



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**“DISEÑO DE UN MOLINO TIPO PICADORA PARA LA  
MOLIENDA DE CARNES Y PRODUCTOS AFINES, DESTINADO  
AL ÁREA DE ALIMENTOS DEL CESTTA-ESPOCH.”**

**TESIS DE GRADO**

**Previo a la obtención del Título de**

**INGENIERO QUÍMICO**

Presentado por

**HUMBERTO RUBÉN CHOTO CHARIGUAMÁN**

**RIOBAMBA \*\*\* ECUADOR  
2013**

## **AGRADECIMIENTOS**

*A mis padres, por ser los pilares fundamentales en mi preparación académica que gracias a su cariño y apoyo he logrado culminar mi carrera; a mis hermanos por su compañía, sus consejos, enseñanzas y sustento, han logrado guiarme por el duro camino de la vida.*

*De igual manera expreso mi sincero agradecimiento al Ingeniero: Hanibal Brito y al Doctor Carlos Pilamunga, Director y Miembro del Tribunal de Tesis, quienes aportaron con sus conocimientos, experiencia y esfuerzo para la terminación del presente trabajo.*

*De igual manera agradecer a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo particularmente a la Escuela de Ingeniería Química por ser cuna y centro de sabiduría y por brindarme la oportunidad de formarme profesional y personalmente.*

*Finalmente a todos mis familiares, compañeros y amigos que de una u otra manera colaboraron para realizar este sueño.*

**Humberto Rubén Choto Chariguamán**

## **DEDICATORIA**

*Éste trabajo está dedicado a mi madre, la Sra. Anita Chariguamán, a mi padre, y a mis hermanos, gracias por todo tipo de ayuda, sé que hicieron muchos esfuerzos y sacrificios para que yo pudiera culminar mi carrera profesional, y ahora que lo he logrado comparto este triunfo con ustedes, pues sin su apoyo yo no hubiera podido llegar hasta aquí. Los amo con todo mi corazón y que Dios siempre les bendiga.*

***Humberto Rubén Choto Chariguamán***

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA DE ING. QUÍMICA**

El Tribunal de Tesis certifica que el trabajo de investigación: “DISEÑO DE UN MOLINO TIPO PICADORA PARA LA MOLIENDA DE CARNES Y PRODUCTOS AFINES, DESTINADO AL ÁREA DE ALIMENTOS DEL CESTTA-ESPOCH”, responsabilidad del señor egresado Humberto Rubén Choto Chariguamán, ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizada su presentación.

| <b>NOMBRE</b>   | <b>FIRMA</b> | <b>FECHA</b> |
|---|--------------|--------------|
| <b>Dr. Silvio Álvarez Luna</b><br><b>DECANO FAC. CIENCIAS</b>             | _____        | _____        |
| <b>Ing. Mario Villacrés</b><br><b>DIRECTOR DE ESCUELA DE ING. QUÍMICA</b> | _____        | _____        |
| <b>Ing. Hannibal Brito</b><br><b>DIRECTOR DE TESIS</b>                    | _____        | _____        |
| <b>Dr. Carlos Pilamunga</b><br><b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>                | _____        | _____        |
| <b>Ing. Eduardo Tenelanda</b><br><b>COORDINADOR SISBIB-ESPOCH</b>         | _____        | _____        |
| <b>NOTA DE TESIS ESCRITA</b>  | _____        |              |

*“Yo **HUMBERTO RUBÉN CHOTO CHARIGUAMÁN**, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis; y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**”*

-----

**HUMBERTO RUBÉN CHOTO**

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

- D:** Dureza del grano (Kg)
- F:** Fuerza a la compresión (Kgf)
- Dc:** Diámetro medio de las partículas añadidas
- Ds:** Diámetro medio de las partículas finales
- L :** Longitud del tornillo transportador
- Q:** Caudal másico ó cantidad a triturar (Kg/h)
- $\rho$ :** Densidad de la carne ( 4800 Kg/m<sup>3</sup>)
- D:** Diámetro del eje del tornillo transportador (m)
- P:** Potencia del rodillo (HP)
- S:** Área del canalón.(m<sup>2</sup>)
- V:** Velocidad de desplazamiento del transportador (m/s)
- K:** Coeficiente de disminución del flujo de material
- P<sub>H</sub>:** Es la potencia necesaria para el desplazamiento horizontal
- P<sub>N</sub>:** Es la potencia de accionamiento para el tornillo vacío
- P<sub>St</sub>:** Es la potencia requerida para un tornillo sin fin inclinado ( $P_{St}= 0$ )
- n:** Velocidad de giro del tornillo (rpm)
- v:** Velocidad de desplazamiento del transportador (m/s)

- $\lambda$ :** Coeficiente de relleno de la sección
- $C_k$ :** Constante de cada sustancia Kick
- $C_R$ :** Constante de cada sustancia Rittinger
- $d_{BU}$ :** Tamaño de partícula del material a moler al momento de carga
- $d_{BL}$ :** Tamaño de partícula del material a moler al momento de carga
- $W_R$ :** Trabajo necesario para la trituración
- $d_A$ :** Tamaño de partícula del material a moler al momento de carga
- $d_E$ :** Tamaño de partícula molido
- $dD$ :** Diferencial de tamaño de partícula
- $D^n$ :** Diámetro inicial de la partícula
- $E$ :** Energía necesaria para la disminución de tamaño
- $Co$ :** Coeficiente de resistencia del material
- $D_s$ :** Diámetro del material en la salida del molino
- $D_a$ :** Diámetro de la materia a la entrada del molino

## TABLA DE CONTENIDOS

|                              | Pp. |
|------------------------------|-----|
| PORTADA                      |     |
| AGRADECIMIENTOS              |     |
| DEDICATORIA                  |     |
| HOJA DE FIRMAS               |     |
| HOJA DE RESPONSABILIDAD      |     |
| INDICE DE ABREVIATURAS       |     |
| TABLA DE CONTENIDOS          |     |
| INDICE DE FIGURAS            |     |
| INDICE DE TABLAS             |     |
| INDICE DE FIGURAS            |     |
| INDICE DE ANEXOS             |     |
| RESUMEN.....                 | I   |
| INTRODUCCIÓN.....            | III |
| JUSTIFICACIÓN .....          | V   |
| OBJETIVOS.....               | VI  |
| GENERAL .....                | VI  |
| ESPECÍFICOS.....             | VI  |
| CAPITULO I.....              | 1   |
| 1. MARCO TEORICO.....        | 1   |
| 1.1. CARNE.....              | 1   |
| 1.1.1. CARACTERISTICAS ..... | 2   |
| 1.1.1.1. SABOR Y OLOR.....   | 2   |

|   | <b>Pp.</b>         |
|---|--------------------|
| <b>1.1.1.2. COLOR .....</b>   | <b>3</b>           |
| <b>1.1.2. MANIPULACION DE LA CARNE .....</b>                                      | <b>4</b>           |
| <b>1.1.3. COMPOSICIÓN NUTRITIVA DE LA CARNE .....</b>                             | <b>6</b>           |
| <b>1.1.4. PARÁMETROS DE CALIDAD DE LA CARNE .....</b>                             | <b>7</b>           |
| <b>1.1.4.1. COLOR, INTENSIDAD Y VARIACIÓN .....</b>                               | <b>7</b>           |
| <b>1.1.4.2. EXUDACIÓN .....</b>   | <b>8</b>           |
| <b>1.1.4.3. CONSISTENCIA .....</b>  | <b>9</b>           |
| <b>1.1.4.4. GRASA INTRAMUSCULAR .....</b>   | <b>9</b>           |
| <b>1.1.5. CLASIFICACIÓN DE LA CARNE .....</b>                                     | <b>10</b>          |
| <b>1.1.5.1. CLASIFICACIÓN DE CARNE DE CERDO (USO INDUSTRIAL) .....</b>            | <b>10</b>          |
| <b>1.1.5.2. CLASIFICACIÓN DE CARNE VACUNA O RES (USO INDUSTRIAL) .....</b>        | <b>10</b>          |
| <b>1.1.6. CONSIDERACIONES SOBRE LA MATERIA PRIMA A PROCESAR..</b>                 | <b>12</b>          |
| <b>1.1.6.1. CARNE DE TERNERA .....</b>  | <b>12</b>          |
| <b>1.1.6.2. CARNE DE CERDO .....</b>  | <b>13</b>          |
| <b>1.1.6.3. CARNE VACUNA .....</b>  | <b>13</b>          |
| <b>1.1.6.3.1. CORTES DIFERENCIADOS DE CARNE BOVINA .....</b>                      | <b>14</b>          |
| <b>1.1.6.3.2. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE RES .....</b>                     | <b>16</b>          |
| <b>1.2. REDUCCIÓN DEL TAMAÑO .....</b>  | <b>17</b>          |
| <b>1.2.1. NATURALEZA DE LAS FUERZAS UTILIZADAS EN LA REDUCCIÓN DE TAMAÑO.....</b> | <b>18</b>          |
| <b>1.2.2. CRITERIOS DE DESINTEGRACIÓN MECÁNICA.....</b>                           | <b>19</b>          |
| <b>1.2.2.1. CARACTERÍSTICAS DE PRODUCTOS DESINTEGRADOS.....</b>                   | <b>19</b>          |
| <b>1.2.3. CARACTERÍSTICAS QUE REGULAN LA SELECCIÓN DE LOS</b>                     |                    |
|   | <b>APARATOS 20</b> |
| <b>1.2.3.1. DUREZA DE LOS ALIMENTOS. ....</b>                                     | <b>21</b>          |
| <b>1.2.3.2. ESTRUCTURA MECÁNICA DE LOS PRODUCTOS DE PARTIDA. ....</b>             | <b>21</b>          |
| <b>1.2.4. EQUIPOS PARA LA REDUCCIÓN DE TAMAÑO.....</b>                            | <b>22</b>          |

|   | <b>Pp.</b> |
|---|------------|
| 1.2.4.1. MOLINOS DE MARTILLOS E IMPACTORES .....                        | 23         |
| 1.2.4.2. MOLINOS DE ULTRAFINOS .....                                    | 24         |
| 1.2.4.3. MOLINOS DE FROTAMIENTO POR DISCOS .....                        | 24         |
| 1.2.4.4. MÁQUINAS CORTADORAS .....                                      | 27         |
| 1.2.4.5. APARATOS PARA LA REDUCCIÓN DE TAMAÑO DE ALIMENTOS FIBROSOS ... | 28         |
| <b>1.3. LEYES DE MOLIENDA.....</b>                                      | <b>34</b>  |
| 1.3.2. LEY DE BOND (n=3/2) .....  | 35         |
| 1.3.3. LEY DE VON RITTINGER (n=2) .....                                 | 36         |
| <b>1.4. TORNILLO SIN FIN (TRANSPORTADOR) .....</b>                      | <b>38</b>  |
| 1.4.1. PARTES DE UN TORNILLO SIN FIN.....                               | 38         |
| 1.4.1.1. AREA DEL CANALON .....   | 39         |
| 1.4.1.2. VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO DEL TRANSPORTADOR .....            | 40         |
| 1.4.1.3. FLUJO DE MATERIAL TRANSPORTADO .....                           | 40         |
| 1.4.1.4. POTENCIA DE ACCIONAMIENTO .....                                | 41         |
| 1.4.1.5. POTENCIA DE DESPLAZAMIENTO DEL MATERIAL.....                   | 41         |
| <b>CAPITULO II .....</b>  | <b>42</b>  |
| <b>PARTE EXPERIMENTAL .....</b>   | <b>42</b>  |
| 2.1. SIMULADOR DEL PROCESO .....  | 42         |
| 2.2. TOMA DE DATOS EXPERIMENTALES .....                                 | 43         |
| 2.2.1. MOLIENDA A 100 RPM.....  | 43         |
| 2.3. MATRIZ DE TOMA DE DECISIÓN.....                                    | 44         |
| <b>CAPITULO III .....</b>   | <b>46</b>  |
| <b>CÁLCULOS Y RESULTADOS.....</b>                                       | <b>46</b>  |
| <b>3. DISEÑO.....</b>   | <b>46</b>  |
| 3.1. DISEÑO DE LOS ELEMENTOS MECÁNICOS DE LA TRITURADORA.....           | 46         |
| 3.1.1. CARACTERISTICAS DEL PRODUCTO A TRITURAR.....                     | 46         |
| 3.1.2.1. AREA DEL CANALON .....   | 47         |
| 3.1.2.2. VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO .....                              | 48         |

|   | <b>Pp</b> |
|---|-----------|
| 3.1.2.3. FLUJO DE MATERIAL TRANSPORTADO .....                           | 49        |
| 3.1.2.4. POTENCIA DE ACCIONAMIENTO .....                                | 51        |
| 3.1.2.4.1. POTENCIA DE DESPLAZAMIENTO DEL MATERIAL .....                | 51        |
| 3.1.2.4.2. ACCIONAMIENTO DEL TORNILLO EN VACIO. ....                    | 53        |
| 3.2. POTENCIA REQUERIDA .....   | 53        |
| 3.2.1. CÁLCULO DE LA POTENCIA TEORICA .....                             | 53        |
| 3.2.2. CÁLCULO DE LA CONSTANTE DE RITTINGER .....                       | 54        |
| 3.2.3. CÁLCULO DE LA CONSTANTE DE BOND A PARTIR DE LA DE RITTINGER..... | 54        |
| 3.2.4. CÁLCULO DE LA POTENCIA DE MOLIENDA .....                         | 55        |
| 3.3. RESULTADOS.....  | 56        |
| 3.3.1. MATERIALES Y ELEMENTOS DEL MOLINO .....                          | 56        |
| 3.3.2. DATOS DE LA CARNE.....   | 58        |
| 3.3.3. DISEÑO DEL TORNILLO .....  | 59        |
| 3.3.4. DISEÑO DEL MOLINO .....  | 59        |
| 3.4. COSTOS DEL DISEÑO .....  | 59        |
| 3.4.1. ANALISIS DE COSTOS.....  | 59        |
| 3.4.2. COSTOS DE MATERIALES .....                                       | 60        |
| <b>CAPITULO IV.....</b>   | <b>63</b> |
| <b>4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>                           | <b>63</b> |
| 4.2. CONCLUSIONES .....   | 63        |
| 4.2. RECOMENDACIONES.....   | 64        |
| <b>CAPITULO V .....</b>   | <b>65</b> |
| <b>5.- BIBLIOGRAFIA .....</b>   | <b>65</b> |
| <b>CAPITULO VI.....</b>   | <b>68</b> |
| <b>6.1 ANEXOS .....</b>   | <b>68</b> |

