

FECHA	25 DE OCTUBRE DE 2010
-------	-----------------------

NÚMERO RA	
PROGRAMA	ING. MECATRÓNICA

AUTORES	ESCUDERO Alejandra; MARIN Mayra y SANIN Wilmar.
TÍTULO	Diseño y construcción de una máquina automática para desmechar carne.

PALABRAS CLAVE	Desmechadora, maquina, automática, carne, plc, automatización, alimentos.
DESCRIPCION	Se presenta, el diseño y construcción de una maquina automatizada para desmechar carne de res. Se encuentra el procedimiento para encontrar un mejor mecanismo para esta labor y su implementación, así mismo el acople de los sistemas mecánicos, eléctricos y de control.
FUENTES BIBLIOGRÁFICAS	<p>[1] AMERLING, c. Tecnología de la carne y de los productos cárnicos. España: Euned, 2001. P. 24, 25, 26, 178.</p> <p>[2] HIBBELER, R.C. Mecánica de materiales. Mexico: Pearson, 2006. P. 543.</p> <p>[3] HUBER, F. BASTIAN, P. y JAUFMANN, N. Electrotecnia. España: Akal, 1996. P. 91, 404.</p> <p>[4] HYDE, J. REGUÉ, J. y CUSPINERA, A. Control electro-neumático y electrónico. España: Marcombo, 1997. P. 112.</p> <p>[5] MARTÍN, J.C. y GARCIA, M. P. Automatismos industriales. Mexico: Editex, 2001. P. 283, 261.</p> <p>[6] MORENO, B. Higiene e inspección de carnes. España: Díaz de Santos, 2006. P. 40.</p> <p>[7] RANKEN, M. D. Manual de industrias de la carne. España: Mundiprensa, 2003. P. 29.</p> <p>[8] SCHMIN, K. Manufactura Ingeniería y tecnología. México: Pearson, 2002. P. 1029.</p> <p>[9] SHIGLEY, J.E. Diseño en ingeniería mecánica. México: McGraw-Hill, 1985. P. 248, 249 y 250.</p> <p>[10] TOLEDO, R. Fundamentals of food process engineering. USA: Aspen publisher, 1999. P. 282.</p> <p>[11] http://vhost003117.vhost.cantv.net/informativas/gastronomia/html/Coc02.html. (3 agosto 2010, 3:15 pm)</p> <p>[12] http://www.tucuy.com/print.php?c=DOC00179&t=0. (24 abril 2010, 5:15 pm)</p> <p>[13] http://www.ccamx.com.mx/s_fotoelectricos.html (13 junio,</p>

	2010, 8:30 pm) [14] http://www.donosgune.net/2000/gazteler/sensor.htm (17 junio, 2010, 7:15 pm)
--	--

NÚMERO RA	
PROGRAMA	ING. MECATRÓNICA

CONTENIDOS	<p>El <i>diseño y construcción de una máquina para desmechar carne</i>, es una propuesta innovadora para implementar en la industria de alimentos, empleándose como una herramienta básica en algunos procesos de manufactura, debido a que hasta el momento en el país se han venido desarrollando manualmente.</p> <p>La automatización de estos procesos, es una solución a la demanda de carne desmechada para grandes empresas comercializadoras de alimentos tales como restaurantes de comida mexicana, productores de pizza entre otros; los cuales necesitan gran cantidad de carne desmechada diariamente pero sin contar con una máquina que les permita una facilidad técnica y la disminución de costos por mano de obra.</p> <p>La implementación de una máquina de desmechado de carne, permitirá ofrecerle al mercado actual una mayor competitividad en cuanto a la producción y nivel de higiene, puesto que este proceso no se realizará manualmente. Con base en este análisis se ve la favorabilidad para que las empresas interesadas en este proceso adopten la automatización industrial con visión de desarrollo, modernismo y optimización al proceso.</p> <p>Considerando este proyecto como un paso para la formación de excelentes profesionales, finalmente se obtiene una máquina desmechadora de carne con la que se pretende impactar, en cuanto a la producción en la industria cárnica.</p>
------------	--

NÚMERO RA	
PROGRAMA	ING. MECATRÓNICA

CONCLUSIONES	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Los requerimientos necesarios para la implementación de la máquina en cuanto al proceso de producción de la carne fueron desarrollados utilizando diferentes métodos, llegando a cumplir con las metas propuestas en cuanto a la calidad del producto (carne desmechada). ▪ Un factor fundamental en el diseño de la máquina fue la velocidad que se le aplica, puesto que este factor influyó mucho en la calidad de desmechado de la carne, de esta manera se alcanzó un desmechado óptimo. ▪ En cuanto a la selección de los componentes, se puede concluir que el trabajo con maquinaria especializada para la producción cárnica puede llegar a ser bastante costoso, puesto que las leyes y normas de higiene así lo requieren. De esta manera se llegó a profundizar en el tema de investigación utilizando componentes con las especificaciones requeridas para el desarrollo ingenieril de la máquina. ▪ Se logró automatizar la máquina desmechadora de una forma eficiente y óptima, dando como resultado un producto de calidad abierto a las puertas de la industria colombiana. ▪ Finalmente se puede llegar a concluir que a nivel mundial existe una creciente demanda de carne desmechada, es por esto que se ha creado una máquina para la comercialización de la misma, siendo una excelente alternativa económica para el productor.
--------------	--

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA DESMECHAR CARNE

**ALEJANDRA ESCUDERO CHAVERRA
MAYRA GISELLE MARÍN CASTAÑO
WILMAR ANDRES SANÍN MORA**

**UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA
BOGOTÁ D.C.
2010**

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA DESMECHAR CARNE

**ALEJANDRA ESCUDERO CHAVERRA
MAYRA GISELLE MARÍN CASTAÑO
WILMAR ANDRES SANÍN MORA**

**Trabajo de grado como requisito para obtener el título de Ingenieros
Mecatrónicos**

**Director
Ingeniero Carlos González**

**Asesor Metodológico
Dra. Patricia Carreño Moreno**

**UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA
BOGOTÁ D.C.
2010**

AGRADECIMIENTOS

A medida que el proyecto se fue desarrollando, se contó con el apoyo de muchas personas que sin ninguna objeción decidieron colaborar en diferentes aspectos. Es por esto que les agradecemos considerablemente su contribución con el proyecto.

En primera instancia le queremos agradecer a la Universidad San Buenaventura por ponernos en disposición los diferentes tutores de área y laboratorios dispuestos para poder llevar a cabo diferentes pruebas que en su momento requirió el proyecto.

Quedamos inmensamente agradecidos con nuestro director de tesis. El Ing. Carlos Gonzales, por su disposición, acompañamiento, sugerencias, y correcciones durante la ejecución del proyecto, así como también su calidad humana.

Al Ing. Leonardo Rodríguez, quien nos brindó su apoyo y conocimientos concernientes al proceso de automatización de la máquina desmechadora; dándonos una orientación clara y objetiva.

Al Ing. Antonio Ariza, quien nos brindo su total apoyo, así mismo al personal de Imeteco AA. S.A.S quienes nos colaboraron en cuanto a la construcción de la máquina.

Al Ing. Luis Humberto director del hangar de la Universidad de San Buenaventura , quien nos facilitó las herramientas del hangar de una manera amable, así como también a Nelson y a Oscar, quienes cordialmente nos aportaron apoyo y conocimiento en cuanto a la construcción de la máquina.

Finalmente, le queremos agradecer a la Dra. Patricia Carreño, por asesorarnos en cuanto a la metodología del proyecto, fue de de gran aporte para la buena presentación final del proyecto.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	12
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.1. DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	13
1.2. ANTECEDENTES	13
1.2.1. Desfilador de carnes	13
1.3. JUSTIFICACIÓN	14
1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	15
1.4.1. Objetivo General	15
1.4.2. Objetivos específicos.	15
1.5. ALCANCES Y LIMITACIONES PROYECTO	16
1.5.1. Alcances	16
1.5.2. Limitaciones.	16
2. MARCO DE REFERENCIA	17
2.1. MARCO CONCEPTUAL	17
2.1.1. La carne	17
2.1.2. Piezas Industriales	17
2.1.3. Componentes de la carne	17
2.1.4. Elaboración de productos cárnicos	18
2.1.5. Características de la carne	18
2.1.6. Consumo directo en fresco	19
2.1.7. Dureza de la carne	20

2.1.8. Carne para la industrialización	21
2.1.9. La carne mechada	22
2.2. MARCO TEÓRICO	23
2.2.1. Teorías de falla mecánica	23
2.2.2. Bandas transportadora para carne	25
2.2.3. El PLC	26
2.2.4. Sensor fotoeléctrico de luz infrarroja	27
2.2.5. Contactores y relés	28
2.2.6. Guardamotor	28
2.2.7. Sensor final de carrera o de contacto	29
2.3. MARCO LEGAL O NORMATIVO	29
2.3.1. Generalidades sobre normas	29
2.3.2. Normas en productos cárnicos	29
3. DESARROLLO INGENIERIL	33
3.1. PROBLEMA	33
3.2. SELECCIÓN DEL MEJOR MECANISMO	33
3.2.1. Posibles mecanismos	33
3.2.2. Selección mejor mecanismo	36
3.2.3. Parámetros de diseño considerados	36
3.2.4. Valoración mecanismo	37
3.2.5. Solución viable	42
3.3. DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN	42
3.3.1. Diseño de la mejor solución	42
3.4. DISEÑO ELECTRÓNICO Y DE CONTROL	101
3.4.1. Proceso analítico del control de la máquina	101
3.4.2. Pruebas de laborator	103

3.4.3. Resultados de las pruebas	104
3.4.4. Proceso analítico del programa	104
3.4.5. Elementos utilizados en la caja de control	113
3.4.6. Protecciones.	115
3.4.7. Selección del conductor para el motor.	115
3.4.8. Selección del conductor para el tablero de control	115
4.4.9. Cálculos de caída de tensión para señales externas al tablero de control	116
4. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	119
5. CONCLUSIONES	121
6. RECOMENDACIONES	122
BIBLIOGRAFÍA	123
GLOSARIO	125

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Desfilador de carne	14
Figura 2 Cortes de la carne	22
Figura 3 Carne Desmechada	23
Figura 4 Comparación Teorías De Falla	24
Figura 5 Esquema del PLC	27
Figura 6 Sensores fotoeléctricos	27
Figura 7 Guardamotor	28
Figura 8 Sensor de contacto	29
Figura 9 Mecanismo (1) Discos de desmechado	33
Figura 10. Mecanismo (2) Rodillos de desmechado	34
Figura 11 Mecanismo (3) Rejilla ultra delgada.	35
Figura 12 Mecanismo (3) Rejilla ultra delgada	36
Figura 13 Prototipo (1) Prueba del mecanismo (2) con un solo rodillo	43
Figura 14 Prototipo (1) con pared fija	44
Figura 15 Aprisionamiento de la carne en los ganchos	44
Figura 16 Esquema de prueba para determinación del torque necesario de la máquina para desmechar la carne	45
Figura 17 Prototipo (2)	47
Figura 18 Prototipo (2) y resultados de desmechado de carne	50
Figura 19 Prototipo (3)	50

Figura 20 Resultados con taches de 9 mm de diámetro	51
Figura 21 Prototipo (4)	52
Figura 22 Prototipo (4) con relación de poleas	52
Figura 23 Resultado experimental con relación 1 de poleas	53
Figura 24 Prototipo (4) con relación de poleas	54
Figura 25 Resultado experimental con relación 2 de poleas	55
Figura 26 Prototipo (4) con relación de poleas	55
Figura 27 Resultado experimental con relación de poleas	56
Figura 28 Resultado experimental con taches 24 mm	57
Figura 29 Medición factor de potencia	60
Figura 30 Especificaciones del eje a analizar	62
Figura 31 Peso de un tache	66
Figura 32 Eje calculado estáticamente	73
Figura 33 Círculo de Mohr sección C con unión en B	77
Figura 34 Círculo de Mohr Sección C con unión en F	81
Figura 35 Círculo de Mohr sección A	85
Figura 36 Círculo de Mohr sección F	89
Figura 37 Círculo de Mohr sección B	93
Figura 38 PLC Logo 12/24	103

Figura 39 Pruebas del programa	103
Figura 40 Gabinete de control	104
Figura 41 Esquema de entradas y salidas del PLC	105
Figura 42 Inicio máquina	106
Figura 43 Detección de carne	107
Figura 44 Después de 10 segundos	107
Figura 45 Después de 20 segundos	108
Figura 46 Paro de la máquina. (Luz roja encendida)	108
Figura 47 Parada con trozo de carne en proceso	109
Figura 48 En caso de emergencia (Luz roja intermitente encendida)	109
Figura 49 Estado en modo manual (selector en modo manual)	110
Figura 50 Inicio en modo manual	111
Figura 51 Paro de la máquina en modo manual	111
Figura 52 Paro de emergencia en modo manual	112
Figura 53 Sensor fotoeléctrico	113
Figura 54 Sensor de contacto	113
Figura 55 Contactor	114
Figura 56 Guardamotor	114
Figura 57 Cálculo de la resistencia entre el PLC y el relé	116
Figura 58 Cálculo de la resistencia desde el sensor al PLC	118

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Contenidos de tejido conectivo de la carne	21
Tabla 2 Ventajas y desventajas del mecanismo (1)	38
Tabla 3 Ventajas y desventajas del mecanismo (2)	39
Tabla 4 Ventajas y desventajas del mecanismo (3)	40
Tabla 5 Ventajas y desventajas del mecanismo (4)	41
Tabla 6 Detalle de relación entre carne y peso para cálculo del torque de la carne	45
Tabla 7 Resultado de desmechado para distancia de 5 mm entre taches	49
Tabla 8 Resultado de desmechado para distancia de 9 mm entre taches	49
Tabla 9 Comparación acero AISI 1020 y AISI 304	58
Tabla 10 Resistencias de calibres AWG	116

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A Diagrama de flujo Máquina desmechadora	126
Anexo B Programa Máquina Desmechadora	127
Anexo C Manual de armado y mantenimiento	128
Anexo D Diagrama de flujo para cálculo de rodamientos	139
Anexo E Planos mecánicos de la máquina	141
Anexo F Plano Eléctrico de la máquina	142

INTRODUCCIÓN

El *diseño y construcción de una máquina para desmechar carne*, es una propuesta innovadora para implementar en la industria de alimentos, empleándose como una herramienta básica en algunos procesos de manufactura, debido a que hasta el momento en el país se han venido desarrollando manualmente.

La automatización de estos procesos, es una solución a la demanda de carne desmechada para grandes empresas comercializadoras de alimentos tales como restaurantes de comida mexicana, productores de pizza entre otros; los cuales necesitan gran cantidad de carne desmechada diariamente pero sin contar con una máquina que les permita una facilidad técnica y la disminución de costos por mano de obra.

La implementación de una máquina de desmechado de carne, permitirá ofrecerle al mercado actual una mayor competitividad en cuanto a la producción y nivel de higiene, puesto que este proceso no se realizará manualmente. Con base en este análisis se ve la favorabilidad para que las empresas interesadas en este proceso adopten la automatización industrial con visión de desarrollo, modernismo y optimización al proceso.

Considerando este proyecto como un paso para la formación de excelentes profesionales, finalmente se obtiene una máquina desmechadora de carne con la que se pretende impactar, en cuanto a la producción en la industria cárnica.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Hasta el día de hoy en el país, el desmechado de carne se desarrolla únicamente de forma manual, siendo este un proceso lento y de baja capacidad de producción; por otra parte el mercado actual de alimentos cárnicos, se encuentra en un momento de alta demanda por lo cual es necesario la implementación de una máquina automática que cumpla con los requerimientos de producción de este tipo de carne para la producción de diferentes clases de comidas a nivel mundial.

La carne desmechada es un producto que hace parte de la gran variedad de platos culinarios en el ámbito internacional, haciendo de este tipo de carne un ingrediente principal en su desarrollo, pero a su vez es un ingrediente que para grandes cantidades se convierte en un proceso desgastador y difícil de obtener, siendo necesario el empleo de gran cantidad de mano de obra que pueda suplir con la demanda, lo que genera mayor costo y una menor ganancia; llevando a la formulación de la siguiente pregunta:

Con base a lo anterior, el problema se puede enmarcar de la siguiente manera: ¿Cómo diseñar y construir una máquina automatizada para el desmechado de carne enfocada a producciones de nivel industrial que sea versátil, de bajo costo y de fácil implementación?

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. Desfilador de carnes. Esta máquina se implementa Para desmenuzar carnes, entre sus características más usuales se encuentra que la estructura es en acero SAE 1020, y la cubeta da desmechado en acero inoxidable 304, al mismo tiempo que las palas de desfilamiento, la tapa es en aluminio pulido con sistema de seguridad , también tiene reducción de velocidad por medio de poleas con correas y rodamientos blindados

Figura 1. Desfilador de carne



Fuente: http://mercantilizambrano.com/web/components/com_virtuemart/shop_image/product/Desfriador_de_Ca_4b992dcd9343e.jpg (Abril 15, 2010)

1.3. JUSTIFICACIÓN

El presente proyecto surge con la necesidad de obtener grandes cantidades de carne desmechada, de una manera fácil y rápida, así mismo proporcionar un mejor higiene en el proceso, logrando obtener carne desmechada con mayor durabilidad y calidad.

Siendo la carne un gran elemento en la nutrición de los seres humanos, y de fácil descomposición, se desea implementar una propuesta innovadora y única en el mercado, la cual brindará una confiable producción.

La creación de una máquina desmechadora de carne automática integra diferentes sistemas haciendo de esta una herramienta indispensable en la industria alimentaria. Es así como se ofrece una solución a las numerosas industrias que, por sus características de procesamiento, necesitan realizar un control rápido y seguro.

A causa de ello, existirán diferentes empresas que obtendrán un alto nivel de competitividad en el mercado, debido a que la calidad de sus productos hará que se vean obligados a automatizar los procesos industriales.

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo general. Diseñar y construir una máquina automática para el desmechado de carne.

1.4.2. Objetivos específicos.

- Analizar el proceso de producción de la carne.
- Diseñar una secuencia mecánica para el proceso de desmechado de carne.
- Determinar y seleccionar, cada uno de los componentes de la máquina, teniendo en cuenta criterios de higiene y rendimiento mecánicos.
- Seleccionar los elementos electro-mecánicos, como motores y actuadores según la potencia necesaria para implementar en el proceso.
- Diseñar un sistema electrónico viable para ser implementado en el sistema mecánico.
- Diseñar un sistema de control adecuado a la máquina, el cual asegurará el correcto funcionamiento del conjunto.
- Diseñar un sistema robusto de comunicación operario-máquina, para un mejor desempeño y rendimiento.
- Acoplar idealmente los sistemas mecánicos, electrónicos y de control.
- Implementar el sistema de control a la máquina, el cual permitirá obtener un sistema confiable y seguro para la industria.
- Realizar pruebas de confiabilidad y ajustes finales de la máquina.

1.5. ALCANCES Y LIMITACIONES PROYECTO

1.5.1. Alcances. El proyecto culmina con la construcción de la máquina desmechadora y con la obtención de un desmechado de carne uniforme teniendo en cuenta un grosor aproximado de mm por cada hebra.

Se debe tener en cuenta que solamente las partes de la máquina que tengan contacto con la carne se realizarán en acero inoxidable; puesto que este es el material autorizado para trabajar con procesos alimenticios.

Con base en el estudio de empresas que probablemente harán uso del mecanismo de desmechado de carne, se toma como referencia la empresa PRESTO debido a que en su proceso de distribución de productos alimenticios, la carne desmechada es utilizada en gran porcentaje, siendo su necesidad de 60kg/hora aproximadamente; por esta razón se implementará un desmechado de carne mínimo de 25 g/s (90kg/hora).

1.5.2. Limitaciones.

- La máquina solamente recibe carne pre-cocinada, en trozos y sin ningún otro aderezo (huesos, nervios, etc.)
- La máquina está diseñada para desmechar solamente carne fibrosa como por ejemplo el pecho y la falda de la res, no se asegura un desmechado de buena calidad para otro corte de res.
- La máquina no hace registros de velocidad, tiempo y cantidad de carne con el fin de optimizar costos.
- La máquina no contiene variador de velocidad, ella siempre procesa a una velocidad constante.

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1. MARCO CONCEPTUAL

2.1.1. La carne. Según la legislación vigente en la unión europea la carne se define como todas las partes aptas para el consumo humano de animales domésticos de la especie bovina, porcina, ovina, y caprina, así como de solípedos domésticos (el caballo por ejemplo).

Y como carnes frescas se consideran aquellas que no hayan sufrido ningún tratamiento más que el frío, (incluidas las envasadas al vacío o en atmósfera controlada), con el fin de asegurar su conservación.

2.1.2. Piezas industriales. Es para tener en cuenta el concepto de las Carnes “nobles” y “menos nobles”:

Las piezas nobles son las que tienen la más alta consideración por los jefes de cocina y gastrónomos, ya que tienen elevado contenido de músculo, cantidades pequeñas de grasa, bajo contenido de tejido conectivo,; esto hace que la cocción de la carne se facilite. Estas piezas provienen del cuarto posterior del animal

La carne con estas propiedades es:

- Fácil de cocer, asar, hacer a la parrilla.
- Tierna, cuando se somete a cocción ligera.
- Altamente considerada y por lo tanto de precio alto.

Las piezas “menos nobles”, tienen las características opuestas a las anteriores y son las que normalmente se usan en la industria, por lo tanto tienen tejido conectivo fuerte (por tanto duras), son también capas más o menos gruesas de grasa entre los músculos.

2.1.3. Componentes de la carne. La carne se compone de: Un mecanismo contráctil consistente en proteína miofibrilla (actina, miosina, etc.), en forma de múltiples fibrillas, fibras y haces de fibras. Cada uno de estos mecanismos contráctiles se encuentra encerrado en redes (tejido conectivo), consistentes en colágeno y elastina. Rodeado por un fluido (sarcoplasma), compuesto de

agua, proteína sarcoplasmática, y otras sustancias solubles, tales como mioglobina, sales, vitaminas, etc.

2.1.4. Elaboración de productos cárnicos. Cuando la carne es industrializada para elaborar productos cárnicos, cuatro factores primarios han de tenerse en cuenta que son:

- **Humedad.** El contenido natural de humedad de la carne y el de algunos líquidos adicionales en la receta, deberán manejarse en un porcentaje óptimo durante el proceso de elaboración (importante para el rendimiento y calidad del producto final), y a lo largo de las fases de distribución, almacenamiento y de alguna eventual cocción por el consumidor.
- **Grasa.** El contenido de grasa natural de la carne, deberá mantenerse en una proporción máxima y óptima todo el tiempo.
- **Tejido conectivo.** Donde el producto contiene parte de tejidos conectivos más duros, estos se deberán presentar en forma más aceptable.
- **Cohesión.** El producto deberá mantener su integridad física.

2.1.5. Características de la carne. Cuesta mucho valorar la calidad de la carne y sus derivados, ya que son varios los factores que influyen sobre esta, tales como:

- Tipo y trato del animal antes de la muerte.
- Método de matanza.
- Características de las piezas canales.
- Tipo de músculo en las canales.
- Composición química.
- Estructura de la carne (tipo de tejido, tipo de músculo).
- Función del músculo.
- Cambios e intensidad de los procesos postmortem.

- Procesos industriales.
- Métodos de preservación.
- Higiene de los procesos.

Es por esto que al industrial le interesa conocer las características de calidad de la carne desde dos puntos de vista: el consumo directo en fresco y su industrialización.

2.1.6. Consumo directo en fresco. La carne que comúnmente se vende en los expendios y carnicerías, es la que se conoce como el consumo directo en fresco, donde el comprador es sumamente exigente, por lo que esta debe reunir una serie de características para su adquisición.

Los factores de calidad más importantes son el color, la textura, el aroma, y el sabor:

- **Color:** La carne fresca presenta el color rojo propio de la mioglobina. Al cortar la carne y entrar en contacto su superficie con el aire, adquiere un tono más brillante, característico de la oximioglobina. La estabilidad de esta depende especialmente de las cantidades de oxígeno y de sustancias reductoras presentes en los tejidos, ya que de existir la presencia de estos, se inicia la formación de metamioglobina, que da un color pardo.
- **Textura y dureza:** la textura es una característica que se relaciona con la cantidad de tejido perimisio que rodea a cada haz de fibras y el tamaño de los haces.

La dureza se mide con respecto a tres factores: primero que todo la facilidad con que los dientes penetran la carne, en segundo lugar a la facilidad con que la carne se divide en fragmentos; y en tercer lugar, a la cantidad de residuo que queda después de la masticación.

A la dureza de la carne contribuyen tres tipos de proteínas: las del tejido conectivo, las de la miofibrilla, y las del sarcoplasma.

Las condiciones ante y postmortem que inciden en la duración del rigor mortis y la aparición de la maduración, son factores importantes de los que depende la textura y dureza de la carne.

- **Aroma y sabor:** La carne fresca en estado crudo tiene un olor muy ligero, semejante al ácido láctico comercial.

En la carne de res, el aroma está compuesto principalmente por compuestos cíclicos que contienen azufre y nitrógeno.

La conservación prolongada determina la aparición de olores y sabores extraños producto de la degradación de las proteínas, de la grasa, sabores rancios, y debido a la acción de los microorganismos, olores y sabores ácidos.

2.1.7. Dureza de la carne. La dureza de la carne se debe normalmente a los siguientes factores:

- Compresión de la estructura muscular al contraerse el sistema actomiosina.
- Contracción y estrechamiento de la red del tejido conectivo de las vainas musculares.

Para la disminución del endurecimiento de la carne se puede llevar a cabo los siguientes métodos:

- **Procedimiento de estiramiento:** colgar la carne del hueso isquion (suspensión pelviana) inmediatamente después del sacrificio, de tal forma que los músculos se estiren, mejorando la ternura.
- **Tratamiento de la carne en “caliente”.** Se proporciona carne con gran capacidad de retención de agua, además si se proporciona sal, se previene la contracción.
- **Estimulación eléctrica.** Al realizar descargar eléctricas después del sacrificio, la carne se puede enfriar fácilmente, sin llegar a endurecerse.

Aparte del tejido conectivo, también se debe tener en cuenta los tendones, cartílagos, vainas y paredes; en la siguiente tabla se podrá ver algunos contenidos de estos, observando la variación de cada caso.

Tabla1. Contenidos de tejido conectivo de la carne.

