

Máquina lavadora, peladora y cortadora de papa



Diseño y construcción de un prototipo de máquina lavadora, peladora y cortadora de papa para el municipio de Iles – Nariño.

Danny Alexander Pantoja Guacales

PROHIBIDA SU COPIA

Corporación Universitaria Autónoma de Nariño

Facultad de Ingeniería

Programa de ingeniería mecánica

San Juan de Pasto

2023

Máquina lavadora, peladora y cortadora de papa



Diseño y construcción de un prototipo de máquina lavadora, peladora y cortadora de papa para el municipio de Iles – Nariño.

Danny Alexander Pantoja Guacales

Trabajo de grado para optar por el título de ingeniero mecánico

Asesor: Juan Guillermo Chinchajoa

Ing. Mecánico

Corporación Universitaria Autónoma de Nariño

Facultad de Ingeniería

Programa de ingeniería mecánica

San Juan de Pasto

2023

**Tabla de contenido**

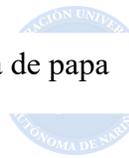
Introducción	10
1. Título	12
2. Descripción del Problema	12
2.1 Formulación del Problema	13
2.2 Justificación	13
3. Objetivos	14
3.1 Objetivo General	14
3.2 objetivos específicos	14
4. Marco referencial.....	14
4.1 Marco contextual	14
4.2 Marco Teórico.....	15
4.2.1 Elementos básicos que conforman el prototipo de maquina lavadora, peladora y cortadora de papa.	18
4.3 Conceptos de Diseño.....	20
4.4 Marco legal	24
4.5 Tecnologías Existentes.....	26
5. Diseño de aspectos metodológicos	28
5.1 Línea de Investigación	28
5.2 Enfoque	29
5.3 Tipo de Investigación.....	29

Máquina lavadora, peladora y cortadora de papa

5.4 Método	29
5.5 Variables	30
5.5.1 Independientes.	30
5.5.2 Dependientes.....	30
5.6 Determinación del universo investigativo.	30
5.6.1 Determinación de la población.	30
5.6.2 Determinación de la muestra.	30
5.6.3 Herramientas de recolección de información.	31
6. Elementos de administración y control.....	31
6.1 Recursos físicos	31
6.2 Recursos tecnológicos.....	32
6.3 Recursos humanos	32
6.4 Talento humano	32
6.5 Presupuesto.....	32
Motor Trifásico 3/4 Hp.....	33
7. Cronograma de actividades	33
8. Requerimientos de Diseño.....	35
8.1. Necesidades interpretadas de los usuarios	35
8.2 Criterios de Evaluación.....	36
8.3 Especificaciones de Desempeño	38

Máquina lavadora, peladora y cortadora de papa

8.4 Análisis de Alternativas	38
8.5 Diseño Detallado.....	41
9. cálculos.....	42
9.1 Diseño del contenedor.....	42
9.1.2 altura del contenedor para el prototipo, para este punto se establece dos métodos, estadístico y simulado.	43
9.1.3 Espesor pared del contenedor para el prototipo.....	46
9.2 Concentradores de esfuerzo (K).....	52
9.3 Potencia de giro peladora.....	54
9.3.1 Fuerza máxima de pelado (experimental)	54
9.3.2 Par requerido para pelado de papas	55
9.3.3 Potencia requerida para girar el plato de pelado.....	56
10.1.3 Potencia de giro cortadora	56
9.4 Fuerza máxima de corte y velocidad de giro	56
9.4.1 Velocidad máxima de giro cortadora.....	57
9.4.2 Velocidad mínima de corte.....	58
9.5 Par requerido para corte de papas	59
9.5.1 Potencia consumida por la cortadora.....	60
9.6 Relación de transmisión.....	60
9.6.1 Relación de velocidades entre motor y eje conducido	60



Máquina lavadora, peladora y cortadora de papa

9.7 Transmisión de potencia	61
14.1 Transmisión potencia eje motor – eje peladora	61
9.7.1 Transmisión potencia eje motor – eje cortadora	61
9.7.2 Par en el eje del motor	62
9.8 Potencia del motor	62
9.9 Diámetro de ejes	63
9.10 Análisis estructural.....	67
10. Análisis y Resultados	70
10.1 construcción	70
10.2 Funcionamiento Detallado.....	72
10.3 Costo energético.....	73
10.4 Eficiencia del prototipo.....	73
10.5 Ensayo de tiempos de pelado manual vs mecánico	74
10.6 Rapidez de corte manual vs mecánico	75
11. Resultados de Producto Final.....	76
12. Conclusiones y Recomendaciones.....	77
12.1. Conclusiones	77
12.2. Recomendaciones	78
12. Anexos.....	79
13. Referencias	80

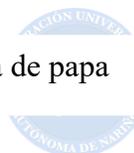


Índice de figuras

Figura 1. Rodamientos de Bolas Axiales.....	18
Figura 2. Rodamiento de Bolas Radial.....	19
Figura 3. Máquina Picadora industrial.....	28
Figura 4. Modelo CAD del Prototipo.....	42
Figura 5. Dimensiones del tubérculo.....	42
Figura 6. Cantidad de tubérculos.....	45
Figura 7. Espacio Ocupado por el Tubérculo.....	45
Figura 8. Esfuerzo del Contenedor.....	46
Figura 9. Fuerzas Presentes en el Contenedor.....	47
Figura 10. Caso Critico.....	48
Figura 11. Malla perforada para pelado.....	49
Figura 12. Área critica.....	50
Figura 13. Curvatura.....	50
Figura 14. Área perpendicular.....	51
Figura 15. Valor del área critica.....	51
Figura 16. Tabla de concentradores de esfuerzo.....	53
Figura 17. Ancho del área.....	53
Figura 18. Propiedades mecánicas del acero.....	54
Figura 19. Velocidad angular.....	55
Figura 20. Cámara de la cortadora.....	57
Figura 21. Componentes de la cortadora.....	58
Figura 22. Fuerzas.....	59

Máquina lavadora, peladora y cortadora de papa

Figura 23. Factores de diseño	62
Figura 24. Análisis del eje	63
Figura 25. cuñeros.....	64
Figura 26: Diagrama de momento flector.....	64
Figura 27. Resistencia a la fatiga	65
Figura 28. Factor de tamaño	66
Figura 29: propiedades del acero	66
Figura 30: esfuerzo máximo y mínimo.....	67
Figura 31: características obtenidas	68
Figura 32: momento y esfuerzo	68
Figura 33: esfuerzo normal máximo	69
Figura 34: contenedor, y disco.....	70
Figura 35: contenedor	70
Figura 36: cortadora.....	71
Figura 37: instalación de motor	71
Figura 38: contenedor y malla	72
Figura 39: prototipo de maquina.....	72
Figura 40: resultado del tubérculo lavado y pelado.....	75
Figura 41: Hojuelas(rodaja) de papa.....	76



Índice de tablas

Tabla 1. Indicadores del Cultivo de Papa en Nariño	16
Tabla 2. Variedad de la Papa.	17
Tabla 3. Clasificación Peso-Diámetro de la Papa	20
Tabla 4. Máquinas peladoras industriales	26
Tabla 5. Presupuesto	32
Tabla 6. Cronograma	33
Tabla 7. Necesidades Interpretadas de los Usuarios.....	35
Tabla 8. Parámetros	36
Tabla 9. Aplicación de Parámetros	37
Tabla 10. Matriz Morfológica.....	38
Tabla 11. Propiedades del tubérculo.....	43
Tabla 12. Coeficientes de fricción para tubérculos.....	55
Tabla 13. Ensayo de pelado en contenedor con rallador, con agujeros de ¼ de pulgada. 73	
Tabla 14. Ensayo de pelado manual.	74
Tabla 15: Ensayo de tiempos de pelado.....	74
Tabla 16. Tiempo de corte.	75
Tabla 17. análisis de prueba 1.....	76



Introducción

La papa (*Solanum tuberosum*) es un tubérculo comestible originario de Suramérica y cultivada alrededor de todo el mundo, se produce en climas fríos y templados. Es un alimento adecuado para cualquier persona y edad debido a su gran cantidad de carbohidratos, vitamina C, tiene poca grasa y abundantes micronutrientes. Una papa media, de 150 gramos aporta casi la mitad de las necesidades diarias de un adulto. (CIP centro internacional de la papa, 2019)

Actualmente es uno de los principales alimentos para el consumo humano, presentándose en diferentes formas: para consumo en los hogares tienen varias modalidades de preparación, como cocidas al horno, hervidas o fritas realizando diferentes recetas; en la producción industrial también encuentran diferentes formas de consumo como son, las papas fritas a la francesa, producto muy común en los restaurantes y comidas rápidas de todo el mundo; además se encuentran en el mercado industrial las hojuelas crocantes de papa o también conocidas como papa frita tipo chip, elaboradas con delgadas hojuelas fritas en abundante aceite y se presentan en variedad de sabores.

La papa producida en el municipio de Iles es reconocida en el mercado por su gran calidad, ya que cuenta con variedad de pisos térmicos y tierras fértiles que ayudan a generar un gran rendimiento en la producción del tubérculo, debido a esto la mayoría de los habitantes de esta zona se dedican al cultivo de este producto, ocasionando así que la economía de este sector sea muy dependiente de dicho trabajo, teniendo en cuenta que por medio de esta actividad las personas generan ingresos y el factor más importante en el momento de su venta es el precio, se observa que este no es estable para los paperos, donde la mayoría de veces los comerciantes compran este producto a un precio relativamente bajo, ocasionando así grandes pérdidas para los productores, por tanto, se observa la necesidad de mecanizar un proceso de lavado, pelado y

Máquina lavadora, peladora y cortadora de papa

corte de papa, mediante la cual se mejore el factor de venta y comercio. De esta manera se puede contrarrestar las pérdidas, para que los agricultores sean independientes y a la vez puedan competir en el mercado local comercializando con sus productos a un precio rentable.

La construcción del prototipo se logra mediante la revisión de los requerimientos de aspectos funcionales, partiendo de la problemática del agricultor y de la zona, además de incluir los manuales de operación.

PROHIBIDA SU COPIA

Máquina lavadora, peladora y cortadora de papa

1. Título

Diseño y construcción de un prototipo de máquina lavadora, peladora y cortadora de papa para el municipio de Iles – Nariño.

2. Descripción del Problema

Teniendo en cuenta que el municipio de Iles es un gran productor de papa y su economía es muy dependiente del mismo producto, se hizo una investigación en este municipio y en la actualidad no se evidencia un sistema tecnificado de lavado de este alimento, es por esta razón que los agricultores de esta zona tienen que realizar actividades de postcosecha como lo es la clasificación y lavado de forma manual, invirtiendo tiempo y personal, ocasionando al agricultor pérdidas. Debido a esta problemática el agricultor no puede vender directamente su producto a centros de comercio y consumo teniendo que valerse de terceros para que ellos realicen dicho proceso y le den un valor agregado al producto, de esta manera al agricultor se le presentan pérdidas en las ganancias aspiradas al no tener un proceso tecnificado para lograr realizar dichas labores de manera económica y rentable. (Centro Administrativo Municipal , 2019)

Otra problemática para los agricultores locales, es la competencia del producto con otros centros de comercio o productos importados, cuya comercialización genera la reducción del precio de la papa en esta zona y asimismo el cambio de preferencia a la hora de consumir, una opción para hacerle frente a este efecto es el mejoramiento e invención de un sistema para la producción desde la materia prima hasta el consumo.

Es por eso que con el presente proyecto se busca mejorar la cadena productiva de papa en este sector, haciendo énfasis en el punto que, al implementar esta máquina en Iles, se lograra mejorar y estabilizar el precio del producto, buscando que los derivados de la materia prima se

Máquina lavadora, peladora y cortadora de papa

puedan comercializar directamente desde el mismo sector. Obteniendo, así como resultado una mejor economía para el sector respecto al cultivo de papa.

2.1 Formulación del Problema

¿Cómo mejorar la cadena productiva de papa mediante el diseño y construcción de un prototipo de máquina peladora y cortadora en el municipio de Iles – Nariño?

2.2 Justificación

Teniendo en cuenta el impacto de la cadena de producción de papa y haciendo referencia al contexto socioeconómico de Colombia, es necesario dar apertura a procesos de modernización y tecnificación agrícola. La cadena de producción y comercio de papa se ha identificado con una serie de limitantes en la competitividad, entre ellos uno de los que más afectan las ganancias del productor se destaca:

Un sistema de comercialización tradicional caracterizado por una larga e ineficiente cadena de intermediación, donde intervienen varios agentes que dejan como resultado bajos o escasos niveles de agregación de valor al producto, que no representan ganancias si no pérdidas para el productor

El desarrollo de la presente investigación se enfoca en diseñar y construir un prototipo de máquina para lavar, pelar y cortar papa, la cual se crea principalmente con el fin de tener la capacidad para desarrollar la función de cortar la papa en hojuelas y asimismo lograr tecnificar las labores de post-cosecha, de esta manera se busca implementar un mejor comercio en el sector, disminuyendo la participación de terceros comerciantes que afectan las ganancias del productor, dado que estos revenden el producto con un nuevo valor agregado y de esta manera dar inicio a un mercado para proveer a otros sectores consumidores, mejorando la economía de la región en varios aspectos, es por ello que con dicha investigación se busca dar un valor agregado

Máquina lavadora, peladora y cortadora de papa

al producto, puesto que el proceso de lavado, pelado y cortado ayudara a dar un grado de competitividad ante el productor y demás comerciantes que derivan este producto en otros sitios comerciales de consumo.

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

Diseñar y construir un prototipo de máquina para lavar, pelar y cortar papa en el municipio de Iles – Nariño.

3.2 objetivos específicos

- Recolectar información acerca de prototipos de máquinas similares, que aporten información técnica y teórica.
- Implementar en el prototipo de maquina un sistema de pelado.
- Fabricar un prototipo de máquina que sea capaz de realizar el corte de papa en hojuelas.
- Elaborar un manual de mantenimiento.

4. Marco referencial

4.1 Marco contextual

Ubicación:

Iles es un pequeño municipio donde su economía depende de actividades agrícolas y de la ganadería, destacándose entre ellas el cultivo y producción de papa, ya que con la variedad de pisos térmicos de este municipio se logra producir papa de varias calidades, de igual manera es posible cultivar otros alimentos.