## INDICE DE TABLAS

| <b>Tabla</b> |   | <b>Pp.</b> |
|--------------|---|------------|
| 1.1.6.3.1-1  | Clasificación de los Cortes .....                       | 15         |
| 1. 1.1-1     | Tipos de fuerzas de los Molinos .....                   | 18         |
| 1.4.1.1-1    | Coefficientes de Relleno diferentes cargas .....        | 39         |
| 2.2.1-1      | Datos Experimentales a 100 rpm.....                     | 43         |
| 2.2.1-2      | Promedio de los Datos Experimentales a 100 rpm.....     | 43         |
| 2.2.1-3      | Datos Experimentales a 80 rpm.....                      | 44         |
| 2.2.1-4      | Promedio de los Datos Experimentales a 80 rpm.....      | 44         |
| 2.3-1        | Matriz de Decisión .....                                | 44         |
| 3.1.2.3-1    | Coefficiente de disminución del flujo del material..... | 50         |
| 3.3.2-1      | Datos de la Carne.....                                  | 58         |
| 3.3.3-1      | Datos del diseño del tornillo.....                      | 59         |
| 3.3.4-1      | Datos del diseño del Molino.....                        | 59         |
| 3.4.2-1      | Costos de materiales .....                              | 60         |
| 3.4.2-2      | Costos de Construcción y Diseño.....                    | 61         |
| 3.4.2-3      | Resumen del Diseño del molino.....                      | 62         |

## INDICE DE FIGURAS

| <b>Figura</b> |  | <b>Pp.</b> |
|---------------|--|------------|
| 1.1.1.2 – 1   | Carne .....                                    | 4          |
| 1.1.6.3.1-1   | Clasificación de los Cortes .....              | 15         |
| 1.2.4.1-1     | Molino de martillos .....                      | 44         |
| 1.2.4.3-1     | Molino de frotamiento por doble impulsor ..... | 46         |
| 1.2.4.5-1     | Picadora de Carnes .....                       | 31         |
| 1.4.1-1       | Partes De Un Tornillo Sin Fin .....            | 38         |
| 3.3.1-1       | Tolva.....                                     | 56         |
| 3.3.1-2       | Tornillo Transportador .....                   | 57         |
| 3.3.1-3       | Cuchilla de corte .....                        | 57         |
| 3.3.1-4       | Rejilla 3/16 .....                             | 58         |

## INDICE DE ANEXOS

| <b>ANEXO</b> |                          | <b>Pp.</b> |
|--------------|--------------------------|------------|
| I            | GABINETE .....           | 68         |
| II           | CHAROLA .....            | 69         |
| III          | MOTOR ELECTRICO .....    | 70         |
| IV           | GUSANO.....              | 71         |
| V            | NAVAJA.....              | 72         |
| VI           | CEDAZO .....             | 73         |
| VII          | VISTA EXPLOSIONADA ..... | 74         |

## **RESUMEN**

La investigación es diseño de un Molino Tipo Picadora para moler carnes, productos afines, destinado al Área de Alimentos del Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental (CESTTA), de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Con un método experimental utilizado por ser una investigación fáctica de tipo aplicada con población no determinada, se realizó la simulación de molienda en un molino para carne modelo 100-22 Marca: Pigor, Motor rudo 110 Volts con tres velocidades, empleándose dos muestras a diferentes tiempos y revoluciones, obteniendo un registro con variables (peso vs tiempo), y parámetros que intervienen en el proceso se observó las condiciones óptimas de diseño.

El equipo tiene capacidad de 68kg/h, con tornillo transportador que actúa mediante giro de sus hélices para transportar material hasta las cuchillas y rejilla donde define el tamaño, el molino trabaja a 80 rpm midiendo 45 cm de alto x 22 cm de ancho x 34 cm de largo, donde estará el motor con capacidad 0.5 HP a 110V, siendo condiciones óptimas de operación, dándonos una muestra homogénea de 3 mm de partícula con 90% de reducción.

Concluimos que el molino está diseñado para un óptimo funcionamiento en base a características físicas como dureza, peso específico y dimensiones que requiere la muestra de carne para su posterior análisis bromatológico en el laboratorio CESTTA.

Recomendamos al constructor del equipo tomar en consideración una construcción de manera que el equipo tenga un sencillo desmontaje para limpieza del mismo al finalizar cada operación.

## SUMMARY

The research involves a design of a grinder of chopper type to grind meat and similar products for the area of food of the technical services and environmental technology transfer center (CESTTA) of the Faculty of Sciences of Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

An experimental method is used, doing a real research applied to undetermined population. It made the simulation of grinding into a meat grinder model 100-22 of Pigor brand, with an engine of 110 voltios of three-speed by using two variables (weight versus time) and some parameters that involve the process and optimal conditions of the design. The equipment has a capacity of 68 Kg/h including an auger which works turning its propellers to transport material toward the blades and grid where the size is determined. Besides the grinder works to 80 rpm and its size is about 45cm of height by 22cm of width and 34cm of length where the engine of 0,5 HP of 110 voltios will be located, demonstrating optimal operating conditions- presenting a homogeneous sample of 3cm with 90% of reduction.

It concludes that the grinder is designed for an optimal operation based on physical characteristics such as: specific weight and required dimensions for the sample of meat to be analyzed at bromatology lab of CESTTA.

It recommends to the maker of the equipment take into consideration a design of easy disassembly to clean it after each operation.

## INTRODUCCIÓN

El Ecuador es uno de los países privilegiados en variedad de fauna ganadera, uno de los principales sustentos alimenticios de su población es el consumo de carne.

En nuestro país la principal fuente de carnes son las avícolas y vacunas. Siendo las regiones de la Costa y Amazonía las que producen principalmente ganado de carne, mientras que el ganado lechero se encuentra, sobre todo, en la Sierra. Su faena miento se realiza en camales seccionales dependientes de la provincia de la que provienen para en el posterior ser distribuidos en todo el territorio

Por su particular sabor y alta demanda en el mercado el consumo de la carne vacuna se ha incrementado en las últimas décadas abriendo campo a diferentes presentaciones de las mismas y siendo un tema de particular aplicación a estudios de todo tipo, sean estos sensoriales como industriales.

Es aquí donde nace el término reducción de tamaño que aplica a todas las formas en las que las partículas de sólidos se pueden cortar o romper en piezas más pequeñas. Durante los procesos industriales como el que sector de los cárnicos, esta reducción de tamaño de sólidos se lleva a cabo por diferentes métodos y distintos fines.

La finalidad de este tipo de molino es solventar la materia prima para el análisis de las características de carnes y derivados en el ámbito del laboratorio de alimentos del CESTTA, el proceso que realiza el molino para la molienda de la carne es conduciendo la carne a través de un tornillo sin fin hasta llegar a una cuchilla tipo hélice la cual beneficia a la generación de fuerzas de cizalla que facilita aún más el corte de la carne y obtener el

tamaño de fibra adecuado para el análisis de proteínas evitando así el exceso de fricción y por ende la degradación de la composición química de la carne.

Este trabajo pretende darle un mayor valor agregado al análisis bromatológico de la carne mediante un proceso de molienda ayudando a la reducción de tamaño y a la vez conservando las propiedades químicas propias de la carne para obtener datos reales en estudios especializados.

La modelación que se realizó en la parte experimental está en función de modelos matemáticos aplicados a este tipo de molienda.

El diseño del equipo está destinado para el Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental (CESTTA), y a un futuro para su construcción e implementación para realizar los ensayos bromatológicos.

## JUSTIFICACIÓN

El Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental (CESTTA), se ve en la necesidad de tener el laboratorio debidamente equipado para realizar los diferentes ensayos que se practican.

Este estudio tiene como finalidad realizar el diseño de un molino tipo picadora destinado al área de alimentos del CESTTA, y poder obtener una muestra representativa para los análisis bromatológicos indispensables dentro del área de alimentos.

Por este motivo se ha visto la necesidad del diseño del mencionado equipo para el Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental (CESTTA) de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH, para satisfacer los requerimientos dentro del laboratorio de alimentos y así poder dar un adecuado manejo y utilización de equipos pilotos a los profesiones y a los estudiantes que realizan sus prácticas pre-profesionales y así mismo capacitarlos para que puedan defenderse a futuro en un excelente campo laboral, se busca ampliar el conocimiento de los fundamentos y métodos de Molienda empleados más comúnmente en la industria, así como la aplicación de dichos conceptos para la realización de diseños básicos que dependen de característica del producto y condiciones de proceso basado en necesidades para los análisis del laboratorio bromatológico.

El CESTTA es un laboratorio acreditado por el OAE y trabaja a nivel nacional cumpliendo con los estándares de calidad requeridos para todo tipo de análisis bromatológicos, siendo uno de los laboratorios más reconocidos a nivel nacional.

## **OBJETIVOS**

### **GENERAL**

- ✓ Diseñar un Molino Tipo Picadora para la molienda de carnes y productos afines, destinado al Área de Alimentos del CESTTA-ESPOCH.

### **ESPECÍFICOS**

- Realizar la simulación del proceso de molienda para cárnicos.
- Determinar experimentalmente las Variables de Diseño
- Realizar la matriz de datos para toma de decisión.
- Realizar el diseño de ingeniería para molienda de cárnicos, en base a las variables de Diseño definida

# CAPITULO I

## 1. MARCO TEORICO

### 1.1. CARNE

La carne es el tejido animal, principalmente muscular, que se consume como alimento. Se trata de una clasificación coloquial y comercial que sólo se aplica a animales terrestres normalmente vertebrados: mamíferos, aves y reptiles, pues, a pesar de poder aplicarse tal definición a los animales marinos, estos entran en la categoría de pescado, especialmente los peces los crustáceos, moluscos y otros grupos suelen recibir el nombre de marisco. Más allá de su correcta clasificación biológica, otros animales, como los mamíferos marinos, se han considerado a veces carne y a veces pescado.

Desde el punto de vista nutricional la carne es una fuente habitual de proteínas, grasas y minerales en la dieta humana. De todos los alimentos que se obtienen de los animales y plantas, la carne es el que mayores valoraciones y apreciaciones alcanza en los mercados y, paradójicamente, también es uno de los alimentos más evitados y que más polémicas suscita. La mayor parte del consumo de carne de los seres humanos proviene de mamíferos, si bien apenas se usa para alimentación de una pequeña cantidad de las 3.000 especies que existen. Se consume sobre todo carne de animales ungulados, domesticados para proveer alimento.

Las especies de abasto básicas para el consumo son el ganado ovino, bovino, porcino y las aves de corral, mientras que las especies complementarias son el ganado caprino, equino y la caza (mayor y menor). La industria cárnica es la industria de alimentación que mayor volumen de ventas mueve. El consumo de carne está creciendo de forma global en consonancia con el incremento de la población mundial, siendo los países en vías de desarrollo los que poseen un mayor ratio de crecimiento, lo que implica que en unos años se necesitarán soluciones para satisfacer la creciente demanda de este alimento. <sup>[1]</sup>

### **1.1.1. CARACTERISTICAS**

#### **1.1.1.1. SABOR Y OLOR**

El sabor de las carnes posee cerca de 1.000 compuestos químicos identificados en los constituyentes volátiles de la carne de vaca (res), ternera, pollo, cerdo y cordero. Estos volátiles están descritos como compuestos químicos orgánicos tales como hidratos de carbono, alcoholes, aldehídos, ésteres, furanos, piridinas, pirazinas, pirroles, oxacinas y otros compuestos que se fundamentan generalmente en el átomo de azufre y en los elementos halógenos. Se cree en la comunidad científica que los sabores y aromas de la carne provienen predominantemente de los compuestos acíclicos azufrados y de los compuestos heterocíclicos que contienen nitrógeno, oxígeno o azufre. No obstante existen diferencias respecto a la cantidad de los compuestos según la especie animal de que se trate.