	Tejido conectivo húmedo, % de carne magra	
	Media	Rango
Carne de vaca	5.1	0.9-9.3
Magro 75/85	7.9	5.8-10.0
Recortes de pescuezo	10.8	9.7-11.9
Diafragma	8.4	3.5-13.3
Papadas	15.2	9.6-20.2
Cabeza	14.0	8.9-19.1
Costillar	12.0	6.2-17.8
Morcillos	13.0	5.5-20.5

Fuente: RANKEN, M. D. Manual de industrias de la carne. España: Mundiprensa, 2003. P. 29.

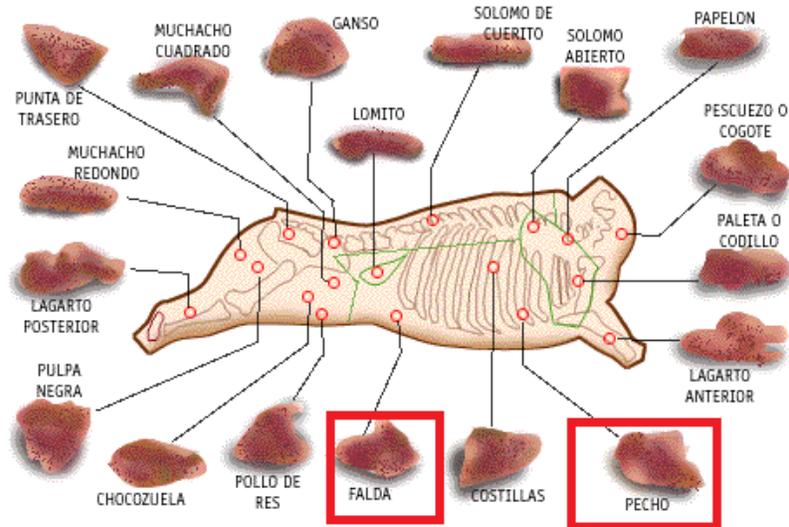
2.1.8. Carne para industrialización. “Los factores de calidad que se toman en consideración son las propiedades funcionales de las proteínas en lo que respecta a su capacidad de retención de agua y a su poder gelificante y emulsificante. Como capacidad de retención de agua se entiende el porcentaje de esta que queda retenida cuando la carne se somete a fuerzas externas tales como las de corte, trituración, calentamiento y presión”¹ .

Cocción. Al cocer a aproximadamente 65° C el colágeno y la elastina, encogen, aumentando la rigidez y dureza aparente, pero a 80° C el colágeno empieza a hidrolizarse en gelatina contribuyendo a que se ablande la carne.

En Colombia el corte de carne más utilizados para el desmechado de la carne son el pecho, falda.

¹ RANKEN, M.D. Manual de industrias de la carne. España: Mundiprensa, 2003. P. 29.

Figura 2. Cortes de la carne



Fuente: <http://vhost003117.vhost.cantv.net/informativas/gastronomia/html/Coc02.html>, (24 abril, 2010)

2.1.9. La carne mechada. Desde épocas anteriores se testifica que la carne mechada, o como dicen popularmente carne esmechada o como semánticamente se debería nombrar carne desmechada, constituye un plato nacional venezolano.

A continuación se explica brevemente las diferencias entre mechada, esmechada y desmechada.

Una carne mechada es un asado o un pernil al cual se le introduce, para mejorar el sabor, algún elemento como tocineta, alcaparra, aceituna, para lo cual se abre un pequeño agujero con un elemento punzante, es decir se mecha la carne para poder introducir el elemento saborizante.

¿Esmechar o desmechar la carne? Popularmente se afirma que esmechar es transformar un trozo de carne un filamentos más delgado, es decir por analogía hacer de la carne mechadas como cabellos. Hablando con propiedad lo correcto sería carne desmechada, pero para el venezolano desmechar es agarrar a alguien del cabello, o más bien “mechas”.

Figura 3. Carne Desmechada.



Fuente: <http://www.tucuy.com/print.php?c=DOC00179&t=0>. (24 abril 2010)

Antiguamente este plato tenía muchas variantes, básicamente en aquellos años la nevera no existía y la forma de preservar la carne era salándola y secándola sobre el fogón de leña, solo se podía comer carne fresca los sábados y domingo, que eran los días de matanza en los pueblos, el resto de la semana era carne salada. Se preparaba tratando de eliminar el exceso de sal, sancochándola dos veces. Luego se desmechaba y se podía comer con sofrito común o si no había algún ingrediente del sofrito se hacía un revuelto de carne salada con huevo y cebolla o tomate.

La llegada del refrigerador cambió la costumbre y esta receta de carne mechada salada y seca quedó para el recuerdo.

2.2. MARCO TEORICO.

2.2.1. Teorías de falla mecánica.

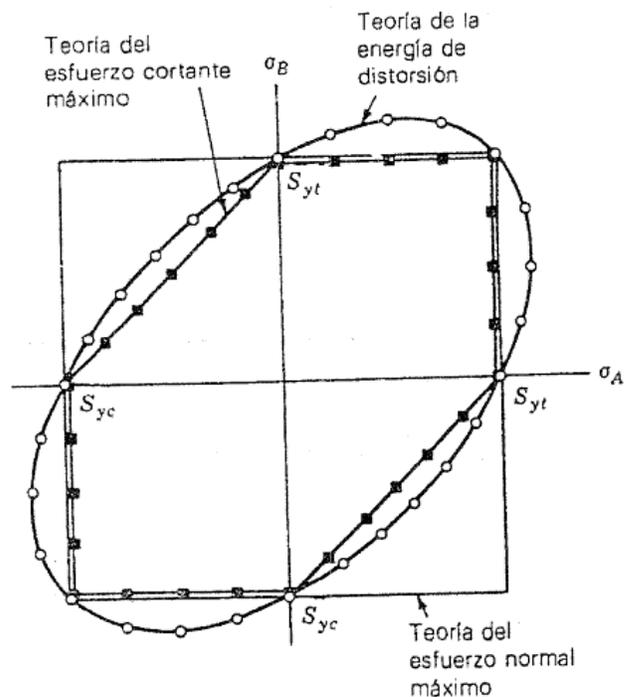
- **Teoría del máximo esfuerzo normal.** Esta teoría, por lo general es tal vez la más simple de todas las teorías de falla. Dice que la falla ocurrirá siempre que el mayor esfuerzo a la tensión tienda a exceder la resistencia uniaxial a la tensión, o siempre que el esfuerzo más grande

a la compresión tiende a exceder la resistencia uniaxial a la compresión.

Se ha encontrado que esta teoría correlaciona en forma razonable con la información de pruebas para fracturas cuando la material es frágil. Como puede esperarse no es adecuada para predecir las fallas de materiales dúctiles.

- **Teoría del máximo esfuerzo cortante.** “Esta teoría se usa para predecir el esfuerzo de falla de un material dúctil sometido a cualquier clase de carga. La teoría de esfuerzo cortante máximo indica que la fluencia del material se inicia cuando el esfuerzo cortante máximo absoluto en el material llega al esfuerzo cortante que hace que fluya el mismo material cuando solo está sujeto a tensión axial”².

Figura 4. Comparación Teorías De Falla.



Fuente: SHIGLEY, J.E. Diseño en ingeniería mecánica. México: McGraw Hill, 1985. P. 250.

² HIBBELER, R.C. Mecánica de Materiales. México: Pearson, 2006. P. 543

- **Teoría de la energía de distorsión.** También llamada teoría de cortante. Aplicarla es solo un poco más difícil que aplicar la del esfuerzo cortante máximo, y es la más conveniente para el caso de materiales dúctiles. Como la del esfuerzo cortante máximo, esta se emplea solo para definir el principio de fluencia. Esta teoría se originó a partir de la observación de que materiales dúctiles, sometidos a esfuerzo hidrostático (de igual tensión o compresión), tenían resistencias de fluencia muy superiores a los valores obtenidos por el ensayo a tensión simple.

Cuando se usa esta teoría es conveniente trabajar con un esfuerzo equivalente, en términos de los esfuerzos principales que existen, la ecuación para el esfuerzo equivalente es:

$$\sigma_e = \frac{\sqrt{2}}{2} [(\sigma_2 - \sigma_1)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 + (\sigma_3 - \sigma_2)^2]^{\frac{1}{2}}$$

Para el caso común del esfuerzo biaxial, esta se reduce a

$$\sigma_e = (\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1\sigma_2)^{1/2}$$

Si los esfuerzos directos $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$, se obtienen con más facilidad, una forma conveniente de la ecuación del esfuerzo equivalente es:

$$\sigma_e = (\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x\sigma_y + 3\tau_{xy}^2)^{1/2}$$

Si solamente se encuentran presentes σ_x, τ_{xy} , la ecuación se reduce a:

$$\sigma_e = (\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2)^{1/2}$$

2.2.2. Bandas transportadora para carne. proporcionar mayor seguridad, tales como bandas modulares de plástico, bandas transportadoras de alimentos de PVC resistente al aceite y a la grasa, bandas transportadores con aditivos antimicrobianos, bandas de alimentos envestidas con una poliolefina modificada, así como las que son recubiertas de TPU.

Estas bandas poseen aditivos antimicrobianos, para complementar los procedimientos de higiene y seguridad existentes en plantas de procesamiento de alimentos.

El uso diario y la limpieza causan tensión mecánica y daños a las superficies de las bandas. Esto puede provocar una mayor retención de suciedad y el crecimiento de microorganismos, los cuales incluso los intervalos de limpieza más óptimos no pueden garantizar evitar con eficacia. Las bandas antimicrobianas contienen un aditivo que protege a la banda entera durante la duración del servicio contra los microorganismos, especialmente en grietas y cortes microscópicos inaccesibles para la limpieza.

2.2.3. El PLC (Controlador Lógico Programable). “El control de un proceso de manufactura en la secuencia adecuada, en especial uno que comprenda grupos de máquinas y de equipo de manejo de de materiales, se ha hecho en forma tradicional con temporizadores, interruptores, relevadores, contadores y componentes parecidos, de conexión permanente, basado en principios mecánicos, electromecánicos y neumáticos. A partir de 1968 se introdujeron los Controladores lógicos programables o controladores de lógica programable, para reemplazar estos dispositivos de conexión permanente”³.

Definición. Un controlador lógico programable es un dispositivo que controla una máquina o proceso y puede considerarse simplemente como una caja de control con dos filas de terminales: una para salida y otra para entrada.

Los terminales de salida proporcionan comandos para conectar dispositivos con válvulas solenoides, motores, lámparas indicadoras, indicadores acústicos y otros dispositivos de salidas.

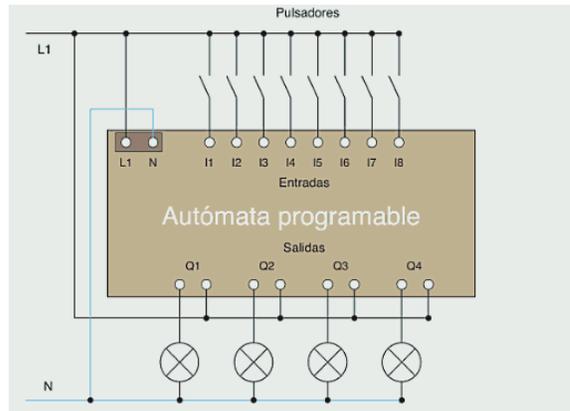
Los terminales de entrada reciben señales de realimentación (feedback) para la conexión de dispositivos como interruptores de láminas, disyuntores de seguridad, sensores de proximidad, sensores fotoeléctricos, pulsadores e interruptores manuales, y otros dispositivos de entrada.

“El circuito para producir las salidas deseadas en el momento adecuado o en la secuencia adecuada para la aplicación, se dibuja en forma de diagrama de contactos y programa en la memoria del PLC como instrucciones lógicas. El único cableado necesario es para los dispositivos de entrada y salida. No se precisa de cableado lógico alguno”⁴.

³ SCHMIN, K. Manufactura Ingeniería y tecnología. México: Pearson, 2002. P. 1029.

⁴ HYDE, J. REGUÉ, J. y CUSPINERA, A. Control electro-neumático y electrónico. España: Marcombo, 1997. P. 112

Figura 5. Esquema del PLC



Fuente: MARTÍN, J.C. y GARCIA, M. P. Automatismos industriales. Mexico: Editex, 2001. P. 283.

2.2.4. Sensor fotoeléctrico de luz infrarroja. Estos sensores constan de un elemento transmisor y un elemento receptor, en donde se forma una barrera fotoeléctrica de reflexión, en el momento que esta barrera es interrumpida el sensor detecta un objeto.

Figura 6. Sensores fotoeléctricos



Fuente: http://www.ccamx.com.mx/s_fotoelectricos.html (13 junio, 2010)

2.2.5. Contactores y relés. “Son conmutadores accionados electro-magnéticamente. Se componen de una bobina de excitación con núcleo de hierro, una armadura móvil y uno o varios contactos. Cuando pasa corriente por una bobina de excitación. La armadura móvil es extraída y acciona los contactos a través de piezas intermedias aislantes”⁵.

Tipos de contacto. “Los contactos pueden estar dispuestos como contacto de cierre (contacto de trabajo), contacto de apertura (contacto de reposo) o como combinaciones de estos tipos de contactos.

2.2.6. Guardamotor. Los guardamotors son interruptores que se usan para maniobrar simultáneamente toso los polos de de un motor, al mismo tiempo que se protege contra destrucción por fallo del arranque, sobrecarga, disminución de la tensión de la red y avería de un conductor en redes trifásicas. Disponen de un mecanismo de disparo térmico para proteger el devanado del motor y generalmente de un mecanismo de disparo electromagnético.

Figura 7. Guardamotor.



Fuente: HUBER, F. BASTIAN, P. y JAUFMANN, N. Electrotecnia. España: Akal, 1996. P. 91, 404.

⁵ MARTÍN, J.C. y GARCIA, M. P. Automatismos industriales. México: Editex, 2001. P. 283

2.2.7. Sensor final de carrera o de contacto. Son elementos que funcionan como un pulsador, cuya función consiste en determinar la posición o el estado de un proceso automático. Los tipos de contacto pueden ser NC (normalmente cerrado) y NO (Normalmente abierto).

Generalmente son muy precisos, con buena respuesta de actuación y con diversos tipos de actuadores (émbolos de aguja, de palanca, compactos, flexibles, rígidos etc.).

Figura 8. Sensor de contacto.



Fuente: <http://www.donosgune.net/2000/gazteler/sensor.htm>, (17 junio, 2010)

2.3. MARCO LEGAL O NORMATIVO

2.3.1. Generalidades sobre normas. Las normas son documentos que han sido elaborados con el fin de definir las directrices que se deben seguir, para la calidad de determinado producto no se afecte y así se beneficie tanto el productor como el consumidor.

En consecuencia, tres son los objetivos que persigue el cumplimiento de una norma:

- Proteger la salud pública y la economía nacional.
- Reglamentar la competitividad en las industrias.
- Instrumentar los registros de servicio y vigilancia sanitaria.

2.3.2. Normas en productos cárnicos. Los productos cárnicos se caracterizan por su gran variedad, consecuencia de las diferentes tradiciones regionales. Esta gran diversidad de productos plantea grandes problemas a lo referente a su ordenación alimentaria, que comprende su adecuada clasificación y la posterior normalización de la calidad.

A continuación se enumeraran las leyes más relevantes a tener en cuenta:

2.3.2.1. Código sanitario nacional en plantas de alimentos (ley 09/79). Define los requisitos técnico-sanitarios y de calidad que deben cumplir los alimentos procesados o importados: El min-salud definirá las normas técnicas oficiales colombianas, o en su defecto las del codex alimentarius y el control de bodegas dependerá de la autoridad sanitaria y de min-agricultura.

2.3.2.2. Norma sobre el sacrificio de animales, transporte, comercialización e importación de carnes (2278/82- modificado por 1594/84):

De la conservación de las carnes: Las carnes para consumo humano local deberán mantenerse a una temperatura entre 0-4°C, tomada en el centro de la pieza de carne más gruesa, si el tiempo de conservación no es mas de 72 horas y hasta -20°C, si el tiempo es mayor.

2.3.2.3. Norma sobre comercialización de carnes (2162/83). En esta norma se establece que las plantas de productos cárnicos deben:

- Disponer de registro sanitario para cada uno de los productos.
- Se debe tener como mínimo sección de producción, de servicios y de administración separadas.
- La sala de máquinas debe estar separada de la zona de trabajo.
- Todas las dependencias a excepción de depósitos, oficinas, sala de máquinas, deberán tener paredes y muros cubiertos con material impermeable, fácil de lavar, y los ángulos entre paredes deben ser en gorma de cañuela.
- El área de elaboración de productos procesados requiere como mínimo la cortadora de carnes, molino, mezcladora, embutidora, mesas de acero inoxidable, báscula y balanza.
- Los equipos y utensilios deben ser en acero inoxidable y fácil de lavar.
- Durante la elaboración, corte y empaque, la temperatura del ambiente no deber ser mayor de 15°C.

2.3.2.4. Norma sobre plantas de alimentos (3075/97). reglamenta las condiciones sanitarias de las fábricas, depósitos y expendios de alimentos, su transporte y distribución. Para su propósito se define que es alimento, fabrica de alimentos, depósito de alimentos, actividad de acuosa; alimento adulterado, alterado, contaminado, falsificado y perecedero. Modifica el decreto 2333/82.

Certificado de inspección sanitaria: Es el documento que expide la autoridad sanitaria competente para los alimentos o materias primas importadas o de exportación, en donde se hace constar su aptitud para el consumo humano.

Alimentos de mayor riesgo en salud pública: el ministerio de salud clasifica estos así:

- Carne, productos cárnicos y sus preparados
- Leche y productos lácteos.
- Productos de la pesca y sus derivados.
- Productos preparados a base de huevo
- Alimentos de baja acidez empacados en envases sellados herméticamente.
- Alimentos o comidas preparados de origen animal listos para el consumo
- Agua envasada
- Alimentos infantiles

Normas de construcción de plantas de alimentos. Se reglamenta en ellas:

- Estar ubicadas en lugares aislados de cualquier foco de insalubridad.
- Debe poseer una adecuada separación física y funcional
- Deben ser construidas facilitando la limpieza, desinfección y desinfección.

- Tener suficiente abastecimiento de agua.
- Los pisos deben ser de material impermeable, lavable, no poroso ni absorbente. Las paredes y los pisos, también son recomendados.
- Los servicios sanitarios para empleados, deben estar separados por sexos y estar bien dotados de acuerdo al número de empleados.
- La iluminación: debe ser adecuada y suficiente.
- La ventilación puede ser directa o indirecta, pero suficiente.
- Los equipos usados en el proceso deben permanecer en un buen estado de funcionamiento y ser lavados y desinfectados antes de su uso.

Normas sobre aseguramiento de calidad. Determina la participación del INVIMA para su control.

3. DESARROLLO INGENIERIL

3.1. PROBLEMA

Encontrar la metodología adecuada para el – *diseño y construcción de una máquina automática para el desmechado de carne* –, y de esta manera cumplir con las expectativas acordadas, como lo son la versatilidad y la facilidad de implementación de la máquina.

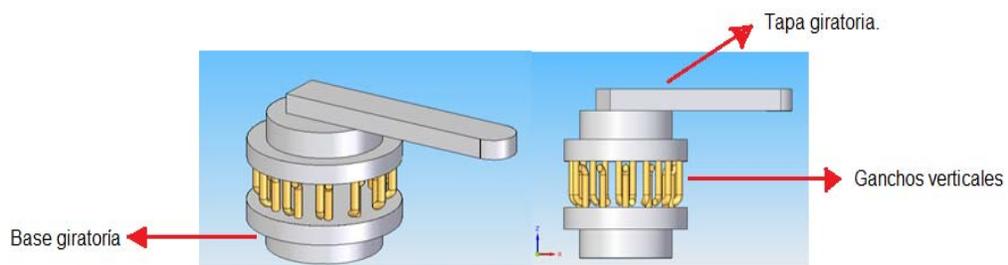
3.2. SELECCIÓN DEL MEJOR MECANISMO

En primer lugar se buscaron posibles mecanismos de desmechado de carne; con los que se llevó a cabo un paralelo entre los tres llegando así a tomar el mecanismo más viable.

3.2.1. Posibles mecanismos. En esta sección se detallan los mecanismos que podrían llegar a ser útiles para el desmechado automático de carne.

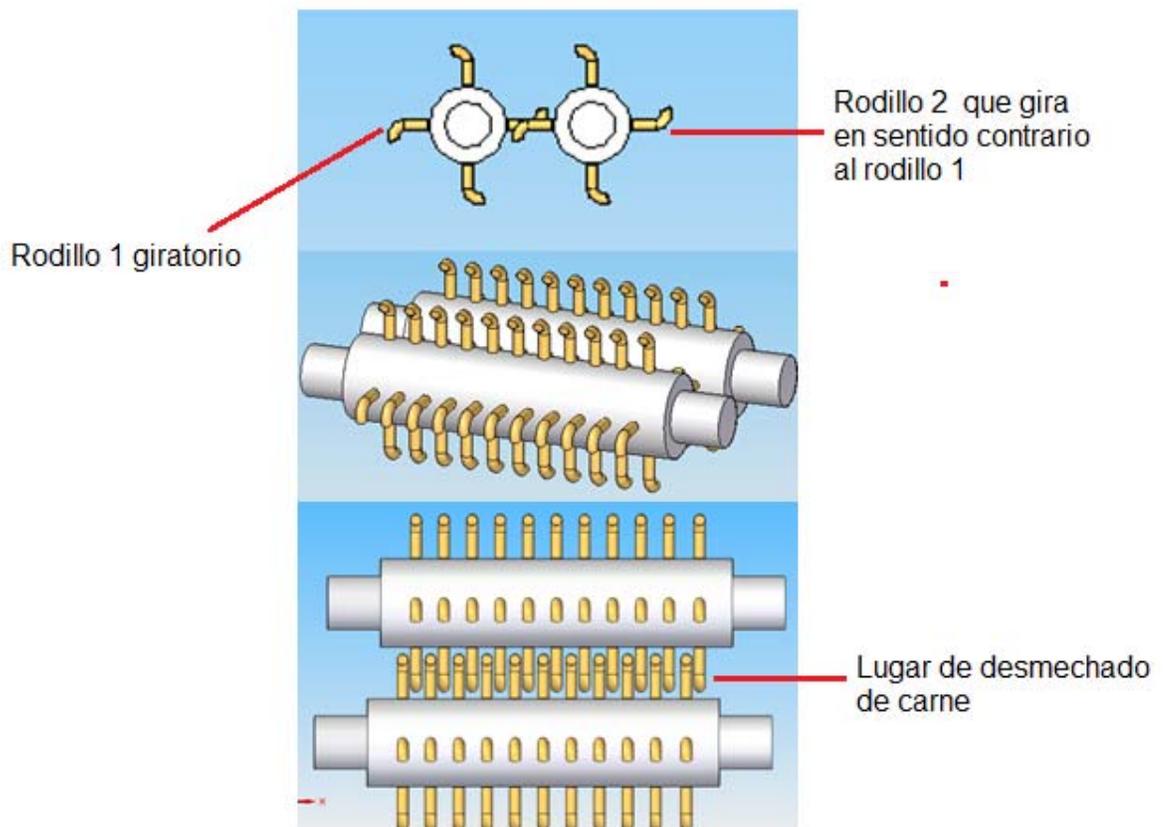
- **Mecanismo 1. Discos de desmechado:** El primer mecanismo consiste de una base giratoria con ganchos verticales y una tapa que gira en sentido contrario a la base (ver figura 9), buscando así el desmechado de la carne.

Figura 9. Mecanismo (1) Discos de desmechado.



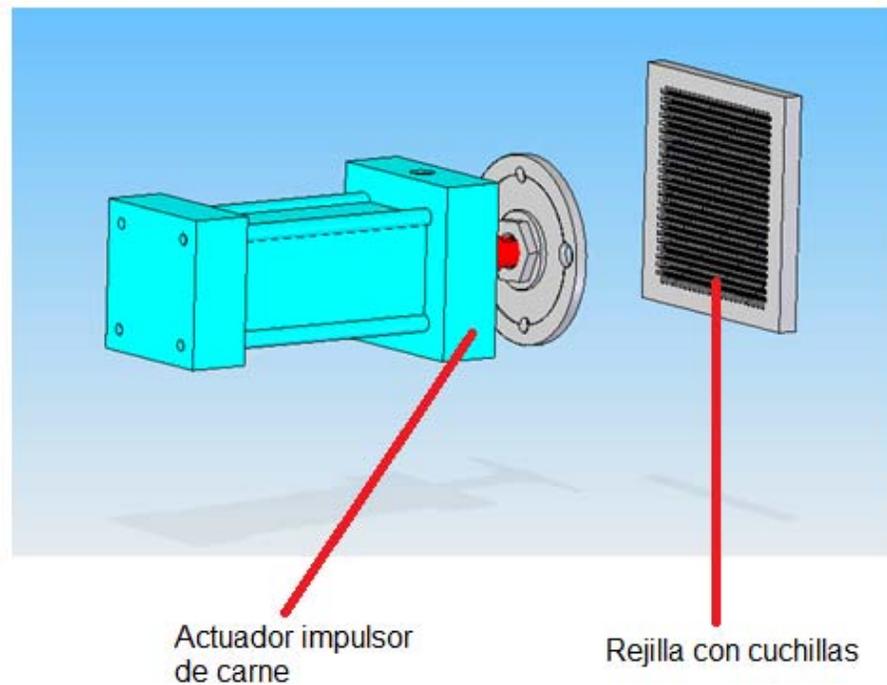
- **Mecanismo 2. Rodillos de desmechado:** Este mecanismo se basó en el principio del funcionamiento de los molinos de rodillo, los cuales estarían curvos en sus extremos, y de esta manera lograr que el enfrentamiento de los ganchos penetren las hebras de la carne, estos ganchos se ubicarían a noventa grados enfrentados unos a otros (ver figura 10).

Figura 10. Mecanismo (2) Rodillos de desmechado.