ILES, es una pequeña y próspera ciudad enclavada sobre una cúspide de los Andes del Departamento de Nariño, a una altura de 3000 metros sobre el nivel del mar y tiene una

Máquina lavadora, peladora y cortadora de papa

temperatura promedio 12°. Sus habitantes, que en la actualidad pueden sumar 8.000, son en su gran mayoría de descendencia indígena y mestiza y de tradición agraria. El Municipio de Iles se localiza al suroccidente del Departamento de Nariño, a 65 Km. De la ciudad de San Juan de Pasto, a 29 Km de la Ciudad de Ipiales, a 867 Km de la ciudad de Cali y a 1.071 Km de Bogotá. Por el Norte limita con el municipio de Imues, por el Sur con los Municipios de Gualmatán, Contadero y Pupiales, al Occidente limita con los Municipios de Ospina y Sapuyes y por el Oriente con el Municipio de Funes. (web, 2020, párrafo primero)

En el municipio se cultiva: papa, trigo, maíz, cebada, ocas, y frutales (cítricos). Por las condiciones de clima y suelo que presentan las micro regiones, se destacan en importancia económica los cultivos transitorios de papa, trigo, arveja, frijol arbustivo y el maíz como cultivo anual. (VALVERDE, 2015)

4.2 Marco Teórico

La papa (*Solanum tuberosum*) pertenece a la familia de las solanáceas de plantas con flores. Fue domesticada por primera vez en las montañas de los Andes de Sudamérica, es el tercer cultivo alimenticio más importante del mundo en términos de consumo humano después del arroz y del trigo, es decir, aproximadamente 1.4 mil millones de personas consumen papa regularmente y la producción total mundial del cultivo sobrepasa los 300 millones de toneladas métricas. (CIP centro internacional de la papa, 2019)

Existen más de 4,000 variedades de papas nativas que en su mayoría se encuentran en los Andes, tienen diferentes tamaños, colores y formas. Las papas se pueden sembrar desde el nivel del mar hasta los 4700 metros de altitud; desde el sur de Chile hasta Groenlandia.

Máquina lavadora, peladora y cortadora de papa

Una hectárea de papa puede producir de dos a cuatro veces la cantidad de alimentos de los cultivos de cereales. Las papas producen más alimento por unidad de agua que ningún otro cultivo importante y son hasta siete veces más eficientes en el aprovechamiento del agua que los cereales. Se producen en más de 100 países de todo el mundo. Desde inicios de los años 60, el crecimiento del área de producción ha superado rápidamente a todos los demás cultivos alimenticios en los países en desarrollo. Es un elemento fundamental en la seguridad alimentaria de millones de personas en Sudamérica, África y Asia, incluyendo Asia central. En los últimos cinco años, cerca del 60 por ciento de la producción global ha provenido de los países en desarrollo. (CIP centro internacional de la papa, 2019)

Actualmente, en el país colombiano el cultivo de la papa constituye el eje fundamental de la economía, donde existen 283 municipios a nivel nacional que cultivan este producto, involucrándose más de 90.000 familias principalmente en los departamentos de Boyacá, Cundinamarca, Antioquia y Nariño, los cuales concentran más del 85% de la producción (FINAGRO, 2021).

Tabla 1. *Indicadores del Cultivo de Papa en Nariño*

	2019	2020	Variación. (%)
Área (Ha)	24.906	24.200	-2,8%
Producción (Ton)	518.695	541.412	-6%
Rendimiento (Ton/Has)	23,24	22,37	-3,6%

Fuente: (Fedepapa, 2020)

Máquina lavadora, peladora y cortadora de papa

En el municipio de Iles – Nariño los cultivos de papa más relevantes son Capiro, Criolla, Superior, Única, Betina y Parda.

Tabla 2. Variedad de la Papa.

Variedad	Descripción
Capiro	Es ampliamente usada en la industria para la producción de bastones y hojuelas. La planta es altamente susceptible a la gota..
Criolla	Se caracteriza por su color amarillo y por demorar menos tiempo de producción, su tiempo de lavado es menor, y se utilizan en la industria con aptitud para el consumo de chips y harinas.
Superior	Tiene excelente calidad culinaria por ser versátil para diferentes platos, tiene un alto potencial de rendimiento en el cultivo, tiene mayor resistencia a enfermedades y se utiliza para la producción de bastones y hojuelas.
Única	Se emplea para la producción de papa en bastones. La planta es tolerante a la gota.
Betina	Tiene un color amarillo claro, muy alto rendimiento de producción, se desempeña mejor en climas fríos, tiene un menor tiempo de preparación, en la industria se la utiliza para la producción de hojuelas y bastones.

Máquina lavadora, peladora y cortadora de papa

Parda

Se caracteriza por tener un color entre rosado y crema, es uno de los tipos más consumidos por su textura harinosa que resulta más fácil para deshacerse y es perfecta para preparar en cremas y sopas.

Fuente: Esta investigación

4.2.1 Elementos básicos que conforman el prototipo de maquina lavadora, peladora y cortadora de papa.

Sistemas Transportadores

El objetivo principal de una banda transportadora es trasladar algún objeto de un lugar a otro, estas pueden comprender en el mismo nivel, así como ascendentes y descendentes todo depende de los objetos que se desean transportar dadas las condiciones muy diversas a las que pueden adaptarse las bandas, existen muchos tipos (Geicom, 2020).

Rodamientos:

Elementos mecánicos de dimensiones normalizadas, diseñados y construidos para soportar cargas radiales, axiales, o combinadas.

Rodamientos de bolas axiales:

Elementos diseñados para resistir cargas relativamente altas a velocidades medias en la misma dirección del eje. Son desmontables y existen en gran variedad. Su aplicación principal es en ejes verticales y están diseñados para soportar únicamente cargas axiales y no deben someterse a ninguna carga radial (SKF, 2021).

Figura 1. *Rodamientos de Bolas Axiales.*



Fuente: (SKF, 2021)

Rodamientos de bolas radiales

Elemento diseñado para resistir cargas de forma perpendicular al eje, para aplicaciones de alta velocidad se usan rodamientos cerámicos y en muchas ocasiones para aumentar su capacidad máxima, se aumentan el número de bolas (GGB, 2019).

Figura 2. *Rodamiento de Bolas Radial.*



Fuente: (INDUSTRIES, 2022)

Motor eléctrico de lavadora:

Diseñado para transformar energía eléctrica en energía mecánica, además este tipo de motor trabaja a bajas RPM, por lo que es el más adecuado para desempeñar el trabajo requerido.



4.3 Conceptos de Diseño

Según la clasificación mostrada en la tabla 3, los datos se denominan cuantitativamente para lograr determinar el peso y la medida del diámetro mayor de cada papa, para empezar a establecer el diseño del prototipo.

Tabla 3. Clasificación Peso-Diámetro de la Papa

Tamaño promedio	Peso (gr)	Diámetro mayor (mm)
Mediana	100 a 150	65 a 75

Fuente: Esta investigación

Ventajas del acero inoxidable son:

Resistencia a la corrosión

Resistencia a altas y bajas temperaturas

Resistencia mecánica

Estética

Propiedades higiénicas.

Soldadura de aceros inoxidables

Para la soldadura de aceros inoxidables es importante mantener el área a soldar libre de suciedad e impurezas, para evitar la entrada de partículas de carbón; es recomendable usar electrodos bajos en carbón, que contengan máximo 0,03%.

Procesos de pelado de papas:

Alternativa A: Pelado abrasivo

Máquina lavadora, peladora y cortadora de papa

Alternativa B: Pelado químico

Alternativa C: Pelado térmico

Alternativa D: Pelado con rallador

Alternativa A: Pelado abrasivo

Consiste en la remoción del tejido adherido al tubérculo el cual se encuentra directamente en contacto con el material abrasivo (silicio, carbono, etc.), el contacto con el material abrasivo, permite desprender la cáscara del producto con la ayuda de un aspergeo de agua para la limpieza de hollejo de la papa.

Ventajas:

- Tiempo reducido en el proceso.
- Bajo costo de operación.
- Remoción uniforme de la cáscara.
- Aprovechamiento del alimento

Desventajas:

- El tiempo debe ser exacto, caso contrario, provocará un desperdicio considerable de alimento.
- Elevado consumo de agua.
- La selección del tamaño del tubérculo debe ser uniforme, de lo contrario se obtendrá un pelado disparejo.

Alternativa B: pelado químico

El pelado químico es la inmersión de la papa en sosa cáustica (NaOH) en porcentajes finamente proporcionados (en base a la materia prima puede llegar a concentraciones del 15%), la acción de la sosa caustica sobre el tubérculo es desintegrar y desprender el tejido externo que

Máquina lavadora, peladora y cortadora de papa

se encuentra adherido, para posterior baño de agua donde se obtiene el total desprendimiento de la cáscara.

Ventajas:

- Muy versátil para el pelado de materia prima irregular.
- Se obtiene un aspecto atractivo del producto, liso y brillante.
- Enfocado a la calidad del producto, frente a los métodos mecánicos y convencionales de pelado de papa, el pelado químico permite un desprendimiento uniforme del tejido del tubérculo, de tal manera, se evita el desperdicio de alimento del producto.

Desventajas:

- La inmersión de los productos por sosa cáustica provoca un impacto ambiental significativo debido a que los productos vertidos tienen un pH elevado.
- Si no se controlan los tiempos, ni la concentración de (NaOH), se puede echar a perder el producto.
- Se requiere infraestructura especializada y costosa para su aplicación.

Alternativa C: pelado térmico:

Por medio de un corto tiempo de exposición al vapor (aproximadamente 15-30 segundos), se logra un resquebrajamiento del tejido de la papa sin ninguna alteración al alimento o almidón de la materia prima y por medio de chorros de agua se obtiene el total desprendimiento de la cascara.

Ventajas:

- Se pela materia prima con productos no tan homogéneos.
- Versatilidad cuando la cáscara no sea tan gruesa.

Máquina lavadora, peladora y cortadora de papa



Desventajas:

- Debe controlarse rigurosamente el tiempo de exposición con el vapor, caso contrario, el producto sufrirá daños por calentamiento.
- Se requiere personal especializado para su ejecución.
- Es necesario un lugar con alta tecnología para su desarrollo.

Alternativa D: Pelado con rallador.

Esta alternativa consiste en introducir la papa en un tanque que tiene doble pared. La pared interna está fabricada en acero inoxidable y tiene orificios cortantes, lo que permite que al rebotar las papas por la acción del giro del disco sean raspadas y se desprenda la cascara.

Ventajas:

- Menor tiempo en el proceso.
- Bajo costo de implementación.
- Mejor remoción de la cáscara.
- Aprovechamiento del alimento
- Mayor durabilidad

Desventajas:

- El tiempo debe ser exacto, caso contrario, provocará un consumo inadecuado del alimento.
- Lavar después de cada uso.
- La selección del tamaño del tubérculo debe ser uniforme, de lo contrario se obtendrá un pelado disparejo.

De los cuatro tipos de pelado mencionados anteriormente se opta por implementar el tipo de pelado por rallador, debido a la investigación realizada ya que resulta más adecuado por los

Máquina lavadora, peladora y cortadora de papa

resultados obtenidos y su funcionamiento, presentando grandes ventajas frente al producto sin afectarlo. (Patiño, 2016)

4.4 Marco legal

Artículo 13. estado de salud.

El personal manipulador de alimentos debe haber pasado por un reconocimiento médico antes de desempeñar esta función. Así mismo, debe efectuarse un reconocimiento médico cada vez que se considere necesario por razones clínicas y epidemiológicas, especialmente después de una ausencia del trabajo motivada por una infección que pudiera dejar secuelas capaces de provocar contaminación de los alimentos que se manipulen. La dirección de la empresa tomará las medidas correspondientes para que al personal manipulador de alimentos se le practique un reconocimiento médico, por lo menos una vez al año.

Artículo 14. educación y capacitación.

Todas las personas que han de realizar actividades de manipulación de alimentos deben tener formación en materia de educación sanitaria, especialmente en cuanto a prácticas higiénicas en la manipulación de alimentos. Igualmente deben estar capacitados para llevar a cabo las tareas que se les asignen, con el fin de que sepan adoptar las precauciones necesarias para evitar la contaminación de los alimentos.

Las empresas deberán tener un plan de capacitación continuo y permanente para el personal manipulador de alimentos desde el momento de su contratación y luego ser reforzado mediante charlas, cursos u otros medios efectivos de actualización.

LEY 9 de 1979

Código Sanitario Nacional por cuanto dicta medidas sobre las condiciones sanitarias básicas para la protección en el medio ambiente, suministro de agua, saneamiento de

Máquina lavadora, peladora y cortadora de papa

edificaciones, alimentos, droga, medicamentos, cosméticos, vigilancia y control

epidemiológico, prevención y control de desastres, derechos de los habitantes respecto a la salud.

DECRETO 1575 DE 2007

El objeto del presente decreto es establecer el sistema para la protección y control de la calidad del agua, con el fin de monitorear, prevenir y controlar los riesgos para la salud humana causados por su consumo, exceptuando el agua envasada.

Elementos de protección personal

Artículo 122.- Todos los empleadores están obligados a proporcionar a cada trabajador, sin costo para éste, elementos de protección personal en cantidad y calidad acordes con los riesgos reales o potenciales existentes en los lugares de trabajo.

Artículo 123.- Los equipos de protección personal se deberán ajustar a las normas oficiales y demás regulaciones técnicas y de seguridad aprobadas por el Gobierno.

Artículo 124.- El Ministerio de Salud reglamentará la dotación, el uso y la conservación de los equipos de protección personal.

Normativa para el manejo de tubérculos:

La papa destinada a la alimentación debe ser de tal variedad con características externas iguales: madura, bien formada, limpia, no contaminada con productos químicos; sin daños: mecánicos, fisiológicos, patógenos, ni causada por insectos, y debe estar de acuerdo a las tolerancias. Las tolerancias serán consideradas en base a porcentajes de peso. Las tolerancias máximas para tamaño. Para todos los cuatro tipos, se admitirá un 5% en peso de papa del tipo inmediato inferior y un 10% en peso del tipo inmediato superior.

La papa destinada a la alimentación debe ser de tal variedad con características externas iguales: madura, bien formada, limpia, no contaminada con productos químicos; sin daños:

Máquina lavadora, peladora y cortadora de papa

mecánicos, fisiológicos, patógenos, ni causada por insectos, y debe estar de acuerdo a las tolerancias. Las tolerancias serán consideradas en base a porcentajes de peso. Las tolerancias máximas para tamaño. Para todos los cuatro tipos, se admitirá un 5% en peso de papa del tipo inmediato inferior y un 10% en peso del tipo inmediato superior.

En la recopilación de la normativa 89/109/CEE establece que todos los materiales en contacto con los alimentos deben ser no tóxicos, mecánicamente estables no absorbentes, además, las superficies en contacto con los alimentos serán lisas, duras, continuas y carentes de fisuras y grietas.