---

<sup>1</sup> **Carne**, <http://es.wikipedia.org/wiki/Carne>

El sabor de la carne almacenada o curada se ha estudiado con detalle por la industria cárnica, pudiendo comprobar que algunos nitritos existentes en la carne reaccionan con las fibras enmascarando los sabores naturales. Sobre todo si se cura la carne mediante ahumado. Mientras que las carnes curadas o puestas en salazón mantienen su sabor (cecina, Carne-de-sol, etc.). Las técnicas para medir los sabores de la carne son prácticamente las mismas, y no dependen de la especie analizada. No obstante uno de los "facilitadores" del sabor y textura en este alimento es su contenido graso. <sup>[2]</sup>

#### **1.1.1.2. COLOR**

El color es uno de los indicativos que emplean los consumidores a la hora de elegir la carne. Las carnes de aves suelen tener, por regla general, un color más claro que las de mamíferos, que suelen ser más oscuras y de color más rojizo. La razón de esta diferencia es el tipo de fibra muscular de que se componen, que es diferente en las aves y en los grandes mamíferos, debido a la mayor intensidad del trabajo que soporta la musculatura de estos últimos. Existen básicamente dos tipos de fibras musculares, las pertenecientes a los músculos que desarrollan un trabajo explosivo (fibras blancas) y aquellas que desarrollan un trabajo lento y repetitivo (fibras rojas). Los músculos de fibra blanca se encuentran mayoritariamente en aves, que necesitan rápidos movimientos, mientras que los grandes mamíferos poseen músculos de fibra roja necesarios para soportar grandes esfuerzos. El color rojo de la carne se debe fundamentalmente a la mioglobina; este color ha dado lugar a una clasificación "no científica" (no nutricional) de las carnes en blancas (más claras) y rojas (más oscuras). El color final de la carne depende también de su procesamiento,

---

<sup>2</sup> **Carne, Sabor y olor**, [http://es.wikipedia.org/wiki/Carne#Sabores\\_y\\_olores](http://es.wikipedia.org/wiki/Carne#Sabores_y_olores)

almacenamiento y cocinado. La tonalidad suele variar hacia el marrón si se expone la pieza al aire durante algún tiempo, debido en parte a los procesos de oxidación de la mioglobina



**Fuente:** MIRA, J. 1998 Compendio de Ciencia y Tecnología de la Carne

**Fig. 2.1.1.2 - 1** Carne

### **1.1.2. MANIPULACION DE LA CARNE**

Antes de la muerte los tejidos comestibles de un animal sano se pueden considerar estériles ya que se encuentran protegidos de la contaminación bacteriana por la piel externa, que funciona como una cubierta casi perfecta contra la agresión microbiana. Además, el tracto intestinal sirve como barrera efectiva que frena la inmensa masa de microorganismos que contiene. Normalmente, cualquier microorganismo que penetrase estas barreras sería destruido rápidamente por las defensas naturales del organismo vivo. Tras la muerte, sin embargo, estos mecanismos quedan bloqueados o cesan su actividad y de esta forma los tejidos expuestos se convierten en tejidos altamente perecederos. Los tejidos animales quedan expuestos a gran número de microbios que atraviesan la piel o el tracto intestinal sin una barrera que les frene. La superficie externa de la piel, o el cuero, está intensamente contaminada por una amplia variedad de microorganismos. Cuando el carnicero clava el cuchillo para realizar la separación de los cortes, aparecen las primeras vías de entrada para los contaminantes y los agentes patógenos. Además, es posible que alguno de los

microorganismos del tracto intestinal encuentren su camino hacia la superficie del canal durante las operaciones de formado, mezclando su contenido con el de la carne (esta operación debe realizarse con sumo cuidado para evitar posibles contaminaciones en la carne). Es posible que ocurra, no obstante, alguna contaminación durante el corte del cuello, y es posible que algunos de estos microorganismos puedan llegar a los tejidos musculares por el torrente circulatorio inmediatamente antes de la muerte. Todas estas operaciones deben ser realizadas por personal cualificado, con el objeto de mantener los niveles de calidad requeridos. La forma de sacrificar al animal afecta a la calidad final de la carne, se procura sacrificar ‘de una vez’ sin generar estrés en el animal para que no exista en los tejidos el ácido láctico característico de los cortes rojos oscuros.

Tras la muerte las canales (denominadas también carcasas) son enfriadas y clasificadas para después entrar en las cadenas de distribución y procesado alimentarios. Este conjunto de procesos es el que transforma el músculo del animal en carne. Hay que tener en cuenta la aparición del rigor mortis (generalmente tras unas tres horas tras el sacrificio, aunque en el cerdo y el cordero ocurre en una hora), un fenómeno que tensa la carne y la hace poco agradable para su consumo. Por esta razón se introduce un tiempo de espera de unas 48 horas (a veces 72) en un ambiente refrigerado para que ese fenómeno desaparezca. Durante este tiempo la carne se cuelga “boca abajo” para que las fibras musculares se estiren por su propio peso y se drene la sangre. El despiezado y el corte permiten a un gran número de microorganismos contaminar las superficies, a veces se realiza en lugares limpios. La carne fresca y refrigerada tiene un alto contenido de agua con un valor de  $a_w$  de 0,99 aproximadamente. Este ambiente es muy adecuado para el crecimiento de microorganismos; si se dejan sin envoltura protectora al oxígeno se favorecerá el crecimiento de microorganismos contaminantes.

La mayoría de la carne hoy en día pasa un intervalo medio entre 4 y 10 días desde que se sacrifica el animal hasta que llega al mercado para ser comercializado. La refrigeración tras el sacrificio crea un medio selectivo que permite el crecimiento sólo de aquellos microorganismos capaces de desarrollarse a temperaturas cercanas a la congelación. El envasado al vacío de la carne con membrana impermeable al oxígeno constituye una segunda limitación sobre el medio ambiente que rodea la carne y permite el crecimiento de un menor número de microorganismos durante la distribución hasta el consumidor. El curado, el ahumado, el cocinado, el escabechado y la fermentación son otros procedimientos que influyen en la naturaleza de la microflora alterante final de la carne prolongando su fecha de caducidad. Las carnes tras el sacrificio necesitan de un periodo de curado que hace que los sabores se distribuyan gracias a reacciones enzimáticas y mejoren propiedades organolépticas como puede ser la ternura de la carne. Los métodos de curado pueden ser realizados en medios controlados de carácter húmedo o por el contrario secos. En medio húmedo se introducen en embalajes de plástico especiales sometidos al vacío, permaneciendo en su interior durante seis semanas (método cryovac), este método hace que aparezca un mal olor cuando se abre el envoltorio, el mal olor desaparece en unos minutos de ventilación. Los métodos de curado en seco hacen que se cuelguen las carnes en un ambiente controlado en refrigeración y humedad durante un periodo de seis semanas, las carnes curadas por este método pueden perder casi entre un 5% y un 20% de su peso, pudiendo además adquirir sabores no deseados.

### **1.1.3. COMPOSICIÓN NUTRITIVA DE LA CARNE**

Todas las carnes se encuentran englobadas dentro de los alimentos proteicos y nos proporcionan entre un 15 – 20% de proteínas, las cuales son consideradas de muy buena

calidad ya que proporcionan todos los aminoácidos esenciales. Son la mejor fuente de hierro y vitamina B12. Dentro de las carnes también podemos encontrar sustancias nitrogenadas ( purinas, pirimidinas), procedentes de la hidrólisis de los ácidos nucleicos<sup>[3]</sup>

#### **1.1.4. PARÁMETROS DE CALIDAD DE LA CARNE**

##### **1.1.4.1. COLOR, INTENSIDAD Y VARIACIÓN**

El color de la musculatura varía con la especie; la carne vacuna es de color oscuro, la de cerdo pálido. La intensidad de color de la musculatura aumenta con la edad. Existiendo diferencias claramente apreciables entre la carne de ternera, novilla y vaca. Las diferencias del color mencionadas se deben en parte a la variación del contenido de mioglobina.

El contenido de mioglobina de la carne de cerdo es muy bajo del 0.06% en comparación con el de carne de vacuno que es de 0.50%. en general la concentración de mioglobina aumenta con la edad. El aumento del contenido de mioglobina de los músculos al avanzar la edad pueden deberse a que se incrementa la cantidad de pigmento en las fibras rojas existentes, o a que se incrementa el número de fibras rojas.

En los músculos rojos predominan las fibras rojas sobre las fibras blancas, al contrario de lo que ocurre en los músculos blancos.

El color específico de la carne fresca depende en gran parte de la proporción relativa y de la distribución de los pigmentos musculares: mioglobina reducida de color púrpura, oximioglobina roja y metamioglobina marrón.

---

<sup>3</sup> **Composición de la Carne, PARDO, GONZALES, J.**, Industria Cárnica., 1<sup>ra</sup> ed., Madrid-España., Ediciones La Mancha., 1998., Pp. 17-18.

La conversión de la mioglobina y oximioglobina en metamioglobina es acelerada por todos los factores capaces de desnaturalizar la porción globina como el pH, el calor, las sales y la luz ultravioleta.

#### **1.1.4.2. EXUDACIÓN**

Cuando los músculos se cortan perpendicularmente al eje longitudinal de las fibras musculares se produce una exudación de jugo muy variable; en unos casos no se libera jugo mientras que en otros la cantidad exudada es elevada. La aparición del jugo en la superficie de corte de los músculos se debe a que se modifica la capacidad de retención de agua de las proteínas. Las proteínas pueden retener grandes cantidades de agua porque las moléculas de agua forman enlaces de hidrógeno con los grupos polares de las cadenas peptídicas. Los factores que contribuyen a la exudación durante la maduración de la carne son también responsables de que durante el procesado se produzcan retracciones más intensas y mayores pérdidas de nutrientes hidrosolubles. Cuando los músculos se cortan perpendicularmente al eje longitudinal de las fibras musculares se produce una exudación de jugo muy variable; en unos casos no se libera jugo mientras que en otros la cantidad exudada es elevada. La aparición del jugo en la superficie de corte de los músculos se debe a que se modifica la capacidad de retención de agua de las proteínas. Las proteínas pueden retener grandes cantidades de agua porque las moléculas de agua forman enlaces de hidrógeno con los grupos polares de las cadenas peptídicas.<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> **Parámetros específicos de la calidad de la carne**, <http://wikipedia.or/wiki//doc/20402570/14/Exudacion>

Los factores que contribuyen a la exudación durante la maduración de la carne son también responsables de que durante el procesado se produzcan retracciones más intensas y mayores pérdidas de nutrientes hidrosolubles.

#### **1.1.4.3. CONSISTENCIA**

La carne de buena calidad debe tener una consistencia firme. La falta de consistencia es causada por los mismos factores que determinan la falta de capacidad para retener el jugo, inconveniente que se suma a la falta de consistencia. No obstante la consistencia es de por sí un atributo de calidad que tiene importancia en el procesado, en la elaboración de productos, en el fileteado y en la venta al por menor, donde son preferibles carnes de consistencia firme.

#### **1.1.4.4. GRASA INTRAMUSCULAR**

La grasa intramuscular o de marmorización se localiza entre los fascículos musculares y puede observarse a simple vista en la superficie de corte. La estructura del músculo es la que determina la forma de distribución de la grasa intramuscular.

La capacidad del músculo para acumular cantidades crecientes de contenido adiposo parece acompañar al cambio de proporciones esqueléticas durante el crecimiento corporal. Aunque existen variaciones de una especie a otra, puede afirmarse que en general el porcentaje de lípidos tiende a aumentar con la edad de los músculos de todas ellas, especialmente cuando han completado las principales fases del crecimiento muscular.

Las células grasas se acumulan y crecen en torno a los vasos sanguíneos pudiendo dificultar la distribución de la sangre; esto contribuye a que el músculo necesite mayor nivel de mioglobina a medida que avanza la edad del animal.

En general la actividad muscular tiende a reducir la cantidad de grasa de marmorización. Por otra parte la deposición de grasa intramuscular es una característica hereditaria; la cuantía y distribución de la grasa intramuscular depende también del tamaño y distribución de los vasos sanguíneos. En la calidad de la carne influye una variadísima gama de factores, como puede ser la raza del animal, selección genética de que ha sido objeto, etc.

### **1.1.5. CLASIFICACIÓN DE LA CARNE**

#### **1.1.5.1. CLASIFICACIÓN DE CARNE DE CERDO (USO INDUSTRIAL)**

- Carne de primera: carne sin grasa visual, sin nervios, cuero ni cartílagos. No importa el tamaño ni la forma.
- Carne de segunda: es carne con un contenido de grasa visual de 15%, sin cuero, nervios ni cartílagos.
- Carne de tercera: carne conteniendo hasta 50 % de grasa, sin cuero, nervios ni cartílagos.
- Cuero, nervios, venas: deben separarse y ser trabajados como emulsiones individuales. Clasificación de grasa de cerdo (uso industrial)<sup>5</sup>

#### **1.1.5.2. CLASIFICACIÓN DE CARNE VACUNA O RES (USO INDUSTRIAL)**

- Carne de primera: limpia, sin grasa visible, nervios, venas ni cartílagos.