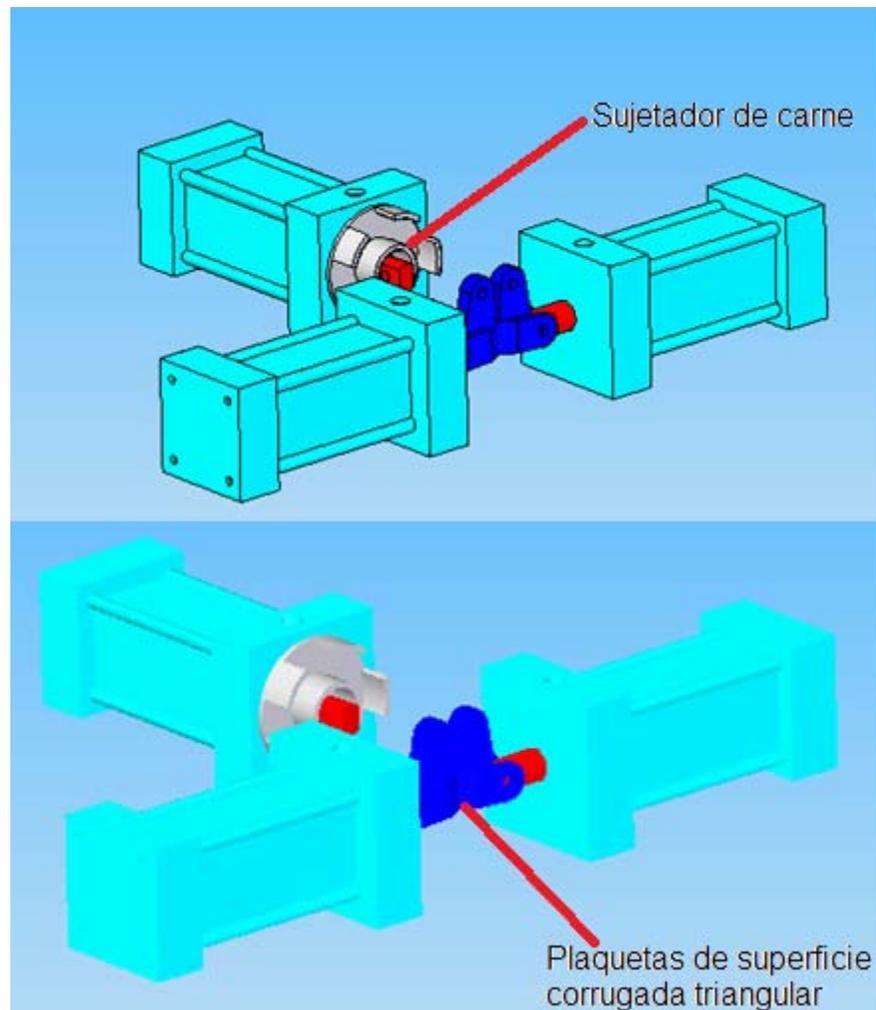
- **Mecanismo 3. Rejilla ultra delgada:** Este diseño se basa en la implementación de un sistema de cuchillas en forma de rejilla fina, en donde a través de un actuador se impulsa la carne hasta atravesar el sistema de cuchillas (ver figura 11), haciendo que estas formen tiras.

Figura 11. Mecanismo (3) Rejilla ultra delgada.



- **Mecanismo 4. Desmechado triangular neumático:** Esta propuesta está diseñada para el uso de tres cilindros neumáticos: dos de ellos tienen plaquetas de superficie corrugada triangular en sus extremos las cuales aprisionan la carne para desmecharla, en tanto que el tercer actuador sostiene la carne durante el proceso (ver figura 12).

Figura 12. Mecanismo (4) Desmechado triangular neumático.



3.2.2. Valoración mejor mecanismo. En la determinación del mejor mecanismo a implementar se llevarán a cabo tablas estadísticas, haciendo una estimación apreciativa de acuerdo con los parámetros de diseño considerados de la máquina, esta valoración se hace con un acumulativo de puntos en cada ítem de 1 a 10, buscando así que el mecanismo con más puntos acumulados será el seleccionado.

3.2.3. Parámetros de diseño considerados:

- ✓ **Desmechado uniforme de la carne.** Uno de los parámetros más importantes a considerar es este, puesto que el cliente busca que la calidad de su producto sea excelente.
- ✓ **Facilidad de construcción e implementación.** Es importante que la máquina sea de fácil ensamble, ya que se le facilitará a la persona encargada de realizarle mantenimiento.
- ✓ **Costos.** Es necesario realizar un análisis de costos para los materiales, procesos de fabricación y el número de elementos que conforman el mecanismo.
- ✓ **Peso y tamaño.** En este punto lo que se evalúa es la relación que hay entre la cantidad de masa y el área de trabajo que ocupa el mecanismo.
- ✓ **Capacidad de producción.** Agilidad del mecanismo para desmechar la carne en el menor tiempo posible.
- ✓ **Grado de contaminación de la carne.** Debido a que se está trabajando con un producto alimenticio como lo es la carne, es de gran importancia el tener en cuenta que el producto final salga con el menor grado de contaminación posible.

3.2.4. Valoración mecanismos.

- **Mecanismo (1). Discos de desmechado:** En la tabla 2. se observan las características principales del mecanismo.

Tabla 2. Ventajas y desventajas del mecanismo (1).

VALORACIÓN DISCOS DE DESMECHADO		
Parámetros de diseño	Puntos	Observación
Desmechado uniforme de la carne	4	La carne podría llegar a ser parcialmente uniforme, debido a la difícil evacuación del producto
Facilidad de construcción e implementación	5	Su construcción podría llegar a ser un poco tediosa puesto que la tapa de arriba debe ser removible, y el proceso de evacuación de la carne sería muy complicado de hacer.
Costos	6	Este mecanismo requiere de dos motores, lo que hace que sea más costoso.
Peso y tamaño.	10	El tamaño y el peso de este mecanismo no es apreciativo.
Capacidad de producción	6	Debido a la difícil evacuación del producto, este mecanismo no llegaría a tener grande capacidad de producción
Grado de contaminación de la carne	3	Existe un alto grado de contaminación en el producto final
Puntaje Total	34	

- **Mecanismo (2). Rodillos de desmechado:** En la tabla 3. se observan las características principales del mecanismo.

Tabla 3. Ventajas y desventajas del mecanismo (2).

VALORACIÓN RODILLOS DE DESMECHADO		
Parámetros de diseño	Puntos	Observación
Desmechado uniforme de la carne	10	Es uno de los mecanismos más usados en el proceso de disminución de partículas, debido a la homogeneidad de producto.
Facilidad de construcción e implementación	9	El mecanismo es de fácil implementación, excepto por el modelo de alimentación.
Costos	7	Puede llegar a ser un poco costoso puesto que son dos ejes en acero inoxidable.
Peso y tamaño.	8	El peso es un poco grande, puesto que el material es en acero inoxidable, pero el tamaño que ocupa es despreciable.
Capacidad de producción	10	Puede operar en serie con un alto grado de calidad, sin un desgaste excesivo de los rodillos
Grado de contaminación de la carne	8	El grado de contaminación es mínimo
Puntaje Total	52	

- **Mecanismo (3). Rejilla ultra delgada:** En la tabla 4. se observan las características principales del mecanismo.

Tabla 4. Ventajas y desventajas del mecanismo (3).

VALORACIÓN REJILLA ULTRA DELGADA		
Parámetros de diseño	Puntos	Observación
Desmechado uniforme de la carne	0	La carne llega a ser uniforme, pero no queda desmechada sino en tiras
Facilidad de construcción e implementación	9	La construcción del mecanismo es muy sencillo
Costos	7	La utilización de actuadores neumáticos es un poco costosa.
Peso y tamaño.	10	El peso y tamaño es despreciable.
Capacidad de producción	5	La capacidad de producción es grande, pero no es el producto final que se requiere.
Grado de contaminación de la carne	2	Por medio de las cuchillas se pueden filtrar residuos que llegan a ser contaminantes.
Total Puntaje.	33	

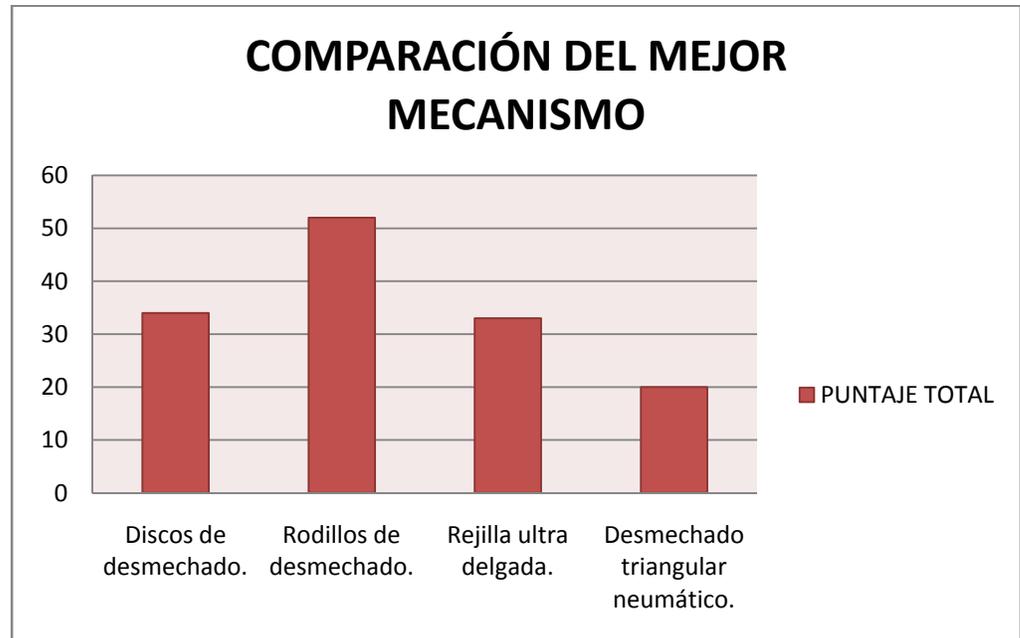
- **Mecanismo (4). Desmechado triangular neumático:** En la tabla 5. se observan las características principales del mecanismo.

Tabla 5. Ventajas y desventajas del mecanismo (4).

VALORACIÓN DESMECHADO TRIANGULAR NEUMÁTICO		
Parámetros de diseño	Puntos	Observación
Desmechado uniforme de la carne	2	Los actuadores de desmechamiento, no lograrían llegar a ser precisos en su totalidad.
Facilidad de construcción e implementación	5	Su construcción es sencilla, pero la implementación tomaría un proceso tedioso; por otro lado el mecanismo de alimentación estaría complicado
Costos	3	Requiere de tres actuadores, lo cual hace que el mecanismo sea de mayor costo.
Peso y tamaño.	5	El peso es despreciable, pero el tamaño que ocuparía en la máquina sería grande.
Capacidad de producción	2	La capacidad de producción sería muy lenta, casi igual que a la producción que realizaría un ser humano
Grado de contaminación de la carne	3	La carne estaría manipulada por muchos objetos.
Total puntaje.	20	

3.2.5. Solución viable. De acuerdo a las tablas obtenidas anteriormente se obtuvo la gráfica 1, donde se muestra los puntos obtenidos en cada uno de los mecanismos, de acuerdo a los parámetros de diseño considerados.

Gráfica1. Comparación debido a los puntajes de cada mecanismo.



De acuerdo con los resultados obtenidos en la gráfica 1, es notorio que el mecanismo con mejores resultados para implementación es el mecanismo de Rodillos de desmechado y será el apropiado para el desarrollo de la máquina automática para el desmechado de carne.

3.3. DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN

3.3.1. Diseño de la mejor solución. Como se menciona anteriormente el mecanismo más viable a desarrollar es el de rodillos de desmechado, por lo tanto se realizará primero con la implementación de un solo rodillo con el fin de comprobar si existe la necesidad del otro rodillo y de esta manera disminuir costos; es así como se llevó a cabo el prototipo (1).

- **Prototipo (1).** En primera instancia se llevó a cabo un análisis emperico del mecanismo a realizar para el desmechado de carne, llegando a obtener el modelo que se ve en la figura 13.

Figura 13. Prototipo (1) Prueba del mecanismo (2) con un solo rodillo.



Este modelo básicamente se compone de un eje acoplado a un motoreductor con 4 hileras (cada una a 90°) de ganchos curvos, entre sus especificaciones se encuentra:

- ✓ Diámetro del eje: 0,0762 m.
- ✓ Longitud del eje: 0,2 m.
- ✓ Longitud de los ganchos
Respecto al eje y cabeza: 0,03m.

Básicamente lo que se buscó con este mecanismo, fue comprobar que a través de unos ganchos curvos y afilados en los extremos era posible desmechar carne, pero al iniciar las pruebas se determinó que los ganchos se encontraban sin un mecanismo que sujetara la carne y por este motivo el resultado esperado no fue satisfactorio.

Por esta razón se decidió implementar una pared fija, la cual también tendría ganchos curvos, pero en sentido contrario a los ganchos del eje como se había pensado en el mecanismo seleccionado pero en este

caso se reemplaza uno de los ejes por una pared, cómo se muestra en la figura 14.

Figura 14. Prototipo (1) con pared fija.

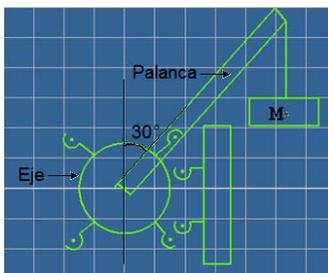
Con este prototipo se llega a la conclusión de que la geometría de los ganchos es muy importante para el desmechado de la carne, es por esto que la carne queda apresada sin liberarla como se observa en la figura 15.

Figura 15. Aprisionamiento de la carne en los ganchos.



Con este prototipo además se realizarán pruebas para determinar el torque necesario para romper la fuerza estática que opone la carne, por medio de una palanca (perpendicular al eje) y la variación de masas en su extremo, Como se ve en la figura16.

Figura 16. Esquema de prueba para determinación del torque necesario de la máquina para desmechar la carne.



Características de la prueba:

Se implementa una palanca de 0,000 m con un ángulo de 30° con respecto al eje vertical y en su extremo se varían diferentes masas como se ve en la tabla 6.

Tabla 6. Detalle de relación entre carne y peso para cálculo del torque de la carne.

MASA	RUPTURA DE LA CARNE
1	No Desmecha
3	No Desmecha
5	No Desmecha
7	No Desmecha
8	No Desmecha
9	No Desmecha
10	Existe impacto de ruptura

De esta manera se establece que con una masa de 10 Kg en el extremo de la palanca, se produce una ruptura en la carne obteniendo así:

$$F = m * g$$

$$F = 10Kg * \frac{9.8m}{s^2}$$

$$F = 98 N$$

$$T = F * \text{sen}\theta * d$$

Donde d es la longitud de la palanca

$$T = 98 N * \text{sen} (30) * 0.22m$$

$$T = 10.78N * m$$

Teniendo en cuenta que la carne y el eje se encuentran en posición estática, se logra hallar el torque necesario para vencer la fuerza opuesta de la carne, ocasionando en esta una ruptura.

Resultados experimentales:

Finalmente se llega a la conclusión de que los datos mínimos de diseño han dado un avance, pero no es suficiente puesto que:

- ✓ La geometría del gancho curvo apresa la carne y no la libera.
 - ✓ El motor que se utilizó tiene una potencia muy baja lo que produce un paro repentino del motor, ya que la carne produce una fuerza contraria mayor a la proporcionada por el motor.
- **Prototipo (2).** Con las pruebas hechas anteriormente se decidió desarrollar un nuevo sistema de desmechado como se muestra en la figura 17.

Figura 17. Prototipo (2)



- Como se mencionó anteriormente la geometría de ganchos curvos no es la apropiada para obtener los resultados adecuados, por lo tanto, se decidió aumentar el diámetro de los ganchos, pero sin afilar, similar a unos taches o tachas; pretendiendo así, alcanzar un mayor contacto con la carne, haciendo que un gancho aprisione y el otro desmeche la carne. Por otro lado se disminuyó el diámetro del eje procurando disminuirle la inercia y por lo tanto el esfuerzo total al motor.

Características mecánicas prototipo (2):

- ✓ Diámetro de taches: mm
 - ✓ Distancia entre taches lado derecho: mm
 - ✓ Distancia entre taches lado izquierdo: mm
 - ✓ Diámetro del eje principal: mm ()
 - ✓ Longitud de los taches roscados: mm
 - ✓ Material del mecanismo: Aluminio
- Cómo se indicó anteriormente el motor utilizado en el prototipo 1 tiene muy baja potencia, por lo tanto se utilizó otro motor con la siguiente potencia:
 - ✓ Voltaje máximo del motor: 120 v.
 - A través de una pinza amperimétrica, se midió la corriente del motor sin carga (carne) la cual fue de 5 A; Con carga (carne) se midió una corriente de 5.7 A, obteniendo así la potencia entregada por el motor de prueba:

Sin carga:

$$P = V * I * \cos \varphi$$

$$P = 120v * 5A * 0.82$$

$$P = 492 W$$

Con carga:

$$P = V * I * \cos \varphi$$

$$P = 120v * 5.7A * 0.82$$

$$P = 560 W$$

Potencia mayor necesaria para romper la carne, cabe resaltar que este no es el motor ideal a implementar, este motor se usa con fines de prueba, siendo un pilar importante para la obtención del mecanismo final de desmechado de carne.

Con el prototipo (2). Se realizó una prueba empírico-analítica midiendo la cantidad de carne suministrada, respecto al porcentaje de carne que desmecha como se muestra en las tablas 7 y 8.

Resultados experimentales:

Tabla 7. Resultado de desmechado para una distancia de 5 mm entre taches.

Cantidad de carne en lb suministrada al prototipo (2)	Porcentaje de carne desmechada con distancia entre taches de 5 mm
1/4	80%
1/2	60%
1	45%

Tabla 8. Resultado de desmechado para una distancia de 9 mm entre taches.

Cantidad de carne en lb suministrada al prototipo (2)	Porcentaje de carne desmechada con un distancia entre taches de 9 mm
$\frac{1}{4}$	55%
$\frac{1}{2}$	45%
1	40%

En las tablas 7 y 8. Se observa que es de gran importancia la distancia entre los taches, puesto que, a menor espacio entre tache y tache mejor es el desmechado de la carne (Ver figura 18).

Figura 18. Prototipo (2) y resultados de desmechado de carne



Como es de notar la carne queda parcialmente desmechada, en donde el avance es grande pero no es suficiente, por lo tanto se lleva a cabo un tercer prototipo:

- **Prototipo 3.** Con este prototipo lo que se hizo fue buscar un promedio entre el diámetro de los ejes del prototipo (1) y (2), ya que se observó que en el prototipo anterior la carne no hacía un buen contacto con la máquina lo que causa una mayor dispersión entre sus fibras disminuyendo la cantidad de carne desmechada.

Por otro lado se varió el diámetro de los taches (ver figura 19), Además este prototipo se construyó en acero AISI 1020.

Figura 19. Prototipo (3)

- Características mecánicas prototipo (3):

✓ Diámetro de taches:	9	mm
✓ Distancia entre taches:	3	mm
✓ Diámetro del eje principal:	50,8	mm (2")
✓ Longitud de los taches:	30	mm
✓ Material del mecanismo:	AISI 1020	

Al realizar las pruebas con el prototipo (3) se observó que la optimización del desmechado disminuyó notoriamente en comparación con el prototipo (2) (ver figura 20), Por lo que se concluye que al aumentar el diámetro de los taches el prototipo simula un sistema de embutido de carne en lugar de un desmechador.

Figura 20. Resultados con taches de 9 mm de diámetro



Los resultados de esta prueba se evidencia que, la carne no sale desmechada, y el avance con respecto al anterior prototipo es nulo, por lo tanto se lleva a cabo un cuarto prototipo:

- **Prototipo 4.** A partir de las pruebas realizadas con el prototipo 3 se implemento un eje hueco de acero AISI 1518 (con el fin de disminuir la carga de inercia), con tachos de menor diámetro como se puede ver en la figura 21.

Figura 21. Prototipo (4)

Características mecánicas prototipo (4):

✓ Diámetro de tachos:	6	mm
✓ Distancia entre tachos:	2	mm
✓ Diámetro del eje principal:	50,8	mm (2")
✓ Longitud de los tachos:	30	mm

✓ Material del mecanismo: AISI 1518

Con el prototipo (4) Se obtuvo una mejoría del mecanismo de desmechado de carne, pero no alcanza un porcentaje del 100%, por lo que se toma la decisión de hacer una variación en la velocidad para observar el factor de cambio entre desmechado y velocidad, así como también la relación entre el tiempo y la capacidad de producción de la máquina

Relación (1). Ver figura 22.

Figura 22. Prototipo (4) con relación de poleas

✓ Polea del motor	cm (in)
✓ Polea del eje	cm (1/2 in)
✓ Velocidad del motor	rad/s (rpm)
✓ Producción	10 gr/s

Relación entre poleas:

$$\frac{D_m}{D_e} = \frac{\omega_e}{\omega_m}$$

$$\omega_e = 120 \text{ rad/s}$$

Donde:

D_m : Diámetro de la polea del motor

D_e : Diámetro de la polea del eje

ω_m : Velocidad angular del eje del motor
 ω_e : Velocidad angular del eje de la máquina.

Resultados:

Figura 23. Resultado experimental con relación 1 de poleas



Relación (2). Ver figura 24.

Figura 24. Prototipo (4) con relación de poleas



✓ Polea del motor	555	cm	(in)
✓ Polea del eje	88	cm	(½ in)
✓ Velocidad del motor	18745	rad/s	(rpm)
✓ Producción	15	gr/s	

Relación entre poleas:

$$\frac{D_m}{D_e} = \frac{\omega_e}{\omega_m}$$

$$\omega_e = 154,38 \text{ rad/s}$$

Resultados:

Figura 25. Resultado experimental con relación 2 de poleas



Relación (3). Ver figura 26.

Figura 26. Prototipo (4) con relación de poleas



del motor	3455	cm	(in)	
✓ Polea del eje	158	cm	(in)	
✓ Velocidad del motor	1808	rad/s	(rpm)	
✓ Producción				5 gr/s

✓ Polea

- Relación entre poleas:

$$\frac{D_m}{D_e} = \frac{\omega_e}{\omega_m}$$

$$\omega_e = 60,04 \text{ rad/s}$$

Resultados:

Figura 27. Resultado experimental con relación de poleas



Resultados experimentales:

Se observó que entre menor sea la velocidad aplicada a el eje la eficiencia del desmechado es inferior, pero a pesar de que el desmechado mejora cuando se aumenta la velocidad no es suficiente, puesto que hay algunos pedazos de carne que aun salen en troncos por lo tanto se tomó la decisión de disminuir el largo de los taches, puesto que ya se ha conseguido un ideal en la distancia y ancho de los taches ahora se procede a variar el largo.

Finalmente los taches quedaron con un largo de 24 mm, al disminuir el largo de los taches se llevo a conseguir el mecanismo útil para el desmechado de carne, teniendo en cuenta que para este se manejan tres factores importantes los cuales son:

- ✓ Distancia entre taches.
- ✓ Ancho de los taches.
- ✓ Largo de los taches.
- ✓ Diámetro del eje principal.

Por otro lado se realizó un aumento de la velocidad constante llegando a observar que al duplicar la velocidad el desmechado es eficiente (ver figura 28), y la capacidad de producción deseada también. (Ver pág. 59).

Figura 28. Resultado experimental con taches 24 mm y velocidad 3600rpm



Selección de material y factor de seguridad. Debido a las normas vigentes que se mencionaron en el marco legal el material a utilizar es acero inoxidable por normas de sanidad, por lo tanto se escogió el acero AISI 304, puesto que es el más popular de los aceros inoxidables austeníticos y tiene una excelente resistencia a la corrosión, una gran capacidad de conformación y soldadura. Es un material con una gran variedad de aplicaciones

En la industria está presente en las tuberías, tanques, reactores, columnas de destilación, intercambiadores de calor, condensadores, y en diferentes industrias de fabricación, como por ejemplo, de azúcar y alcohol, bebidas, química farmacéutica, alimentaria, cosméticos y derivados de petróleo.

Es de especificar que la máquina se encuentra diseñada en acero AISI 1020, puesto que las especificaciones de este acero son similares a las del acero inoxidable (ver tabla 9), de esta manera buscar la disminución de costos en el proyecto, por consiguiente esta máquina solo será adecuada para la presentación del proyecto.

Tabla 9. Comparación acero AISI 1020 y AISI 304

	AISI 304	AISI 1020
Resistencia a la fluencia (Mpas)	310	205
Resistencia Última (Mpas)	620	380

Como se puede ver en la tabla 9 el acero inoxidable AISI 304 posee mejores características que el AISI 1020, es por esta razón que el material no fallaría en acero inoxidable.

El término factor de seguridad es una medida de la seguridad relativa de un componente que soporta carga. Este factor se determina teniendo en cuenta valores estándares que determinan organizaciones como la *American Society for Mechanical Engineers* (Sociedad Estadounidense Para Ingenieros Mecánicos), o el *American Institute of Steel Construction* (Instituto Estadounidense De Construcción De Acero).

Teniendo en cuenta estos estándares el factor de seguridad que se utiliza para el diseño de la máquina desmechadora de carne tiene un valor de 2, puesto que este es el valor que normalmente se utiliza para estructuras dúctiles con alto grado de confianza en el conocimiento de las propiedades del material, en este caso el acero inoxidable es un material con propiedades confiables como se nombró anteriormente.

- 3.3.1.1. Capacidad de trabajo de la máquina.** Se llevó a cabo el proceso de desmechado mediante una cantidad considerable de carne, tomando en cuenta los tiempos de desmechado como se puede ver en el video anexo al proyecto, dando como resultado:

$$C.T.M. = \frac{\text{Cantidad de procesamiento}}{\text{tiempo}}$$

$$C.T.M. = \frac{5 \text{ kg}}{3,32 \text{ min}} \rightarrow C.T.M = 25 \frac{g}{s}$$

$$25 \frac{g}{s} * 60s * 60min * \frac{1kg}{1000g} = 90Kg/hora$$

Debido a que la máquina está diseñada para un trabajo de 8 horas diarias se puede estimar que la máquina desmechará 720 Kg diarios.

Con la determinación de los factores y consiguiendo un desmechado de carne, se procede al cálculo del eje y rodamientos.