Las superficies que habitualmente no entran en contacto con los alimentos también deber ser lisas, fácilmente lavables y no experimentar corrosión. Así, el pintado y demás tratamiento superficial de la maquinaria debe limitarse a las superficies que no contactan con los alimentos. A continuación, se especifican algunos materiales habilitados por la Norma 89/109/CEE para la construcción de máquinas que tienen contacto con los alimentos.

4.5 Tecnologías Existentes

Peladoras de Papas:

Las máquinas peladoras de papas son máquinas que permiten remover la cáscara del tubérculo mediante diferentes tipos de métodos en un tiempo corto sin necesidad de remover parte del producto. Existen varios tipos de máquinas que realizan esta tarea y se detallan sus características a continuación:

Tabla 4. Máquinas peladoras industriales



Tipo de máquina	Principio de funcionamiento	Capacidad	Peso	Potencia	Dimensiones	Fotografía
Peladora mecánica por abrasión	Es una centrífuga y mediante el rozamiento por las paredes de la máquina desgasta el tubérculo.	90-150 kg/h	37-60 kg	0.5-1.5 HP	710x400x770 mm	
Peladora mecánica de cuchillas	Es una centrífuga que contiene cuchillas con navajas de dos filos en las paredes que corta ligeramente la cáscara del tubérculo	350-400 kg/h	50-80 kg	1-2 HP	735x750x1195 mm	
Peladora de rodillos de carborundo	Es un transportador que mediante un tornillo sin fin desplaza el producto rozando con el abrasivo carborundo	3000-6000 kg/h	1550-1620 kg	10-15 HP	3700x1200x1890 mm	
Peladora de cuchillas en continuo	Es un transportador que se compone de un bastidor, un tambor de pelado y el tornillo sin fin, posee cuchillas para el pelado del producto.	1000-1500 kg/h	750-1000 kg	1-4 HP	3100x1200x2500 mm	
Peladora de revólver	Es una peladora con tambor alargado de rodillos de pelado.	600-4500 kg/h	1000-2000 kg	7-10 HP	4020x1315x2500 mm	

Fuente: (Pinos Solis, 2011).

Picadoras de papa:

Las picadoras de papas son máquinas que permiten cortar una papa en formas predefinidas, para este caso la forma de hojuelas, existen varios tipos de picadoras entre ellas

la de tipo manual, neumático y eléctrico, la picadora de la figura 3 es de tipo industrial, se alimenta de corriente 220 V con motor de 1 HP y un peso de 5 kg.

Figura 3. *Máquina Picadora industrial*



Fuente: (China, 2020)

5. Diseño de aspectos metodológicos

5.1 Línea de Investigación

La línea de investigación en la que se enmarca este proyecto es Diseño de máquinas o equipos industriales: Uno de los principales objetivos del ingeniero mecánico, es el diseño y construcción de maquinaria, herramientas o equipos que permitan la solución de un problema industrial; mejorando su eficiencia, a un bajo costo, con un óptimo aprovechamiento de la energía y con el menor impacto ambiental. (Corporación Universitaria Autónoma de Nariño., 2020). Así, se logra cumplir el objetivo del ingeniero mecánico, aportando a la sociedad un poco de lo que de ella se ha recibido, diseñar maquinaria que le permita a la comunidad y organizaciones optimizar la calidad de sus productos o servicios, mejorar en tiempos y actualizarse en las tecnologías existentes, en las mejoras de los procesos.

Esta línea de investigación está basada en las necesidades del entorno a través de los respectivos diseños y la construcción que se efectúa y tiene como destino el municipio de Iles.



5.2 Enfoque

Mixto: Se pretende aplicar un tipo método investigativo mixto ya que en el desarrollo de este proyecto se integrará elementos tanto del método cuantitativo como del método cualitativo, que permitan por medio de la investigación dar solución a los problemas.

Cualitativo. Con la recolección de información y técnicas que permiten la obtención de respuestas para llegar a resultados que acerquen a las soluciones ideales, se dará una respuesta y así una debida interpretación para el buen desarrollo de la investigación.

Cuantitativo. Por medio de este enfoque se logra hacer la recopilación de información acerca de los métodos utilizados para la recolección, pelado y corte de papa, un análisis estadístico para tomar decisiones efectivas y exactas obteniendo una respuesta que justifique el planteamiento del problema.

5.3 Tipo de Investigación

Este proyecto se basa en un tipo de investigación mixta, ya que conlleva a la obtención de datos numéricos, teóricos y experimentales los cuales aportan información para el desarrollo del mismo, logrando así evaluar de qué forma o por qué razón sucede algo en particular. Con este tipo de investigación se manipulan las diferentes variables como lo son el tiempo, el ruido, nivel de vibraciones, como también que tanto volumen de materia prima se utilizará. Es así que el investigador interviene modificando variables o factores que afectan al experimento y observa las reacciones que se generan, para el desarrollo de este proyecto el cual es el lavado, corte y pelado de papa se tiene en cuenta la capacidad que tiene el prototipo de hacer el proceso y así comprobar y experimentar con resultados y solucionar de manera positiva las especificaciones del prototipo de máquina.

5.4 Método

La metodología de ingeniería concurrente es la que se va a utilizar en el presente proyecto haciendo uso del método Inductivo – Deductivo ya que se parte de una necesidad



encontrada al momento de comercializar la materia prima, lo cual permite una formulación de un problema adecuado para dar solución a través de los conocimientos adquiridos en la universidad, donde se aplica lo necesario para satisfacer esta necesidad creando un prototipo de maquina por medio del diseño, generando resultados , e intentando reflejar el mejoramiento de la economía en este sector.

5.5 Variables

5.5.1 Independientes.

- Tamaño de la papa
- Cantidad de la papa

5.5.2 Dependientes.

- Rpm
- Potencia del motor
- Forma
- Tiempo de lavado y pelado
- Suministro de agua

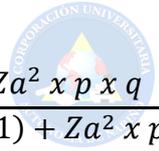
5.6 Determinación del universo investigativo.

5.6.1 Determinación de la población.

Para el desarrollo de la presente investigación sobre los procesos de pelado, lavado y corte de papa, se considera como principal población a los agricultores de las zonas, media y alta del municipio de Iles, puesto que la mayoría de agricultores y el cultivo radica en las veredas de estas dos zonas.

5.6.2 Determinación de la muestra.

De acuerdo a la secretaria de Agricultura y medio Ambiente del municipio de Iles, para el año 2019 en el municipio de Iles existen 40 productores de papa, a partir del anterior valor se calcula la muestra representativa aplicando la formula muestral.



$$n = \frac{N \times Z\alpha^2 \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) + Z\alpha^2 \times p \times q}$$

Dónde:

N = Número de población p = Probabilidad de éxito, o proporción esperada

Z = Nivel de confianza q = Probabilidad de fracaso

d = Precisión (error máximo admisible en términos de proporción).

Datos:

$N=$ 15 personas $Z=$ 1.96 $p=$ 0.6 $q=$ 0.4 $d=$ 0.05

$$n = \frac{15 \times (1,96)^2 \times 0,6 \times 0,4}{(0,05)^2 \times (15 - 1) + (1,96)^2 \times 0,6 \times 0,4}$$

$$n = 14 \text{ encuestas}$$

El número de encuestas que se deben realizar corresponden a 36

5.6.3 Herramientas de recolección de información.

Para la recolección de datos de la presente investigación se hace uso de la encuesta tipo cuestionario, la cual permite obtener datos cuantitativos y cualitativos de forma económica, práctica, rápida y eficaz acerca de las necesidades, requerimientos y problemática que presentan los agricultores frente al precio de la papa, facilitando el análisis de las distintas variables evaluadas que definirán los requerimientos técnicos, funcionales y económicos, que a su vez ayudaran a la toma de decisiones más acertadas en la continuidad del desarrollo de la investigación.

6. Elementos de administración y control.

6.1 Recursos físicos

- Aula de estudio (clase) de la Corporación Universitaria Autónoma de Nariño
- Biblioteca Zambrano Buchelly AUNAR
- Sector de Iles-Nariño



6.2 Recursos tecnológicos

- Zona de Internet
- Computador (portátil y de mesa)
- Unidades de Memoria USB
- Cámara de video y fotografía
- Smartphone

6.3 Recursos humanos

- Agricultores
- Ingenieros Mecánicos.
- Asesores Técnico y Metodológico

6.4 Talento humano

El equipo de talento humano para el desarrollo de este proyecto, se encuentra conformado por: Danny Alexander Pantoja Guacales, estudiante del programa de ingeniería mecánica con el apoyo del director Ing. Carlos Chamorro.

6.5 Presupuesto.

Tabla 5. Presupuesto

Elementos	Cantidad	Costo unitario (\$)	Costo total (\$)
Internet (Horas)	50	700	35.000
Fotocopias (Hojas)	5	200	2000
Viáticos, salida de campo (Personas)	4	50.000	200.000
Detalles agricultores	3	2000	6.000
Transporte en la ciudad (Taxis)	10	5000	50.000
Total			293.000



Elementos	Cantidad	Costo unitario (\$)	Costo total (\$)
Motor Trifásico 3/4 Hp	1	900.000	900.000
Lámina de acero inoxidable calibre 20	1	350.000	350.000
Lamina perforada en acero inoxidable	1	450.000	450.000
Tubo de acero inoxidable	2	170.000	340.000
Poleas de 8 pulgadas	2	60.000	120.000
Poleas de 2.5 pulgadas	2	30.000	60.000
Chumacera	2	15.000	30.000
Bandas	2	30.000	60.000
Tornillería	50	1000	50.000
Soldadura	4kg	7000	28.000
Arranque del motor	1	180.000	180.000
Eje de 3/8"	2	20.000	40.000
Cable encauchado #10	1	60.000	60.000
Alquiler taller	2 meses	500.000	1.000.000
Total			3.668.000

Fuente: Esta investigación

7. Cronograma de actividades

Tabla 6. Cronograma

2021	AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE			
ACTIVIDADES	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4



Escoger idea del proyecto																	
Asesoría metodológica																	
Realización de encuestas																	
Salidas de campo																	
Estado de Arte																	

2022	FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				
ACTIVIDADES	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Asesoría metodológica																	
Asesoría técnica																	
Elaboración del anteproyecto																	
Búsqueda de mecanismos																	

2022	AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				
ACTIVIDADES	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Asesoría metodológica																	
Asesoría técnica																	
Documento																	
Elaboración del diseño																	
Construcción del prototipo																	
Pruebas de funcionamiento																	
Ajustes																	
Elaboración de manuales																	

Fuente: Esta investigación

8. Requerimientos de Diseño

La papa es uno de los productos de mayor consumo por las personas, de igual manera las pruebas que se le realizan son más estrictas, por lo que se realizó una entrevista a un grupo de agricultores de papa para una mejor toma de decisiones, y teniendo en cuenta los objetivos propuestos se establecerán unos factores que permitan satisfacer las necesidades del agricultor y de la misma manera dar continuidad a la investigación. Cabe resaltar que para la muestra se tomó como referencia a un grupo de 15 personas del municipio de Iles.

8.1. Necesidades interpretadas de los usuarios

Tabla 7. *Necesidades Interpretadas de los Usuarios*

Aspectos funcionales	Se Necesita que el prototipo sea fácil de manejar.	Claridad y sencillez en el manejo y la operación del prototipo.
	Que el proceso de lavado, pelado y corte de papa se pueda hacer de forma independiente y conjunta.	Las etapas de lavado, pelado y corte de la papa funcionen de manera independiente o en conjunto.
	Que el prototipo funcione con el voltaje existente en cada uno de los hogares de los productores de papa.	La compatibilidad del prototipo de máquina sea de alimentación eléctrica a 110v.
	Que se mantenga la calidad de la papa al realizar los diferentes procesos.	Diseñar los mecanismos adecuados de manera que no afecten el producto al realizar dichos procesos.



Aspectos técnicos	Que el mantenimiento de la máquina no se presente con frecuencia.	Mínimo mantenimiento de los equipos.
	Que la máquina se pueda transportar con facilidad.	Prototipo liviano y móvil.
Aspectos económicos y sociales	Que se pueda obtener mejores ingresos al momento de implementar la máquina.	Brindar un valor agregado a la papa.

Fuente: Esta investigación

A partir de las anteriores necesidades expuestas por los agricultores, se diseña un prototipo de máquina lavadora, peladora y cortadora de papa, que satisfaga los requisitos y necesidades propuestos por los paperos, teniendo en cuenta el funcionamiento óptimo y eficiente de las etapas del mismo al momento de realizar dichos procesos, obteniendo así un producto final de calidad, el cual tenga un valor agregado y mejore el ingreso del productor de la región.

8.2 Criterios de Evaluación

Después de haber identificado las características de diseño especificadas se tiene en cuenta ciertas necesidades del operario y el consumidor, por lo que se pretende hacer un criterio de evaluación para obtener al final un producto con mayor calidad y así determinar si las necesidades se cumplen, así a continuación se tiene en cuenta las operaciones que la máquina desarrolla dándoles un rol de importancia según la necesidad que se evalúa en una escala así:

Tabla 8. *Parámetros*

Escala	
Nivel	Importancia

4	Muy importante
3	Más o menos importante
2	Poco importante
1	Nada importante



Fuente: Esta investigación

Ya establecido los parámetros se procede hacer su debida aplicación a las diferentes necesidades presentadas durante la elaboración de este proyecto.

Tabla 9. *Aplicación de Parámetros*

Necesidad	Medida	Importancia
Seguridad del operario.	El personal debe contar con las medidas de protección especificadas en el manual de usuario de la máquina.	4
Seguridad de la máquina.	El prototipo cuenta con la seguridad establecida mecánicamente y debe contar con señales de seguridad industrial.	4
Fácil de transportar.	La máquina no debe exceder el peso de 100 kg para así poder desplazarse fácilmente.	3
Fácil mantenimiento.	Tener un menor número de piezas para un fácil mantenimiento.	2
Manejo de desechos del producto	El fluido de la cascara y tierra debe ser desechado debidamente.	3



Manejo adecuado del tiempo.	El prototipo de máquina debe manejar los tiempos establecidos y así maximizar la producción.	4
Producción satisfactoria	La máquina será eficiente y superproducción alcanzará los objetivos deseados.	4

Fuente: Esta investigación

8.3 Especificaciones de Desempeño

Se requiere una máquina que procese de 4 a 5 kg de papa cumpliendo los siguientes requerimientos:

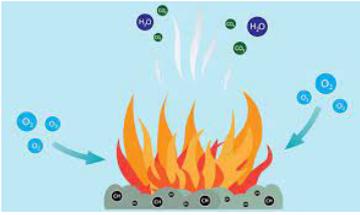
- El contenedor debe contener la cantidad de papa requerida sin deformarse.
- El material del cilindro debe ser resistente a la fricción con el producto.
- Que sea de fácil mantenimiento
- Su costo de fabricación debe ser bajo comparado con las maquinas que existen en el mercado.
- Que procese papa capiro de tamaño mediano (65 mm a 75mm de diámetro)

8.4 Análisis de Alternativas

En esta matriz se analiza qué factores y elementos son más productivos en cuestiones de factibilidad, costo, tiempo y producción ya que se tendrán en cuenta en el prototipo de máquina y condiciones a las cuales el producto entra y sale, también el proceso al cual estará dispuesto a realizar el prototipo.