---

<sup>5</sup> **Procesamiento de Carnes y Embutidos**, [http://www.science.oas.org/oea\\_gtz/libros/embutidos/cap24.htm](http://www.science.oas.org/oea_gtz/libros/embutidos/cap24.htm)

- Carne de segunda: con hasta 20% de grasa visible, sin nervios, venas ni cartílagos.
- Carne de tercera: contiene entre 30 y 40 % de grasa visible, con nervios y cartílagos pequeños visibles.

Todos los tipos de carne de esta clasificación deben estar libres de hematomas o sangre acumulada.

En la clasificación y almacenamiento de estas carnes no deben mezclarse carne de cerdo y carne de res. Solamente cuando se formulan y se pesan los diferentes tipos de carne podrá realizarse la mezcla.<sup>6</sup>

A título de referencia damos una clasificación de carne de res de los Estados Unidos de Norteamérica.

Carne de primera (L): magra, 100 % limpia.

Carne de segunda (CH): contiene hasta 10 % de grasa, con nervios visibles muy pequeños.

Carne de tercera (TR): contiene hasta 30 % de grasa con nervios, venas y telas pequeñas.

Siguiendo un criterio bastante amplio, podemos hacer una primera clasificación de la carne en tres clases:

Carne roja, la procedente del buey, el toro, la vaca, el caballo y el carnero.

Carne negra, que es la procedente de la caza.

Carne blanca, que es la carne de ternera, de cordero, de conejo y de aves de corral.

A parte de la especie del animal, de la que depende el contenido de hemoglobina que dará a la carne un color más o menos rojo, la alimentación también influye en la coloración de las carnes. El ganado que pasta libremente y se alimenta de pastos verdes tiene una carne más roja. Por el contrario, las reses alimentadas con piensos secos o salvados tienen la carne

---

<sup>6</sup> **Procesamiento de Carnes y Embutidos**, [http://www.science.oas.org/oea\\_gtz/libros/embutidos/cap24.htm](http://www.science.oas.org/oea_gtz/libros/embutidos/cap24.htm)

más blanca. A demás se reporta que, la carne que finalmente llega al consumidor acusa sensiblemente las condiciones en que ha sido sacrificada. Las normas que regulan el sacrificio exigen: que el animal haya descansado y ayunado al menos 24 horas; que la muerte sea rápida y sin sufrimiento; que el desangrado sea rápido; que el eviscerado sea inmediato; un oreo adecuado; un despellejado cuidadoso, y por último; unas condiciones sanitarias perfectas.

#### **1.1.6. CONSIDERACIONES SOBRE LA MATERIA PRIMA A PROCESAR**

Cuesta mucho valorar la calidad de la carne y sus derivados, ya que son varios factores que influyen sobre ésta, tales como: <sup>[7]</sup>

- 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
- Higiene de los procesos

##### **1.1.6.1. CARNE DE TERNERA**

“La carne de ternera de buena calidad no exuda jugo por la superficie de corte, tiene un color rosa pálido y una consistencia firme. En la carne de ternera las características visibles de calidad tienen menos importancia que en la carne vacuna, debido a que se somete a

---

<sup>7</sup> **MARLING, C.**, Tecnología de la Carne., 1<sup>ra</sup> ed., Ediciones EUNED., 2001., Pp. 25.

numerosos y variados métodos de preparación culinaria. No obstante la edad y la alimentación afectan al color y a la consistencia. La carne de ternera de color rojo a veces no tienen buena aceptación en el mercado porque parece de novilla o vaca. En la carne de ternera es raro observar la presencia de grasa intramuscular

#### **1.1.6.2. CARNE DE CERDO**

La superficie de corte de la carne de cerdo de buena calidad es consistente, de color rosáceo y no exuda jugo. Entre las características de calidad que pueden apreciarse en la superficie de corte de los músculos grandes figuran la marmorización y la consistencia, color y exudación.

#### **1.1.6.3. CARNE VACUNA**

Se considera carne ideal a la que procede de animales relativamente jóvenes y que se halla constituida por musculatura roja, consistente, con cantidades discretas de grasa de marmorización (fina y uniformemente distribuida) y sin jugo de exudación en la superficie.

La marmorización excesiva incrementa el contenido calórico por unidad de peso y apenas produce una mejora adicional de la calidad organoléptica de la carne.

La carne de bovinos viejos por otra parte suele ser más dura que la de los jóvenes. Se ha comprobado que los principales factores de calidad que afectan al consumo (dureza, jugosidad y aroma) varían con el animal, estirpe y raza.

El color de la carne de vacuno varía desde el rosa pálido hasta un color sumamente oscuro. La carne vacuna de corte oscuro no tienen aceptación para la venta al por menor debido a

que el consumidor no la distingue de la carne de los animales viejos, o de la conservación en malas condiciones.

La carne de corte oscuro que procede de animales jóvenes y sanos no es de mala calidad en estado cocinado. En comparación con la carne normal, de color rojo brillante, o con el músculo pálido, blando y exudativo, la carne vacuna de corte oscuro cocinada no es menos tierna y puede retraerse menos y retener más jugo durante la preparación culinaria. El músculo de corte oscuro posee sin embargo un pH elevado por su bajo contenido en ácido láctico.

El color blanco de la grasa es otra característica de la carne de buena calidad. La grasa de la carne de animales viejos o de vacas lecheras normalmente es amarillenta, lo mismo que la grasa de los productos procesados

#### **1.1.6.3.1. CORTES DIFERENCIADOS DE CARNE BOVINA**

Para describir este sistema, iniciaremos identificando el término CANAL, el cual se ha dado al cuerpo de la res después de faenado, retiradas la piel, cabeza, cola, extremidades inferiores y vísceras de acuerdo a las regiones del país se las conoce también como carcasa o tabla.

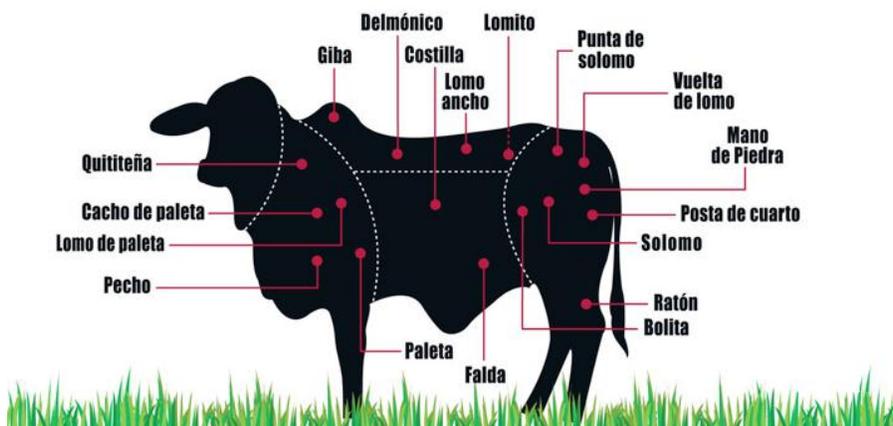
La canal cortada longitudinalmente a lo largo de la columna vertebral da origen a dos mitades o medias canales, el corte practicado entre la séptima y octava costilla de manera transversal origina los cuartos de canal, que se denominan delantero o anterior y trasero o posterior con el fin de facilitar el transporte de la carne a los diversos locales de expendio e industrias cárnicas.

El estudio realizado por diferentes analistas proponen 17 cortes primarios clasificados en: BLANDOS, MEDIOS Y DUROS. La nomenclatura tradicional es diversa y difiere de provincia a provincia procurando con el nuevo sistema establecer los 17 cortes, conservando en lo posible los nombres tradicionales y representativos que faciliten la comercialización del producto.

**TABLA 1.1.6.3.1-1**  
**Clasificación de los Cortes**

| <b>CORTES BLANDOS</b> | <b>CORTES MEDIOS</b> | <b>CORTES DUROS</b> |
|-----------------------|----------------------|---------------------|
| 1. Lomo Fino          | 6. Lomo de Aguja     | 12. Nuca            |
| 2. Pulpa Redonda      | 7. Salonillo         | 13. Costilla        |
| 3. Lomo de Afuera     | 8. Carne de Paleta   | 14. Pecho           |
| 4. Pulpa negra        | 9. Pulpa de Brazo    | 15. Lagartillo      |
| 5. Pulpa de Cadera    | 10. Atravesado       | 16. Caucara         |
|                       | 11. Falda            | 17. Salón           |

Fuente: [http://www.corfoga.org/cortes\\_y\\_preparacion.php](http://www.corfoga.org/cortes_y_preparacion.php)



Fuente: [http://www.corfoga.org/cortes\\_y\\_preparacion.php](http://www.corfoga.org/cortes_y_preparacion.php)

**Fig. 1.1.6.3.1-1 Clasificación de los Cortes**

### 1.1.6.3.2. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE RES

Propiedades físicas de la carne. La proporción de superficie muscular expuesta al exterior tiene gran influencia en la velocidad de alteración, porque allí suelen encontrarse la mayor parte de los microorganismos y los aerobios pueden disponer de aire suficiente.

La grasa, que es capaz de proteger algunas superficies, es a su vez susceptible de alteraciones, principalmente de naturaleza química y enzimática. El picado de la carne aumenta mucho la superficie expuesta al aire, por lo que favorece el crecimiento microbiano y además al picarla se desprende jugo, que facilita la distribución de los microorganismos por toda la carne. La piel es un agente protector, aunque también en su propia superficie se desarrollen los microorganismos.

Propiedades químicas de la carne. Ya se ha indicado que la carne en general es un buen medio de cultivo para los microorganismos. El contenido en agua, es importante para determinar la posibilidad de que crezcan microorganismos y el tipo de los mismos que crecerán, especialmente en la superficie, donde puede haber más desecación. La superficie puede estar tan seca que no permita el crecimiento microbiano; puede tener una ligera humedad que permita el crecimiento de mohos; una humedad algo mayor que permita el de levaduras, y si están muy húmedas crecerán las bacterias. De gran importancia a este respecto es la humedad relativa de la atmósfera en que se almacena.

Los microorganismos tienen a su disposición una cantidad abundante de nutrientes, pero la gran proporción de proteínas y el escaso contenido en hidratos de carbono fermentescibles favorece el desarrollo de los tipos fermentativos capaces de utilizar las proteínas y sus productos de degradación como fuentes de carbonos, nitrógeno y energía. El pH de la carne cruda varía entre 5,7 y 7,2, dependiendo de la cantidad de glucógeno presente al efectuarse el sacrificio y de los cambios sufridos después. Un pH más alto favorece el desarrollo de los microorganismos. Un pH más bajo lo frena y a veces actúa selectivamente, permitiendo, por ejemplo, solo el desarrollo de las levaduras.<sup>8</sup>

---

<sup>8</sup> **BLANDINO, J.**, La Industria de la Carne bovina en Centroamérica: situación y perspectiva., 1ª ed., Costa Rica., Gráfica Litho Offset, S.A., 2005., Pp. 41-43

## 1.2. REDUCCIÓN DEL TAMAÑO

“El término de reducción de tamaño se aplica a todas las formas en las que las partículas de sólidos se pueden cortar o romper en piezas más pequeñas. Durante los procesos industriales, la reducción de tamaño de sólidos se lleva a cabo por diferentes métodos y con distintos fines. Los productos químicos sintéticos se muelen hasta quedar convertidos en polvo. Los sólidos pueden romperse de diversas maneras, pero por lo común sólo se utilizan cuatro en los equipos de reducción de tamaño:

- 1) Compresión.
- 2) Impacto.
- 3) Frotación o rozamiento.
- 4) Corte

Un cascanueces, un martillo, una lima y un par de tijeras ejemplifican estos cuatro tipos de acción.

En algunas ocasiones, la reducción de tamaño resulta a partir de la frotación, de una partícula con una o más de otras partículas o a partir del esfuerzo cortante intenso en el fluido de soporte.

En general, la compresión se utiliza para la reducción gruesa de sólidos duros, dando lugar a relativamente pocos finos;

El impacto genera productos gruesos, medios o finos;

La frotación produce productos muy finos a partir de materiales blandos no abrasivos.

El corte da lugar a un tamaño definido de partícula y en algunas ocasiones también de forma definida, con muy pocos o nada de finos.

### **1.2.1. NATURALEZA DE LAS FUERZAS UTILIZADAS EN LA REDUCCIÓN DE TAMAÑO**

Se pueden, en general, distinguir tres clases de fuerzas. En cualquier operación de trituración están, en general, presentes más de uno de tales tipos.

Los tipos de fuerzas que predominan en algunas de las trituradoras de uso frecuente en la industria de los alimentos se resumen a continuación.

**TABLA 1. 2.1-1**  
**Tipos de fuerzas de los Molinos**

| Fuerza     | Principio                      | Aparato               |
|------------|--------------------------------|-----------------------|
| Compresión | Frotamiento (piedra de molino) | Molino de Martillos   |
| Impacto    | Compresión (cascanueces)       | Molino de discos      |
| Cizalla    | Impacto (martillo)             | Rodillos trituradores |

**Fuente:** WARREN.L,JULIAN C,PETER H., Operaciones Unitarias en IQ.

Las fuerzas de compresión se utilizan para la ruptura grosera de productos duros. Las fuerzas de impacto se pueden considerar como fuerzas para uso general, empleándoseles para la molienda fina, media y gruesa de una gran variedad de productos alimenticios. Las fuerzas de frotamiento o cizalla se utilizan extensamente en aparatos para la trituración de sustancias blandas no abrasivas en los tamaños más pequeños, por ejemplo, en la molienda fina.