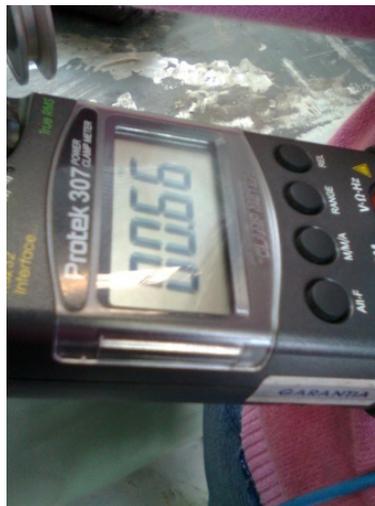
- 3.3.1.2. Prototipo final a implementar.**

Cálculo del motor. Como se indicó anteriormente el motor utilizado en el prototipo 1 tiene muy baja potencia, así mismo la producción de la máquina debe ser mínimo de 25 g/s, teniendo en cuenta los resultados experimentales de las pruebas con el prototipo 4, donde se observa que la velocidad del eje para obtener un desmechado de carne optimo y satisfacer la producción mínima de la máquina, debe ser de 0000 rpm, (ya que se duplico la velocidad) de esta forma se procede a obtener los datos por medio de mediciones experimentales, obteniendo:

Voltaje máximo del motor: 120 v.

A través de una pinza amperimétrica (ver imagen 29), se midió la corriente del motor sin carga (carne) la cual fue de 10.2 A; Con carga (carne) se midió una corriente de 11.4 A, también se midió un factor de potencia de 0.66 obteniendo así la potencia entregada por el motor de prueba:

Figura 29. Medición factor de potencia.



Sin carga:

$$P = V * I * \cos \varphi$$

$$P = 120v * 10,2 A * 0.66$$

$$P = 807,84 \text{ W (1,06 Hp)}$$

Con carga:

$$P = V * I * \cos \varphi$$

$$P = 120v * 11,4 \text{ A} * 0.66$$

$$P = 902,88 \text{ W (1,2 Hp)}$$

Se sabe que la velocidad que se necesita para obtener la producción deseada y un desmechado de carne óptimo es de 3600 rpm, por lo tanto se puede usar el torque necesario para romper la carne que se halló con el prototipo 1 (ver pág. 46), y de esta manera obtener una potencia teórica, donde:

$$P_{teorica} = T.* \omega$$

Según la prueba:

$$T = 10.78 \text{ N} * m$$

Según los resultados experimentales:

$$\omega = 377 \frac{rad}{seg}$$

Se obtiene:

$$P_{teorica} = T.* \omega$$

$$P_{teorica} = 4064.06 \text{ watts}$$

Nótese que en la potencia teórica, no se tiene en cuenta el impulso que llevan los tachos y el rodillo de la máquina, los cuales producen una disminución en el torque, por consiguiente en la potencia real del motor.

También se midió la velocidad del motor con un tacómetro para comprobar la velocidad verdadera que se está aplicando, obteniendo un valor de 198,67 rad/s (1897,2 rpm).

A continuación se verá el cálculo de las poleas utilizadas para la aplicación de la velocidad al eje:

- ✓ Polea del motor 457 cm (in)
- ✓ Polea del eje 357 cm (in)
- ✓ Velocidad del motor 18888 rad/s (rpm)

Relación entre poleas:

$$\frac{D_m}{D_e} = \frac{\omega_e}{\omega_m}$$

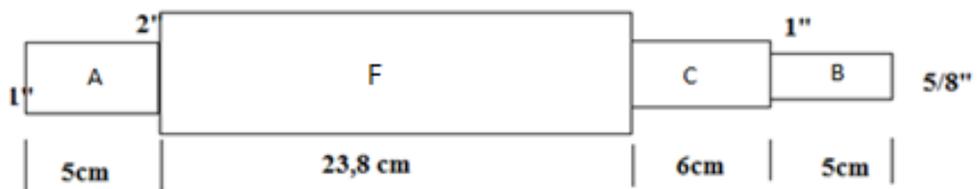
$$\omega_e = 376,99 \text{ rad/s}$$

$$T = \frac{P}{\omega} = \frac{902,88 \text{ W}}{188,5 \text{ rad/s}}$$

$$T = 4,7 \text{ N} * m$$

Es así como se ha seleccionado el motor con las especificaciones convenientes; puesto que suministra 1,5 Hp de potencia. Hasta el momento la mayoría de procedimientos han venido siendo analítico-empíricos debido a la necesidad de encontrar el mecanismo apropiado para el desmechado de la carne.

Figura 30. Especificaciones del eje a analizar.



El eje con el que finalmente se obtuvo resultados apropiados tiene las especificaciones vistas en la figura 30, a continuación se llevaran a cabo diferentes procedimientos basados en las teorías mecánicas buscando de esta manera que no se presenten ningunas fallas en el funcionamiento de la máquina, en primera instancia se determinará si el eje con el que se desmechó acertadamente la carne puede presentar algunas fallas tanto estáticas como dinámicas, o si es necesaria la construcción de otro eje.

3.3.1.3. Determinación del centro de gravedad del eje:

Por de cada sección:

$$F_A = m_A * g = 0,3937 \text{ Kg} * 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \rightarrow F_A = 3,8582 \text{ N}$$

$$F_F = m_B * g = 2,64 \text{ Kg} * 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \rightarrow F_F = 25,872 \text{ N}$$

$$F_C = m_C * g = 0,4021 \text{ Kg} * 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \rightarrow F_C = 3,9405 \text{ N}$$

$$F_B = m_D * g = 0,264 \text{ Kg} * 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \rightarrow F_B = 2,5872 \text{ N}$$

Por lo tanto la masa total del eje es:

$$m_{te} = m_a + m_F + m_C + m_D$$

$$m_{te} = 3,7 \text{ kg}$$

$$M = W * D$$

Donde:

M: Momento (N*m)

W: Peso de cada sección (N)
 D: Centro de gravedad de cada una de las piezas (m)
 CG: Centro de gravedad (m)

$$M_A = 3,8582 \text{ N} * 2,5 * 10^{-2} \text{ m} \rightarrow M_A = 0,096 \text{ N} * \text{m}$$

$$M_F = 25,872 \text{ N} * 16,9 * 10^{-2} \text{ m} \rightarrow M_B = 4,3723 \text{ N} * \text{m}$$

$$M_C = 3,9405 \text{ N} * 31,8 * 10^{-2} \text{ m} \rightarrow M_C = 1,253 \text{ N} * \text{m}$$

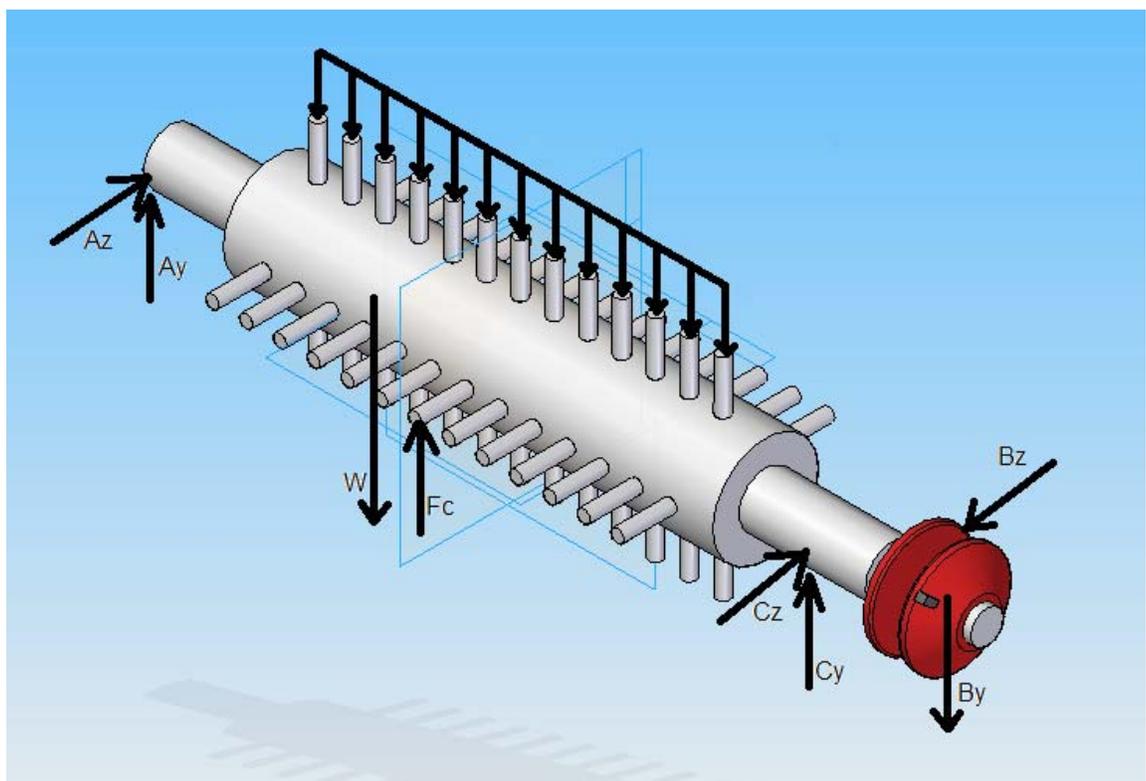
$$M_D = 2,5872 \text{ N} * 37,3 * 10^{-2} \text{ m} \rightarrow M_D = 0,9650 \text{ N} * \text{m}$$

$$CG = \frac{\sum M}{\sum F} = \frac{6,6863 \text{ N} * \text{m}}{36,257 \text{ N}} \rightarrow CG = 0,1844 \text{ m}$$

$$CG = 18,44 \text{ cm}$$

3.3.1.4. Diagrama de fuerzas del eje 3D.

Diagrama 1. Diagrama de fuerzas de eje de desmechado en 3D

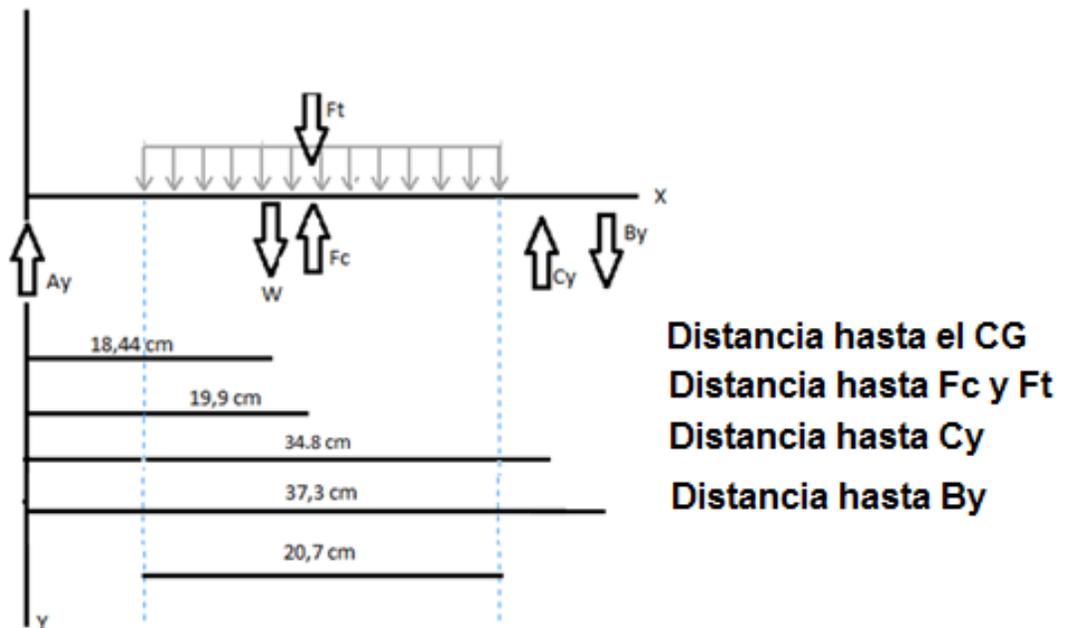


Donde:

- Az: Reacción en z rodamiento A (N)
- Ay: Reacción en y rodamiento A (N)
- W: Peso del eje (N)
- Fc: Fuerza mínima para generar ruptura en la carne (N) (Ver pág. 46)
- Ft: Carga distribuida generada por los taches (N)
- Cz: Reacción en z rodamiento C (N)
- Cy: Reacción en y rodamiento C (N)
- Bz: Fuerza que genera la correa a la polea (N)
- By: Peso polea del eje (N)

3.3.1.5. Diseño de eje por estática. Diagrama de fuerzas en xy:

Diagrama 2. Diagrama de fuerzas en el plano xy



$$P_{tache} = w_{tache} * g$$

Para hallar la carga distribuida en primera instancia se pesó un tache proporcionando una masa de 8,3 gramos como se ve en la figura 31.

Figura 31. Peso de un tache.



$$P_{tache} = 0,0083 \text{ Kg} * 9,8 \text{ m/s}$$

$$P_{tache} = 0,08134 \text{ N}$$

ϖ : Carga uniforme distribuida

$$\varpi = \frac{P_{tache} * N^{\circ} \text{ de taches en una hilera}}{\text{Distancia entre tache inicial y final}}$$

$$\varpi = \frac{0,08134 \text{ N} * 13}{20,7 * 10^{-3} \text{ m}}$$

$$\varpi = 5,108 \text{ N/m}$$

$$Ft = 5,108 \frac{\text{N}}{\text{m}} * 20,7 * 10^{-2} \text{ m}$$

$$Ft = 1,0574 \text{ N}$$

Fuerza de ruptura de la carne = $F_c = 98 \text{ N}$ (Ver pág. 46)

$$By = W_{polea} * g$$

$$By = 0,0102 \text{ Kg} * 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$By = 0,0999 \text{ N}$$

$$W = W_{eje} = m_{te} * g$$

$$W = 3,7 \text{ kg} * 9,8 \text{ m/s}$$

$$W = 36,2 \text{ N}$$

$$\sum M_A: -W (18,44 * 10^{-2} \text{ m}) + F_c (19,9 * 10^{-2} \text{ m}) - Ft (19,9 * 10^{-2} \text{ m}) - By(37,3 * 10^{-2} \text{ m}) + Cy (34,8 * 10^{-2} \text{ m}) = 0$$

$$-36,2 \text{ N} (18,44 * 10^{-2} \text{ m}) + 98 \text{ N} (19,9 * 10^{-2} \text{ m}) - 1,0574 \text{ N} (19,9 * 10^{-2} \text{ m}) - 0,0999 \text{ N} (37,3 * 10^{-2} \text{ m}) + Cy (34,8 * 10^{-2} \text{ m}) = 0$$

$$Cy = -36,14 \text{ N} \text{ (va en sentido contrario)}$$

$$\sum Fz: Ay - W + F_c - Ft - By + Cy = 0$$

$$A_y - 36,2 + 98 N - 1,0574 N - 0,0999 N - 36,14 N = 0$$

$$A_y = -24.50 N \text{ (va en sentido contrario)}$$

El diagrama de momentos y de cortantes es el siguiente:

Diagrama 3. Diagrama de cortantes y momentos en el plano xy.

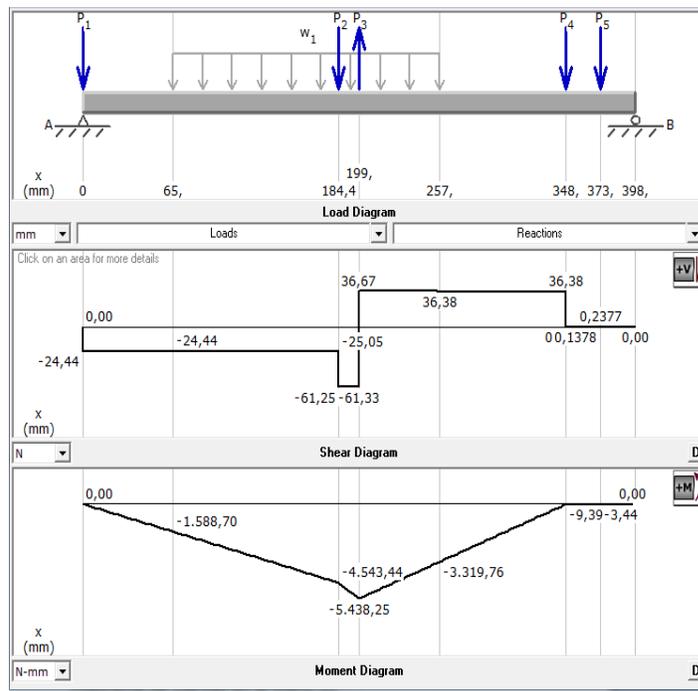
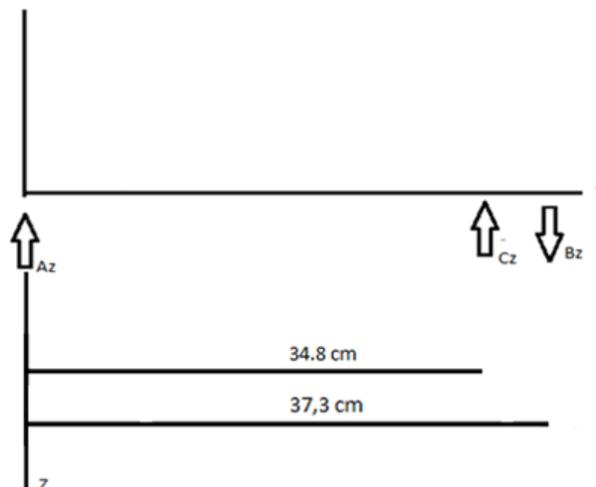


Diagrama de fuerzas en el plano xz:

Diagrama 4. Diagrama de fuerzas en el plano xz.



$$F_{polea} = 2 \frac{T}{d} = 2 * \frac{4,7 \text{ N*m}}{7,62 * 10^{-3} \text{ m}}$$

$$F_{polea} = B_z = 1,2 \text{ KN}$$

$$\sum M_A: -B_z(37,3 * 10^{-2}) + C_z(34,8 * 10^{-2}) = 0$$

$$-1,2 * 10^3 \text{ N} * (37,3 * 10^{-2}) + C_z(34,8 * 10^{-2}) = 0$$

$$C_z = 1,2862 \text{ KN}$$

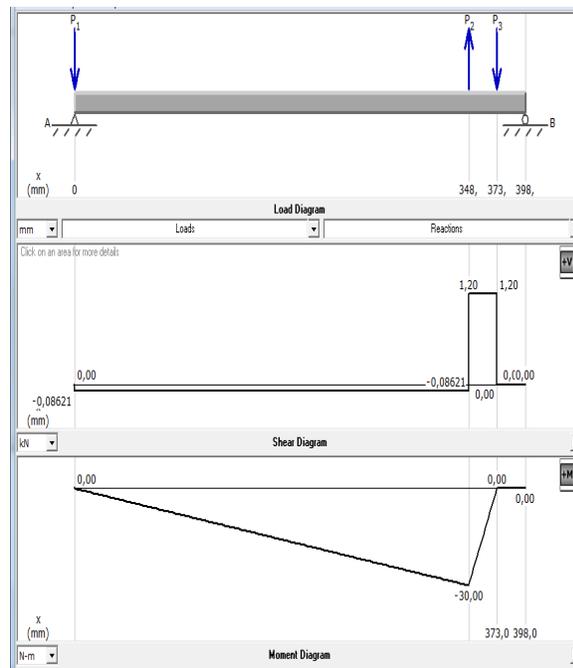
$$\sum F_z: A_z - B_z + C_z = 0$$

$$A_z - 1,2 \text{ KN} + 1,28 \text{ KN} = 0$$

$$A_z = -80 \text{ N (va en sentido contrario)}$$

El diagrama de momentos y de cortantes es el siguiente:

Diagrama 5. Diagrama de cortantes y momentos en el plano xz.



Se genera un momento torsor debido a la polea:

$$T_C = F_{polea} * r_{polea}$$

$$T_C = 1,2 \text{ KN} * 1,905 * 10^{-2} \text{ m}$$

$$T_C = 22,86 \text{ N} * \text{m}$$

También se genera un momento torsor debido a la fuerza de corte en los taches:

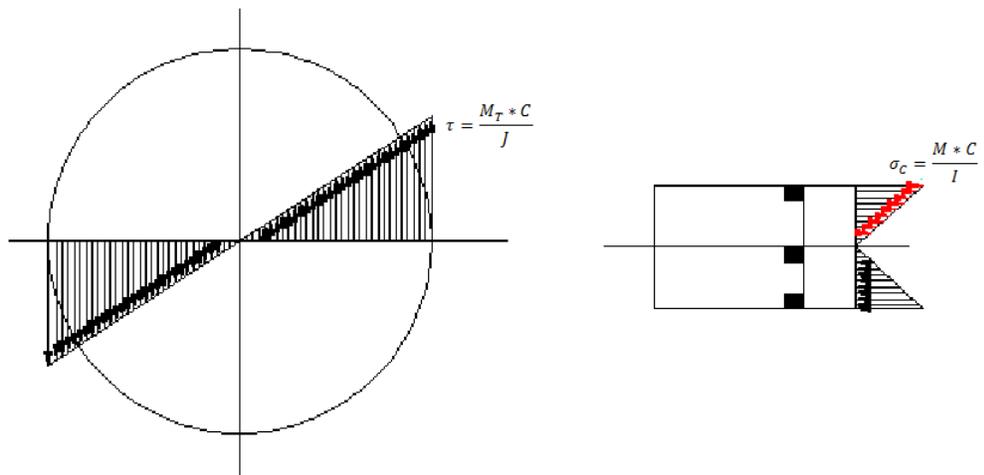
$$T_{fc} = F_c * d$$

d: distancia entre el centro del tache y el centro del eje

$$T_{fc} = 98 \text{ N} * 3,89 * 10^{-2} \text{ m}$$

$$T_{fc} = 3,81 \text{ N} * \text{m}$$

Diagrama 6. Diagrama de momento torsor



Evaluando en el punto crítico se tiene:

$$M_C = \sqrt{(M_{CXy})^2 + (M_{CXZ})^2}$$

$$M_C = \sqrt{(0,00939 \text{ N} * \text{m})^2 + (30 \text{ N} * \text{m})^2}$$

$$M_C = 30 \text{ N} * \text{m}$$

Teniendo en cuenta las especificaciones del acero inoxidable AISI 304:

- Resistencia a la fluencia (S_y) 310 Mpas

$$d_C = \sqrt[3]{\frac{32 * n * \sqrt{M^2 + T^2}}{\pi * S_y}}$$

$$d_C = \sqrt[3]{\frac{32 * 2 * \sqrt{(30 \text{ N} * \text{m})^2 + (22,86 \text{ N} * \text{m})^2}}{\pi * (310 \text{ MPa})}}$$

$$d_C = 13,53 \text{ mm}$$

Sección A

Como es de notarse el momento en A es cero por lo tanto:

$$d_A = \sqrt[3]{\frac{32 * n * \sqrt{M^2 + T^2}}{\pi * S_y}}$$

$$d_A = \sqrt[3]{\frac{32 * 2 \sqrt{(0)^2 + (22,86 N * m)^2}}{\pi * (310 MPa)}}$$

$$d_A = 11,45 \text{ mm}$$

Sección F

$$M_F = \sqrt{(M_{FXX})^2 + (M_{FYZ})^2}$$

$$M_F = \sqrt{(5,438N * m)^2 + (0)^2}$$

$$M_F = 5,438N * m$$

$$d_F = \sqrt[3]{\frac{32 * n \sqrt{M^2 + T^2}}{\pi * S_y}}$$

$$d_F = \sqrt[3]{\frac{32 * 2 \sqrt{(5,438N * m)^2 + (22,86 N * m)^2}}{\pi * (310 MPa)}}$$

$$d_F = 11,58 \text{ mm}$$

Sección B

Al igual que en la sección A no se genera momento en la sección B, por lo tanto:

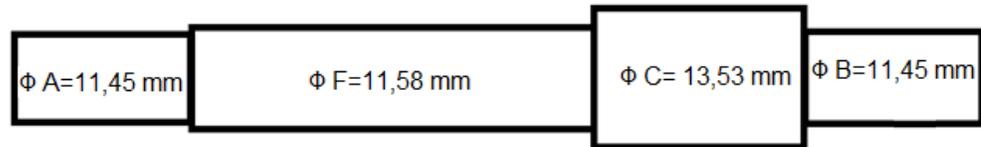
$$d_b = \sqrt[3]{\frac{32 * n \sqrt{M^2 + T^2}}{\pi * S_y}}$$

$$d_b = \sqrt[3]{\frac{32 * 2 \sqrt{(0N * m)^2 + (22,86 N * m)^2}}{\pi * (310 MPa)}}$$

$$d_b = 11,45 \text{ mm}$$

Finalmente el eje diseñado por fatiga quedaría como se ve en la figura 32.

Figura 32. Eje calculado estáticamente



Es de notar que el eje especificado se encuentra en óptimas condiciones estáticas para trabajar a continuación se llevará a cabo el análisis por fatiga.