Tabla 10. *Matriz Morfológica*

	Matriz morfológica		
Función y subfunción	A	B	C

Tipo de alimentación	<p>Eléctrica</p> 	<p>Solar</p> 	<p>Combustión</p> 
Auxiliares de mando	<p>Pulsador marcha – paro</p> 	<p>Paro de emergencia</p> 	<p>Pulsador normal</p> 
Tipo de Motor	<p>Eléctrico</p> 	<p>Combustión</p> 	<p>Universal</p> 
Materiales de construcción	<p>Tubo estructural</p> 	<p>Lamina de acero</p> 	<p>Lámina galvanizada</p> 
Tipo de material	<p>Madera</p> 	<p>Hierro</p> 	<p>Acero inoxidable</p> 

<p>Tipo de movimiento</p>	<p>Bandas</p> 	<p>Cadena</p> 	<p>Engranajes</p> 
<p>Tipo de poleas</p>	<p>Polea de una ranura</p> 	<p>Polea doble ranura</p> 	<p>Polea triple ranura</p> 
<p>Ingreso de la papa</p>	<p>Extractor de aire</p> 	<p>Manualmente</p> 	<p>Ventilador de aspas</p> 
<p>Tipo de lavado</p>	<p>Industrial</p> 	<p>Manual</p> 	<p>Otro</p>

Tipo de pelado	Por rallador 	Abrasivo 	Manual 
Tipo de corte	Por cuchilla 	Por disco 	Manual 

Fuente: Esta investigación

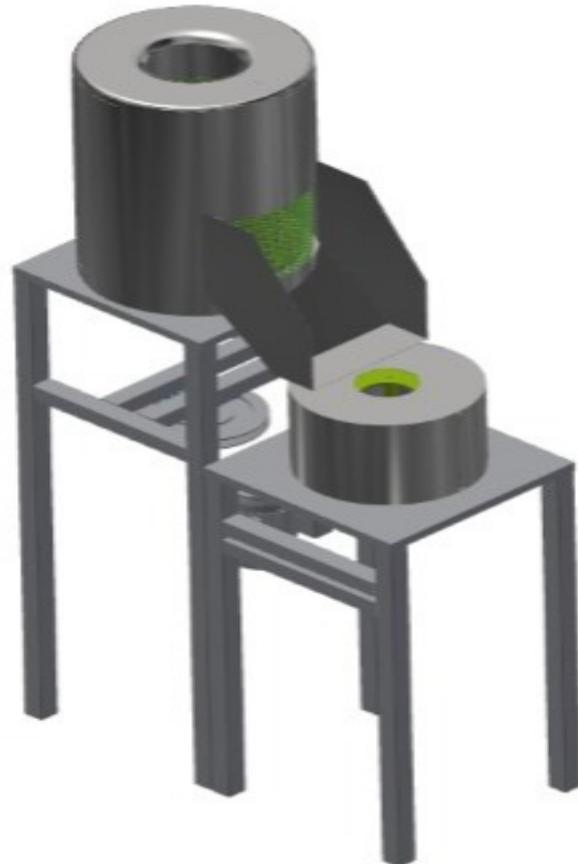
8.5 Diseño Detallado

El diseño del prototipo de maquina propuesto consiste, en un contenedor estático que en la pared de su interior contiene un lamina troquelada con agujeros, que permite que la papa se pele por centrifugado, por medio de un plato giratorio que se encuentra en la base del contenedor, esta gira a altas revoluciones permitiendo así ocasionar el centrifugado para realizar los procesos de lavado y pelado, para luego pasar a la siguiente proceso donde se encuentra un contenedor estático, que en su interior contiene una cámara giratoria con secciones, el cual recibe la papa y por fuerza centrífuga realiza el corte por medio de una cuchilla instalada en su costado. Su fuente de energía es un motor eléctrico de medio caballo de potencia a 1800 rpm, la transmisión de potencia es por medio de poleas hacia dos ejes conectados, uno al plato del primer contenedor y otro a la cámara del segundo contendor de corte, el prototipo tiene una capacidad de 5 kilogramos de papa.

Diseño preliminar



Figura 4. Modelo CAD del Prototipo.



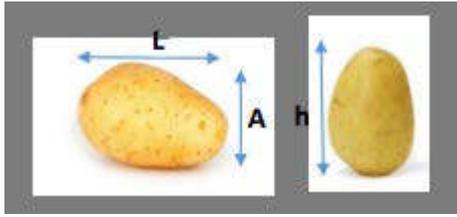
Fuente: Esta investigación.

9. cálculos

9.1 Diseño del contenedor

Se requiere establecer las dimensiones del equipo, para ello se inicia con el volumen del cilindro, para esta tarea necesitamos recolectar los siguientes datos.

Figura 5. Dimensiones del tubérculo.



Fuente: Esta investigación.

9.1.2 altura del contenedor para el prototipo, para este punto se establece dos métodos, estadístico y simulado.

Estadístico.

Seleccionamos una muestra de 30 unidades de papa con características que se quieren manejar en la producción. Posteriormente se realiza un análisis de dimensiones y propiedades de cada elemento como se muestra en la tabla 1.

Tabla 11. Propiedades del tubérculo.

Cantidad	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Masa (g)	Peso (m^3)	Volumen (ml)	Densidad (K/m^3)
1	73	62	40	120	1.176	100	1200.00
2	75	63	46	130	1.274	110	1181.82
3	66	64	41	125	1.225	110	1136.36
4	75	48	46	130	1.274	100	1300.00
5	74	66	46	150	1.47	120	1250.00
6	65	61	44	100	0.98	100	1000.00
7	75	74	46	150	1.47	150	1000.00
8	68	68	41	110	1.078	100	1100.00
9	75	68	46	110	1.078	150	733.33
10	75	75	50	140	1.372	170	823.53
11	75	70	45	140	1.372	160	875.00
12	75	65	53	150	1.47	170	882.35
13	68	68	41	100	0.98	115	869.57
14	74	68	51	150	1.47	170	882.35
15	73	66	48	120	1.176	150	800.00
16	69	67	50	120	1.176	125	960.00
17	72	66	48	120	1.176	120	100.00
18	71	71	52	150	1.47	150	100.00
19	75	73	48	150	1.47	150	100.00
20	74	69	42	120	1.176	130	923.08
21	65	59	41	95	0.931	100	950.00
22	67	66	47	130	1.274	130	1000.00
23	64	60	47	100	0.98	100	1000.00
24	74	72	42	130	1.274	125	1040.00
25	67	65	36	90	0.882	90	1000.00
26	70	66	51	135	1.323	125	1080.00

27	71	66	45	120	1.176	110	1090.91
28	73	69	50	125	1.225	130	961.54
29	75	66	51	150	1.47	140	1071.43
30	75	58	47	120	1.176	120	1000.00

Fuente: Esta investigación

Experimento 2

En este experimento se usó una pesa romana para determinar la cantidad de gramos necesarios para arrancar la cascara a este tubérculo, por medio de un rayador con agujeros de $\frac{1}{4}$ de pulgada, dando como resultado 500g/f

500g/f a Newton

$$1N = 1kg \frac{m}{s^2}$$

$$1N = 101.9 \frac{g}{f}$$

$$1 \frac{g}{f} = 0.0098067 N$$

$$F = m \times a$$

$$500 \frac{g}{f} \times \frac{0.0098067N}{1 g/f} = \mathbf{4.903N}$$

Con los datos de la tabla 11 se busca establecer un promedio de la densidad del producto, ya que conociendo la masa que se requiere en la producción, se puede establecer el volumen total como se procede a continuación:

$$V_c = \frac{mt}{\rho_p}$$

V_c = volumen del contenedor

mt = masa requerida en la producción

ρ = densidad del producto

$$V_c = \frac{5 kg}{1003.71kg/m^3} = \mathbf{0.00498151 m^3}$$

Con este resultado encontramos la altura del contenedor sabiendo que la base del cilindro tiene 38 cm de diámetro



$$Vc = Ab \times hc$$

$$Vc = \pi \times r^2 \times hc$$

$$Ab = \pi \times 17.5^2 = 962.1 \text{ cm}^2$$

$$hc = \frac{0.00498151 \text{ m}^3}{0.09621 \text{ m}^2} = hc = 5.177 \text{ cm} \text{ (este resultado no tiene en cuenta los espacios de las$$

papas apiladas unas con otras)

Simulado:

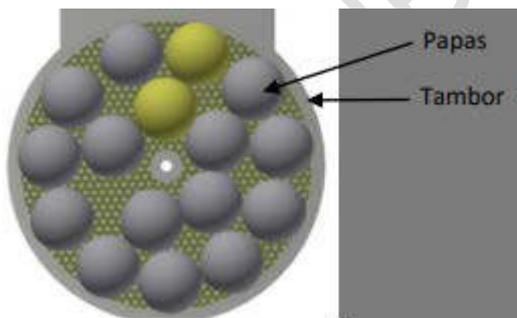
Se usó el software Inventor de Autodesk para realizar una simulación teniendo en cuenta los datos recolectados en la Tabla 11. Así que se tomó la mayor dimensión de la muestra, como el diámetro y con el promedio de la masa, se determinó el número aproximado de papas para el cumplir con el requerimiento de 5 kg

$$\text{Øbc} = 350 \text{ mm}$$

$$\text{Øp} = 75 \text{ mm}$$

$$\# \text{ numero papas} = \frac{5000 \text{ g}}{126 \text{ g}} = 40 \text{ papas}$$

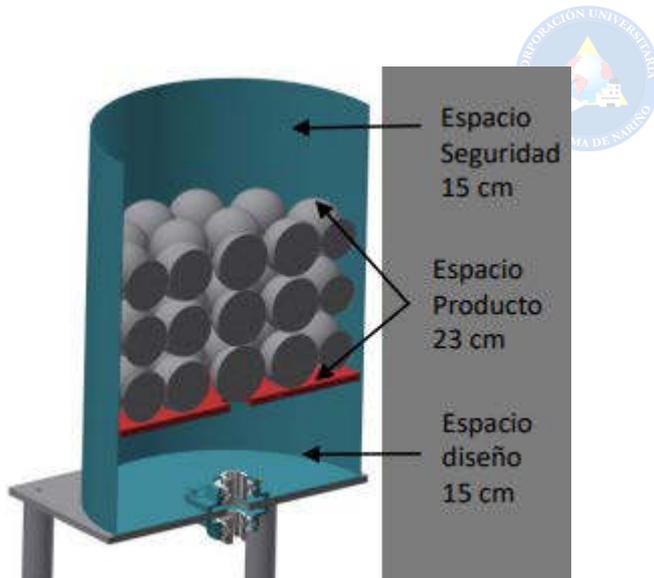
Figura 6. Cantidad de tubérculos.



Fuente: Esta investigación

De acuerdo con el gráfico, alcanzan 16 papas para copar el espacio sin interponerse, por tanto, se requieren 3 niveles para llegar a las 41 papas como mínimo.

Figura 7. Espacio Ocupado por el Tubérculo.



Fuente: Esta investigación

Con la simulación se logra establecer que se requiere 23 cm de altura para que quepan las 40 unidades de papa, sin embargo, se deja 15 cm como margen de seguridad por el movimiento que se realiza cuando se encuentra en funcionamiento y 15 cm más para los dispositivos requeridos para que el plato gire.

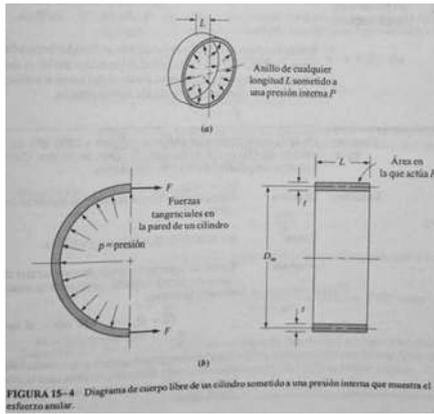
$$h_c = 23 \text{ cm}$$

9.1.3 Espesor pared del contenedor para el prototipo

Para ello se hace un análisis de fuerzas que intervienen en el funcionamiento del prototipo y que se ejercen sobre la pared del contenedor. Para ello, se establece por experimentación, la fuerza requerida para dañar una papa; de esta manera podremos saber el máximo de revoluciones que puede tener el contenedor antes de dañar el fruto.

Para el análisis partimos de las ecuaciones de esfuerzos en elementos cilíndricos de pared delgada, en donde se nos presentan un esfuerzo anular y un esfuerzo longitudinal; teniendo en cuenta que, el contenedor no está presurizado, tampoco hay un líquido que ejerza una presión hidrostática; se establece que, el esfuerzo longitudinal es menor que el esfuerzo anular, por lo que se resuelve el espesor del contenedor mediante el análisis del esfuerzo anular.

