador del eje y carcasa tiene un tiempo de fabricación de 100 minutos, la cuchilla se la puede fabricar en 112 minutos el disco porta martillos nos toma unos 112 minutos fabricarlo, y que la tasa de utilización optima se establece en un 75% , es necesario tomar en cuenta que tanto la máquina como el operador cumplen sus 8 horas de trabajo en un día laboral lo cual limitaría la producción a gran escala de las piezas de la máquina trituradora.
- ❑ El montaje para la manipulación de componentes , unión y ajuste de las piezas será de forma manual para garantizar que la trituradora tenga un funcionamiento óptimo durante sus jornadas de trabajo, los tiempos de manipulación ya sea con las manos o con ayuda de útiles se los determino con los efectos de simetría  $\alpha$  y  $\beta$ , por lo tanto tenemos que la eficiencia de montaje de la maquina es de un 63.4 % el factor de complejidad de 40.5% (este factor es gracias a la facilidad de ensamble de los elementos que forma la trituradora) y un número de piezas igual a 148.

# Recomendaciones

- ❑ Se recomienda que la construcción de la máquina trituradora se la realice según especificaciones de los planos y procedimientos de montaje manual.
- ❑ Se recomienda realizar diferentes mallados en el software Ansys sobre los objetos según lineamientos de ingeniería para reducir el consumo de recursos de cómputo, pero obtener resultados correctos y evitar errores de convergencia al exceder la resolución del modelo matemático.
- ❑ Se aconseja que la estructura de soporte de la trituradora sea pintada con pintura anticorrosiva para evitar el deterioro y garantizar que no contamine los productos que serán molidos y cause efectos secundarios nocivos en los consumidores.
- ❑ se recomienda implementar tanto mantenimientos preventivos como correctivos para extender la vida útil de la trituradora de raíces de plantas de tomate.

# Referencias

- ❑ AGUIRRE, J. D. C. (2020). DISEÑO DE UNA MÁQUINA TRITURADORA PARA PLÁSTICO PET. FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMERICA, 1, 110.
- ❑ Alvarez Rodriguez, B. (2006). Análisis de la influencia de los modelos de distribución de tamaño de partículas en la determinación de consumos energeticos en molienda mediante el método Bond. Psicothema, 18(1997), 342–347. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17295951>
- ❑ Andrade, D. M. (2021). Implementación de la Ingeniería Concurrente para el Diseño de un Sistema de Ensayo a Carga de Impacto IK en Luminarias de Alumbrado Público de Acuerdo a la Norma IEC 60068-2-75 para el Instituto de Investigación Geológico y Energético del Ecuador. In Angewandte Chemie International Edition, 6(11), 951–952.
- ❑ BALLESTEROS, M, G. P. R. (2015). Desarrollo De Un Producto Derivado Del Tomate Y Su Proceso De Transformación En La Finca Productora “El Regalito” De Fómeque, Cundinamarca. 49(23–6).
- ❑ BERMEO, D. (2014). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MOLINO DE MARTILLOS TRITURADOR DE GRANOS PARA GRANJAS AVÍCOLAS.
- ❑ Bernales, H. P. (2015). Metodología dfma de rediseño del conjunto estructural electrosoldado de una máquina. 1–140.
- ❑ Boothroyd, G., Dewhurst, P., & Knight, W. A. (2010). Product Design for Manufacture and Assembly. In Product Design for Manufacture and Assembly. <https://doi.org/10.1201/9781420089288>
- ❑ BRENNAN, J. G., BUTTERS, J. ., COWELL, N. ., & LILLEY, A. E. . (1998). Las operaciones de la ingeniería de los alimentos - Editorial Acribia, S.A. (Vol. 1). [https://www.editorialacribia.com/libro/las-operaciones-de-la-ingenieria-de-los-alimentos\\_54043/](https://www.editorialacribia.com/libro/las-operaciones-de-la-ingenieria-de-los-alimentos_54043/)