3.3.1.6. Diseño por fatiga. Para el diseño del eje por estática se debe tener en cuenta las especificaciones del acero inoxidable que se ven en la tabla 9

Definición de variables:

- s'_e : Limite a la resistencia a la fatiga en viga rotatoria
- K_a : Factor de modificación de la condición superficial
- K_b : Factor de modificación del tamaño
- K_c : Factor de modificación de la carga
- K_d : Factor de modificación de la temperatura
- K_e : Factor de modificación de efectos diversos
- S_e : Limite a la resistencia a la fatiga en la ubicación crítica de una parte de la máquina en geometría y condición de uso
- K_{TS} : Factor de concentración de esfuerzo geométrico (torsión)
- K_T : Factor de concentración de esfuerzo teórico (flexión)
- K_F : Factor de concentración dinámico de flexión
- K_{FS} : Factor de concentración dinámico de torsión

Primero se realizará el cálculo de la parte más crítica en el eje, además se observa que esta sección se encuentra en medio de dos, por ende se realizará el diseño por ambas partes de la unión con B y con F cambiando la relación de diámetros

Sección C (con unión en B)

El acero inoxidable tiene un s_{UT} de 620 Mpas, por lo tanto:

$$s'_e = 0,506 s_{UT}$$

$$s'_e = 313,72 \text{ Mpas}$$

$$K_a = 4,45 (S_{UT})^{-0,265}$$

$$K_a = 0,809$$

$$K_b = 1,24 (d)^{-0,107}$$

$$K_b = 0,877$$

$$K_c = 1$$

$$K_d = 1$$

$$K_e = 1$$

$$S_e = K_a * K_b * K_c * K_d * K_e * S'_e$$

$$S_e = 222,58 \text{ Mpas}$$

Debido a que todos los redondeos del eje son de 2 mm se obtiene:

$$\frac{D}{d} = \frac{\Phi C}{\Phi B} = \frac{25,4mm}{15,875mm} = 1,599$$

$$\frac{r}{d} = \frac{2mm}{15,875mm} = 0,1259$$

$$K_{TS} = 0,78 + 0,2 \left(\frac{D}{d}\right)^{-10} + \left(\frac{r}{d}\right)^{-0,46} \sqrt{\frac{0,002 - 0,125 \left(\frac{D}{d}\right)^2 + 0,123 \left(\frac{D}{d}\right)^4}{1 - 2,75 \left(\frac{D}{d}\right)^2 + 2,55 \left(\frac{D}{d}\right)^4}}$$

$$K_{TS} = 1,336$$

$$K_T = 0,62 + 0,38 \left(\frac{D}{d}\right)^{-4,3} + \left(\frac{r}{d}\right)^{-0,5} \sqrt{\frac{-0,322 - 0,277 \left(\frac{D}{d}\right)^2 + 0,599 \left(\frac{D}{d}\right)^4}{1 - 2,55 \left(\frac{D}{d}\right)^2 + 5,27 \left(\frac{D}{d}\right)^4}}$$

$$K_T = 1,56$$

$$K_{fs} = \frac{K_{TS}}{1 + \frac{2}{\sqrt{r}} * \left[\frac{K_{TS} - 1}{K_{TS}} * \sqrt{a}\right]} \quad \sqrt{a} = \frac{139}{S_{UT}} = 0,224$$

$$K_{fs} = 1,2374$$

$$K_f = \frac{K_T}{1 + \frac{2}{\sqrt{r}} \left[\frac{K_T - 1}{K_T} * \sqrt{a}\right]}$$

$$K_f = 1,4$$

$$K_{fsm} = K_{fs} = 1,2374$$

$$\sigma = \frac{4 * M}{\pi * C^3} = \frac{4 * 30 \text{ N} * \text{m}}{\pi * \left(\frac{25,4 * 10^{-3}}{2}\right)^3}$$

$$\sigma = 18,64 \text{ Mpas}$$

$$\tau_{c1} = \frac{2 * T}{\pi * C^3} = \frac{2 * 22,86 \text{ N} * \text{m}}{\pi * \left(\frac{25,4 * 10^{-3}}{2}\right)^3}$$

$$\tau_{c1} = 7,10 \text{ Mpas}$$

$$V_C = \sqrt{(36,3 \text{ N})^2 + (1,2 \text{ KN})^2}$$

$$V_C = 1,2 \text{ KN}$$

$$\tau_{c2} = \frac{4 * V_C}{3 * A} = \frac{4 * 1,2 \text{ KN}}{3 * \left(\frac{\pi}{4} (25,4 * 10^{-3})^2\right)}$$

$$\tau_{c2} = 3,15 \text{ Mpas}$$

$$\Sigma\tau = \tau_{c1} + \tau_{c2}$$

$$\Sigma\tau = 7,10 \text{ Mpas} + 3,15 \text{ Mpa}$$

$$\Sigma\tau = 10,25 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{prom} = \frac{18,64 \text{ Mpas} + 0}{2}$$

$$\sigma_{prom} = 9,32 \text{ Mpas}$$

$$R = \tau_{max} = \sqrt{(\sigma_{prom})^2 + (\Sigma\tau)^2}$$

$$R = \tau_{max} = \sqrt{(9,32 \text{ Mpas})^2 + (10,25 \text{ Mpas})^2}$$

$$R = 13,85 \text{ Mpas}$$

$$\sigma_{max} = \sigma_{prom} + R$$

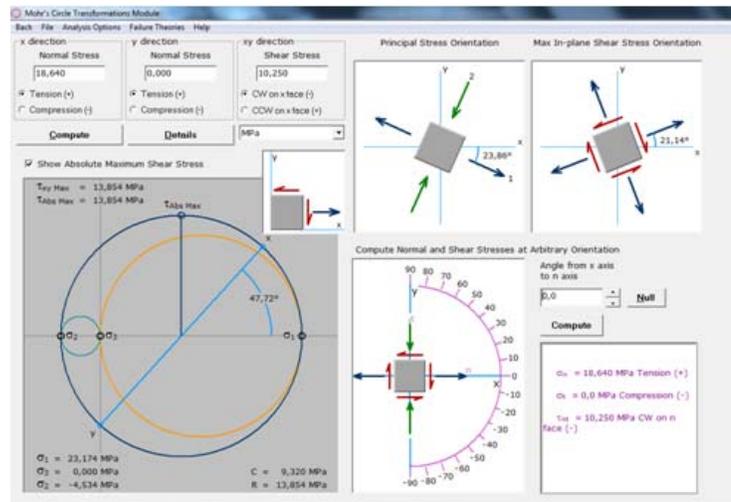
$$\sigma_{min} = \sigma_{prom} - R$$

$$\sigma_{max} = 23,17 \text{ Mpas}$$

$$\sigma_{min} = -4,53 \text{ Mpas}$$

Es así como se puede ver el círculo de Mohr:

Figura 33. Círculo de Mohr sección C con unión en B.



$$Si: K_f * (\sigma_{max}) < S_y \quad K_{fm} = K_f$$

$$K_f * (\sigma_{max}) = 32,47 \text{ MPas}$$

Por lo tanto:

$$K_{fm} = K_f = 1,4$$

Por medio del método ASME:

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 * n}{\pi} \left[\frac{\sqrt{(K_f * M)^2 + \frac{3}{4} (K_{fs} * T)^2}}{S_e} + \frac{\sqrt{(K_{fm} * M)^2 + \frac{3}{4} (K_{fsm} * T)^2}}{S_{UT}} \right]}$$

$$d = \left\{ \frac{32 * 2}{\pi} \left[\frac{\sqrt{(1,4 * 30 \text{ N} * \text{m})^2 + \frac{3}{4} (1,2374 * 22,86 \text{ N} * \text{m})^2}}{222,58 * 10^6 \text{ Pas}} + \frac{\sqrt{(1,4 * 30 \text{ N} * \text{m})^2 + \frac{3}{4} (1,2374 * 22,86 \text{ N} * \text{m})^2}}{620 * 10^6 \text{ Pas}} \right] \right\}^{1/3}$$

$$d = 18,21 \text{ mm}$$

Sección C (con unión en F)

$$s'_e = 0,506 s_{UT}$$

$$s'_e = 313,72 \text{ Mpas}$$

$$K_a = 4,45 (S_{UT})^{-0,265}$$

$$K_a = 0,809$$

$$K_b = 1,24 (d)^{-0,107}$$

$$K_b = 0,877$$

$$K_c = 1$$

$$K_d = 1$$

$$K_e = 1$$

$$S_e = K_a * K_b * K_c * K_d * K_e * S'_e$$

$$S_e = 222,85 \text{ Mpas}$$

Debido a que todos los redondeos del eje son de 2 mm se obtiene:

$$\frac{D}{d} = \frac{\Phi F}{\Phi C} = \frac{50,8 \text{ mm}}{25,4 \text{ mm}} = 2$$

$$\frac{r}{d} = \frac{2 \text{ mm}}{25,4 \text{ mm}} = 0,0787$$

$$K_{TS} = 0,78 + 0,2 \left(\frac{D}{d}\right)^{-10} + \left(\frac{r}{d}\right)^{-0,46} \sqrt{\frac{0,002 - 0,125 \left(\frac{D}{d}\right)^2 + 0,123 \left(\frac{D}{d}\right)^4}{1 - 2,75 \left(\frac{D}{d}\right)^2 + 2,55 \left(\frac{D}{d}\right)^4}}$$

$$K_{TS} = 1,483$$

$$K_T = 0,62 + 0,38 \left(\frac{D}{d}\right)^{-4,3} + \left(\frac{r}{d}\right)^{-0,5} \sqrt{\frac{-0,322 - 0,277 \left(\frac{D}{d}\right)^2 + 0,599 \left(\frac{D}{d}\right)^4}{1 - 2,55 \left(\frac{D}{d}\right)^2 + 5,27 \left(\frac{D}{d}\right)^4}}$$

$$K_T = 1,813$$

$$K_{fs} = \frac{K_{TS}}{1 + \frac{2}{\sqrt{r}} * \left[\frac{K_{TS} - 1}{K_{TS}} * \sqrt{a}\right]} \quad \sqrt{a} = \frac{139}{S_{UT}} = 0,224$$

$$K_{fs} = 1,344$$

$$K_f = \frac{K_T}{1 + \frac{2}{\sqrt{r}} \left[\frac{K_T - 1}{K_T} * \sqrt{a}\right]}$$

$$K_f = 1,587$$

$$K_{fsm} = K_{fs} = 1,344$$

$$\sigma_c = \frac{4 * M}{\pi * C^3} = \frac{4 * 30 \text{ N} * m}{\pi * (12,7 * 10^{-3})^3}$$

$$\sigma_c = 18,64 \text{ Mpas}$$

$$\tau_c = \frac{2 * T}{\pi * C^3} = \frac{2 * 22,86 \text{ N} * m}{\pi * (12,7 * 10^{-3})^3}$$

$$\tau_{c1} = 7,10 \text{ Mpas}$$

$$V_C = \sqrt{(F_{xy})^2 + (F_{xy})^2}$$

$$V_C = \sqrt{(36,3 \text{ N})^2 + (1,2 \text{ KN})^2}$$

$$V_C = 1,2 \text{ KN}$$

$$\tau_c = \frac{4 * V}{3 * A} = \frac{4 * 1,2 \text{ KN}}{3 * \left(\frac{\pi}{4} (25,4 * 10^{-3})^2\right)}$$

$$\tau_{c2} = 3,159 \text{ Mpas}$$

$$\Sigma\tau = \tau_{c1} + \tau_{c2}$$

$$\Sigma\tau = 7,10 + 3,15 \text{ (Mpa)}$$

$$\Sigma\tau = 10,26 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{prom} = \frac{18,64 \text{ Mpas} + 0}{2}$$

$$\sigma_{prom} = 9,32 \text{ Mpas}$$

$$R = \tau_{max} = \sqrt{(\sigma_{prom})^2 + (\Sigma\tau)^2}$$

$$R = \tau_{max} = \sqrt{(9,32 \text{ Mpas})^2 + (10,26 \text{ Mpas})^2}$$

$$R = 13,86 \text{ Mpas}$$

$$\sigma_{max} = \sigma_{prom} + R$$

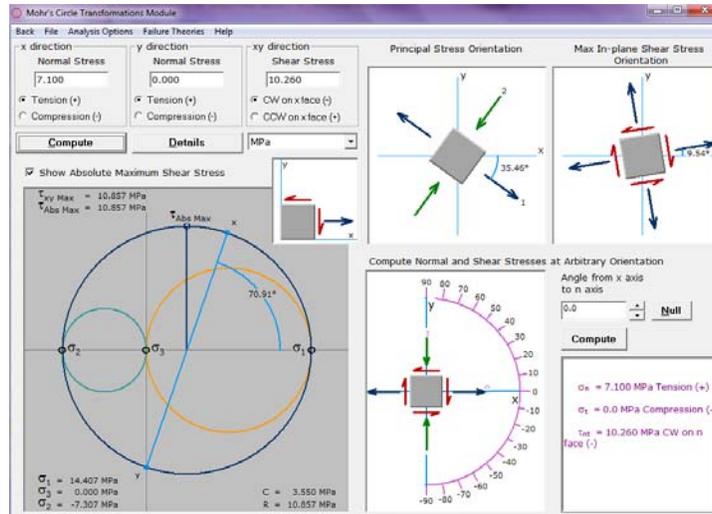
$$\sigma_{min} = \sigma_{prom} - R$$

$$\sigma_{max} = 23,97 \text{ Mpas}$$

$$\sigma_{min} = -4,54 \text{ Mpas}$$

Es así como se puede ver el círculo de Mohr:

Figura 34. Círculo de Mohr Sección C con unión en F



$$Si: K_f * (\sigma_{max}) < S_y \quad K_{fm} = K_f$$

$$K_f * (\sigma_{max}) = 32,47 \text{ Mpas}$$

Por lo tanto:

$$K_{fm} = K_f = 1,587$$

Por medio del método ASME:

$$dc = \sqrt[3]{\frac{32 * n}{\pi} \left[\frac{\sqrt{(K_f * M)^2 + \frac{3}{4} (K_{fs} * T)^2}}{S_e} + \frac{\sqrt{(K_{fm} * M)^2 + \frac{3}{4} (K_{fsm} * T)^2}}{S_{UT}} \right]}$$

$$dc = \left\{ \frac{32 * 2}{\pi} \left[\frac{\sqrt{(1,587 * 30 \text{ N} * \text{m})^2 + \frac{3}{4} (1,344 * 22,86 \text{ N} * \text{m})^2}}{222,58 * 10^6 \text{ Pas}} + \frac{\sqrt{(1,587 * 30 \text{ N} * \text{m})^2 + \frac{3}{4} (1,344 * 22,86 \text{ N} * \text{m})^2}}{620 * 10^6 \text{ Pas}} \right] \right\}^{1/3}$$

$$dc = 18,927 \text{ mm}$$

Finalmente se observa que el eje se encuentra en perfectas condiciones debido a que el eje en este punto crítico tiene un diámetro de 25,4 mm (1").

Sección A

$$s'_e = 0,506 s_{UT}$$

$$s'_e = 313,72 \text{ Mpas}$$

$$K_a = 4,45 (s_{UT})^{-0,265}$$

$$K_a = 0,809$$

$$K_b = 1,24 (d)^{-0,107}$$

$$K_b = 0,877$$

$$K_c = 1$$

$$K_d = 1$$

$$K_e = 1$$

$$S_e = K_a * K_b * K_c * K_d * K_e * s'_e$$

$$S_e = 222,855 \text{ Mpas}$$

Debido a que todos los redondeos del eje son de 2 mm se obtiene:

$$\frac{D}{d} = \frac{\Phi F}{\Phi A} = \frac{50,8\text{mm}}{25,4\text{mm}} = 2$$

$$\frac{r}{d} = \frac{2\text{mm}}{25,4\text{mm}} = 0,0787$$

$$K_{TS} = 0,78 + 0,2 \left(\frac{D}{d}\right)^{-10} + \left(\frac{r}{d}\right)^{-0,46} \sqrt{\frac{0,002 - 0,125 \left(\frac{D}{d}\right)^2 + 0,123 \left(\frac{D}{d}\right)^4}{1 - 2,75 \left(\frac{D}{d}\right)^2 + 2,55 \left(\frac{D}{d}\right)^4}}$$

$$K_{TS} = 1,483$$

$$K_T = 0,62 + 0,38 \left(\frac{D}{d}\right)^{-4,3} + \left(\frac{r}{d}\right)^{-0,5} \sqrt{\frac{-0,322 - 0,277 \left(\frac{D}{d}\right)^2 + 0,599 \left(\frac{D}{d}\right)^4}{1 - 2,55 \left(\frac{D}{d}\right)^2 + 5,27 \left(\frac{D}{d}\right)^4}}$$

$$K_T = 1,813$$

$$K_{fs} = \frac{K_{TS}}{1 + \frac{2}{\sqrt{r}} * \left[\frac{K_{TS} - 1}{K_{TS}} * \sqrt{a}\right]} \quad \sqrt{a} = \frac{139}{S_{UT}} = 0,224$$

$$K_{fs} = 1,344$$

$$K_f = \frac{K_T}{1 + \frac{2}{\sqrt{r}} \left[\frac{K_T - 1}{K_T} * \sqrt{a}\right]}$$

$$K_f = 1,587$$

$$K_{fsm} = K_{fs} = 1,344$$

$$\sigma_A = \frac{4 * MA}{\pi * C^3} = \frac{4 * 0 \text{ N} * \text{m}}{\pi * (12,7 * 10^{-3})^3}$$

$$\sigma_A = 0 \text{ MPas}$$

$$\tau_A = \frac{2 * T}{\pi * C^3} = \frac{2 * 22,86 \text{ N} * \text{m}}{\pi * (12,7 * 10^{-3})^3}$$

$$\tau_{A1} = 7,10 \text{ Mpas}$$

$$V_A = \sqrt{(F_{xy})^2 + (F_{xy})^2}$$

$$V_A = \sqrt{(24,5 \text{ N})^2 + (80 \text{ N})^2}$$

$$V_A = 83,667 \text{ N}$$

$$\tau_{A2} = \frac{4 * V}{3 * A} = \frac{4 * 83,667 \text{ N}}{3 * \left(\frac{\pi}{4} (25,4 * 10^{-3})^2\right)}$$

$$\tau_{A2} = 0,22 \text{ Mpas}$$

$$\Sigma\tau = \tau_{A1} + \tau_{A2}$$

$$\Sigma\tau = 7,10 + 0,22 \text{ (Mpa)}$$

$$\Sigma\tau = 7,32 \text{ Mpa}$$

$$R = \tau_{max} = \sqrt{(\sigma_{prom})^2 + (\Sigma\tau)^2}$$

$$\sigma_{prom} = \frac{0 \text{ Mpas} + 0}{2}$$

$$\sigma_{prom} = 0 \text{ Mpas}$$

$$R = \tau_{max} = \sqrt{(0 \text{ Mpas})^2 + (7,32 \text{ Mpas})^2}$$

$$R = 7,324 \text{ Mpas}$$

$$\sigma_{max} = \sigma_{prom} + R$$

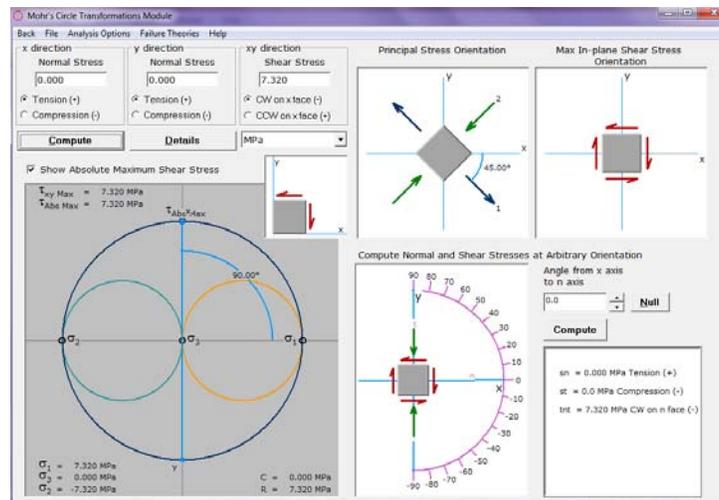
$$\sigma_{min} = \sigma_{prom} - R$$

$$\sigma_{max} = 7,324 \text{ Mpas}$$

$$\sigma_{min} = -7,324 \text{ Mpas}$$

Es así como se puede ver el círculo de Mohr:

Figura 35. Círculo de Mohr sección A.



$$Si: K_f * (\sigma_{max}) < S_y$$

$$K_{fm} = K_f$$

$$K_f * (\sigma_{max}) = Mpas$$

Por lo tanto:

$$K_{fm} = K_f = 1,587$$

Por medio del método ASME:

$$dA = \sqrt[3]{\frac{32 * n}{\pi} \left[\frac{\sqrt{(K_f * M)^2 + \frac{3}{4}(K_{fs} * T)^2}}{S_e} + \frac{\sqrt{(K_{fm} * M)^2 + \frac{3}{4}(K_{fsm} * T)^2}}{S_{UT}} \right]}$$

$$dA = \left\{ \frac{32 * 2}{\pi} \left[\frac{\sqrt{(1,587 * 0 \text{ N} * \text{ m})^2 + \frac{3}{4} (1,344 * 22,86 \text{ N} * \text{ m})^2}}{222,58 * 10^6 \text{ Pas}} + \frac{\sqrt{(1,587 * 0 \text{ N} * \text{ m})^2 + \frac{3}{4} (1,344 * 22,86 \text{ N} * \text{ m})^2}}{620 * 10^6 \text{ Pas}} \right] \right\}^{1/3}$$

$$dA = 14,899 \text{ mm}$$

Se observa que la sección A se encuentra en perfectas condiciones ya que el diámetro es de 25,4 mm (1")

Sección F

$$s'_e = 0,506 s_{UT}$$

$$s'_e = 313,72 \text{ Mpas}$$

$$K_a = 4,45 (s_{UT})^{-0,265}$$

$$K_a = 0,809$$

$$K_b = 1,24 (d)^{-0,107}$$

$$K_b = 0,8145$$

$$K_c = 1$$

$$K_d = 1$$

$$K_e = 1$$

$$S_e = K_a * K_b * K_c * K_d * K_e * S'_e$$

$$S_e = 206,9248 \text{ Mpas}$$

Debido a que todos los redondeos del eje son de 2 mm se obtiene:

$$\frac{D}{d} = \frac{\Phi F}{\Phi A} = \frac{50,8mm}{25,4mm} = 2$$

$$\frac{r}{d} = \frac{2mm}{25,4mm} = 0,0787$$

$$K_{TS} = 0,78 + 0,2 \left(\frac{D}{d}\right)^{-10} + \left(\frac{r}{d}\right)^{-0,46} \sqrt{\frac{0,002 - 0,125 \left(\frac{D}{d}\right)^2 + 0,123 \left(\frac{D}{d}\right)^4}{1 - 2,75 \left(\frac{D}{d}\right)^2 + 2,55 \left(\frac{D}{d}\right)^4}}$$

$$K_{TS} = 1,483$$

$$K_T = 0,62 + 0,38 \left(\frac{D}{d}\right)^{-4,3} + \left(\frac{r}{d}\right)^{-0,5} \sqrt{\frac{-0,322 - 0,277 \left(\frac{D}{d}\right)^2 + 0,599 \left(\frac{D}{d}\right)^4}{1 - 2,55 \left(\frac{D}{d}\right)^2 + 5,27 \left(\frac{D}{d}\right)^4}}$$

$$K_T = 1,813$$

$$K_{fs} = \frac{K_{TS}}{1 + \frac{2}{\sqrt{r}} * \left[\frac{K_{TS} - 1}{K_{TS}} * \sqrt{a}\right]} \quad \sqrt{a} = \frac{139}{S_{UT}} = 0,224$$

$$K_{fs} = 1,344$$

$$K_f = \frac{K_T}{1 + \frac{2}{\sqrt{r}} \left[\frac{K_T - 1}{K_T} * \sqrt{a}\right]}$$

$$K_f = 1,587$$

$$K_{fsm} = K_{fs} = 1,344$$

$$\sigma_F = \frac{4 * MA}{\pi * C^3} = \frac{4 * 5,438 N * m}{\pi * (25,4 * 10^{-3})^3}$$

$$\sigma F = 0,42 \text{ Mpas}$$

$$\tau F1 = \frac{2 * T}{\pi * C^3} = \frac{2 * 22,86 \text{ N} * m}{\pi * (25,4 * 10^{-3})^3}$$

$$\tau F1 = 0,89 \text{ Mpas}$$

$$\Sigma F_{XY} F = W + FC + FT$$

$$\Sigma F_{XY} F = 36,2 + 98 + 1,0574 \text{ (N)}$$

$$V_F = \sqrt{(F_{xy})^2 + (F_{xy})^2}$$

$$V_F = \sqrt{(135,25 \text{ N})^2 + (0 \text{ N})^2}$$

$$V_F = 135,25 \text{ N}$$

$$\tau F2 = \frac{4 * V}{3 * A} = \frac{4 * 135,25 \text{ N}}{3 * \left(\frac{\pi}{4} (25,4 * 10^{-3})^2\right)}$$

$$\tau F2 = 0,0889 \text{ Mpas}$$

$$\Sigma \tau = \tau F1 + \tau F2$$

$$\Sigma \tau = 0,89 + 0,0889 \text{ (Mpa)}$$

$$\Sigma \tau = 0,98 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{prom} = \frac{0,42 \text{ Mpas} + 0}{2}$$

$$\sigma_{prom} = 0,2112 \text{ Mpas}$$

$$R = \tau_{max} = \sqrt{(\sigma_{prom})^2 + (\Sigma \tau)^2}$$

$$R = \tau_{max} = \sqrt{(0,211 \text{ Mpas})^2 + (0,98 \text{ Mpas})^2}$$

$$R = 0,9996 \text{ Mpas}$$

$$\sigma_{max} = \sigma_{prom} + R$$

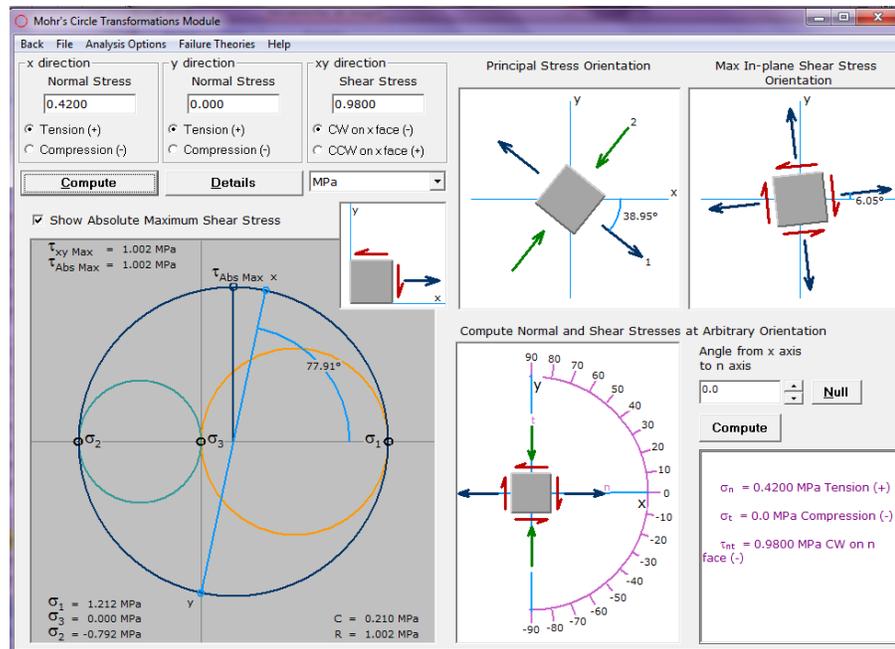
$$\sigma_{min} = \sigma_{prom} - R$$

$$\sigma_{max} = 1,21 \text{ Mpas}$$

$$\sigma_{min} = -0.788 \text{ Mpas}$$

Es así como se puede ver el círculo de Mohr:

Figura 36. Círculo de Mohr sección F.