Figura 8. *Esfuerzo del Contenedor.*



Fuente: (mecánica, 2013)

$$\sigma_1 = \frac{Pr}{t}$$

P = presión

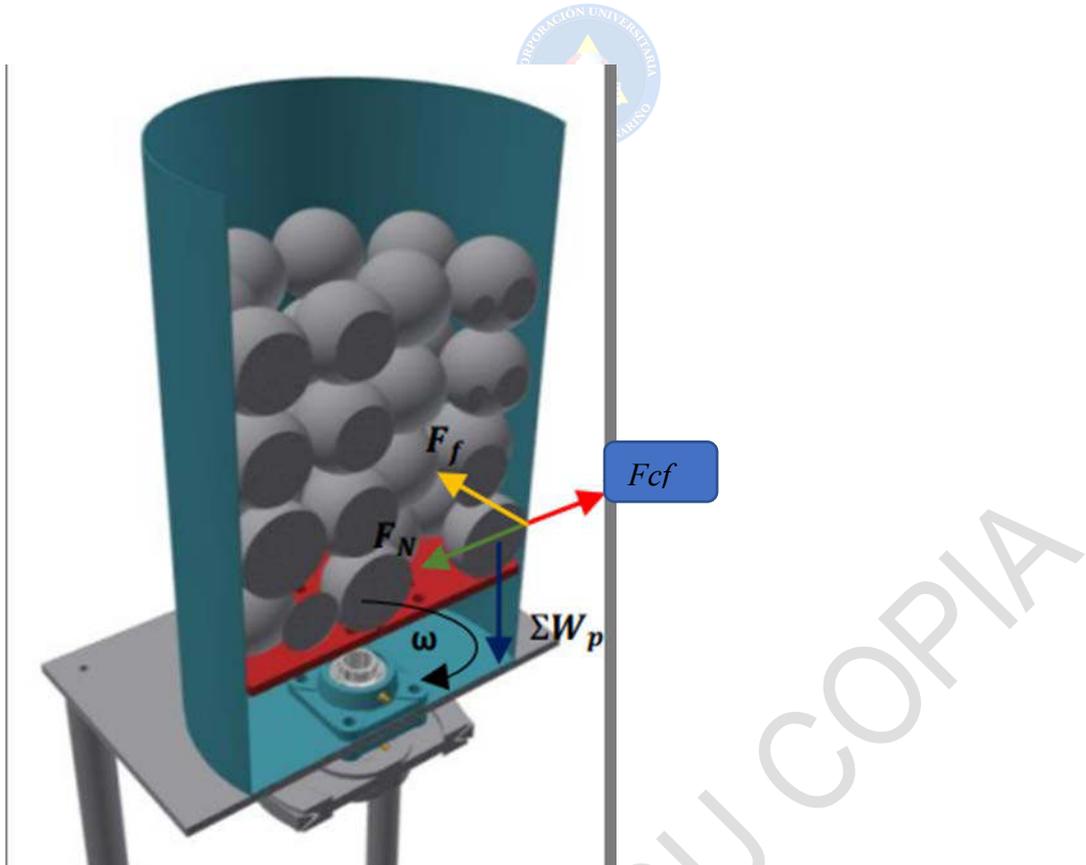
σ_1 = esfuerzo anular

t = espesor del tanque

En el esquema se puede apreciar el esfuerzo anular como σ_1 , y se puede apreciar que la presión sobre el área proyectada ejerce otro esfuerzo en sentido opuesto.

Presión en el contenedor

Figura 9. *Fuerzas Presentes en el Contenedor.*



Fuente: Esta investigación

F_f = fuerza de fricción

F_{cf} = fuerza centrífuga

F_N = fuerza normal

Hallamos la presión que está actuando sobre el contenedor en la superficie de contacto, y de esta forma, encontrar el esfuerzo que está soportando el contenedor.

$F_{cf} = F_N$ (Para que no haya deformación del material las dos fuerzas deben igualarse.)

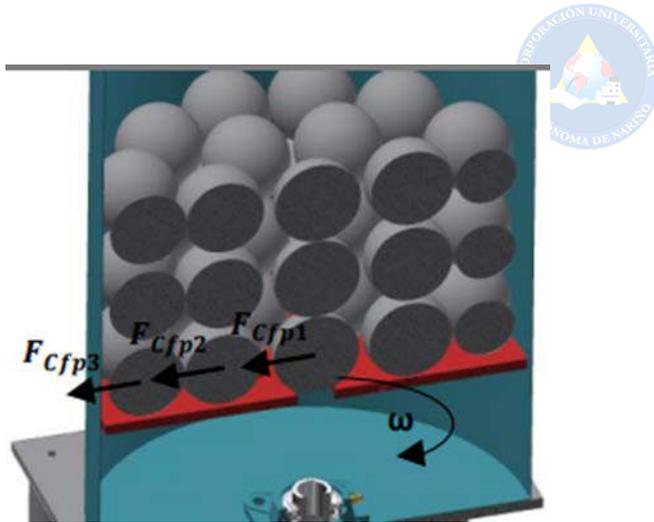
Sin embargo, con base en la simulación se observa que hay momentos en que se acumulan tres unidades para hacer presión sobre la pared, por tanto, la igualdad queda

$$\Sigma F_{Cfp} = F_N$$

$$F_{Cfp1} + F_{Cfp2} + F_{Cfp3} = F_N$$

$$m_p \cdot \omega^2 \cdot (r_1 + r_2 + r_3) = F_N$$

Figura 10. Caso Critico.



Fuente: Esta investigación

La masa está dada por el caso más crítico, que es, la medida máxima de la tabla 1; la velocidad angular está dada por el experimento 2, en el que se determinó experimentalmente la fuerza necesaria para deslizar una papa sobre la superficie de un rayador con agujeros de $\frac{1}{4}$ de pulgada. Se estableció una velocidad de 200 rpm, para evitar daños en la papa. Teniendo en cuenta este criterio, se toma, para los cálculos del espesor, una velocidad de giro de 800 rpm como factor de seguridad en el diseño.

$$m_{p1} = m_{p2} = m_{p3} = 150g$$

$$r_{p1} = 0,01 \text{ m}$$

$$r_{p2} = 0,0835 \text{ m}$$

$$r_{p3} = 0,1525 \text{ m}$$

$$w = 800 \text{ rpm}$$

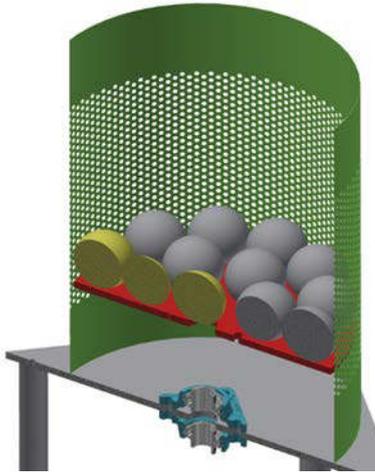
$$F_{c/p} = m_p \times w^2 \times (r1 + r2 + r3)$$

$$F_{c/p} = (0.150kg) \times \left(83.776 \frac{\text{rad}}{\text{s}}\right)^2 \times (0,1525 + 0,0835 + 0,01)$$

$$F_{c/p} = \mathbf{258,979N}$$

Teniendo la Fuerza Centrífuga, para el caso crítico, analizamos la zona de contacto con la malla, de esta forma establecemos el área, y finalmente la Presión.

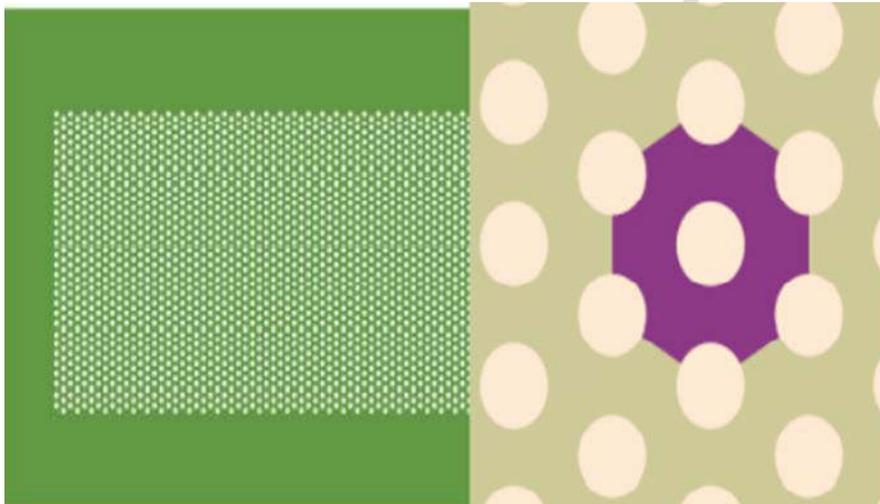
Figura 11. Malla perforada para pelado



Fuente: Esta investigación.

Como se muestra en el gráfico, la presión que ejerce la papa sobre la malla, estará concentrada en el área entre los agujeros y que forma un patrón que se repite en la pared del contenedor.

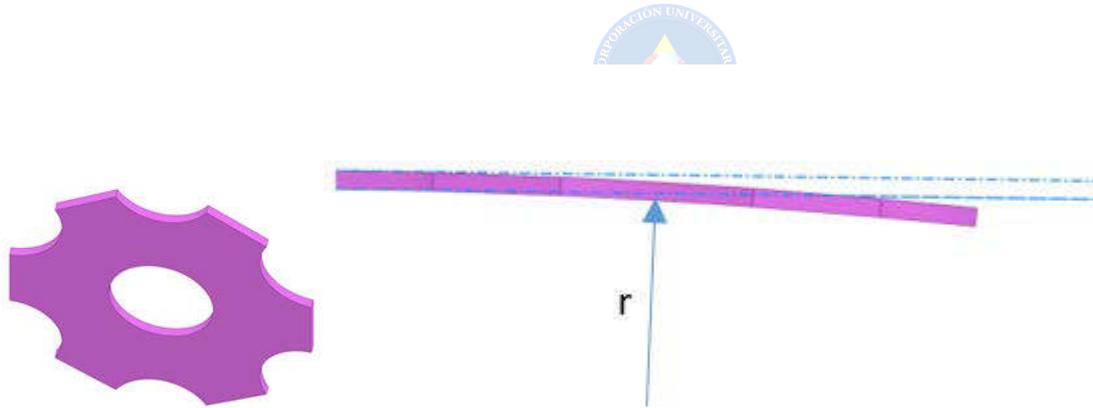
Figura 12. *Área crítica*



Fuente: Esta investigación.

Para entender mejor, el área crítica se ha puesto en color violeta, esta zona proyecta un área perpendicular a la fuerza, que será la requerida para el cálculo de la presión.

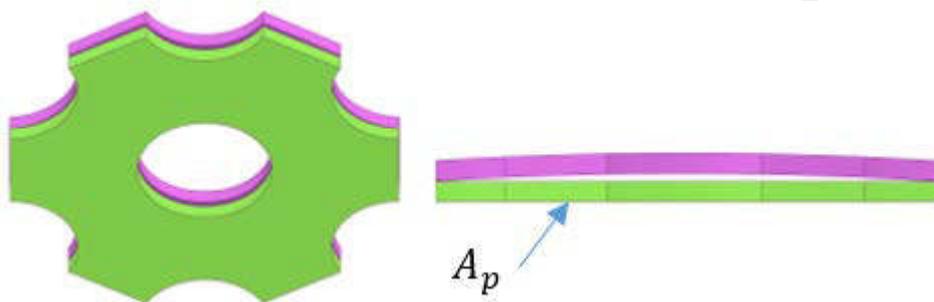
Figura 13. *Curvatura.*



Fuente: Esta investigación.

En la gráfica anterior se puede apreciar la curvatura de la zona que se está analizando, en donde, r equivale al radio del contenedor; con la ayuda del software, se proyecta el área en un plano perpendicular a la fuerza ejercida por las papas y se encuentra la presión.

Figura 14. Área perpendicular.



Fuente: Esta investigación.

En la anterior gráfica se puede apreciar de color violeta el área de contacto sobre la pared del contenedor y en color verde la proyección (A_p) que se ha realizado para el cálculo de la presión.

Figura 15. Valor del área crítica.



Fuente: Esta investigación.

$$A_p = 0,00017476 \text{ m}^2$$

$$P_c = \frac{F_{cp}}{A_p}$$

$$P_c = \frac{258.979N}{0.0001747m^2}$$

$$P_c = 1.482MPa$$

9.2 Concentradores de esfuerzo (K)

Debido a que la forma de la malla genera una concentración de esfuerzos, estableceremos el espesor a partir del esfuerzo promedio permitido

$$K = \frac{\sigma_{max}}{\sigma_{prom}}$$

Establecemos el K más alto, teniendo en cuenta las tablas que se muestran a continuación.

Figura 16. Tabla de concentradores de esfuerzo.

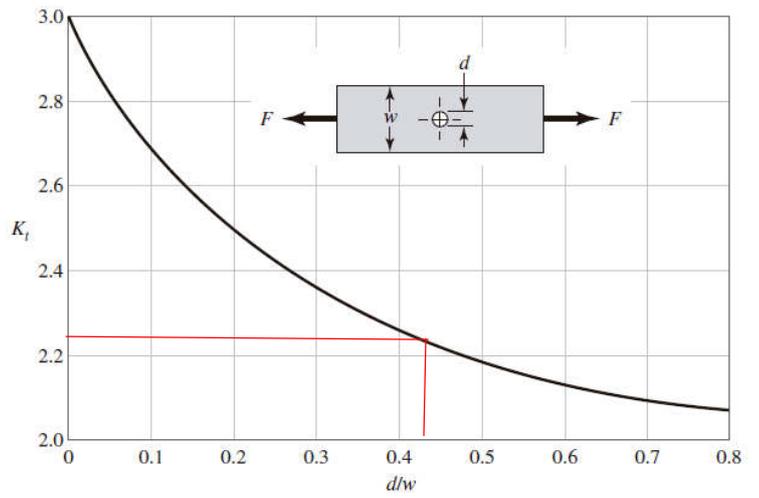
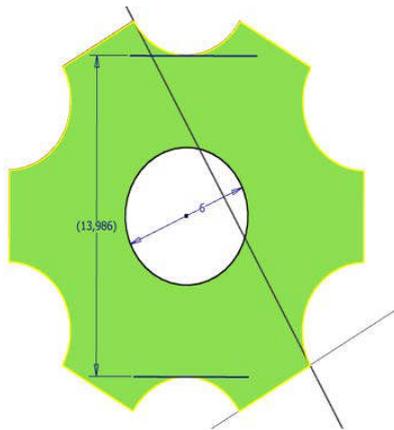


Figura A-15-1

Barra en tensión o compresión simple con un agujero transversal. $\sigma_0 = F/A$, donde $A = (w - d)t$ y t es el espesor.

Fuente: (Mott, Diseño de elementos de máquinas)

Figura 17. Ancho del área.



$$\frac{d}{w} = \frac{6}{13.986} = 0.43$$

Fuente: Esta investigación.

d = diametro en mm del agujero

w = ancho del area



Figura 18. Propiedades mecánicas del acero.

Propiedades Mecánicas

Las siguientes tablas muestran acero inoxidable 316 propiedades mecánicas tales como límite elástico, resistencia a la tracción, alargamiento y dureza, etc.

Ficha técnica 2, acero inoxidable 316 propiedades mecánicas, los datos corresponden a barras de 25,4 mm (1 pulg.) De diámetro.