### **1.2.2. CRITERIOS DE DESINTEGRACIÓN MECÁNICA**

La desintegración mecánica es un término genérico de reducción de tamaño; los molinos y los trituradores son tipos de equipos de desintegración. Un triturador o un molino ideal deberían

- 1.- Tener una gran capacidad
- 2.- Requerir poco consumo de energía por unidad de producto
- 3.- Formar un producto de un tamaño único o distribución de tamaños que se desee.

El método usual para estudiar el funcionamiento del equipo de proceso consiste en establecer una operación ideal como un estándar, y comparar las características de un equipo real con las de la unidad ideal, de modo que sea apreciable la diferencia entre ambas. Cuando se aplica este método al equipo de molienda y trituración, las diferencias entre la unidad ideal y la real son muy grandes, y a pesar de los amplios estudios realizados, no se han aclarado totalmente la diferencia. Por otra parte se han desarrollado útiles ecuaciones empíricas para predecir el funcionamiento del equipo a partir de la incompleta teoría disponible.

#### **1.2.2.1. CARACTERÍSTICAS DE PRODUCTOS DESINTEGRADOS**

El objetivo de la trituración y la molienda es producir pequeñas partículas a partir otras más grandes. Las partículas más pequeñas son deseadas por su gran superficie bien por su forma, tamaño y número. Una medida de la eficiencia de la operación se basa en la energía requerida para crear una nueva superficie, ya que el área de superficie de una unidad de

masa de panículas aumenta en forma considerable a medida que se reduce el tamaño de la partícula.

Contrariamente a un triturador o un molino ideal, una unidad real no da lugar a un producto uniforme, independientemente de que la alimentación sea o no de un tamaño uniforme, el producto siempre consta de una mezcla de panículas, en un intervalo de tamaño variable desde un tamaño máximo definido hasta un mínimo submicroscópico. Algunas máquinas, en especial de la clase de molinos, están diseñadas para controlar el tamaño de las partículas más grandes en sus productos, pero en cambio las más finas no están bajo control. En algunos tipos de molinos, los finos se reducen a un mínimo, pero no se eliminan totalmente. Sí la alimentación es homogénea, tanto por lo que se refiere a las formas de las panículas como a sus estructuras físicas y químicas, entonces la formas de las unidades individuales en el producto pueden ser casi uniformes", por otro lado, los granos en los diversos tamaños de un solo producto pueden diferir considerablemente en la forma.

A menos que sean alisadas por abrasión después de la trituración, las partículas trituradas se parecen a poliedros con caras casi planas y bordes y esquinas afilados. La partículas pueden ser compactas, con longitud, anchura y espesor casi iguales; o pueden tener forma de láminas o agujas.

### **1.2.3. CARACTERÍSTICAS QUE REGULAN LA SELECCIÓN DE LOS APARATOS**

El objetivo primordial de un proceso de reducción de tamaño económico es obtener la reducción de tamaño deseada al costo mínimo. Los costos de adquisición, operación y mantenimiento juegan todos un papel importante en la rentabilidad del proceso por lo que

estos gastos, para las diferentes alternativas posibles, se deben considerar cuidadosamente antes deseccionar cualquier sistema de trituración particular. Es imperativo considerar las diferentes máquinas posibles al diseñarlas características del proceso de que se trate. En general, será necesario conocerlas características de los productos de partida, aparatos posibles y productos finales.

#### **1.2.3.1. DUREZA DE LOS ALIMENTOS.**

Aunque corrientemente no sea una preocupación primaria en las operaciones de manufacturas de los alimentos, conocer la fuerza de los productos iniciales puede ser importante para la selección de los aparatos de trituración. En general, los productos más duros son más difíciles de triturar. Se necesita más energía y los tiempos de residencia en la “zona de acción” han de ser mayores. Lo que puede requerir una producción más pequeña para un molino dado, o un molino de mayor capacidad para una operación particular. Como las sustancias duras son casi siempre abrasivas se puede producir un desgaste pronunciado de las superficies de trabajo. Tales superficies se deben fabricar con materiales de construcción, duros y resistentes al desgaste, como el acero al manganeso y además se deben poder reemplazar fácilmente.

#### **1.2.3.2. ESTRUCTURA MECÁNICA DE LOS PRODUCTOS DE PARTIDA.**

Conocer la estructura mecánica de los productos de partida puede indicar la clase de fuerza que con más probabilidad efectuará la trituración. Si los productos son frágiles o poseen estructura cristalina, la fractura puede ocurrir a lo largo de los planos de unión, siendo las partículas mayores las que se romperán más fácilmente. En tales casos se utiliza la trituración con fuerzas de compresión.

Si hay pocos planos de unión y se han de crear nuevos puntos de partida de grietas es posible que sean mejores las fuerzas de impacto y cizalla. Muchos productos alimenticios tienen una estructura fibrosa, no pudiendo se les desintegrar por fuerzas de compresión o impacto, por lo que es necesario desgarrarlas o cortarlas

#### **1.2.4. EQUIPOS PARA LA REDUCCIÓN DE TAMAÑO**

El equipo para reducción de tamaño se divide en trituradores, molinos, molinos de ultra finos y máquinas de corte.

Los trituradores realizan el trabajo pesado de romper las piezas grandes de materiales sólidos en pequeños pedazos.

Los molinos reducen el producto del triturado hasta formar un polvo. El producto procedente de un molino intermedio puede pasar a través de un tamiz de 40 mallas; la mayor parte del producto que sale de un molino fino pasará a través de un tamiz de 200 mallas con una abertura de 74  $\mu\text{m}$ .

Un molino ultra fino acepta como alimentación partículas no mayores de 6 mm, el tamaño del producto generado es típicamente de la 50  $\mu\text{m}$ .

Las cortadoras producen partículas de tamaño y forma definidos, de 2 a 10 mm de longitud. Estas máquinas realizan su trabajo en formas muy diferentes. La compresión es la acción característica de los trituradores. Los molinos emplean el impacto y agotamiento, algunas veces combinados, utilizamos compresión. Los molinos de ultra finos operan en principio por agotamiento. Una acción de cortado es por supuesto una característica de cortadoras, troceado res y rajado res.<sup>[9]</sup>

---

<sup>9</sup> **Reducción de tamaño**, [www.criba.edu.ar/cinetica/solidos/Capitulo9.pdf](http://www.criba.edu.ar/cinetica/solidos/Capitulo9.pdf)

#### **1.2.4.1. MOLINOS DE MARTILLOS E IMPACTORES**

Todos estos molinos contienen un rotor que gira a gran velocidad en el interior de una coraza cilíndrica. Por lo general el eje es la alimentación entra por la parte superior de la coraza, se trocea y cae a través de una abertura situada en el fondo. En un molino de martillos, las partículas se rompen por una serie de martillos giratorios acoplados a un disco rotor. Una partícula de alimentación que entra en la zona de molienda no puede salir sin ser golpeada por los martillos. Se rompe en pedazos, que se proyectan contra la placa yunque estacionario situado dentro de la coraza, rompiéndose todavía en fragmentos más pequeños estos su vez son pulverizados por los martillos y son impulsados a través de una rejilla o un tamiz que cubre la abertura de descarga.

Los molinos de martillo con reducción de tamaño intermedio forman un producto con un tamaño de partículas de 25 mm a 20 mallas.

En los molinos de martillo para una molienda fina, la velocidad periférica de los extremos de los martillos alcanza 110 minutos: estas máquinas reducen de 0.1 a 15, toneladas/h a tamaños más finos que 200 mallas.

Los molinos de martillo pulverizan casi cualquier producto: sólidos fibrosos duros como corteza de un árbol, virutas de acero, pastas húmedas blandas, arcilla viscosa y roca dura. Para obtener una reducción de finos, están limitados a los materiales más blandos.

Los molinos de martillo pulverizan casi cualquier producto: sólidos fibrosos duros como corteza de un árbol, virutas de acero, pastas húmedas blandas, arcilla viscosa y roca dura. Para obtener una reducción de finos, están limitados a los materiales más blandos.

Los molinos comerciales típicamente reducen de 60 a 240 kg del sólido por kilowatt, hora de energía consumida.



**Fuente:** <http://www.fing.edu.uy/iiq/cursos/iaiq/materiales/OperacionesUnitarias.pf>

**Fig. 1.2.4.1-1** Molino de martillos

#### **1.2.4.2. MOLINOS DE ULTRAFINOS**

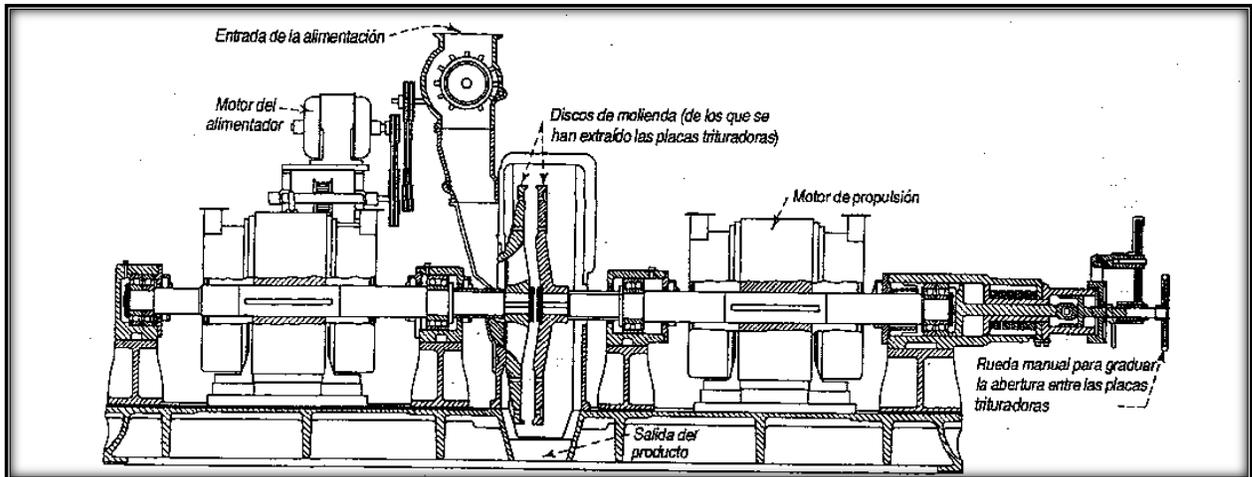
Muchos polvos comerciales contienen partículas de un tamaño promedio de 1 a 20  $\mu\text{m}$ , aunque todas las partículas pasan por un tamiz estándar de 325 mallas que tiene aberturas de 44  $\mu\text{m}$  de ancho. Los molinos que reducen sólidos hasta partículas tan finas reciben el nombre de molinos de ultrafinos. La molienda ultrafina de polvos secos se realiza con molinos tales como molinos de martillos de alta velocidad, provistos de un sistema de clasificación interna o externa y con molinos de chorro o que utilizan la energía de un fluido. La molienda húmeda de ultrafinos se realiza en molinos agitados.

#### **1.2.4.3. MOLINOS DE FROTAMIENTO POR DISCOS**

El molino de discos o fricción es un equivalente moderno de los antiguos molinos de piedra. Las piedras se sustituyen por discos de acero en los que se montan placas de molienda intercambiables ya sea metálicas o abrasivas, que giran a velocidades mucho mayores, permitiendo con ello una gama más amplia de aplicaciones. Estas máquinas tienen un lugar especial en la molienda de materiales orgánicos resistentes, como la pulpa de madera y granos de maíz. La molienda se lleva a cabo entre las placas que pueden operar en plano vertical u horizontal; uno o los dos discos giran y, cuando los dos lo hacen, la

rotación se efectúa en direcciones opuestas. El conjunto, que comprende un eje, los discos y las placas de trituración, se denomina impulsor. El material de alimentación entra por un canal cerca del eje, pasa entre las placas de molienda y se descarga en la periferia de 105 discos. Las placas de molienda se sujetan a los discos por medio de pernos y la distancia entre ellas es ajustable.

El molino de fricción Sprout- Waldron se produce en modelos de uno o dos impulsores con discos de 48 a 122 cm (12 a 48 in) de diámetro y cuyas potencias ascienden a 1100 kW (1500 hp). El uso de una variedad de placas y construcciones de cubierta hace que estas unidades tengan aplicaciones de lo más variado, yendo de granulación a pulverización y desmenuzamiento. El modelo de un solo impulsor con placas, que cuenta con hileras circulares concéntricas de dientes realizados en la malla de la placa giratoria, oponiéndose a los que se encuentran en la placa estacionaria, actúa de una manera muy semejante al molino de martillos, y los dientes actúan como los martillos fijos, sirviendo para aplicaciones de la índole antes citada.