$$Si: K_f * (\sigma_{max}) < S_y$$

$$K_{fm} = K_f$$

$$K_f * (\sigma_{max}) = Mpas$$

Por lo tanto:

$$K_{fm} = K_f = 1,587$$

Por medio del método ASME:

$$df = \sqrt[3]{\frac{32 * n}{\pi} \left[\frac{\sqrt{(K_f * M)^2 + \frac{3}{4}(K_{fs} * T)^2}}{S_e} + \frac{\sqrt{(K_{fm} * M)^2 + \frac{3}{4}(K_{fsm} * T)^2}}{S_{UT}} \right]}$$

$$df = \left\{ \frac{32 * 2}{\pi} \left[\frac{\sqrt{(1,587 * 5,438 \text{ N} * \text{m})^2 + \frac{3}{4}(1,344 * 22,86 \text{ N} * \text{m})^2}}{222,58 * 10^6 \text{ Pas}} + \frac{\sqrt{(1,587 * 5,438 \text{ N} * \text{m})^2 + \frac{3}{4}(1,344 * 22,86 \text{ N} * \text{m})^2}}{620 * 10^6 \text{ Pas}} \right] \right\}^{1/3}$$

$$df = 15,431 \text{ mm}$$

Se observa que la sección F se encuentra en perfectas condiciones ya que el diámetro es de 50,8 mm (2")

Sección B

$$s'_e = 0,506 S_{UT}$$

$$s'_e = 313,72 \text{ Mpas}$$

$$K_a = 4,45 (S_{UT})^{-0,265}$$

$$K_a = 0,809$$

$$K_b = 1,24 (d)^{-0,107}$$

$$K_b = 0,922$$

$$K_c = 1$$

$$K_d = 1$$

$$K_e = 1$$

$$S_e = K_a * K_b * K_c * K_d * K_e * S'_e$$

$$S_e = 234,349 \text{ Mpas}$$

Debido a que todos los redondeos del eje son de 2 mm se obtiene:

$$\frac{D}{d} = \frac{\Phi C}{\Phi B} = \frac{25,4 \text{ mm}}{15,875 \text{ mm}} = 1,6$$

$$\frac{r}{d} = \frac{2 \text{ mm}}{15,875 \text{ mm}} = 0,125$$

Debido a que en esta sección hay una cuña K_{TS} y K_T equivalen a 2, puesto que existe un caso extremo.

$$K_{fs} = \frac{K_{TS}}{1 + \frac{2}{\sqrt{r}} * \left[\frac{K_{TS} - 1}{K_{TS}} * \sqrt{a} \right]} \quad \sqrt{a} = \frac{139}{S_{UT}} = 0,224$$

$$K_{fs} = 1,726$$

$$K_f = \frac{K_T}{1 + \frac{2}{\sqrt{r}} * \left[\frac{K_T - 1}{K_T} * \sqrt{a} \right]}$$

$$K_f = 1,726$$

$$K_{fsm} = K_{fs} = 1,726$$

$$\sigma_B = \frac{4 * MA}{\pi * C^3} = \frac{4 * 0 \text{ N} * m}{\pi * (7,935 * 10^{-3})^3}$$

$$\sigma_B = 0 \text{ Mpas}$$

$$\tau_{B1} = \frac{2 * T}{\pi * C^3} = \frac{2 * 22,86 \text{ N} * \text{m}}{\pi * (7,935 * 10^{-3})^3}$$

$$\tau_{B1} = 29,1 \text{ Mpas}$$

$$V_B = \sqrt{(F_{xy})^2 + (F_{xy})^2}$$

$$V_B = \sqrt{(0,24 \text{ N})^2 + (0 \text{ N})^2}$$

$$V_B = 0,237 \text{ N}$$

$$\tau_{B2} = \frac{4 * V}{3 * A} = \frac{4 * 0,237 \text{ N}}{3 * \left(\frac{\pi}{4} (7,935 * 10^{-3})^2\right)}$$

$$\tau_{B2} = 0,0016 \text{ Mpas}$$

$$\Sigma\tau = \tau_{F1} + \tau_{F2}$$

$$\Sigma\tau = 29,10 + 0,0016 \text{ (Mpa)}$$

$$\Sigma\tau = 29,101 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{prom} = \frac{0 \text{ Mpas} + 0}{2}$$

$$\sigma_{prom} = 0 \text{ Mpas}$$

$$R = \tau_{max} = \sqrt{(\sigma_{prom})^2 + (\Sigma\tau)^2}$$

$$R = \tau_{max} = \sqrt{(0)^2 + (29,101 \text{ Mpas})^2}$$

$$R = 29,10 \text{ Mpas}$$

$$\sigma_{max} = \sigma_{prom} + R$$

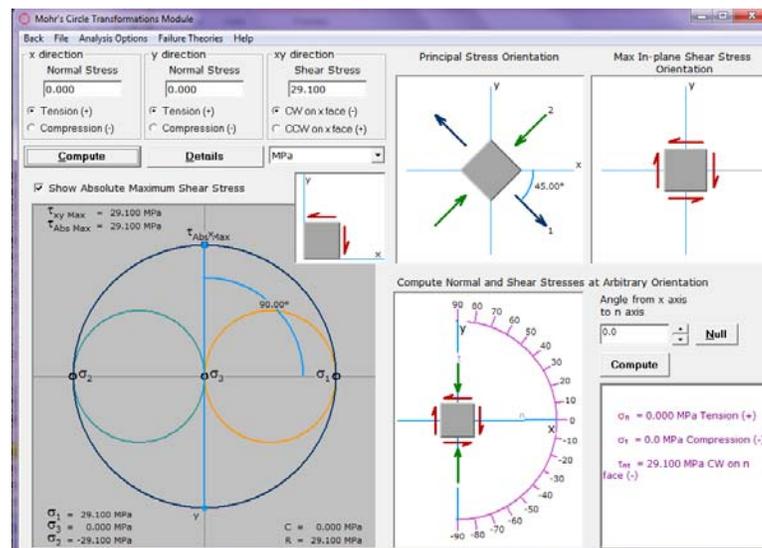
$$\sigma_{min} = \sigma_{prom} - R$$

$$\sigma_{max} = 29,10 \text{ Mpas}$$

$$\sigma_{min} = -29,10 \text{ Mpas}$$

Es así como se puede ver el círculo de Mohr:

Figura 37. Círculo de Mohr sección B.



$$Si: K_f * (\sigma_{max}) < S_y$$

$$K_{fm} = K_f$$

$$K_f * (\sigma_{max}) = Mpas$$

Por lo tanto:

$$K_{fm} = K_f = 1,726$$

Por medio del método ASME:

$$dB = \sqrt[3]{\frac{32 * n}{\pi} \left[\frac{\sqrt{(K_f * M)^2 + \frac{3}{4}(K_{fs} * T)^2}}{S_e} + \frac{\sqrt{(K_{fm} * M)^2 + \frac{3}{4}(K_{fsm} * T)^2}}{S_{UT}} \right]}$$

$$dB = \left\{ \frac{32 * 2}{\pi} \left[\frac{\sqrt{(1,726 * 0 \text{ N} * m)^2 + \frac{3}{4}(1,726 * 22,86 \text{ N} * m)^2}}{222,58 * 10^6 \text{ Pas}} + \frac{\sqrt{(1,726 * 0 \text{ N} * m)^2 + \frac{3}{4}(1,726 * 22,86 \text{ N} * m)^2}}{620 * 10^6 \text{ Pas}} \right] \right\}^{1/3}$$

$$dB = 15,448 \text{ mm}$$

Se observa que la sección B se encuentra en perfectas condiciones ya que el diámetro es de 15,87 mm (5/8")

3.3.1.7. Diseño de rodamientos. Para hallar los rodamientos se tiene en cuenta el diagrama de flujo que se encuentra en el anexo D. El rodamiento que soporta mayores cargas, se encuentra en el punto C.

En primer lugar se tiene una fuerza radial:

$$Fr = \sqrt{Cy^2 + Cz^2}$$

$$Fr = \sqrt{(36,14 \text{ N})^2 + (1286,2 \text{ N})^2}$$

$$Fr = 1286,7 \text{ N}$$

$$Fa = 0$$

$$P_o = 0.6Fr$$

$$P_o = 772,02N$$

$$P_o \leq Fr \rightarrow S_o = 2$$

$$C_o = S_o * P_o$$

$$C_o = 1544 N$$

$$Fa \leq 0.5 * C_o$$

$$0.5 * C_o = 772,02$$

Por lo tanto el rodamiento es apto.

$$\frac{Fa}{Fr} \leq 0$$

Puesto que $Fa = 0$; entonces $X = 1$ y $Y = 0$

$$P = x * Fr$$

$$P = 1286,7 N$$

Ahora por medio de la formula de la duración, y teniendo en cuenta que $L_{10h} = 10000$ Para máquinas de 8 horas de trabajo no totalmente utilizadas. Transmisiones por engranajes para uso general, motores eléctricos para uso industrial y marchadoras giratorias; por otro lado con un valor n de 3600 RPM y debido a que son rodamientos de bolas lo que se desea $p=3$ se obtiene la capacidad de carga así:

$$L_{10h} = \left(\frac{C}{P}\right)^p * \frac{1000000}{60 n}$$

$$C = 16,63 KN.$$

Debido a esto se escogió el rodamiento de bolas marca ZKL referencia UCF205 con un soporte de brida cuadrado de cuatro agujeros, el cual es el que soporta la carga necesaria y es indicado para el diámetro del eje.

3.3.1.8. Diseño de la cuña para la polea. Debido a que la polea no tiene contacto directo con la carne se escogió un acero 1020 HR, el cual tiene una $S_y=210$ Mpas Así:

$$F_{pe} = 1,2 \text{ KN}$$

$$w = h = \frac{3}{16} \text{ in} = 4,7625 \text{ mm}$$

$$L = \frac{n*F}{0,57*S_y*h} = \frac{2*1200 \text{ N}}{0,57*210*10^6*4,7625*10^{-3}}$$

$$L = 4,2 \text{ mm}$$

$$L = \frac{2*n*F}{S_y*h} = \frac{2*2*1200 \text{ N}}{210*10^6*4,7625*10^{-3}}$$

$$L = 4,79 \text{ mm}$$

3.3.1.9. Selección del perfil de la correa de transmisión. Para transmitir un torque de una máquina motriz a una máquina movida, se emplean diferentes tipos de transmisiones, (engranajes, correas, y cadenas) las cuales se seleccionan, dependiendo de ciertos factores como lo son, la potencia, distancia entre ejes, costos, y sincronía. Para la máquina desmechadora de carne, se selecciona una correa en 'V', ya que esta permite un trabajo fácil con poleas pequeñas y distancia entre centros corta, mientras que las correas planas son utilizadas para poleas más grandes y distancias entre centros mayores.

Para una correa en 'V', primero se debe estimar el factor de servicio μ , este valor es determinado, por el tipo de trabajo que realiza la máquina y nos indica en qué condiciones trabaja la correa; Cuando la correa se trabaja para servicios intermitentes, arranques en vacío, y no se excede la carga asignada, se toma como $\mu = 1$. Para este caso se utilizara $\mu = 1,2$ teniendo en cuenta un sobredimensionamiento del 20%.

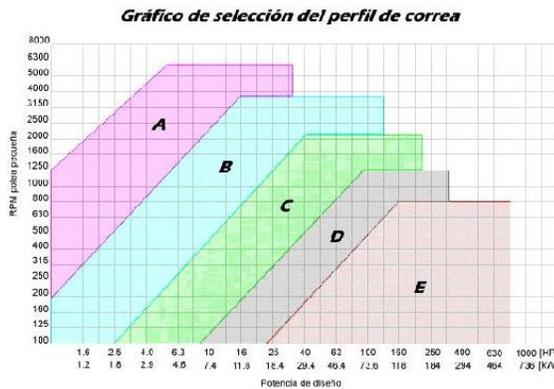
Se sabe que la potencia del motor es de 1,5 HP, y se debe calcular la potencia de diseño (PD) donde:

$$PD = P * \mu$$

$$PD = 1,8 \text{ HP} = 1,343 \text{ Kw}$$

Ahora se debe determinar la sección de la correa, por medio del siguiente gráfico, teniendo en cuenta la potencia y la velocidad, se selecciona como perfil el tipo A, ya que se encuentra entre los rangos de operación de la máquina.

Gráfico 1. Selección perfil de correa



Fuente: www.lapampa.edu.ar/.../Diseño%20y%20Selección%20del%20mando%20a%20C%20correas%20. (20 septiembre 2010)

Ahora se determina el No de la Polea de la siguiente forma:

$$L = 2 * C + 1,57 * (D + d) + \frac{(D - d)^2}{C * 4}$$

Siendo

- C: distancia entre centros de poleas
- D: diámetro polea mayor
- d: diámetro polea menor

$$L = 2 * 40\text{cm} + 1,57 * (7,62\text{cm} + 3,81\text{cm}) + \frac{(7,62\text{cm} - 3,81\text{cm})^2}{40\text{cm} * 4}$$

$$L = 98,02cm$$

Teniendo en cuenta que $L=98$, se implementa una correa No 39

3.3.1.10. Diseño de la banda. Se requiere calcular una cinta transportadora así:

La banda transportadora tiene una longitud de 80cm, y se desea que el tiempo máximo para la extracción una porción de carne procesada sea de 20 segundos, se conoce que:

$$R = 1,905 \text{ cm (radio rodillo banda transportadora)}$$

Teniendo la distancia (80 cm), y el tiempo (20s), se puede hallar:

$$V = \frac{d}{t}$$

$$V = \frac{0,8m}{20seg}$$

$$V = 0,04m/seg$$

Ahora con el radio del rodillo se obtiene:

$$\omega = \frac{V}{r}$$

$$\omega = \frac{0,04m/seg}{0,019m}$$

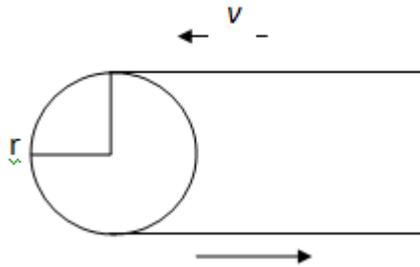
$$\omega = 2,14 \frac{rad}{seg} \quad (20,1 \text{ rmp})$$

Sin embargo, para evitar grandes concentraciones de carne procesada en la banda, se toma una velocidad mayor, aumentándola a 1rad/s y de esta manera garantizar la extracción completa de la porción de carne que fue procesada, por otro lado se previenen posibles aglomeraciones de carne en un mismo punto de la banda transportadora.

Por lo tanto:

$$\omega = 3,14 \frac{rad}{seg}$$

Diagrama 7. Análisis de la banda.



M: 2,5 kg (masa máxima de carne por minuto)

M2: 2kg (masa de la banda transportadora)

Como se obtuvo anteriormente:

$$V_t = \omega * r$$

$$V_t = 5,98 \frac{cm}{s}$$

Donde:

Vt: velocidad lineal total

W: velocidad angular en rad/s

r: radio del rodillo conectado al motor en m

$$W = m * g$$

$$W_{carne} = 2,5 Kg * 9,8 \frac{m}{s^2}$$

$$W_{carne} = 24,892 \text{ N}$$

Peso banda transportadora

$$W_{banda} = 2 \text{ Kg} * 9,8 \frac{m}{s^2}$$

$$W_{banda} = 19,6 \text{ N}$$

Peso máximo de sistema

$$W_T = W_{carne} + W_{banda}$$

$$W_T = 44,492 \text{ N}$$

Como $W_t = 44,42 \text{ N}$ la $F_N = 44,42 \text{ N}$

$$F_r = N * \mu$$

Donde $\mu = 0.3$ de acuerdo con las especificaciones de la banda transportadora especializada para el transporte de carne.

$$F_r = 44,492 \text{ N} * 0,3$$

$$F_r = 13,34 \text{ N}$$

De donde se tiene:

$$F = 13,34 \text{ N}$$

Por lo que la potencia mecánica sería:

$$P_{mec} = \frac{F * V}{n}$$

$$P_{mec} = \frac{1,59 \text{ Watts}}{0.85}$$

$$P_{mec} = 1,87 \text{ watts}$$

Y la potencia eléctrica motor:

$$P_{elec} = P_{mec} * F_s$$

Teniendo en cuenta que el factor de seguridad (F.S) es de 2

$$P_{elec} = 1,87 \text{ Watts} * 2$$

$$P_{elec} = 3,74 \text{ Watts}$$

3.4. DISEÑO ELECTRÓNICO Y DE CONTROL

3.4.1. Proceso analítico del control de la máquina. En primera instancia se llevó a cabo un análisis de cuáles eran los parámetros importantes para que la máquina funcionara eficientemente, por lo tanto se llegó a la conclusión de lo siguiente:

- A pesar de que se busca la automatización de la máquina, debe tener la opción de obrar manualmente.
- Por norma de seguridad debe haber un paro de emergencia para evitar cualquier imprevisto.
- Debe asignarse una protección al motor, procurando evitar el daño del mismo.
- Debe haber una forma de detectar que se esté introduciendo carne, de lo contrario la máquina no debe estar en funcionamiento.
- Cuando se vaya a realizar mantenimiento a la máquina, debe haber un detector, buscando evitar el paso de corriente.

Es así como se observó la necesidad de las siguientes entradas:

- Inicio de la máquina.
- Paro de la máquina.
- Paro de emergencia.
- Detector de carne.

- Selector funcionamiento manual o automático.
- Detector de mantenimiento.

Y por consecuencia las siguientes salidas:

- Activación motor eje de desmechado
- Activación motor banda transportadora
- Indicación de funcionamiento.
- Indicación de paro de la máquina

Finalmente se diseñó el diagrama de flujo que se ve en el anexo A, en este diagrama de flujo se observa el control de la máquina completo.

Después se procedió a escoger la mejor forma para el control, llegando a la conclusión de que debido a que la máquina desmechadora de carne está enfocada hacia un nivel industrial se seleccionó realizar el control mediante un PLC, ya que, la imposición que existe hoy en día por bajar los costos y los tiempos en los procesos de control y producción hace que los PLC estén cada vez más difundidos en las aplicaciones de automatización. También la rápida evolución de la industria es un factor que requiere de estos dispositivos.

En el momento que se tenía claro que el control se llevaría a cabo mediante un PLC, se buscó un PLC con las entradas y salidas necesarias, que fuera de fácil implementación y de buen funcionamiento; llegando a escoger un PLC siemens logo 12/24 RC (ver figura 38), el cual cuenta con 8 entradas y 4 salidas digitales por rele de 10 A.

Se selecciona este PLC, ya que brinda la seguridad necesaria para el control de una máquina industrial, además su implementación es rápida y sencilla, por otro lado posee facilidad de programación y es económico.

Figura 38. PLC Logo 12/24

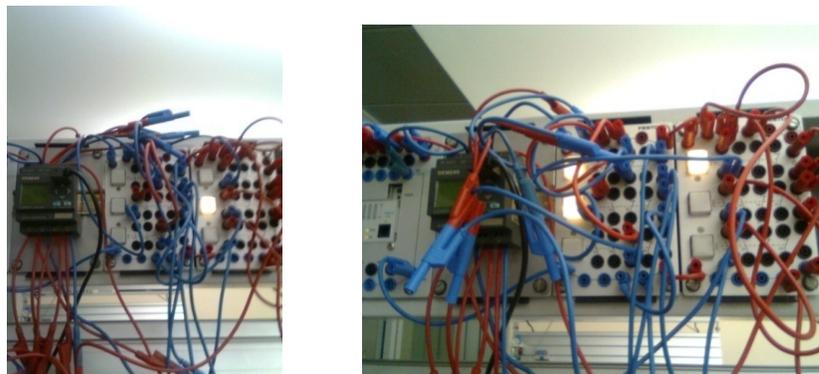


Fuente: MARTÍN, J.C. y GARCIA, M. P. Automatismos industriales. Mexico: Editex, 2001. P. 283.

3.4.2. Pruebas de laboratorio. Al tener claro el PLC, se empezó a realizar el programa en el laboratorio de automatización de la universidad, observando el funcionamiento lógico del mismo.

En primera instancia, se conectaron las 6 entradas (simuladas con pulsadores) y las 4 salidas (simuladas con bombillos), como se puede ver en la figura 39. Observando el funcionamiento del mismo y analizando, las posibles fallas que podría suceder en la máquina.

Figura 39. Pruebas del programa.



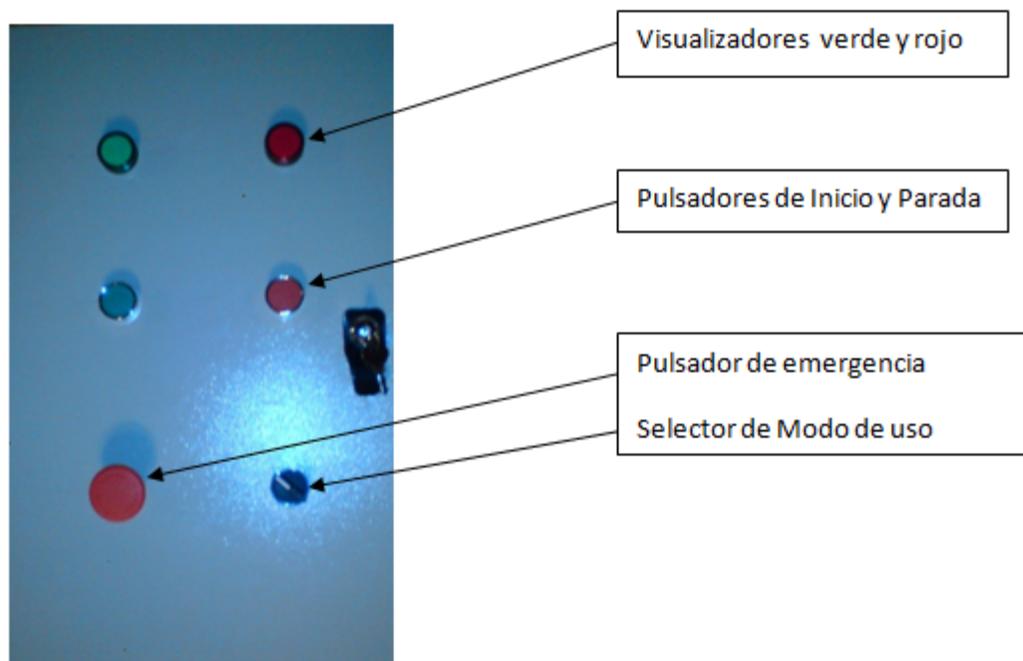
3.4.3. Resultados de la prueba. Se observó que era necesaria una luz intermitente para la diferenciación entre paro de la máquina y paro de emergencia.

Finalmente se logró el programa en lenguaje de diagrama de bloques que se ve en el anexo B.

3.4.4. Proceso analítico del programa. La máquina tiene la opción de controlarse automáticamente y manualmente, así mismo tiene un respectivo botón para realizar paros de emergencia.

Se determino implementar un pulsador verde para iniciar el proceso de la máquina, así mismo un pulsador de color rojo, con el fin de iniciar y detener el proceso de una forma controlada y segura tanto para el operario, como para la misma máquina, evitando accidentes o daños. Estos pulsadores se encuentran ubicados en la parte exterior del gabinete de control de la máquina (ver imagen 40).

Figura 40. Gabinete de control



Así mismo, se implementa un pulsador de enclavamiento como paro de emergencia, teniendo en cuenta las normas mínimas de seguridad que debe

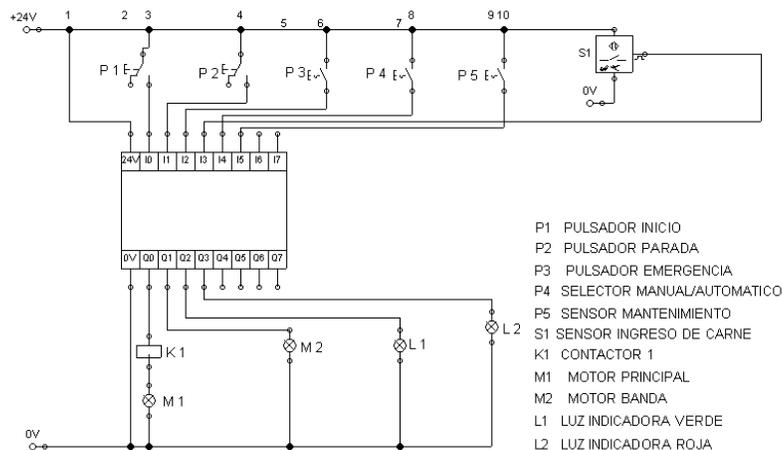
tener una máquina industrial, al igual que los otros pulsadores este se encuentra en la parte exterior del gabinete de control como se puede ver en la figura 40.

El gabinete de control también cuenta con 2 visualizadores, uno de luz verde y otro de luz roja, los cuales indican el estado de la máquina (prendida, apagada o en emergencia si la luz roja es intermitente); permitiendo así mayor confiabilidad y seguridad al operario.

Finalmente se escoge un selector que determina el modo automático o manual, en el modo automático básicamente lo que se proporciona es el funcionamiento normal de la máquina, y el modo manual se implementa para efectos de mantenimiento y verificación del buen funcionamiento.

El siguiente esquemático es netamente ilustrativo, para explicar el funcionamiento de la máquina según el algoritmo implementado en el PLC (ver anexo B); No corresponde a un diagrama de conexiones eléctricas (Ver anexo F) .

Figura 41. Esquema de entradas y salidas del PLC.



Distribución de entradas:

I0 = Botón de inicio

I1 = Botón de parada
I2 = Botón de paro de emergencia

I3= Sensor fotoeléctrico de carne.

I4= Selector modo manual ó automático.

Distribución de salidas:

Q0 = Motor eje principal de la máquina.

Q1 = Motor banda transportadora de evacuación.

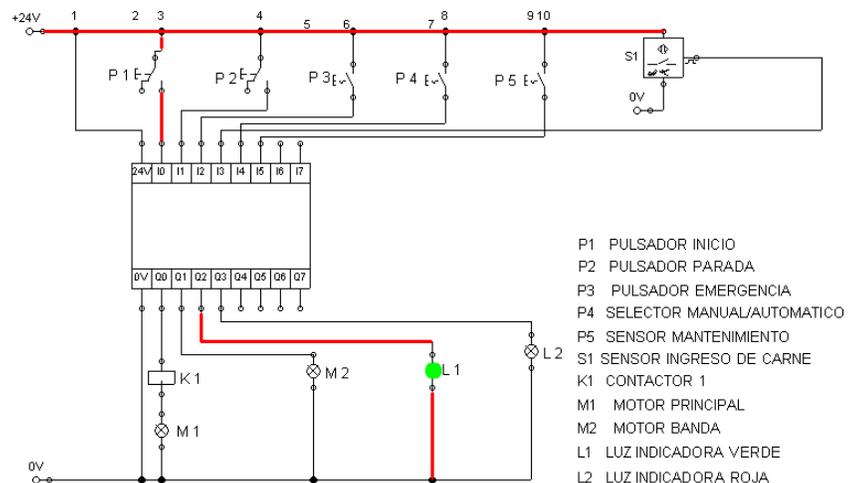
Q2 = Luz indicadora verde (lista- funcionando)

Q3 = Luz indicadora roja (parada- parada emergencia).