Acero inoxidable 316 propiedades mecánicas						
AISI (UNS)	Resistencia a la tracción (MPa) ≥	0.2% límite de elasticidad, ≥ (MPa)	Elongación en 50 mm, (%) ≥	Reducción de área (%)	Dureza (HBW) ≤	Condición
316 (S31600)	580	290	50		79 HRB	Hoja de acero recocido
	550	240	60	70	212	Barra recocida
	620	415	45	65	275	Barra recocida y estirada en frío

Fuente: (mundial, 2015)

$$2.22 = \frac{\sigma_{max}}{\sigma_{prom}} = \frac{580 \text{ Mpa}}{\sigma_{prom}} \quad \sigma_{prom} = \frac{580 \text{ MPa}}{2,22}$$

$$\sigma_{prom} = 261,261 \text{ MPa}$$

Procedemos a determinar el espesor de la pared del contenedor con los datos encontrados.

$$t = \frac{pr}{\sigma_{prom}} \quad t = \frac{1,482 \text{ MPa} \times 0,175 \text{ m}}{261,261 \text{ MPa}}$$

$$t = 0,0009927 \text{ m} = 0.992 \text{ mm}$$

Por lo que no se recomienda un calibre superior al 20

9.3 Potencia de giro peladora

9.3.1 Fuerza máxima de pelado (experimental)

Con base en el experimento # 2, cuyo objetivo fue, determinar de manera experimental la fuerza requerida para arrancar la cáscara de papa, usando un rayador metálico con agujeros de ¼ in. El resultado fue de 4,9 N, para que la apariencia final sea aceptable, teniendo en cuenta la altura del cilindro, se tienen 3 niveles de producto en el caso crítico; por

lo tanto, se suman las fuerzas de pelado F_p . Adicionalmente se calcula la fuerza de rozamiento de la papa en la superficie sin agujeros. Los datos para ellos se tomaron de los reportados por Kanafojski & Karwoski (1969), citado por Lozano (2002), los cuales se presentan en la Tabla

Tabla 12. Coeficientes de fricción para tubérculos

Tabla 2. Valores de coeficientes de fricción reportados por Kanafojski & Karwoski (1969) citado por Lozano (2002)

Superficie	Coefficiente de Fricción (μ)
Tubérculo - Acero Pulido	0,71 - 0,80
Tubérculo - Suelo	0,98 - 1,03
Tallos - Acero Pulido	0,47 - 0,74
Tallos - Caucho	0,71 - 0,93
Tallos - Suelo	0,67 - 0,96

Fuente: ((1969), 2002).

F_p = Fuerza de pelado

F_r = fuerza de rozamiento

$$F_p = 4.903 N + F_r$$

Para el cálculo de la F_r usamos F_{cfp} a 355 rpm como velocidad crítica de diseño

$$F_{cfp} = 50,996 N$$

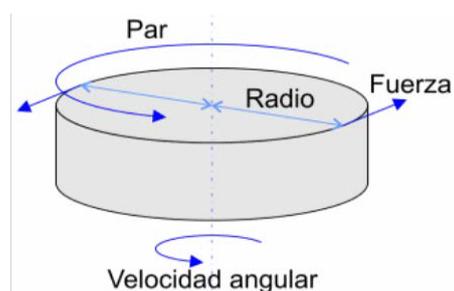
$$F_r = F_{cfp} \times \mu$$

$$F_r = 50,996 N * 0,76 = 38.7573 N$$

$$F_p = 43,6573 N$$

9.3.2 Par requerido para pelado de papas

Figura 19. Velocidad angular



Fuente: (calculartodo, 2020)



F_p = Fuerza de pelado total

r_t = Radio del tambor interno

τ_e = Par eje peladora

$$\tau_e = (0,175 \text{ m}). (43,6573 \text{ N})$$

$$\tau_e = 7,64 \text{ Nm}$$

9.3.3 Potencia requerida para girar el plato de pelado.

Teniendo en cuenta que la velocidad angular de diseño es 355 rpm, se determina la potencia para mover el plato.

$$P_t = \tau_t \cdot \omega_t$$

ω_t = Velocidad angular del tambor en rad/s

P_t = Potencia para mover el plato en vatios

$$P_t = (7,64 \text{ Nm}). (37,1755 \text{ rad/s})$$

$$P_m = 284,02 \text{ W}$$

$$P_m = 0,38 \text{ HP}$$

10.1.3 Potencia de giro cortadora

9.4 Fuerza máxima de corte y velocidad de giro

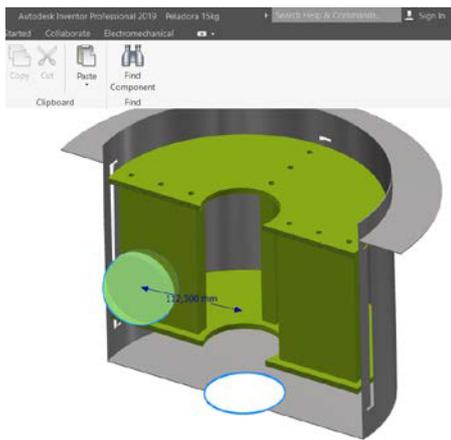
Para el diseño del cortador de papa, se determinó la fuerza requerida para realizar los cortes en rodajas, esta se obtuvo de los datos reportados por Buitrago, quienes siguieron medios experimentales de acuerdo a la “Norma NTC 341. Industria Alimentaria- Papa para Consumo” y a normas americanas como la “ASAE S368.1. Compresión Test of Food Materials of Convex Shape” Cpara determinar el punto de biofluencia, el cual, marca la ruptura celular interna en la estructura de la papa, Buitrago concluye que, el valor máximo de carga para alcanzar la biofluencia en los ensayos realizados es de 43,9 N y la carga máxima, en los ensayos de corte es de 9 N.



Con el primer valor establecemos el límite de velocidad antes de generar daños internos en la estructura de la papa, y con el segundo dato, establecemos la velocidad de giro nominal y el torque requerido (Germán V. Buitrago, 2015)

9.4.1 Velocidad máxima de giro cortadora

Figura 20. Cámara de la cortadora



Fuente: Esta investigación

$$F_{pb} = m_p \cdot w^2 \cdot r$$

$$w^2 = \frac{F_{pb}}{r \cdot m_p}$$

$$w = \sqrt{\frac{F_{pb}}{r \cdot m_p}}$$

F_{pb} = Fuerza requerida para alcanzar el punto de biofluencia

m_p = Masa del producto

$$w = \sqrt{\frac{43,9 \text{ N}}{(0,150 \text{ m}) \cdot (0,150 \text{ kg})}}$$

$$w = 44,171 \text{ rad/s}$$

$$w = 421,80 \text{ rp}$$

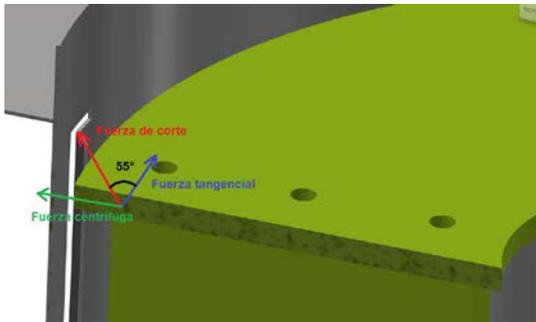
Por lo tanto, se escoge una velocidad de 355 rpm

Si se sobrepasa esta velocidad, se presentaría daños en la estructura interna del producto debido al aplastamiento que ejerce la fuerza centrífuga.

9.4.2 Velocidad mínima de corte

La fuerza de corte del producto está dada por el ángulo de incidencia de la cuchilla, que para el diseño es de 55° , por tal motivo para el cálculo de la velocidad, se tiene en cuenta la componente radial de esta fuerza, que se puede observar de color verde en la gráfica siguiente.

Figura 21. Componentes de la cortadora.



Fuente: Esta investigación

$$F_C = F_{Cp} \cdot \sin 55^\circ$$

$$F_C = 9 \text{ N} \cdot \sin 55^\circ$$

$$F_C = 7,37 \text{ N}$$

$$F_C = m_p \cdot w^2 \cdot r$$

$$w^2 = \frac{F_C}{r \cdot m_p}$$

FC = Fuerza centrífuga

mp = Masa del producto

r = Radio de contacto

$$w = \sqrt{\frac{7,37 \text{ N}}{(0,150 \text{ m}) \cdot (0,150 \text{ kg})}}$$

$$w = 18,1 \text{ rad/s}$$



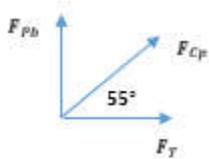
$$w = 172,84 \text{ rpm}$$

Por tanto, la velocidad de diseño establecida se encuentra dentro del rango para el corte de la papa que debe estar entre 172,84 y 421,80 rpm

9.5 Par requerido para corte de papas

Para establecer el torque que permita el corte de las papas, se toma como referencia la máxima fuerza establecida para el punto de biofluencia de la papa.

Figura 22. Fuerzas



Fuente: esta investigación.

F_{Pb} = Fuerza punto biofluencia

F_{Cp} = Fuerza de corte del producto

F_T = Fuerza tangencial

$$F_{Cp} = \frac{F_{Pb}}{\sin 55^\circ}$$

$$F_T = \frac{F_{Pb}}{\sin 55^\circ} \cdot \cos 55^\circ$$

$$F_T = 30,74 \text{ N}$$

El torque está dado por:

$$\tau_{Cp} = F_T \cdot r_p$$

τ_{Cp} = Torque para corte de producto

F_T = Fuerza tangencial

r_p = Radio hasta el punto de contacto

$$\tau_{Cp} = (30,74 \text{ N}) \cdot (0,15 \text{ m})$$



$$\tau_{cp} = 4,61 \text{ Nm}$$

9.5.1 Potencia consumida por la cortadora.

Para este caso se establece la velocidad de diseño de 355 rpm, por tanto:

$$P_t = \tau_{cp} \cdot \omega_t$$

ω_t = Velocidad angular del cortador en rad/s Potencia para mover el cortador

TCP = Torque para corte de producto

$$P_t = (4,61 \text{ Nm}) \cdot (37,1755 \text{ rad/s})$$

$$P_m = 171,379 \text{ W}$$

$$P_m = 0,23 \text{ HP}$$

9.6 Relación de transmisión

“Una banda determinada puede manejar mayor potencia, a medida que aumenta la relación de velocidades, hasta una relación aproximada de 3.38”. (Mott, Diseño de Elementos de Máquinas, 4ta Edición, p. 274))

9.6.1 Relación de velocidades entre motor y eje conducido

$$\text{Relación de transmisión} = \frac{\eta_1}{\eta_2}$$

η_1 = Velocidad motor

η_2 = Velocidad eje motriz

$$3,38 = \frac{\eta_1}{300 \text{ rpm}}$$

$$\eta_1 = (3,38) \cdot (355 \text{ rpm})$$

$$\eta_1 = 1200 \text{ rpm}$$

Para la relación entre velocidades y diámetros, la ecuación (7-2) (Mott, Diseño de Elementos de Máquinas, 4ta Edición, p. 270)

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{D_2}{D_1}$$



w_1 = Velocidad motor

w_2 = Velocidad eje motriz

D_1 = Diámetro polea motor

D_2 = Diámetro polea eje motriz

Partimos de una polea conductora de 2,5 in de diámetro

$$\frac{1200 \text{ rpm}}{355 \text{ rpm}} = \frac{D_2}{2,5 \text{ in}}$$

$$D_2 = \frac{(1200 \text{ rpm}) \cdot (2,5 \text{ in})}{355 \text{ rpm}}$$

$$D_2 = 8,45 \text{ in}$$

La polea conducida debe ser de **8,5 in**.

9.7 Transmisión de potencia

14.1 Transmisión potencia eje motor – eje peladora

T_{Em} = Torque eje del motor

τ_{Pp} = Torque eje peladora producto

D_1 = Diámetro polea motor

D_2 = Diámetro polea eje Peladora

$$\frac{\tau_{Pp}}{D_2} = \frac{\tau_{Em}}{D_1}$$

$$\tau_{Em} = \frac{\tau_{Pp}}{D_2} \cdot D_1$$

$$\tau_{Em} = \frac{7,64 \text{ Nm}}{8,5 \text{ in}} \cdot 2,5 \text{ in}$$

$$\tau_{Em} = 2,2470 \text{ Nm}$$

9.7.1 Transmisión potencia eje motor – eje cortadora

τ_{Em} Torque eje del motor

τ_{Cp} Torque eje cortadora producto

D_1 Diámetro polea motor



D2 Diámetro polea eje cortadora

$$\tau_{Em} = \frac{4,61 \text{ Nm}}{8,5 \text{ in}} \cdot 2,5 \text{ in}$$

$$\tau_{Em} = 1,355 \text{ Nm}$$

9.7.2 Par en el eje del motor

$$\tau_{Tem} = 1,355 \text{ Nm} + 2,2470 \text{ Nm}$$

$$\tau_{Tem} = 3,6028 \text{ Nm}$$

9.8 Potencia del motor

$$P_m = \tau_{Em} \cdot \Omega_1$$

$$P_m = (3,6028 \text{ Nm}) \cdot (125,6637 \text{ rad/s})$$

$$P_m = 452,7515 \text{ W}$$

$$P_m = 0.6071 \text{ HP}$$

Teniendo en cuenta la potencia neta encontrada, aplicamos un factor de diseño adecuado para establecer la potencia nominal y de esta forma poder seleccionar el motor más adecuado.

De acuerdo con la información siguiente, extraída del libro Diseño de elementos de máquinas de Robert Mott, seleccionamos un factor de 2.5, que se muestra como en la figura 23.

Figura 23. Factores de diseño

Materiales dúctiles

1. $N = 1.25$ a 2.0 . El diseño de estructuras bajo cargas estáticas, para las que haya un alto grado de confianza en todos los datos del diseño.
2. $N = 2.0$ a 2.5 . Diseño de elementos de máquina bajo cargas dinámicas con una confianza promedio en todos los datos de diseño. Es la que se suele emplear en la solución de los problemas de este libro.
3. $N = 2.5$ a 4.0 . Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquina bajo cargas dinámicas con incertidumbre acerca de las cargas, propiedades de los materiales, análisis de esfuerzos o el ambiente.
4. $N = 4.0$ o más. Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas, con incertidumbre en cuanto a alguna combinación de cargas, propiedades del material, análisis de esfuerzos o el ambiente. El deseo de dar una seguridad adicional a componentes críticos puede justificar también el empleo de estos valores.