Fuente: <http://www.fing.edu.uy/iiq/cursos/iaiq/materiales/OperacionesUnitarias.pf>

**Fig. 1.2.4.3-1** Molino de frotamiento por doble impulsor

Los molinos de dos discos (Bauer Bras. Ca.) se emplean para la molienda de sustancias fibrosas y no fibrosas, el esponjado de materiales fibrosos, el mezclado intensivo de polvos finos y la hidratación de materiales celulares. Se fabrican en tres tamaños con diámetros de disco que van de 61 a 91 cm (24 a 36 pulgadas) y potencias de 37 a 150 kW (50 a 200 hp). En general, los molinos de un solo impulsor se usan para los mismos fines que los de dos impulsores, excepto que reciben una materia prima más gruesa, su gama de reducción para un material dado es más limitada y ofrecen, correspondientemente, salidas superiores con un gasto menor de potencia. Además, hay varias aplicaciones singulares que caracterizan a estas unidades, por ejemplo, el esponjamiento o mullido de la pulpa en hojas proveniente de rodillos continuos para las que los medios de entrada al molino de doble impulsor no son apropiados. Se puede utilizar la misma variedad de tipos de placas en los molinos de uno o dos impulsores, Aunque las placas de dientes cortantes se utilizan en ciertas aplicaciones para simular la acción del molino de martillo, en general se aplican casi siempre a tareas especializadas de rompimiento, desgarramiento o quebrantamiento controlado, como sucede al descascarar la materia prima.

#### **1.2.4.4. MÁQUINAS CORTADORAS**

En algunos problemas de reducción de tamaño, las materias primas de alimentación son muy duras o muy elásticas para romperse por compresión, impacto o frotación. En otro tipo de casos la alimentación debe reducirse a partículas de dimensiones fijas. Estos requerimientos se pueden cumplir con máquinas llamadas granuladores, las cuales producen piezas más o menos irregulares, y cortadoras, las cuales producen cubos, cuadrados pequeños o diamantes. Estos dispositivos encuentran aplicación en muchos procesos de manufactura, pero están especialmente bien adaptados para problemas de reducción de tamaño en la fabricación de caucho y plásticos, encuentran aplicaciones importantes en el reciclaje de papel y materiales plásticos.

Las cortadoras de cuchillas rotatorias típicas contienen un rotor horizontal que gira de 200 a 900 rpm en una cámara cilíndrica.

En el rotor están de 2 a 12 cuchillos volados con bordes de acero templado o esté lista. Pasando con espacios cerrados sobre de 1 a 7 lechos estacionarios de cuchillos. Las partículas de alimentación que entran desde arriba pueden cortarse varias veces antes de que sean lo suficientemente pequeñas para pasar a través de un tamiz situado en el fondo con aberturas de 5 a 8 mm, Otras cortadoras rotatorias y granuladores son similares en el diseño.

#### **1.2.4.5. APARATOS PARA LA REDUCCIÓN DE TAMAÑO DE ALIMENTOS FIBROSOS.**

“Utilizan fuerzas de impacto y cizalla aplicada por medio de una arista cortante. Para mayor eficacia la carne se congela a una temperatura inmediatamente inferior al punto de congelación, mientras que la fruta y verdura, de textura más firme a temperatura ambiente.

Los aparatos son semejantes a los de las sustancias secas. Excepto el utilizado para la extracción de pulpa de la fruta. Existen 5 tipos de máquinas:

- Rebanadoras: serie de cuchillas giratorias que cortan el alimento en rodajas.
- Cortadoras en cubos y dados: serie de cuchillas giratorias que cortan el alimento en cubos y dados. Utilizado para fruta, verdura y carne.
- Ralladoras y desmenuzadoras: molino de martillo en el que se sustituye a estos por cuchillas o aristas cortantes, aplicando F de impacto. El desmenuzamiento consiste en fragmentar la materia prima en trozos pequeños sin importar su uniformidad en el tamaño. Utilizado en productos a deshidratar.
- Máquinas para la elaboración de pulpas: utilizada para frutas de poca calidad destinada a mermelada. Consiste en una pantalla cilíndrica perforada que contiene en su interior cepillos o paletas que ruedan a gran velocidad. El producto se coloca en la cavidad del cilindro para que los cepillos lo fuercen a pasar por los agujeros. El tamaño de los orificios determina el tamaño de la partícula de la pulpa.
- Picadoras: utilizadas en la industria cárnica para realizar embutidos, fiambres, picado de huesos, picado de subproductos cárnicos para harinas y grasa y picado de sebos y mantecas.

Se clasifican en 3 grupos:

- Productos blandos: carne, tocino y cartílagos.
- Productos semiduros: carne, huesos de cerdo, aves y carne congelada a más de -10 °C.
- Productos duros: huesos de vaca y carne congelada a - 15 ° C o por debajo.

Partes de una picadora estándar.

- Carcasa: de acero inoxidable.
- Tolva de alimentación: donde se deposita la materia prima, de acero inoxidable, con paredes inclinadas y de capacidad variable.
- Tornillo de alimentación: situado en el fondo de la tolva, dirige la materia prima a las cuchillas de picado.
- Sistema de picado: está compuesto de discos perforados y cuchillas de 3 aspas cada una que presentan una perforación en el centro para encajar en el eje de transmisión del movimiento. Las cuchillas que giran ejercen una acción de picado y corte contra los discos produciendo también el avance del material de picado hacia el disco siguiente. Los discos son placas circulares con perforaciones de diversos diámetros dependiendo de lo fino del picado. En el dispositivo se coloca primero un disco de sujeción y luego una cuchilla. A continuación viene un primer disco perforado con perforaciones de diámetro mayor que el siguiente y el último disco. Entre ambos va otra cuchilla picadora. Al final del sistema hay un disco o cabeza de cierre que sirve para tensar todo el dispositivo de picado.
- Motor y dispositivo de transmisión de movimiento: el tornillo de alimentación empuja al producto hacia los discos y cuchillas que los cortan y por efecto de auto

alimentación las propias cuchillas empujan al producto hacia delante llegando a salir por el último disco perforado.

Las cuchillas se someten a un tratamiento anticorrosivo. Es frecuente el calentamiento de la materia debido a filos de cuchillas en malas condiciones o aun escaso empuje hacia delante de la materia por un mal ajuste del dispositivo de picado.

Características que regulan la selección de los aparatos.

### **Dureza y abrasividad:**

Los productos más duros son más difíciles de triturar, se necesita mas energía y los tiempos de residencia en la “zona de acción” son mayores. Esto puede hacer necesario: un molino de mayor capacidad para una producción determinada o una producción más pequeña para un molino determinado.

Además las sustancias duras suelen ser abrasivas, produciendo un desgaste de las superficies de trabajo. Estas superficies deben ser de materiales duros y resistentes al desgaste (acero de manganeso) y poder reemplazarse con facilidad. Para reducir el desgaste los molinos se mueven relativamente despacio.

### **Estructura mecánica:**

Nos indica la clase de fuerza que efectuara la trituración. En los productos frágiles la fractura tendrá lugar a lo largo de las líneas de debilidad sometida al esfuerzo. Cuanto mayor es la partícula más planos débiles tendrá y más fácil su rotura, se utilizara la trituración con F de compresión.

Con pocos planos de unión o líneas de debilidad será necesario nuevos puntos de partida de grietas para lo que empleamos F de impacto y cizalla. Lo que ocurre en partículas de pequeño tamaño. Los productos de estructura fibrosa es necesario desgarrarlos o cortarlos.

**Humedad:**

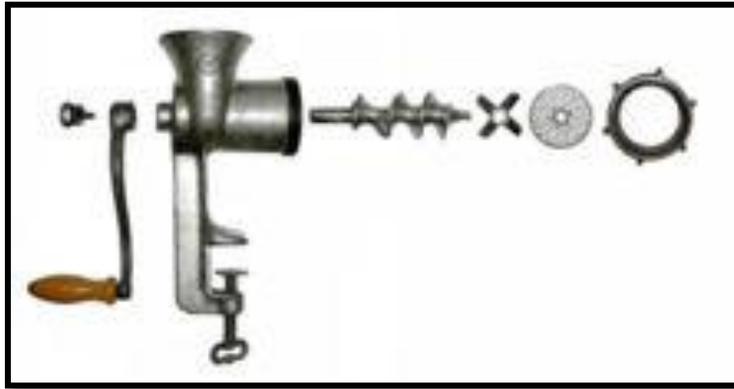
Un exceso de humedad en un alimento seco puede provocar la aglomeración de las partículas y bloquear el molino afectando a la producción y eficacia. Pero también la formación de polvo en la molienda en seco causa problemas como las enfermedades respiratorias peligrosas por inhalación y que muchos productos finamente divididos son inflamables. Para reducir la formación de polvo se usan aspersores de agua en los casos posibles.

**Sensibilidad a la temperatura de las materias primas:**

En la zona de acción de un molino el calor proviene de dos fuentes:

- De la fricción entre partículas y
- De la energía de deformación absorbida por las partículas que se desprenden en forma de calor cuando cesa de actuar el esfuerzo aplicado sin que tenga lugar la fractura.

Una elevación considerable puede producir la degradación de los alimentos. Si el calor produce una carga sustuosa se obstruye el molino. Por eso es necesario conocer la temperatura de ablandamiento y recurrir a dispositivos de refrigeración (camisas) si es necesario.



Fuente : <http://ves.wikipedia.org/wiki/Molino>

**Fig. 1.2.4.5-1** Picadora de Carnes

Operación del equipo: En la selección y operación de un equipo de reducción de tamaño, es preciso cuidar muchos detalles del procedimiento y del equipo auxiliar. Un triturador, un molino o un cortador funciona adecuadamente hasta que 1) la alimentación es de un tamaño idóneo y entra a una velocidad uniforme, 2) el producto se elimina tan pronto como es posible después de que las partículas alcanzan el tamaño deseado, 3) el material irrompible se mantiene fuera de la máquina y 4) en la reducción de baja fusión o productos sensibles al calor, se elimina el calor generado en el molino. Por tanto, los calentadores y enfriadores, separadores de metal, bombas y sopladores, y alimentadores de velocidad constante son accesorios importantes para la unidad de reducción de tamaño. Los factores a considerar en la especificación de un sistema de reducción de tamaño, incluyendo la eficiencia de energía y asuntos relacionados con el ambiente, son analizados por Kukla e Hixon.

Operación en circuito abierto y en circuito cerrado.- En muchos molinos la alimentación se reduce a partículas de tamaño satisfactorio pasándola una sola vez a través del molino.

Cuando el intento no está hecho para regresar las partículas de tamaño en circuito abierto. Esto requiere de cantidades excesivas de energía, pero mucha energía se desperdicia en partículas molidas que ya son lo suficientemente finas. Por lo tanto, con frecuencia resulta económico para eliminar material parcialmente molino del molino y pasarlo a través de un dispositivo de separación de tamaño. El tamaño inferior se vuelve el producto y el tamaño grande es regresado para ser molido. El dispositivo de separación está a veces dentro del molino, como en los molinos de ultra finos; aunque más común que se localice afuera del molino. La operación en circuito cerrado es término aplicado a la acción de un molino y separador conectados, de tal manera que las partículas de gran tamaño son regresadas al molino. Es posible distribuir la energía para manejar los transportadores y separadores en un sistema de circuito cerrado, pero a pesar de esto, la reducción en el requerimiento total de energía sobre la molienda en circuito abierto con frecuencia alcanza el 25%.

Consumo de energía.- Enormes cantidades de energía se consumen en las operaciones de reducción de tamaño, en especial para la manufactura de cemento, carbón triturado, roca y pizarra; y en la preparación de minerales para la fabricación de acero y cobre. La reducción de tamaño es probablemente la más ineficiente de todas las operaciones unitarias: arriba del 99% de la energía va a la operación del equipo, produciendo calor y ruido indeseables, dejando menos de 1% para la creación de una superficie nueva. A medida que los procesos desarrollados requieren de partículas cada vez más finas como alimentación para un horno o reactor, hay un incremento en el consumo total de energía; la reducción a tamaños muy finos es mucho más costosa en energía que una simple trituración para los productos relativamente más gruesos.

### 1.3. LEYES DE MOLIENDA

A pesar de un gran número de estudios en el ámbito de los planes de fractura no existe una fórmula conocida que prediga eficazmente la energía requerida necesaria para reducir un material desde un tamaño de partícula a otro menor, Sin embargo existen 3 modelos semiempíricos, cada uno eficaz en su rango de trabajo, que usados pueden aproximarse mucho a los valores reales de molienda

Los 3 modelos se les conoce como leyes de molienda, Estas leyes pueden ser expresadas en una ecuación general conocida como Ecuación de Walker.<sup>[10]</sup>

$$\int_{d_0}^d \frac{dD}{D^n} = E \quad \text{Ec. 1.3 - 1}$$

Donde:

$dD$  = Diferencial de tamaño de partícula.

$D^n$  = Diámetro inicial de la partícula

$E$  = Energía necesaria para la disminución de tamaño

Las leyes se mencionan a continuación con sus respectivos rangos de trabajo con  $W$  como Energía de molienda por unidad de masa in kJ/kg.