3.4.4.1. Modo automático. Para estar en modo automático, el selector del tablero deberá estar en la posición de “Automático”, de lo contrario la máquina esta en modo Manual.

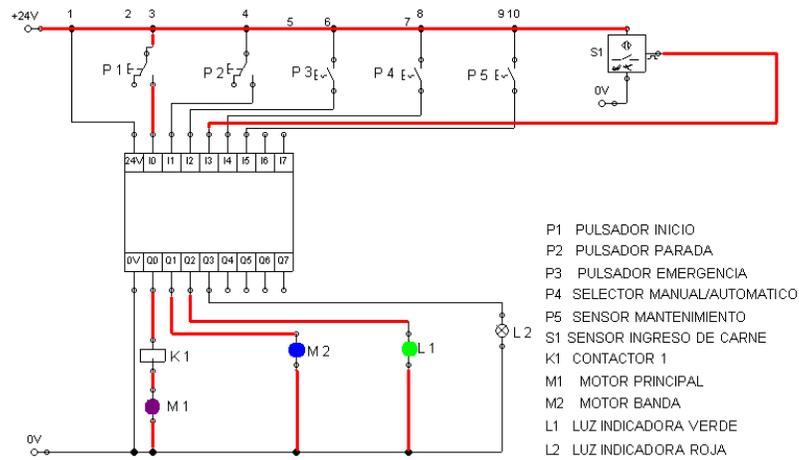
Al estar en modo automático, se debe oprimir el botón de inicio (I0), donde se activará la luz indicadora verde (Q2), luego la máquina se encuentra lista para recibir carne como se ve en la figura 42.

Figura 42. Inicio máquina (se oprime botón de inicio, luz verde encendida, lista para procesar carne)



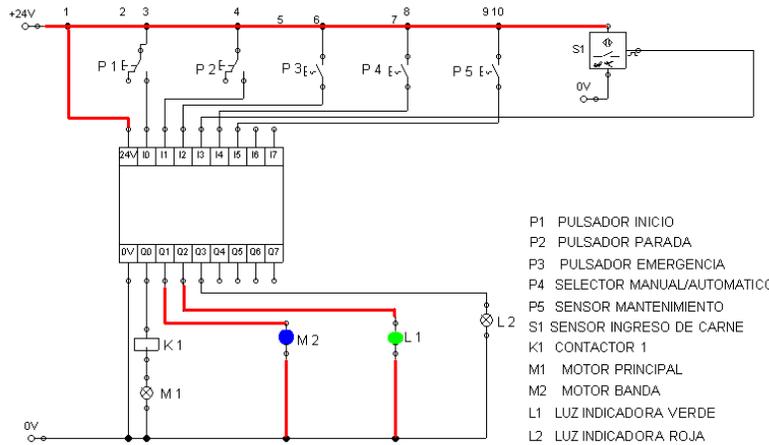
Al introducir carne, el sensor fotoeléctrico (I3) envía una señal para activar el motor del eje principal (Q0), durante un tiempo de 10 segundos, también se activa el motor de la banda de evacuación de la carne (Q1), pero durante 20 segundos. (Ver figura 43)

Figura 43. Detección de carne (Sensor detecta carne, motores encendidos, luz verde encendida)



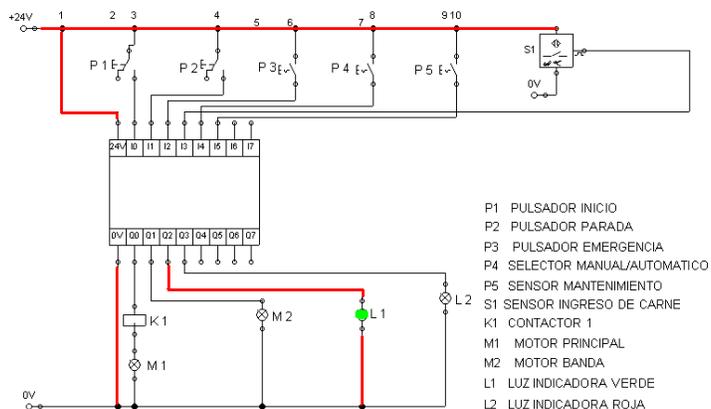
Si la máquina recibe otro trozo de carne mientras existe otro procesándose, los tiempos de encendido se reinician.

Figura 44. Después de 10 segundos (se apaga motor del eje principal, luz verde encendida)



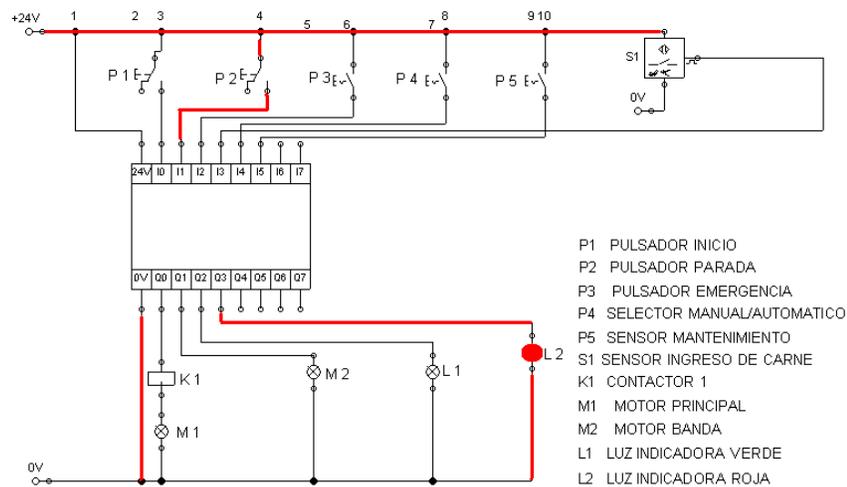
Si la máquina no recibe un nuevo trozo de carne, se mantiene apagada y lista para recibir un siguiente trozo de carne, y la luz indicadora verde (Q2), se encuentra encendida indicando que esta lista para recibir más carne.

Figura 45. Después de 20 segundos (Se apaga el motor de la banda de evacuación.)



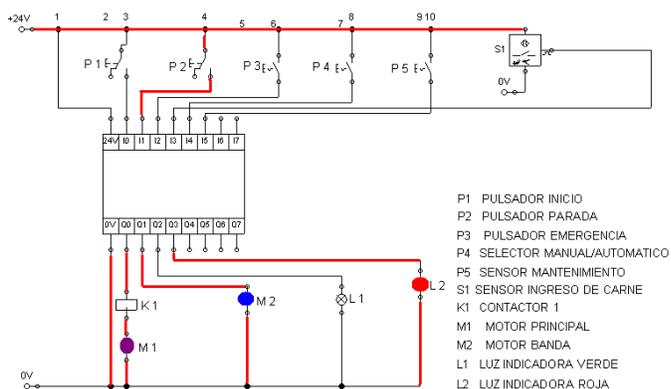
Si se desea parar la máquina se oprime el botón de parada (I1), a partir de este momento la máquina se encontrará deshabilitada para procesar carne, y se encenderá la luz indicadora roja (Q3) como se ve en la figura 46.

Figura 46. Paro de la máquina. (Luz roja encendida)



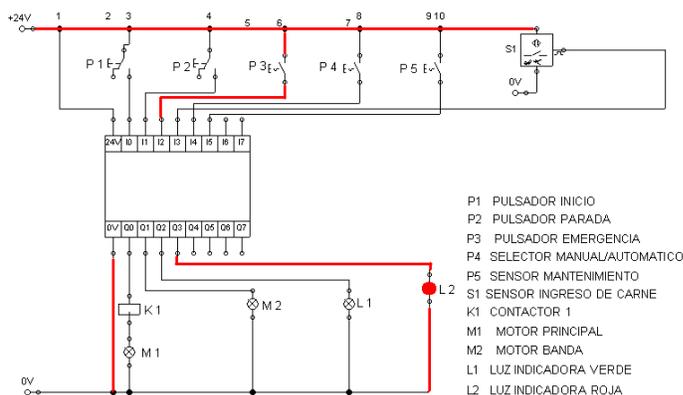
Si el botón de parada es oprimido mientras la máquina está procesando un trozo de carne, la máquina, terminara completamente el procesamiento de este trozo, se apagara, y no estará habilitada para recibir más trozos de carne, así mismo la luz indicadora roja (Q3) se encenderá, en el momento en que se oprima el botón de parada como se observa en la figura 47.

Figura 47. Parada con trozo de carne en proceso. (Se oprime botón de parada, procesa último trozo de carne, luz roja encendida)



Si se debe para la máquina en caso de emergencia, se debe oprimir el botón de paro de emergencia (I4), y la máquina realizará el paro de emergencia inmediatamente, apagando los motores (Q0 y Q1). Después se encenderá la luz indicadora roja de forma intermitente (Q3) como se ve en la figura 48, quedando así totalmente deshabilitada para procesar más carne, hasta el momento en que se desenchave el botón de paro de emergencia y se oprima nuevamente el botón de inicio.

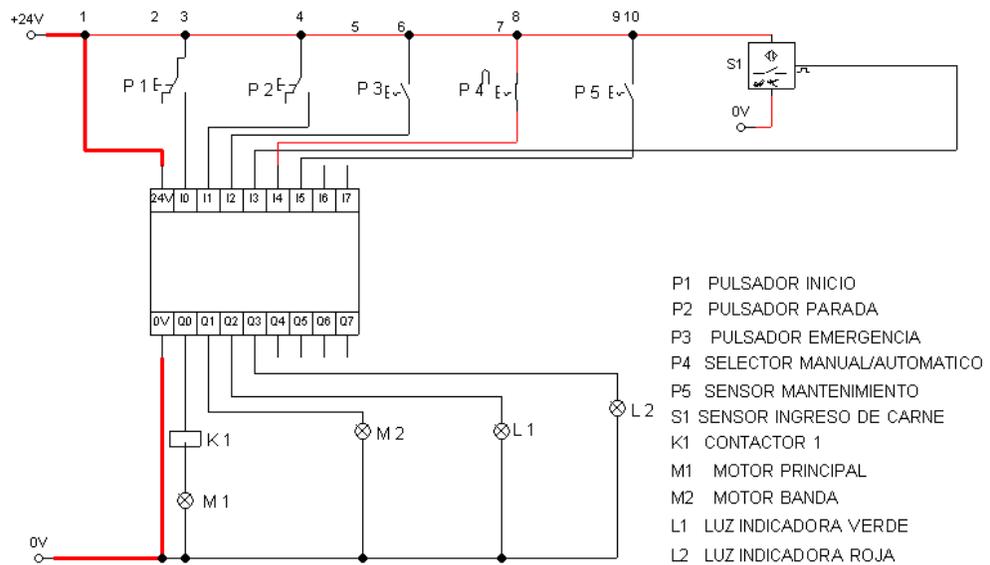
Figura 48. En caso de emergencia (Luz roja intermitente encendida)



La máquina también realizara un paro de emergencia si, el sensor de mantenimiento es activado (este sensor se activa, al destapar la máquina.), y de igual forma la máquina encenderá la luz indicadora roja de forma intermitente (Q3), quedando así totalmente deshabilitada para procesar mas carne, hasta el momento en que se cierre la máquina.

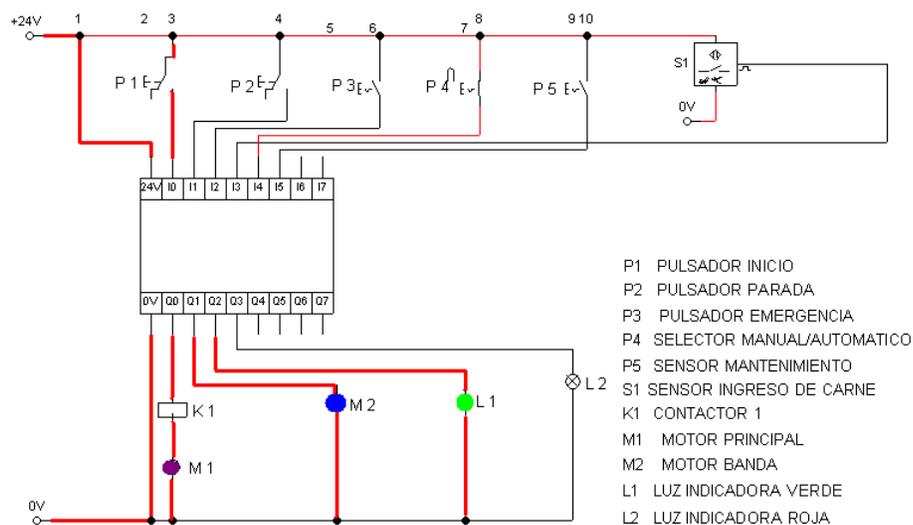
3.4.4.2. Modo manual. Para estar en modo manual, el selector del tablero deberá estar en la posición de “Manual”, de lo contrario la máquina esta en modo automático.

Figura 49. Estado en modo manual (selector en modo manual)



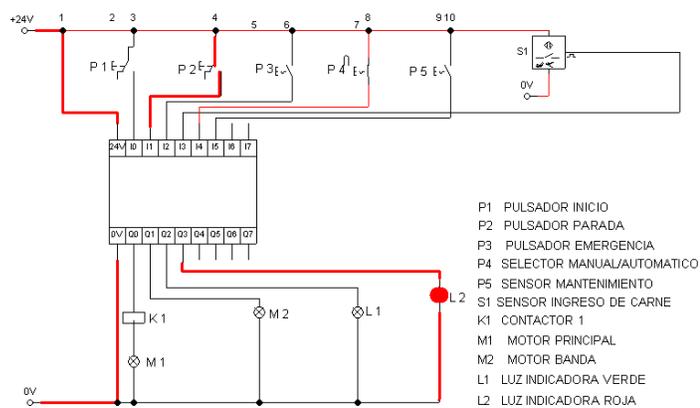
Al estar en modo manual, la máquina se encenderá al oprimir el botón de inicio (I0), activando así la luz indicadora verde (Q2), el motor del eje principal (Q0), y el motor de la banda de evacuación de la carne (Q1).

Figura 50. Inicio en modo manual (se oprime botón de inicio, se encienden motores, luz verde encendida)



Si se desea parar la máquina cuando está en modo manual, se debe oprimir el botón de parada (I1), la máquina se apagará totalmente, y se encenderá la luz indicadora roja (Q3)

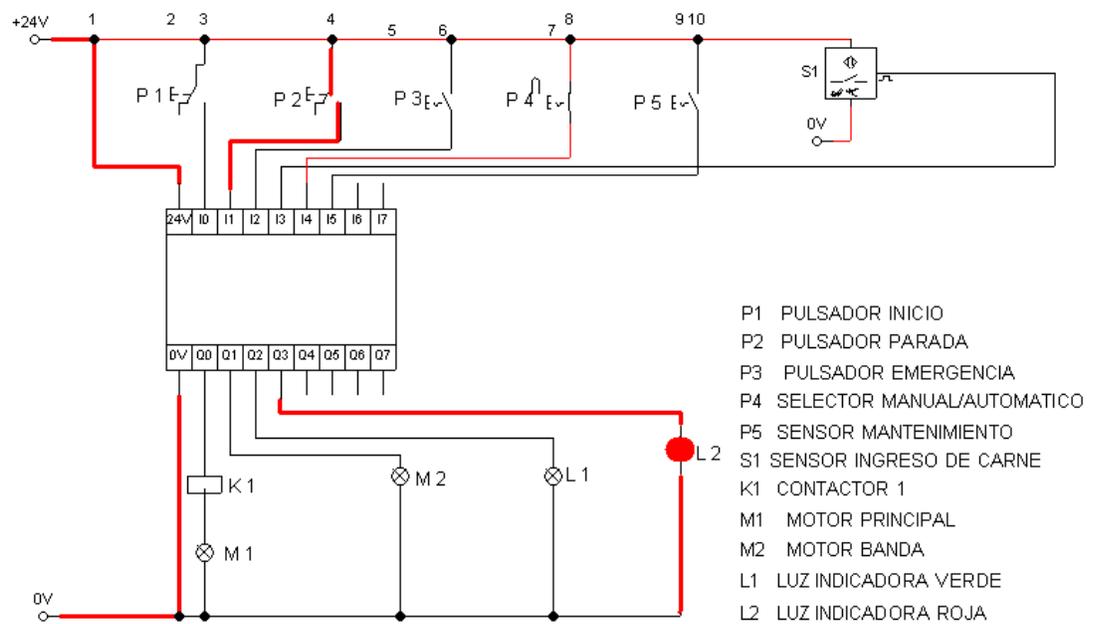
Figura 51. Paro de la máquina en modo manual. (Se oprime botón de parada, se detienen motores, luz roja encendida)



Si se debe para la máquina en caso de emergencia, se debe oprimir el botón de paro de emergencia (I4), y la máquina realizara el paro de emergencia inmediatamente, apagando los motores (Q0 y Q1), y se encenderá la luz indicadora roja de forma intermitente (Q3), quedando así totalmente deshabilitada para procesar mas carne, hasta el momento en que se desenchave el botón de paro de emergencia y se oprima nuevamente el botón de inicio.

La máquina también realizara un paro de emergencia si, el sensor de mantenimiento es activado (este sensor se activa, al destapar la máquina.), y de igual forma la máquina encenderá la luz indicadora roja de forma intermitente (Q3), quedando así totalmente deshabilitada para procesar mas carne, hasta el momento en que se cierre la máquina.

Figura 52. Paro de emergencia en modo manual. (Se oprime botón de paro de emergencia, se detienen motores y se enciende luz roja intermitente)



Teniendo en cuenta que el programa funciona como se requiere, se procede al diseño de la caja de control, a continuación se verá la selección de los diferentes elementos electrónicos necesarios para el montaje de la misma.

3.4.5. Elementos utilizados en la caja de control.

- ✓ **Sensor Fotoeléctrico.** Se escogió un sensor fotoeléctrico de luz infrarroja emisor receptor, serie BY500 –TDT, el cual se encarga de detectar la presencia de un trozo de carne; Se selecciona este sensor, puesto que permite una implementación sencilla y efectiva para la máquina.

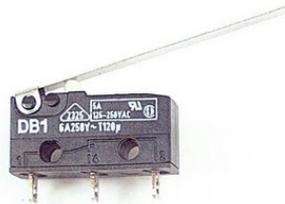
Figura 53. Sensor fotoeléctrico.



Fuente: manual de fabricante.

- ✓ **Sensor de contacto.** Este sensor se encarga de detectar si la máquina se encuentra armada correctamente. Se alimenta con 24V DC, para obtener una salida de 24V DC, se utiliza en configuración NC (normalmente cerrado), permite un paso de corriente máximo de 16 A, lo que lo hace adecuado para la máquina.

Figura 54. Sensor de contacto.



Fuente: manual de fabricante.

- ✓ **Contactador.** Para activar el motor principal, con la señal del PLC se utiliza un contactador CHINT de 20 A, con voltaje de bobina de 24V DC. Se selecciona este contactador, según la corriente medida anteriormente

en las pruebas y teniendo en cuenta un sobre dimensionamiento del 25% aproximadamente.

Su implementación en el proceso es sencilla y permite entrelazar, la parte de control con la parte de potencia de forma eficaz y sin complicación alguna.

Figura 55. Contactor.



Fuente: manual de fabricante.

- ✓ **Guardamotor.** Se implementa un Guarda motor CHINT de 20 a 25 A, para proteger el motor en caso de cortocircuito o por bloqueo del mismo. Se selecciona este guarda motor por la misma razón que la del contactor.

Figura 56. Guardamotor



Fuente: manual de fabricante.

3.4.6. Protecciones. Para activar el motor, por medio de la señal del PLC, se implementa un contactor de 20 A, debido a que el motor maneja una corriente entre 10 a 13 A en condiciones normales de trabajo, por lo cual se sobredimensiona un 25% por factor de seguridad.

También se implementa un Guarda motor, de 20-25 A, para proteger el motor en caso de ser bloqueado o presente un cortocircuito. El guarda motor detecta el incremento de corriente y corta el paso de esta misma.

Para las demás salidas (banda transportadora, luz indicadores), se usan fusibles de 8 A, ya que las salidas del PLC de Relee, tienen una capacidad de 10. También se usan fusibles para todas las entradas del PLC y para la alimentación de los demás elementos (sensor, luces).

3.4.7. Selección del conductor para el motor. Para el motor principal de la máquina, se debe seleccionar un cable conductor que evite la caída de tensión por menos del 5% de la tensión nominal, según la norma RETIE; Sin embargo se garantiza una caída menor del 3%.

Por lo tanto:

$$K * L * KVA = \% \text{ caída de tensión}$$

Para $K=0.00061$ de un cable calibre 12 se obtiene la caída de tensión así:

$$0,0061 * 6m * 1.2KVA = 0.004\%$$

Por lo tanto seleccionamos un conductor de calibre 12 THW (aislamiento resistente al calor y a la humedad); para esto implementaremos un cable encauchetado de 4 hilos (2 para alimentación de fuente, y 2 para alimentación motor).

3.4.8. Selección del conductor para el tablero de control. Para el área de circuitos de control de la máquina se implementa un conductor AWG THW calibre 14 ya que según tablas de conductores, el calibre 14 soporta 20A, nos permite trabajar de forma totalmente eficiente, sin caída de tensión, ni recalentamiento en control de la máquina.

3.4.9. Cálculos de caída de tensión para señales externas al tablero de control.

Los cálculos que a continuación se presentan demuestran la caída de tensión en las señales digitales de mayor longitud en la estación que entran al gabinete de control de la máquina desmechadora.

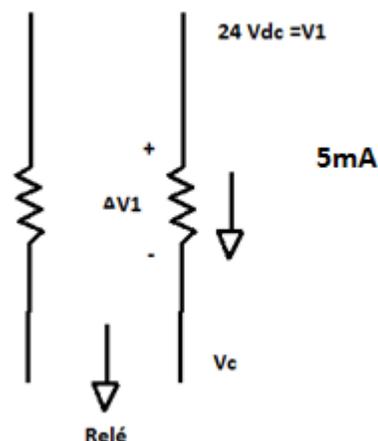
Para los siguientes cálculos se tomará en cuenta la Resistencia del cable a 20°C en Ω/km para conductores de cobre (cobre Cu semiduro, conductividad del 96,66% (IACS))

Tabla 10. Resistencias de calibres AWG

Calibre	Resistencia
18 AWG	21,69
16 AWG	13,67
14 AWG	8,58

Señal digital – desde relé hasta PLC (salida). Este cable posee un calibre #14 AWG, con una longitud de 4m aproximadamente, debido a que el relé es de contacto seco se toma en cuenta la corriente que entrega la salida del PLC 5 mA.

Figura 57. Cálculo de la resistencia entre el PLC y el relé.



$$R = 8,58 * \frac{\Omega}{km} * 4 \frac{km}{1000}$$

Para 4m en un cable de cobre con calibre 14AWG se tiene una resistencia de:

$$R = 0,0343 \text{ Ohm}$$

$$\Delta V1 = 0,0343 \Omega * 5 \times 10^{-3} A \quad \Delta V1 = \mathbf{0,01714 V}$$

$$\Delta Vt = 2\Delta V1 \quad \Delta Vt = \mathbf{0,00343 V}$$

$$Vc = 24V - \Delta Vt \quad Vc = \mathbf{23,99965 V}$$

$$\Delta V(\%) = \frac{24 V - Vc}{24 V} * 100\%$$

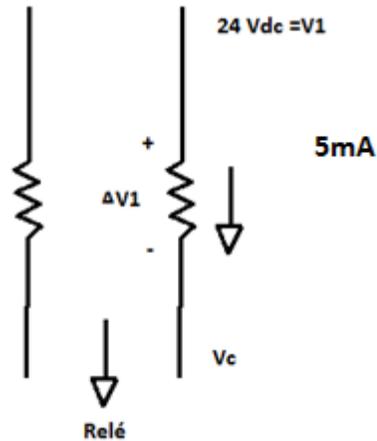
Con esta ecuación podemos definir que el porcentaje de caída de tensión en el cable es de:

$$\Delta V(\%) = \mathbf{0,0145 \%}$$

El porcentaje máximo de caída de tensión admitido es de 3% por lo tanto este resultado es aceptable.

Señal digital – desde sensor o pulsador al PLC (entrada). Al igual que en el cálculo anterior el cable es de calibre #14 AWG, con una longitud de 4m por lo tanto:

Figura 58. Cálculo de la resistencia desde el sensor al PLC.



$$R = 8,58 \frac{\Omega}{km} * 4 \frac{km}{1000}$$

Para 4m en un cable de cobre con calibre 14AWG se tiene una resistencia de:

$$R = 0,0343 \Omega$$

$$\Delta V1 = 0,03430 \Omega * 5 \times 10^{-3} A \quad \Delta V1 = \mathbf{0,01714 V}$$

$$\Delta Vt = 2\Delta V1 \quad \Delta Vt = \mathbf{0,00343 V}$$

$$Vc = 24V - \Delta Vt \quad Vc = \mathbf{23,99965 V}$$

$$\Delta V(\%) = \frac{24 V - Vc}{24 V} * 100\%$$

Con esta ecuación podemos definir que el porcentaje de caída de tensión en el cable es de:

$$\Delta V(\%) = \mathbf{0,0145 \%}$$

Finalmente se puede concluir que el resultado es aceptable, ya que el porcentaje máximo de caída de tensión admitido es de 3%.

4. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Después de desarrollar un proceso constituido a base de pruebas experimentales y analíticas, se determinaron factores que eran de gran influencia para el óptimo desmechado de carne

Como se evidencia en las pruebas con los diferentes prototipos, estos factores influían de manera directa con el resultado de la carne procesada; llegando a obtener los siguientes conceptos importantes en cuanto al desmechado de la carne:

Finalmente la máquina obtenida, proporciona el cumplimiento de los objetivos propuestos a principio del proyecto, dando como resultado una máquina completamente versátil y de fácil implementación, pero sobretodo con los requerimientos de producción de empresas como PRESTO, en donde su necesidad de procesamiento es consecuente con el alcance de la máquina desmechadora, en el video adjunto al proyecto se puede evidenciar el trabajo de la máquina y en las siguientes imágenes se puede observar el resultado final de la máquina.