Fuente: (Mott, Diseño de elementos de máquinas).



$$P_{nominal} = P_{neta} * F.S$$

$$P_{nominal} = 0,6071 HP * 2,5$$

$$P_{nominal} = 1,5 HP$$

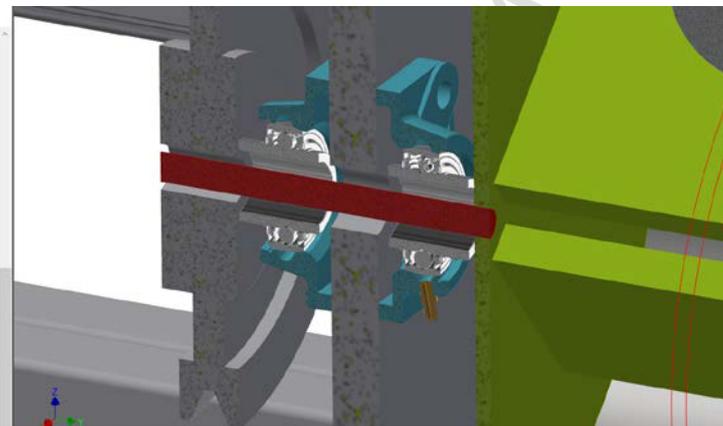
9.9 Diámetro de ejes

Dado que la relación de velocidad es la misma tanto para el eje de la peladora, como para el eje de la cortadora, el diseño que se presenta a continuación, se aplica a ambos elementos

El material se selecciona teniendo en cuenta la disponibilidad en la región y su costo, por tanto, se ha elegido es un AISI/SAE 1045, estirado en frío, con una resistencia a la tracción de 630 Mpa

Para el análisis usamos el software de diseño inventor y aplicamos el método de esfuerzo combinado flexión y torsión

Figura 24. *Análisis del eje*



Fuente: Esta investigación

$$D = \sqrt[3]{\frac{32N^2}{\pi} \sqrt{\left[\frac{K_t \cdot M}{S'_n}\right]^2 + \frac{3}{4} \left[\frac{T}{S_y}\right]^2}}$$

D = Diámetro mínimo requerido

N = Factor de seguridad

K_t = Factor concentrador de esfuerzos



M = Momento flexionante combinado

S'_n = Resistencia a la fatiga

T = Par torsional

S_y = Resistencia a la fluencia

Factor de diseño N

Como se establece en la figura 23, el factor de diseño $N = 2,5$

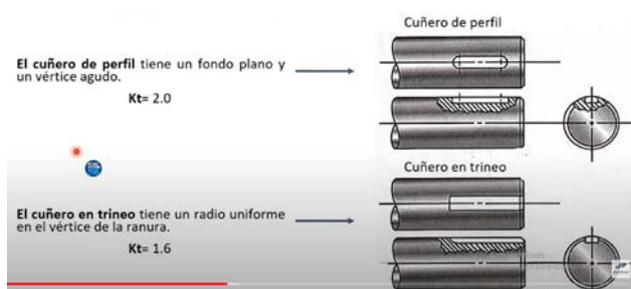
$N = 2.5$

Factor de concentración de esfuerzos K_t

El eje tiene cuñero de trineo, por lo que el factor es de 1,6

$K_t = 1.6$

Figura 25. *cuñeros*

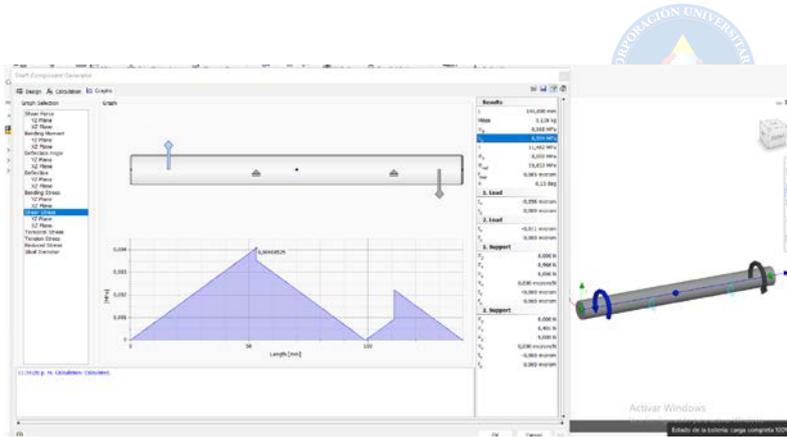


Fuente: (Mott, Diseño de elementos de maquinas, 2006, pág. 541)

Momento flector combinado

Haciendo uso de la herramienta de inventor determinamos el momento flector combinado para el diseño del eje y el torque que está transmitiendo

Figura 26: *Diagrama de momento flector*



Fuente: esta investigación

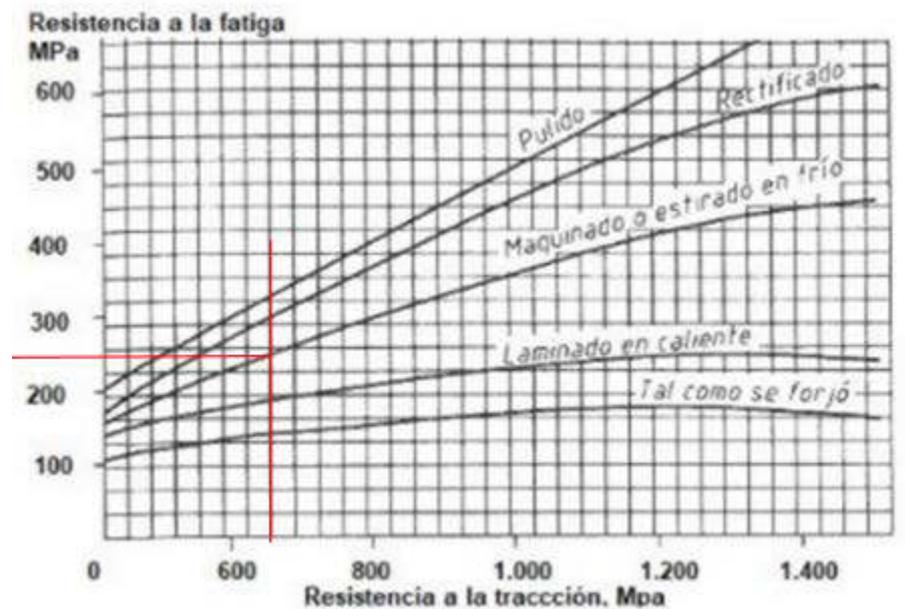
$$M = 0,01371 Nm$$

Resistencia a la fatiga S'_n

Conociendo las características del material seleccionado, se determina, la resistencia a la fatiga

$$\sigma_n$$

Figura 27. Resistencia a la fatiga



Fuente: (Mott, Diseño de elementos de maquinas, 2006, pág. 173)

$$\sigma_n = 250 MPa$$

Aplicamos el factor del material, el cual lo consideraremos como un acero forjado, por lo tanto

$$C_m$$

$$C_m = 1$$



El eje está sometida a flexión invertida por lo que el valor de C_{st} queda

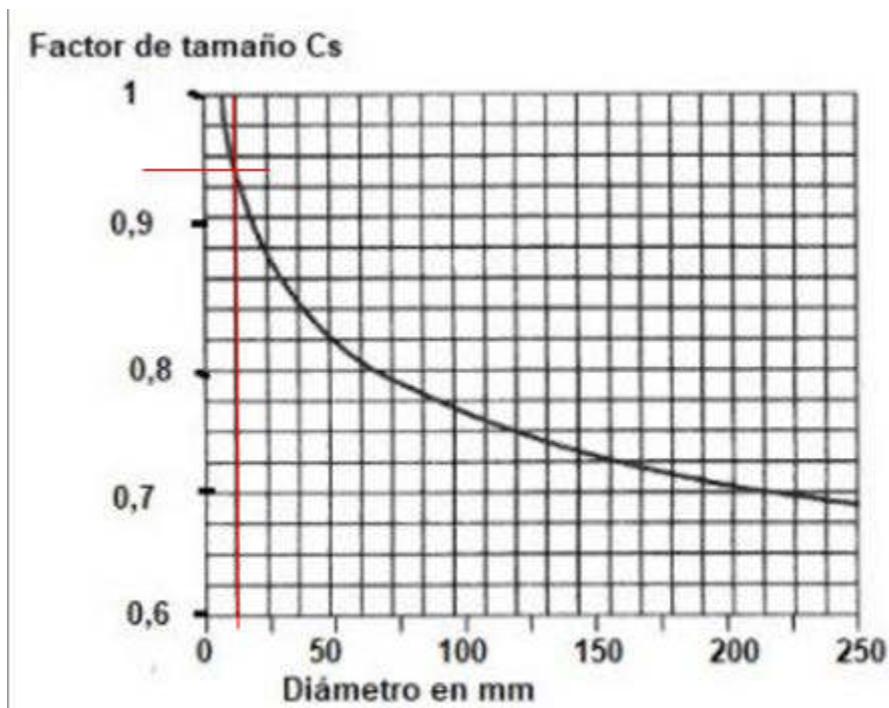
$$C_{st} = 1$$

Supondremos el criterio de confiabilidad del 99 %, por lo que C_r queda

$$C_r = 0,81$$

El factor del tamaño lo definimos para un eje de $\frac{1}{2}$ in de diámetro, por lo que C_s será algo superior a 0,9

Figura 28. Factor de tamaño



Fuente: (Mott, Diseño de elementos de maquinas, 2006, pág. 175)

$$C_s = 0,94$$

$$S'_n = 250 \text{ MPa} * 1 * 1 * 0,81 * 0,94$$

$$S'_n = 190,35 \text{ MPa}$$

Resistencia a la fluencia S_y

Figura 29: propiedades del acero

Acero AISI SAE 1045	
Dureza	163 HB (84 HRb)
Esfuerzo de Fluencia	310 MPa (45000 PSI)
Esfuerzo Máximo	565 MPa (81900 PSI)
Elongación	16% en 50 mm
Reducción de Área	40%
Modulo de Elasticidad	200 GPa (29000 KSI)
Maquinabilidad	57%
Calor Especifico	460 J/(Kg °K)
Densidad	7,87 g/cm ³ (0,284/in ³)
Conductividad Térmica	52 W/(m °C)
Coefficiente de Poisson	0,3

Fuente. (Rodriguez, 2015)

$$S_y = 310 \text{ MPa}$$

Teniendo todos los valores despejamos el diámetro mínimo que se puede obtener con la carga y el material

$$D = \sqrt[3]{\frac{32N^2}{\pi} \sqrt{\left[\frac{K_t \cdot M}{S'_n}\right]^2 + \frac{3}{4} \left[\frac{T}{S_y}\right]^2}}$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{32(2,5)^2}{\pi} \sqrt{\left[\frac{(1,6) \cdot (0,01371 \text{ Nm})}{190,35 \text{ MPa}}\right]^2 + \frac{3}{4} \left[\frac{4,61 \text{ Nm}}{310 \text{ MPa}}\right]^2}}$$

$$D = 0,0090177 \text{ m}$$

$$D = 9,0177 \text{ mm}$$

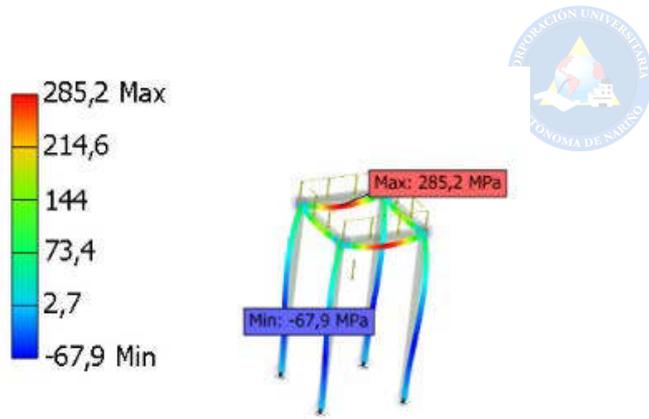
Por tanto, el eje no puede ser menor a **3/8 in**

9.10 Análisis estructural

Partimos del material seleccionado, acero al carbón HR con un perfil de dimensiones

$$2 \times 1 \times 3/16$$

Figura 30: *esfuerzo máximo y mínimo*



Fuente: Esta investigación

Con ayuda del software inventor se muestran las características de la simulación realizada con una carga distribuida constante de 100 N

Figura 31: características obtenidas

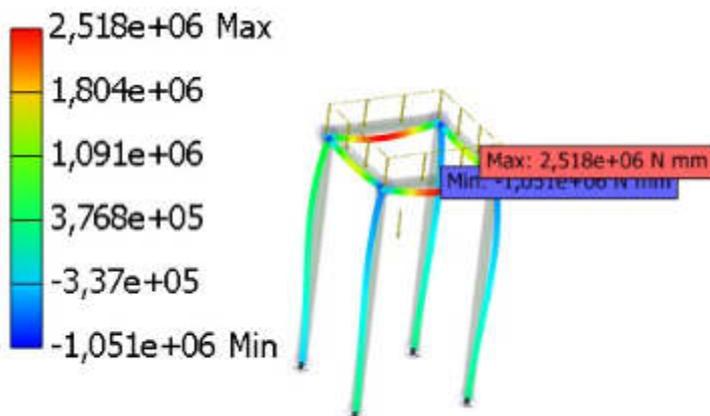
Name	Steel, Mild	
General	Mass Density	7,850 g/cm ³
	Yield Strength	207,000 MPa
	Ultimate Tensile Strength	345,000 MPa
Stress	Young's Modulus	220,000 GPa
	Poisson's Ratio	0,275 ul
Part Name(s)	ANSI 2 x 1 x 3_16 1667541421450.ipt	
	ANSI 2 x 1 x 3_16 1667541421451.ipt	
	ANSI 2 x 1 x 3_16 1667541421452.ipt	
	ANSI 2 x 1 x 3_16 1667541421453.ipt	
	ANSI 2 x 1 x 3_16 1667541961157.ipt	
	ANSI 2 x 1 x 3_16 1667541961158.ipt	
	ANSI 2 x 1 x 3_16 1667542811686.ipt	
	ANSI 2 x 1 x 3_16 1667542852879.ipt	

Continuous Load:1	
Load Type	Continuous Load
Magnitude	100,000 N/mm
Beam Coordinate System	No
Angle of Plane	270,00 deg
Angle in Plane	90,00 deg
Qx	0,000 N/mm
Qy	-100,000 N/mm
Qz	0,000 N/mm
Offset	0,000 mm
Length	400,000 mm
End Magnitude	100,000 N/mm

Fuente: Esta investigación

Se procede analizar el momento flexionante y el esfuerzo para dicha carga teniendo en cuenta que no sobrepase las características del material

Figura 32: momento y esfuerzo

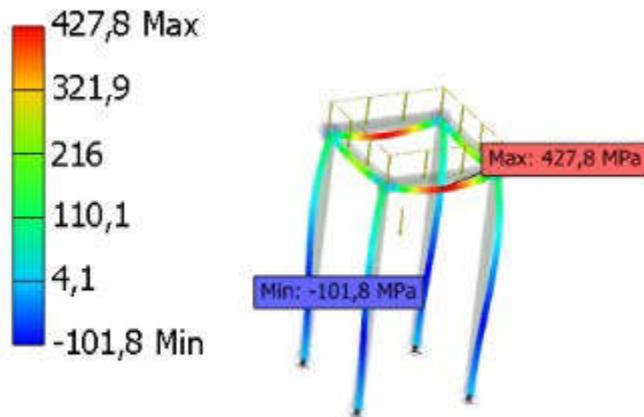




Fuente: esta investigación

Se puede observar que el momento máximo se presenta en la estructura horizontal de la figura 32

Figura 33: *esfuerzo normal máximo*



Fuente: Esta investigación

El esfuerzo máximo normal es de 427.8 MPa y se da en la estructura horizontal, dicho esfuerzo no sobrepasa el esfuerzo máximo permisible, por lo tanto el material seleccionado es adecuado para implementar en el chasis

10. Análisis y Resultados



10.1 construcción

Para la construcción de este prototipo inicialmente se seleccionó materiales, que cumplan con las características de los resultados previamente encontrados y de esta forma obtener mejores resultados, se procede con el corte de lámina en acero inoxidable para la construcción del primer contenedor para el proceso de lavado y pelado junto con el disco giratorio, como se muestra en la figura 34

Figura 34: *contenedor, y disco*



Fuente: Esta investigación

Seguido de esto se procede a realizar la apertura de la compuerta del contenedor por donde tendrá salida la materia prima procesada en la primera sección.