---

<sup>10</sup> **Leyes de Molienda**, [http://es.wikipedia.org/wiki/Leyes\\_de\\_molienda](http://es.wikipedia.org/wiki/Leyes_de_molienda)

### 1.3.1 LEY DE KICK (n=1)

$d > 50 \text{ mm}$

$$W_K = c_k * \ln\left(\frac{d_A}{d_E}\right) \quad \text{Ec 1.3.1 - 1}$$

Donde:

$W_k$  = Trabajo necesario para la trituración

$C_k$  = Constante de cada sustancia

$d_A$  = Tamaño de partícula del material a moler al momento de carga

$d_E$  = Tamaño de partícula molido.

Esta tiene el inconveniente de que supone que la energía necesaria para llevar a cabo el proceso es independiente del tamaño inicial de las partículas. Útil para predecir el gasto de partículas de tamaño elevado.

### 1.3.2. LEY DE BOND (n=3/2)

$50 \text{ mm} > d > 0.05 \text{ mm}$

$$W_B = c_B * \left( \frac{1}{\sqrt{d_E}} - \frac{1}{\sqrt{d_A}} \right) \quad \text{Ec 1.3.2 - 1}$$

$W_B$  = Trabajo necesario para la trituración

$C_B$  = Constante de cada sustancia

$d_A$  = Tamaño de partícula del material a moler al momento de carga

$d_E$  = Tamaño de partícula molido.

Esta ley establece que existe una relación lineal entre la energía necesaria para llevar a cabo la pulverización y la raíz cuadrada del tamaño de partícula, útil para procesos en los que no se puedan usar las demás leyes de molienda

### 1.3.3. LEY DE VON RITTINGER (n=2)

$d < 0.05$  mm

$$W_R = C_R * \left( \frac{1}{d_E} - \frac{1}{d_A} \right) \quad \text{Ec 1.3.3 - 1}$$

$W_R$  = Trabajo necesario para la trituración

$C_R$  = Constante de cada sustancia

$d_A$  = Tamaño de partícula del material a moler al momento de carga

$d_E$  = Tamaño de partícula molido.

Su deducción se basa en que el gasto asociado a los procesos de pulverización es proporcional al incremento de superficie específica que experimenta el material. Útil especialmente para materiales quebradizos.

Un valor fiable para el tamaño de grano  $d_A$  y  $d_E$  es  $d_{80}$ . Este valor significa que el 80% (en masa) de la materia sólida tiene un tamaño de grano más pequeño. El coeficiente de molienda de Bond para diferentes materiales se pueden encontrar en la literatura. Para calcular los coeficientes de Bond y Rittinger se pueden usar las siguientes formulas.

$$c_K = 1.151 * c_B * (d_{BU})^{-0.5} \quad \text{Ec 1.3.3 - 2}$$

$$c_R = 0.5 * c_B * (d_{BL})^{0.5} \quad \text{Ec 1.3.3 - 3}$$

Dónde:

$C_k$  = Constante de cada sustancia Kick

$C_R$  = Constante de cada sustancia Rittinger

$d_{BU}$  = Tamaño de partícula del material a moler al momento de carga

$d_{BL}$  = Tamaño de partícula del material a moler al momento de carga

Estas fórmulas son válidas para valores inferiores a  $d_{BU} = 50$  mm y para  $d_{BL}$  inferior a 0.05 mm.

Estas relaciones no aplican en algunos molinos que cuentan con agitadores mecánicos, por lo que se requiere de experimentación para determinar relaciones entre potencia y tamaño de partícula. Su deducción se basa en que el gasto asociado a los procesos de pulverización es proporcional al incremento de superficie específica que experimenta el material. Útil especialmente para materiales quebradizos.

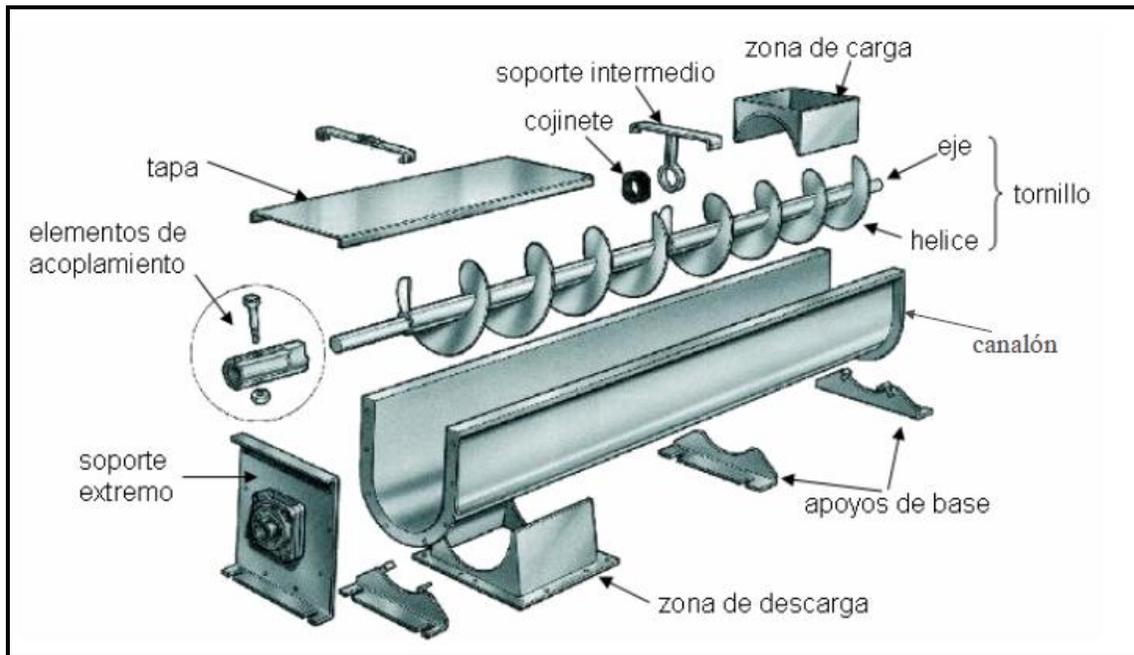
## 1.4. TORNILLO SIN FIN (TRANSPORTADOR)

Propiamente el termino adecuado es tornillo transportador sin fin, es un artefacto de gran utilidad para el manejo y transporte de productos sólidos y semisólidos el cual presenta varias ventajas como ser compacto, fácil instalación, resistente a altas temperaturas y especialmente que es muy versátil.<sup>11</sup>

Dentro de los cálculos necesarios para su diseño se menciona a continuación:

### 1.4.1. PARTES DE UN TORNILLO SIN FIN

FIGURA N° 3



Fuente: Aparatos y Maquinas de elevación y Transporte

Fig. 1.4.1-1 Partes De Un Tornillo Sin Fin

<sup>11</sup> MIRAVETE, A., LARRODÉ, E., Transportadores y Elevadores. , 1<sup>ra</sup> ed., Madrid – España., Ediciones Reverté, S.A., 1987., Pp. 50-51.

### 1.4.1.1. AREA DEL CANALON

Constituye el caparazón donde se va alojar el gusano y por el cual se va a trasladar el material transportado. Se expresa en metros cuadrados

$$S = \lambda \frac{\pi D^2}{4} \quad \text{Ec. 1.4.1.1-1}$$

Dónde:

S = área del canalón

$\lambda$  = Coeficiente de relleno de la sección este debe ser menor a la unidad para evitar amontonamiento.

D = Diámetro de la Hélice

Para la determinación del coeficiente de relleno existe el siguiente cuadro:

**TABLA 1.4.1.1-1**

**Coeficientes de Relleno diferentes cargas**

| TIPO DE CARGA        | $\lambda$ |
|----------------------|-----------|
| Pesada y abrasiva    | 0,125     |
| Pesada poco abrasiva | 0,25      |
| Ligera poco abrasiva | 0,32      |
| Ligera no abrasiva   | 0,4       |

**Fuente:** ALEJANDROV, Aparatos y Maquinas de elevación y Transporte

#### 1.4.1.2. VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO DEL TRANSPORTADOR

Se expresa en metros por segundo y constituye la velocidad de desplazamiento lineal del eje. Se la determina de la siguiente manera:

$$V = \frac{t \cdot n}{60} \quad \text{Ec. 1.4.1.2 - 1}$$

Dónde:

v= velocidad de desplazamiento del transportador (m/s)

t= paso del tornillo (m)

n= Velocidad de giro del tornillo (rpm)

#### 1.4.1.3. FLUJO DE MATERIAL TRANSPORTADO

El flujo de material transportado lo vamos a obtener en kg/h, mediante la siguiente ecuación.

$$Q = 3600 \cdot s \cdot v \cdot \gamma \cdot k \quad \text{Ec. 1.4.1.3-1}$$

Donde:

Q = flujo de material transportado (kg/h)

s = Área del canalón.(m<sup>2</sup>)

v = velocidad de desplazamiento del transportador (m/s)

$\gamma$  = densidad del material (kg/m<sup>3</sup>)

k = Coeficiente de disminución del flujo de material.

#### **1.4.1.4. POTENCIA DE ACCIONAMIENTO**

La potencia para accionar el tornillo sin fin será igual a la sumatoria de las potencias en su fase estacionaria, en la fase de carga más la potencia necesaria para vencer la inclinación del tornillo si la tuviera.

$$P = P_H + P_N + P_{St} \quad \text{Ec. 1.4.1.4 - 1}$$

Dónde:

$P_H$  = Es la potencia necesaria para el desplazamiento horizontal.

$P_N$  = Es la potencia de accionamiento para el tornillo vacío.

$P_{St}$  = Es la potencia requerida para un tornillo sin fin inclinado ( $P_{St} = 0$ ).

En el presente diseño se realizó totalmente horizontal por lo que  $P_{ST}$  será igual a cero, ( $P_{St} = 0$ ).

#### **1.4.1.5. POTENCIA DE DESPLAZAMIENTO DEL MATERIAL**

$$P_H = C_O * \frac{Q * L}{367} \quad \text{Ec. 1.4.1.5-1}$$

Dónde:

$Q$  = flujo de material transportado (kg/h)

$L$  = Longitud del tornillo.

$C_o$  = Coeficiente de resistencia del material.

# CAPITULO II

## PARTE EXPERIMENTAL

### 2.1. SIMULADOR DEL PROCESO

Para determinar los parámetros de diseño propios de la parte empírica se realizó la simulación de molienda teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

Se ha seleccionado como carne de estudio de la molienda carne de res. Dentro de lo cual es muy ambiguo si solo mencionamos carne de res ya que del mismo animal existen varios cortes de carne con diferentes propiedades sean organolépticas como físico químicas, por lo cual en referencia a la bibliografía encontrada tomaremos un corte de espaldilla (comúnmente conocido como lomo) rebanado en pedazos de aproximadamente 3 centímetros de ancho por 3 centímetros de largo por 2 de alto aproximadamente.

Para las muestras de laboratorio en el área de alimentos del CESTTA será necesario en peso un kilogramo de carne evitando se incluya en dicha muestra pedazos de grasa o huesos.

La simulación de molienda se hizo en el molino para carne modelo Modelo 100-22 Marca: Pigor , Motor de uso rudo 110 Volts con protector térmico con tres velocidades de molienda. Medidas: 0.42 metros de largo x 0.29 metros de ancho x 0.40 metros de alto.

## 2.2. TOMA DE DATOS EXPERIMENTALES

Para la parte inductiva se realiza la experimentación en el mencionado molino en el cual se tomaran dos velocidades como referencia.

### 2.2.1. MOLIENDA A 100 RPM

**TABLA 2.2.1-1**

**Datos Experimentales a 100 rpm**

| CARGA (lb) | TIEMPO (s) | PESO FINAL<br>(lb) |
|------------|------------|--------------------|
| 2,2        | 9,56       | 1,98               |
| 2,2        | 9,27       | 2,07               |
| 2.2        | 9.33       | 2.03               |

Fuente: CHOTO R., 2013

**TABLA 2.2.1-2**

**Promedio de los Datos Experimentales a 100 rpm**

| CARGA (lb) | PESO MEDIO<br>(lb) | TIEMPO<br>MEDIO (s) |
|------------|--------------------|---------------------|
| 2,2        | 2,03               | 9,39                |

Fuente: CHOTO R., 2013

**TABLA 2.2.1-3**

**Datos Experimentales a 80 rpm**

| CARGA (lb) | TIEMPO (s)   | PESO FINAL<br>(lb) |
|------------|--------------|--------------------|
| 2,2        | <b>12,94</b> | <b>2,01</b>        |
| 2,2        | <b>11,43</b> | <b>2,09</b>        |
| 2,2        | <b>12.17</b> | <b>2.05</b>        |

Fuente: CHOTO R., 2013

**TABLA 2.2.1-4**

**Promedio de los Datos Experimentales a 80 rpm**

| CARGA (lb) | PESO MEDIO (lb) | TIEMPO MEDIO<br>(s) |
|------------|-----------------|---------------------|
| 2,2        | <b>2,05</b>     | <b>12,18</b>        |

Fuente: CHOTO R., 2013

### 2.3. MATRIZ DE TOMA DE DECISIÓN.

**TABLA 2.3-1**

**Matriz de Decisión**

| RPM | CARGA<br>(lb) | PESO<br>PROMEDIO<br>(lb) | TIEMPO<br>PROMEDIO<br>(s) |
|-----|---------------|--------------------------|---------------------------|
| 100 | <b>2,2</b>    | <b>2,03</b>              | <b>9,39</b>               |
| 80  | <b>2,2</b>    | <b>2,05</b>              | <b>12,18</b>              |

Fuente: CHOTO R., 2013

Después de realizar estos ensayos de molienda a diferentes revoluciones con una carga estándar para la cual va a ser diseñado el molino se determinó que para la carga de nuestro molino (10 Kg/h), no es necesario diseñar el molino con altas revoluciones ya que con tales revoluciones se genera fricción en la molienda generando a su vez calor que altera la composición química de la carne como fue en el caso de la simulación realizada, recordemos que no hay que alterar la composición química de la carne ya que luego en los análisis bromatológicos, estos no reportaran el valor real de su composición.