Figura 59. Imagen máquina final





Otro de los factores importantes que se han relevado desde el principio del proyecto es el desmechado uniforme de la carne como se ve en la figura 60 y en el video adjunto, dando como resultado un grosor aproximado de 1.5 mm por cada hebra de carne, teniendo en cuenta que la distancia entre taches es de 16 mm y el diámetro de los taches es de 6 mm , ya que estos son los factores que determinan el grosor mínimo de la hebra de la carne.

5. CONCLUSIONES

- Los requerimientos necesarios para la implementación de la máquina en cuanto al proceso de producción de la carne fueron desarrollados utilizando diferentes métodos, llegando a cumplir con las metas propuestas en cuanto a la calidad del producto (carne desmechada).
- En cuanto a la selección de los componentes, se puede concluir que el trabajo con maquinaria especializada para la producción cárnica puede llegar a ser bastante costoso, puesto que las leyes y normas de higiene así lo requieren. De esta manera se llegó a profundizar en el tema de investigación utilizando componentes con las especificaciones requeridas para el desarrollo ingenieril de la máquina.
- Se logró automatizar la máquina desmechadora de una forma eficiente y óptima, dando como resultado un producto de calidad abierto a las puertas de la industria colombiana.
- Los resultados obtenidos durante la implementación de la máquina desmechadora han demostrado que el funcionamiento de la misma ofrece un rendimiento óptimo y hasta el momento no se han presentado errores que puedan deteriorar tanto el estado de la máquina como la calidad del desmechado de carne. Una vez verificado los resultados de las pruebas se llega a concluir, que la selección del mecanismo de desmechado fue el más adecuado y cumple con las expectativas especuladas.
- Finalmente se puede llegar a concluir que a nivel mundial existe una creciente demanda de carne desmechada, es por esto que se ha creado una máquina para la comercialización de la misma, siendo una excelente alternativa económica para el productor.

6. RECOMENDACIONES

- Si se desea explorar la máquina se recomienda tener en cuenta las especificaciones del manual de armado y mantenimiento que se encuentra en el anexo C, evitando llegar a cometer algún error.
- Queda abierta la posibilidad de llevar a cabo pruebas de desmechado con diferentes tipos de carne (pollo, pavo, cordero, etc.), se recomienda tener en cuenta la velocidad que se le aplique a la máquina, puesto que es un factor importante en el proceso.
- Para la ejecución de un diseño adecuado, se debe realizar una correcta investigación de campo y tener en cuenta tanto los parámetros como los detalles que puedan llegar a perturbar la construcción final, es así como las características de la máquina se ajustaran a la realidad y las necesidades de la industria.
- En Colombia se debe desarrollar acciones para promover la automatización de maquinaria en la fabricación de productos alimenticios, buscando dar un valor agregado a la materia prima y obtener una competitividad mundial optima.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] AMERLING, c. Tecnología de la carne y de los productos cárnicos. España: Euned, 2001. P. 24, 25, 26, 178.
- [2] HIBBELER, R.C. Mecánica de materiales. Mexico: Pearson, 2006. P. 543.
- [3] HUBER, F. BASTIAN, P. y JAUFMANN, N. Electrotecnia. España: Akal, 1996. P. 91, 404.
- [4] HYDE, J. REGUÉ, J. y CUSPINERA, A. Control electro-neumático y electrónico. España: Marcombo, 1997. P. 112.
- [5] MARTÍN, J.C. y GARCIA, M. P. Automatismos industriales. Mexico: Editex, 2001. P. 283, 261.
- [6] MORENO, B. Higiene e inspección de carnes. España: Díaz de Santos, 2006. P. 40.
- [7] RANKEN, M. D. Manual de industrias de la carne. España: Mundiprensa, 2003. P. 29.
- [8] SCHMIN, K. Manufactura Ingeniería y tecnología. México: Pearson, 2002. P. 1029.
- [9] SHIGLEY, J.E. Diseño en ingeniería mecánica. México: McGraw-Hill, 1985. P. 248, 249 y 250.
- [10] TOLEDO, R. Fundamentals of food process engineering. USA: Aspen publisher, 1999. P. 282.
- [11]<http://vhost003117.vhost.cantv.net/informativas/gastronomia/html/Coc02.html>. (3 agosto 2010, 3:15 pm)

[12] <http://www.tucuy.com/print.php?c=DOC00179&t=0>. (24 abril 2010, 5:15 pm)

[13] http://www.ccamx.com.mx/s_fotoelectricos.html (13 junio, 2010, 8:30 pm)

[14] <http://www.donosgune.net/2000/gazteler/sensor.htm> (17 junio, 2010, 7:15 pm)

GLOSARIO

ASME: asociación que mantiene y distribuye códigos y normas para el diseño, manufactura e instalaciones de aparatos y mecanismos mecánicos.

CABLE ENCAUCHETADO: conductor de dos o más cables independientes y convenientemente aislados, vienen recubiertos a su vez, por otro aislante común.

CARGA DISTRIBUIDA: carga que se aplica a toda la longitud de un elemento estructural o a una parte de éste. También llamada carga repartida.

CARNE MAGRA: carnes magras son aquellas con menos del 10 % de materia grasa, de forma genérica se le considera a la de caballo, ternera, conejo y pollo.

EFFECTO FOTOELÉCTRICO: en síntesis, este efecto fotoeléctrico consiste en la expulsión (o descarga) de electrones cuando una placa de metal, cargada con electricidad estática, es irradiada con luz.

FUSIBLE: pequeño dispositivo que permiten el paso constante de la corriente eléctrica hasta que ésta supera el valor máximo permitido. Cuando aquello sucede, entonces el fusible, inmediatamente, corta el paso de la corriente eléctrica a fin de evitar algún tipo de accidente, protegiendo los aparatos eléctricos.

INVIMA: es el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos, en si es una entidad pública del orden nacional, de carácter científico y tecnológico, con personería jurídica, autonomía administrativa y patrimonio independiente, perteneciente al Sistema de Salud, adscrito al Ministerio de la Protección Social y con sujeción a las disposiciones generales que regulan su funcionamiento.

PULSADOR DE ENCLAVAMIENTO: pulsador que puede mantenerse en una o varias de sus posiciones mediante una acción separada (por ejemplo por rotación del pulsador o de una llave)

TACÓMETRO: medidor de revoluciones que se emplea para indicar la velocidad de avance instantánea, por esta razón, ha sido uno de los primeros instrumentos utilizados en un vehículo.

TPU: material compuesto de poliuretanos termoplásticos, el cual poseen una estructura que le proporciona unas propiedades que otros tipos de polímeros no poseen y que los hacen muy útiles para aplicaciones en la maquinaria cárnica.

ANEXO A
DIAGRAMA DE FLUJO MÁQUINA DESMECHADORA

ANEXO B
PROGRAMA MÁQUINA DESMECHADORA

ANEXO C
MANUAL DE ARMADO Y MANTENIMIENTO

MANUAL DE ARMADO Y MANTENIMIENTO
PARA
MÁQUINA AUTOMÁTICA PARA EL DESMECHAD DE CARNE

¡IMPORTANTE!

Las especificaciones que se encuentran incluidas en este manual contienen el diseño general de la máquina automática para el desmechado de carne.

ADVERTENCIAS

- La máquina automática para el desmechado de carne está diseñada para funcionar a una tensión de entrada de 120 v, evite realizar conexiones diferentes a las especificadas.
- El mal uso de la máquina puede someterlo a esfuerzos o condiciones para las cuales no fue diseñado.
- Cuando trabaje alrededor de la máquina descrita en este manual de instrucciones, es importante llevar a cabo las medidas de seguridad para proteger al personal con posibles lesiones tales como:
 - No dejar ningún elemento de la máquina inoperante cuando este encendida.
 - Evitar el funcionamiento de la máquina cuando está presente cambios o altos niveles de ruido.
 - Emplear procedimientos seguros en el momento de manipular (levantar, instalar y manejar) la máquina desmechadora de carne.
 - No modifique cambios físicos o de instalación a la máquina.
 - Utilizar los lubricantes especificados en este manual.
 - Este manual y las demás especificaciones de la máquina automática para el desmechado de carne deben leerse con anterioridad al manejo de la máquina para asegurar un correcto funcionamiento.

SECCIÓN 1 INFORMACIÓN Y DESCRIPCIÓN GENERAL

- **INFORMACIÓN GENERAL:**

La máquina automática para el desmechado de carne está diseñada para un funcionamiento satisfactorio si es operada correctamente, teniendo en cuenta el mantenimiento e instalación adecuada según las especificaciones presentados en este manual.

- **IDENTIFICACIÓN:**

Máquina automática para el desmechado de carne.

➤ serie PF 1.

- **DESCRIPCIÓN GENERAL:**

Los componentes básicos de la máquina automática para el desmechado de carne están compuestos por un eje principal que contiene cuatro hileras de taches fijos uniformemente distribuidos enfrentados a una pared con una hilera de taches fijos numerados con sus otros componentes como lo son bases, poleas, tolva rodamientos, carcasas y componentes electrónicos.

- **INSTRUCCIONES DE OPERACIÓN:**

- La máquina automática para el desmechado de carne cuenta con un botón de encendido, a través de este el operario encargado de la máquina debe iniciar el funcionamiento de la misma.
- Una vez encendida la máquina, se debe alimentar con carne para obtener el desmechado de estos.

NOTA: Al alimentar la máquina asegúrese de que los elementos no estén compuestos por huesos o materiales rígidos que pueden causar daños en la estructura interna de la máquina

- **ESPECIFICACIONES**

- Especificaciones de entrada
 - Tensión de entrada al motor 120V
 - Frecuencia 60Hz
 - Potencia 1119 Watts(1 ½ HP)
 - Velocidad 1720RPM
- Especificaciones del eje principal
 - Torque 4,7 [N*m]
 - Velocidad 3600 RPM
- Especificaciones de alimentación
 - Cantidad máx de carne 1 ½ Kg/min aprox.

SECCIÓN 2

ALMACENAMIENTO Y PROTECCIÓN

ALMACENAMIENTO Y PROTECCIÓN:

- La máquina automática para el desmechado de carne se debe almacenar en lugares limpios y secos evitando cambios extremos en factores ambientales puesto que pueden ocasionar posibles daños tanto en el sistema eléctrico como en la carcasa y motor que ocasionaran fallas futuras en el funcionamiento de la máquina.
- Si la máquina automática para el desmechado de carne deja de funcionar por un tiempo prolongado es necesario realizar un mantenimiento previo a su funcionamiento y si es necesario la lubricación en los rodamientos del eje principal.
- Verificar constantemente que los cojinetes se encuentre debidamente lubricados.
- Al almacenar la pieza luego de haberla armado y usado se aconseja guardarla dentro de guacales para evitar contacto con otras máquinas y así mismo evitar daños causados externamente.

SECCIÓN 3 PREVIO A LA INSTALACIÓN

EQUIPO Y HERRAMIENTAS PARA LA INSTALACIÓN:

No se debe intentar ninguna instalación sin contar con el equipo adecuado para el trabajo. La lista siguiente cubre los artículos principales requeridos para una instalación.

- Herramientas para ajustar tornillos y tuercas de la máquina (ver especificaciones de tamaño para no causar daños en los sistemas de ajuste).
- Herramientas de mano corrientes (llaves de boca, juego de casquillos, destornilladores, llaves, etc.)
- Compuesto para roscas y aceite de máquina ligero.

ELEMENTOS NECESARIOS PARA INICIAR LA INSTALACION

Las siguientes comprobaciones deben realizarse antes de iniciar la instalación, asegurando un correcto ensamble.

- Asegúrese de que estén todos los elementos relacionados en el ensamble de la máquina automática para el desmechado de carne, evite usar otros elementos para remplazar si en algún caso llega hacer falta.
- Comprobar que las piezas sean las mismas especificadas en el ensamble.
- Asegurarse que el voltaje y la frecuencia en la placa de identificación del motor coincidan con las especificaciones y que el lugar a donde se va a conectar tenga las mismas características.
- Revisar el equipo de instalación para asegurarse que el equipo funcione si ningún peligro.
- Asegúrese de contar con un técnico o asesor para la conexión eléctrica de la máquina.

SECCIÓN 4 INSTALACIÓN

Para el correcto funcionamiento de la máquina automática para el desmechado de carne se debe cumplir con la correcta instalación y ensamble de cada una de las piezas.

UBICACIÓN

Para el ensamble de la máquina automática para el desmechado de carne, es necesario tener un lugar que cumpla con las reglas de higiene pronosticadas por el ministerio de la protección social y por el INVIMA, así como también un establecimiento amplio adecuado para su funcionamiento, este debe estar correctamente posicionado, permitiendo inspecciones con fácil acceso, evitar obstrucciones en la salida y alimentación, al igual que objetos en la parte superior de esta.

BASE DE LA MÁQUINA AUTOMÁTICA PARA EL DESMECHADO DE CARNE

Esta máquina es diseñada ergonómicamente con una carcasa resistente, pero necesita ubicarse en una superficie estable y nivelada, evitando desajuste entre los pines y ruidos de esta.

INFORMACION GENERAL

La máquina automática para el desmechado de carne cuenta con varias etapas de ensambles para su instalación teniendo en cuenta los pasos adecuados para su buen desempeño.

- SISTEMA MECANICO:
PLANOS CON PARTES ADEMAS DEL EXPLOSIONADO
- SISTEMA ELECTRICO DE LA MÁQUINA:
SISTEMA DE CONEXIONES SISTEMA PLC

SECCIÓN 5 FUNCIONAMIENTO

REVISIONES PREVIAS AL ARRANQUE

Para el primer funcionamiento de la máquina automática para el desmechado de carne, es recomendable seguir los siguientes pasos para garantizar el buen y continuo funcionamiento de la máquina.

- Asegurarse de que el eje principal y la pared lateral que contienen taches estén ubicados correctamente, así se evitan posibles choques y obstrucciones en el funcionamiento del conjunto.
- Verificar que todo el conjunto este ensamblado correctamente y que ningún elemento interfiera con algún otro.
- Revisar el correcto montaje y aseguramiento de las piezas.
- Verificar que el eje se produzca una buena rotación.
- Revisar el correcto posicionamiento y nivelación de la máquina.
- Asegurarse de la correcta y adecuada conexión eléctrica y electrónica del sistema de control de la máquina.
- Revisar correctamente todas las conexiones del motor y sus conectores de arranque para evitar cortos y daños prematuros de la máquina.
- Revisar el funcionamiento de los rodamientos (chumaceras).
- Verificar el completo ajuste de el ensamble de la máquina tanto en la carcasa como del eje y las paredes laterales.

PRIMER FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA AUTOMÁTICA PARA EL DESMECHADO DE CARNE

Una vez revisados los pasos anteriores para el primer funcionamiento de la máquina se debe verificar su desempeño.

- Iniciar la conexión adecuada del motor.

- Si el motor arranca perfectamente y sin generarse ninguna perturbación extraña, es una prueba de que la máquina automática para el desmechado de carne esta correctamente ensamblada para iniciar su trabajo.
- Revisar durante un tiempo prudente si se presentan cambios de temperatura o de funcionamiento de la máquina.

Nota: una vez realizado todos los procedimientos y la máquina funciona satisfactoriamente, este procedimiento solo se tiene que realizar una vez por máquina, posterior mente se realiza el mantenimiento según lo especificado en la **sección 6**.

LUBRICACIÓN INICIAL DE LA MÁQUINA AUTOMATICA PARA EL DESMECHADO DE CARNE.

La lubricación inicial es la más importante, ya que su debido cuidado inicial es que dependerá la vida útil de la máquina, es por eso que es necesario tener en cuenta los siguientes pasos:

- Revisar que cada uno de los lugares donde se ubican los cojinetes y elementos de lubricación estén correctamente ubicados.

SECCIÓN 6 MANTENIMIENTO

INTRODUCCIÓN

Para un perfecto funcionamiento de la máquina automática para el desmechado de carne es recomendable realizar una inspección diaria para evitar fallas que pueden causar un daño mayor en la máquina.

- Un cambio en el nivel de ruido producido por la máquina automática para el desmechado de carne, o un aumento en la vibración, es un indicador de que hay un problema inminente en la máquina.
- Todo mal funcionamiento de la máquina debe ser solucionado inmediatamente para evitar un problema mayor, cuando el problema no se puede solucionar por simple inspección se debe consultar al fabricante.
- Una variación en el rendimiento de la máquina automática para el desmechado de carne, es el indicio de que se ha producido algún cambio físico interno en la transmisión (desgaste, avería, etc.) en el sistema.

SECCIÓN 7 REPARACIONES

GENERALIDADES

Se debe tener en cuenta que cada elemento mecánico tiene una vida útil, es por eso que se debe tener presente el momento de hacer reparaciones, ya sea de las poleas, ejes, arranque ó motor y sistema eléctrico o electrónico cuando en una inspección de mantenimiento se comprueba que existen cambios inadecuados de la máquina, tales como ruidos o vibraciones, es una gran evidencia que hay que realizar una reparación próxima.

- Eje: cuando la causa es daños en el eje, es necesario revisar cuidadosamente si alguno de los elementos que están en el eje han sido afectados, si es necesario realizar el cambio de todos los elementos del eje o el eje completo.
- Rodamientos: Los rodamientos deben cambiarse individualmente cuando este lo requiera, verificar que los problemas que causan las reparaciones en rodamientos no sean producto de mala lubricación.

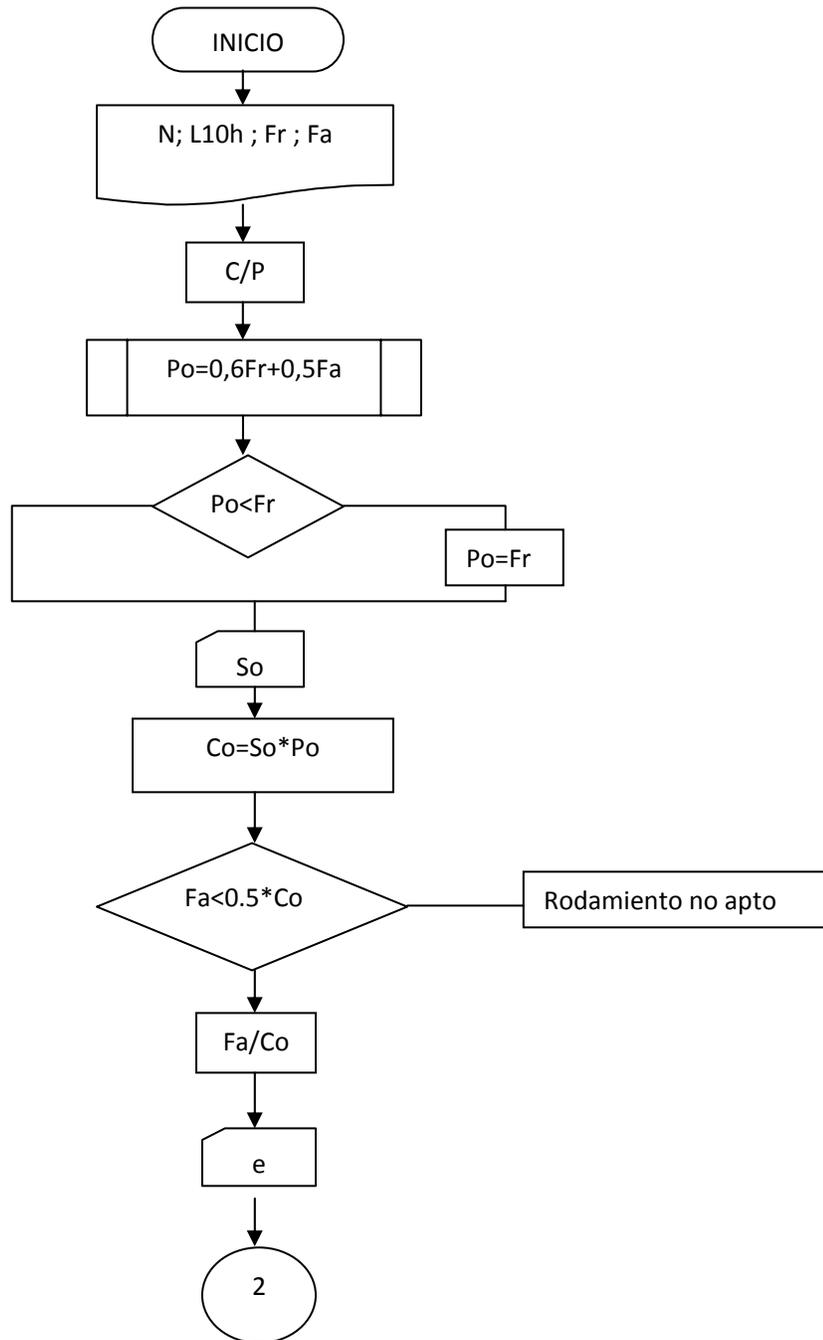
Las reparaciones consistirán en la extracción de la unidad y desarmado hasta el punto que incluya la pieza a reparar, este desmontaje debe efectuarse en una zona limpia, con suficiente espacio para colocar cada una de las piezas de la máquina en orden evitando confusiones en rearmado de la máquina.

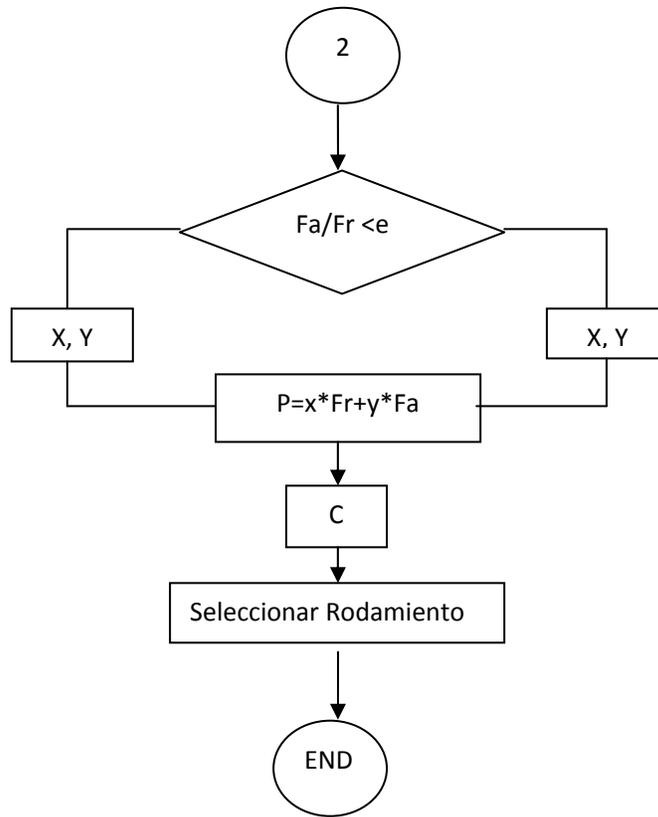
NOTA: todas las piezas que contiene la máquina son necesarias, no elimine ninguna de ellas, si en el momento de rearmar le sobra alguna pieza, debe consultar el manual de armado y verificar cada una de las piezas.

DESARMADO

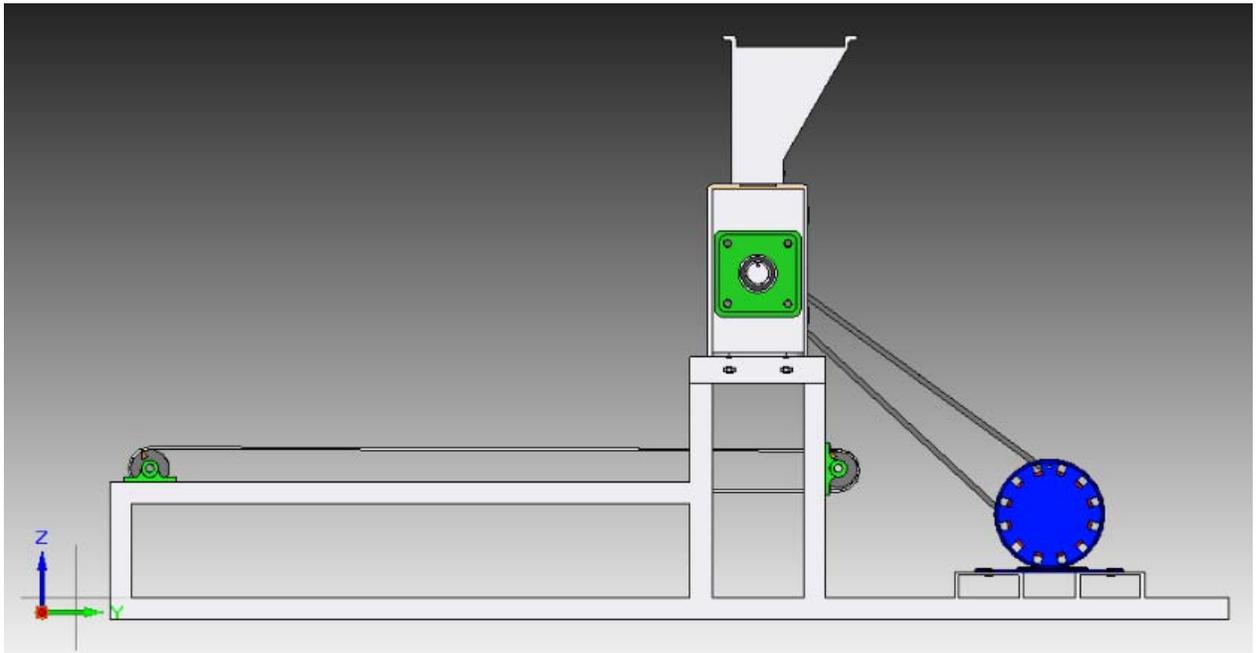
Es recomendable ver los planos de armado de la máquina con motivo de identificar cada una de las piezas de la máquina automática para el desmechado de carne haciendo los pasos adecuados y evitando obstrucciones con otras piezas.

ANEXO D
DIAGRAMA DE FLUJO PARA EL CÁLCULO DE RODAMIENTOS





ANEXO E
PLANOS MECÁNICOS DE LA MÁQUINA



ANEXO F
PLANOS ELÉCTRICOS DE LA MÁQUINA