Figura 35: *contenedor*



Fuente: Esta investigación



Seguido de esto se construye la cámara giratoria, cuchilla y chasis preliminar de la sección de corte

Figura 36: *cortadora*



Fuente: Esta investigación

Seguido de esto se procede a instalar el motor en la cortadora con sus respectivas poleas y bandas

Figura 37: *instalación de motor*



Fuente: Esta investigación

Luego se procede a perforar la malla de acero para formar el rallador para ensamblar en el interior del primer contenedor y generar el proceso de pelado



Figura 38: *contenedor y malla*



Fuente: Esta investigación

Por último, se realiza el ensamble y unión de las dos secciones, de lavado, pelado y corte para obtener el prototipo final como se muestra en la figura 39.

Figura 39: *prototipo de maquina*



Fuente: Esta investigación

10.2 Funcionamiento Detallado

Se inicia con la recolección de 5 kg de papa seleccionada que posea las características establecidas, a continuación, se realiza el proceso de llenado al primer contenedor, este se realiza de forma manual, el prototipo se encarga de realizar los procesos de lavado por medio de agua agregada constantemente y pelado por rallador, durante un determinado tiempo.

Luego procede abrirse la compuerta del contenedor para que la materia prima ya lavada y pelada pueda pasar a la siguiente sección de corte, donde se encuentra una cámara giratoria que permite el ingreso del producto y así pueda generarse el corte en hojuelas.

10.3 Costo energético

$$\text{Motor } 3/4 \text{ Hp} = 552 \text{ W/h}$$

Watts a Kilowatts.

$$552 \text{ W/h} * \frac{1 \text{ Kw}}{1000 \text{ W}} = 0.552 \text{ Kw/h}$$

Calculo de energía consumida por el motor

Se obtiene un costo de energía por hora de 0.552 Kw/h, luego se procede a calcular en pesos de la siguiente manera:

$$\text{Costo de 1 Kw/h} = \$ 710.65 \text{ pesos M/C.}$$

$$\text{Costo} = 0.552 \times 710.65 = \mathbf{392.8 \text{ pesos/h}}$$

El motor consume 4.41 Kw en 8 horas, que representado en pesos es de \$3142. Si se necesita un operario para el funcionamiento de la máquina entonces:

$$3142 + 30.000 = \mathbf{33.142 \text{ pesos}}$$

10.4 Eficiencia del prototipo

Pruebas preliminares:

Tabla 13. *Ensayo de pelado en contenedor con rallador, con agujeros de ¼ de pulgada.*

Cantidad	Peso inicial(g)	Peso final(g)	Perdida
1	150	140	10
2	150	144	6
3	150	142	8
Promedio		142	

Fuente: Esta investigación



Tabla 14. *Ensayo de pelado manual.*

Cantidad	Peso inicial(g)	Peso final(g)	Perdida
1	150	125	25
2	100	85	15
3	120	98	22
Promedio			20

Fuente: Esta investigación

Según la tabla 13 y 14, se evidencia que en el pelado manual se producen mayores pérdidas de materia prima, en comparación con el pelado mecánico, ya que en este se ganan 12 gramos de producto final.

Con la tabla 13 se obtiene como resultado una eficiencia del prototipo del 94.6%.

10.5 Ensayo de tiempos de pelado manual vs mecánico

Para esta prueba se realizó un experimento para determinar el tiempo necesario para pelar 1 kilogramo de papa con la colaboración de un usuario que cuenta con años de experiencia en esta labor y hacer la comparación con el pelado mecánico como se muestra en la tabla 15.

Tabla 15: *Ensayo de tiempos de pelado*

Tipo de pelado	Cantidad (kg)	Tiempo (segundos)	Diferencia (segundos)
Manual	1	150	
Mecánico	1	15	

Fuente: Esta investigación

Según la tabla 15 se evidencia que el pelado mecánico es más eficiente frente al pelado manual, ya que, al pelar un kilo de papa, el prototipo resulta ser 10 veces más rápida que una persona promedio para realizar este trabajo.

10.6 Rapidez de corte manual vs mecánico

Para encontrar el tiempo del corte manual se realizó una prueba a una persona con experiencia en el trabajo de tajado manual y se hizo la comparación con el tiempo de corte mecánico como se muestra en la tabla 16.

Tabla 16. *Tiempo de corte.*

cantidad (kg)	Corte manual (seg)	Corte mecánico (seg)	Diferencia (seg)
1	58	12	46

Fuente: Esta investigación

Al realizar el comparativo entre los dos tipos de corte para obtener la diferencia de velocidad, se encontró que el corte mecánico es aproximadamente 5 veces más rápido en comparación con el corte manual.

Prueba de procesos

Figura 40: *resultado del tubérculo lavado y pelado*

Fuente: Esta investigación

Para encontrar el promedio de tiempo que tarda el prototipo en procesar la papa, se realizan 3 pruebas, cada una con 5 kilogramos, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 17. análisis de prueba 1

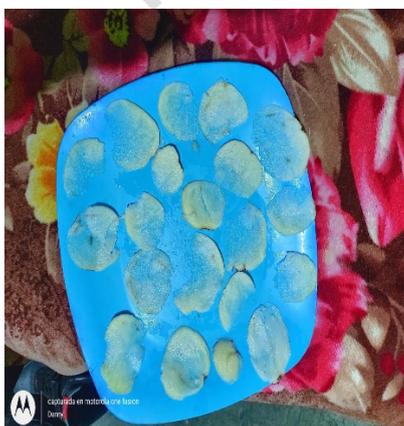
Pruebas	Cantidad (kg)	Tiempo (minutos)	Producto final (kg)	Materia Prima perdida (kg)	Promedio de perdida(kg)
1	5	1.7	4.3	0.7	
2	5	1.8	4.5	0.5	
3	5	1.6	4.6	0.4	0.53
Promedio		1.7	4.5		

Fuente: Esta investigación

Como se evidencia en la tabla 17, se obtiene un promedio de tiempo de 1.7 minutos que tarda el prototipo en realizar los tres procesos: lavar, pelar y cortar papa; con una cantidad de 5 kilogramos y para el producto final se obtiene 4.5 kilogramos de materia prima procesada, dando como resultado una eficiencia del 90%.

11. Resultados de Producto Final

Figura 41: Hojuelas(rodaja) de papa





Fuente: Esta investigación

Como se evidencia en la figura 41, se obtiene un producto final procesado de buena calidad tanto en espesor de la hojuela como en su forma, además la cuchilla de corte se puede calibrar para cambiar el grosor de las hojuelas según el requerimiento del cliente.

También se puede observar que los procesos de la máquina fueron homogéneos, esto permite que al momento de realizar la fritura se obtenga un producto de calidad para la comercialización.

Ventajas al implementar el prototipo

El proceso mecánico de la máquina, garantiza un aumento en la venta del producto final.

- ✓ Menores requisitos de mano de obra.
- ✓ Capacidad de realizar procesos continuos a altas velocidades.
- ✓ Reducción de materia prima.
- ✓ Alto rendimiento en el procesamiento
- ✓ Mejor optimización del tiempo de trabajo

12. Conclusiones y Recomendaciones

12.1. Conclusiones

- ✓ Analizando las problemáticas de la zona se logra identificar las más relevantes, como lo es la comercialización del tubérculo y el precio en el momento de su cosecha, por lo cual es necesario que exista una empresa, la cual pueda comprar este producto y genere una estabilidad en el precio, es por eso que se opta por diseñar una máquina procesadora de papa para esta región.



- ✓ Se investigó diferentes alternativas de pelado, teniendo en cuenta la eficiencia de cada uno de estos y se optó por la solución de pelado por rallador por los resultados obtenidos, se observa que el tiempo de pelado y la calidad de pelado son mejores frente a las otras alternativas.
- ✓ El desarrollo de maquinaria para la industria permite mejorar la eficiencia y producción de materia prima, particularmente en este proyecto se intenta promover el cultivo de papa y mejorar la economía en el sector agrícola para el departamento de Nariño.
- ✓ La construcción de este prototipo cumple con la normativa de materiales para estar en contacto con alimentos.
- ✓ En la sección de corte se observa que a mayor número de revoluciones la hojuela de papa resulta más delgada y tarda menos tiempo para realizar dicho proceso.
- ✓ El proceso de pelado y corte genera algunos residuos que pueden almacenarse en diferentes secciones de la máquina, por lo que es importante estar agregando agua continuamente y producir un lavado general de las piezas de la máquina.

12.2. Recomendaciones

- ✓ Cuando se realice el lavado completo del prototipo tener cuidado de no dejar caer agua sobre el motor.
- ✓ Si en el lugar donde se pondrá en marcha la máquina, hay voltaje 220 V, se debe realizar el cambio de voltaje en el motor para obtener un mejor desempeño durante largas jornadas de trabajo.
- ✓ Se puede hacer uso de los elementos por separado, tanto como la peladora y cortadora de papa.



- ✓ En el momento de realizar el corte evitar que las papas ingresen en números superiores a 3
- ✓ Leer anexo 3

12. Anexos.

Anexo 1. Planos de prototipo de máquina lavadora, peladora y cortadora de papa

Anexo 2. Entrevista a paperos

Anexo 3. Manual de uso y mantenimiento de prototipo de máquina lavadora, peladora y cortadora de papa

PROHIBIDA SU COPIA

13. Referencias



(1969), K. &. (2002). citado por Lozano (2002).

calculartodo. (2020). *calculartodo*. www.calculartodo.com/mecanica/potencia-par-velocidad-angular-php

Centro Administrativo Municipal . (2019, 05 28). *nuestro municipio*. <http://www.iles-narino.gov.co/municipio/nuestro-municipio>

China, M. i. (2020). <https://m.made-in-china.com/product/FC-501-Ginger-Shredder-Ginger-Cutting-Machine-Ginger-Cutter-Ginger-Slicer-855810035.html>

CIP centro internacional de la papa. (2019). *CIP centro internacional de la papa*. Retrieved from CIP centro internacional de la papa: <https://cipotato.org/es/potato/potato-facts-and-figures/>

Fedepapa. (2020, 05). *Fedepapa*. <https://fedepapa.com/wp-content/uploads/2021/09/NARINO-2020.pdf>

FINAGRO. (2021). <https://www.finagro.com.co/noticias/sector-papero-se-prepara-para-aumentar-el-consumo-de-papa-en-colombia>

Geicom. (2020). *Sistemas de flujo*. <https://blog.geicom.com/es/tipos-de-transportadores-usos-y-aplicaciones>

Germán V. Buitrago, A. P. (2015). Artículo “Determinación de las características físicas y propiedades mecánicas de la papacultivada en Colombia”,. *Revista Brasileña Ingeniería Agrícola e Ambiental*.

GGB. (2019). Retrieved from <https://www.ggbearings.com/es/por-que-elegir-ggb/preguntas-frecuentes/cojinetes/que-son-los-cojinetes-radiales-y-axiales>

INDUSTRIES, K. M. (2022). *Rodamientos de bolas*.



<https://www.directindustry.es/prod/kml-motion-industries-co-ltd/product-58775-1160161.html>

Kanafojski & Karwoski (1969). (2002). citado por Lozano .

Kanafojski & Karwoski (1969), c. p. (n.d.).

Kanafojski & Karwoski (1969), c. p. (n.d.).

mecánica, i. (2013). *ingeniería mecánica*.

<https://ingenieroenmecanica.blogspot.com/2014/03/esfuerzo-anular-i.html>

Mott, R. (n.d.). *Diseño de Elementos de Máquinas, 4ta Edición, p. 274*).

Mott, R. (2006). *Diseño de elementos de maquinas*. Mexico: PEARSON.

Mott, R. (n.d.). *Diseño de elementos de máquinas*.

Patiño, M. C. (2016). *diseño de una maquina para pelado y corte de papa*. Colombia.

Pinos Solis, W. P. (2011). *Estudio del sistema de pelado de papas para disminuir el tiempo de preparación de papas fritas en la empresa de comida rápida PILITA*. Ambato - Ecuador.

products. (2019). *products*. <https://www.materialmundial.com/inox-ss316-aisi-astm-acero-inoxidable-316-ficha-tecnica->

Robert Mott. (n.d.). *Diseño de elementos de máquinas*.

Rodriguez, D. (2015). *ingeniería de los materiales*.

<http://ingenieriadelosmaterialess.blogspot.com/2015/11/acero-1045-ficha-tecnica.html>

SKF. (2021). <https://www.skf.com/co/products/rolling-bearings/ball-bearings/thrust-ball-bearings>

VALVERDE, K. (2015, noviembre 12). *SCRIBD*. <http://ilesnari.blogspot.com/2015/>

web, C. t. (2020, 05 22). *Colombia turismo web*.

<http://www.colombiaturismoweb.com/DEPARTAMENTOS/NARINO/MUNICIPIOS/ILES/ILES.htm>



PROHIBIDA SU COPIA