La condición ideal para el diseño del molino es impedir la fricción y el calentamiento de la carne evitando alteraciones, por eso lo recomendable es trabajar a bajas revoluciones, por lo tanto se estima que el molino trabaje en un rango inferior a 80 rpm valor promedio bajo en relación a la potencia aplicada en la simulación, ofreciéndome características óptimas para lo que se está buscando del equipo.

# CAPITULO III

## CÁLCULOS Y RESULTADOS

### 3. DISEÑO.

#### 3.1. DISEÑO DE LOS ELEMENTOS MECÁNICOS DE LA TRITURADORA.

Considerando que los trozos de carne van a tener una dimensión de 3 x 3 x 2 cm y que se desea obtener un tamaño de partícula aproximadamente de 3 mm, se ha establecido por medio del análisis de bibliografía específica al tema que se necesitan de tres elementos fundamentales que son: tornillo de avance o gusano, navajas o cuchillas y la placa perforada o cedazo para poder obtener un diámetro inferior a los 3mm.

##### 3.1.1. CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO A TRITURAR

Para el diseño del molino se considera las condiciones más críticas del producto a triturar cuyos datos son:

Dureza al corte de la carne extraída de la parte de la espaldilla del ganado, catalogada como dura.

$D = 5.9 \text{ Kgf}$

Dimensiones promedio de los trozos de carne 2cm de alto, 3cm de ancho, 3cm de espesor.

### 3.1.2 DETERMINACION DEL FLUJO DEL MATERIAL

Para la determinación del flujo del material necesitamos tener el diámetro específico para el diseño, por lo que compete a nuestro diseño, se utilizara un diámetro a la caída de la tolva de alimentación igual a 5cm.

#### 3.1.2.1. AREA DEL CANALON

El área del canalón viene expresado en  $m^2$  y se lo determina mediante la Ec. 1.4.1.1-1:

$$s = \lambda \frac{\pi D^2}{4} (3.3)$$

¿Dónde:

s = Área del canalón.

$\lambda$  = Coeficiente de relleno de la sección

$\pi = 3,1416$

D = Diámetro (5cm)

En el caso del tipo de carga, para nuestro diseño tenemos un tipo de carga ligera no abrasiva como la carne por lo tanto nuestro coeficiente de relleno  $\lambda$  es igual a 0,4 como referencia a la teoría en el marco teórico. Reemplazando en la ecuación 1.4.1.1-1 se tiene

que: El área del canalón tenemos:  $S = 0.4 \frac{\pi (0.05cm)^2}{4}$

$$S = 7.854 \times 10^{-4} m^2$$

### 3.1.2.2. VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO

La velocidad de desplazamiento del transportador viene dado en m/s y se lo determina mediante la ecuación 1.4.1.2-1:

$$v = \frac{t \cdot n}{60} \quad (3.4)$$

Dónde:

v= velocidad de desplazamiento del transportador (m/s)

t= paso del tornillo (0,0375m)

n= Velocidad de giro del tornillo (80 rpm)

El paso del tornillo va a ser entre 0,5 y 1 veces del diámetro del mismo, de acuerdo a las características del mismo estipularemos 0,75 veces del diámetro del tornillo ya que es mayor cuanto más ligera sea la carga.

El diámetro del tornillo según el diseño estipulado para este proyecto es de 5cm. Ya que lo que vamos a transportar es un material homogéneo.

La velocidad de giro del tornillo es inversamente proporcional a:

Peso a granel

Abrasividad de las cargas.

Diámetro del tornillo.

Para materiales pesados  $n \approx 50$  rpm.

Para materiales ligeros  $n < 150$  rpm

Con el criterio anterior se ha determinado según la experimentación la velocidad óptima de 80 rpm la misma que nos ayudara para un buen desplazamiento además de que no generará efectos adversos a la carne como lo es el calentamiento por fricción.

La velocidad de desplazamiento del transportador queda de la siguiente manera:

$$v = \frac{(0.0375 \text{ m})(80 \text{ rpm})}{60}$$

$$v = 0.050 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

### 3.1.2.3. FLUJO DE MATERIAL TRANSPORTADO

El flujo de material transportado lo vamos a obtener en kg/h, mediante la siguiente ecuación.

$$Q = 3600 \cdot s \cdot v \cdot \gamma \cdot k \quad (3.5)$$

Dónde:

Q = flujo de material transportado (kg/h)

s = Área del canalón.(m<sup>2</sup>)

v = velocidad de desplazamiento del transportador (m/s)

$\gamma$  = densidad del material (480kg/m<sup>3</sup>)

k = Coeficiente de disminución del flujo de material.

**TABLA 3.1.2.3-1**  
**Coeficiente de disminución del flujo del material**

| Inclinación del canalón | 0 <sup>0</sup> | 5 <sup>0</sup> | 10 <sup>0</sup> | 15 <sup>0</sup> | 20 <sup>0</sup> |
|-------------------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| k                       | 1              | 0,9            | 0,8             | 0,7             | 0,6             |

Fuente: CHOTO R., 2013

El coeficiente de disminución del flujo de material es igual a 1 debido a que el tornillo estará totalmente horizontal con 0<sup>0</sup> de inclinación con respecto a la horizontal.

Reemplazando las ecuaciones 1.4.1.1-1 y 1.4.1.2-1 en la ecuación 1.4.1.3-1 tenemos:

$$Q = 3600 \cdot \lambda \frac{\pi D^2}{4} \cdot \frac{t \cdot n}{60} \cdot \gamma \cdot k \quad (3.6)$$

$$Q = 3600 (7.854 \times 10^{-4} m^2) \left(0.050 \frac{m}{s}\right) \left(480 \frac{Kg}{m^3}\right)$$

$$Q = 67.858 \frac{Kg}{h}$$

#### 3.1.2.4. POTENCIA DE ACCIONAMIENTO

La potencia para accionar el tornillo sin fin será igual a la sumatoria de las potencias en su fase estacionaria, en la fase de carga más la potencia necesaria para vencer la inclinación del tornillo si la tuviera.

$$P = P_H + P_N + P_{St}(3.7)$$

Dónde:

$P_H$  = Es la potencia necesaria para el desplazamiento horizontal.

$P_N$  = Es la potencia de accionamiento para el tornillo vacío.

$P_{St}$  = Es la potencia requerida para un tornillo sin fin inclinado ( $P_{St} = 0$ ).

En el presente diseño se realizó totalmente horizontal por lo que  $P_{ST}$  será igual a cero, ( $P_{St} = 0$ ).

##### 3.1.2.4.1. POTENCIA DE DESPLAZAMIENTO DEL MATERIAL

$$P_H = C_o * \frac{Q * L}{367} \quad (3.8)$$

Dónde:

$Q$  = flujo de material transportado (kg/h)

$L$  = Longitud del tornillo.

$C_o$  = Coeficiente de resistencia del material.

**Tabla 3.2.2.4.1-1**

**Coefficiente de resistencia del material.**

| <b>MATERIAL</b>                           | <b>Co EMPIRICO</b> |
|---|--------------------|
| Harina, serrín y productos orgánicos.     | 1,2                |
| Turba, sosa, polvo de carbón.             | 1,6                |
| Antracita, carbón, sal de roca.           | 2,5                |
| Yeso, arcilla seca, tierra fina, cemento. | 4                  |

**Fuente:** es.scribd.com/doc/16668578/RESISTENCIA-DE-MATERIALES

De acuerdo a esta tabla escogemos el primer coeficiente de resistencia del material ( $Co=1,2$ ), ya que la carne se encuentra dentro de los productos orgánicos y no existe un coeficiente de resistencia específico para la misma.

La longitud de transporte del tornillo será quince centímetros hasta llegar a la cuchilla tipo hélice.

Quedando la ecuación de la siguiente manera:

$$P_H = 1.2 \frac{(68.858)(0.15)}{367}$$

$$P_H = 0.0337 \text{ kW}$$

### 3.1.2.4.2. ACCIONAMIENTO DEL TORNILLO EN VACIO.

Para el accionamiento del tornillo en vacío se tiene la siguiente fórmula:

$$P_N = \frac{DL}{20} \quad (3.8)$$

$$P_N = \frac{(0.05)(0.15)}{20}$$

$$P_H = 0.00375 \text{ kW}$$

$$P = 0.0337 \text{ kW} + 0.00375 \text{ kW} + 0$$

$$P = 0.034 \text{ kW}$$

## 3.2. POTENCIA REQUERIDA

### 3.2.1. CÁLCULO DE LA POTENCIA TEORICA

Dentro de bibliografía no se ha encontrado la constante de Rittinger para la carne, por lo que teóricamente se puede calcular con los datos de la potencia del tornillo con carga y el tornillo vacío con la siguiente fórmula:

$$w_{cr} = \frac{(w_c - W_v) F}{0,736 \frac{kW}{Cv} 1000 \frac{Watt}{Kw}}$$

Dónde:

$$W_{cr} = \frac{(33,7 - 3,75)20}{736}$$

$$W_{cr} = 0,814 CV$$

### 3.2.2. CÁLCULO DE LA CONSTANTE DE RITTINGER

$$C_R = \frac{P}{Q \left( \frac{1}{\sqrt{D_S}} - \frac{1}{\sqrt{D_E}} \right)}$$

$$C_R = \frac{0,814}{0,0689 \left( \frac{1}{0,003} - \frac{1}{0,05} \right)}$$

$$C_R = 0,0377$$

### 3.2.3. CÁLCULO DE LA CONSTANTE DE BOND A PARTIR DE LA DE RITTINGER

$$C_R = 0,5 C_B D^{0,5}$$

$$0,0377 = 1,118 C_B$$

$$C_B = 0,0337$$

### 3.2.4. CÁLCULO DE LA POTENCIA DE MOLIENDA

Para calcular la potencia necesaria de trituración de la carne que se tiene que aplicar en la cuchilla tipo hélice se calcula mediante la ley de molienda de Bond aplicada al diámetro de la carne que queremos disminuir su tamaño.

$$W_B = C_B \left( \frac{1}{\sqrt{D_s}} - \frac{1}{\sqrt{D_a}} \right)$$

Dónde:

$W_B$ = Trabajo Realizado por el molino

$C_B$ = Constante de molturabilidad propio de cada elemento

$D_s$ = Diámetro del material en la salida del molino

$D_a$ = Diámetro de la material a la entrada del molino

$$W_B = 0,0337 \left( \frac{1}{\sqrt{0,003}} - \frac{1}{\sqrt{0,05}} \right)$$

$$W_B = 0,465 CV$$

$$W_B = 0,458 HP$$

### 3.3. RESULTADOS

#### 3.3.1. MATERIALES Y ELEMENTOS DEL MOLINO

El molino de carne contara con una **tolva** o charola de acero inoxidable, desmontable de forma rectangular la cual está provista de un agujero para el ingreso de la carne. De dimensiones 30 cm de largo x 25 cm de ancho y 5 cm de alto.



**Fig. 3.3.1-1** Tolva

El **cabezal** del molino tendrá dimensiones de 45 cm de alto x 22 cm de ancho x 34 cm de largo, donde se encontrara el motor del molino de una capacidad de 0.5 HP a 110V.

Tendrá además el gusano o **tornillo sin fin transportador**, de 15 cm de largo.



**Fig. 3.3.1-2** Tornillo Transportador

El cual comunicara a la **cuchilla** tipo hélice de cuatro navajas de marca Torrey.



**Fig. 3.3.1-3** Cuchilla de corte

Posterior vendrá la **rejilla** que nos servirá para obtener el diámetro apropiado para el análisis en el laboratorio de Bromatología, la misma que tendrá una abertura de 3 mm, construida en acero inoxidable.

En nuestro caso utilizaremos doble rejilla ajustable al tamaño de la partícula que deseamos obtener, ya que debido a mezcla entre la grasa (dependiendo del porcentaje de grasa) y el

agua contenida en la carne existe la posibilidad de que se forme una especie de emulsión. Por este motivo se trabajara cuando sea necesario a diferente tamaño del orificio de rejilla que podrá variar de 3 mm hasta 7 mm de diámetro para de esta manera evitar la formación de dicha emulsión.

Este ajuste solo se utilizara en casos especiales, ya que normalmente el equipo está diseñado específicamente para un tamaño de partícula específico que es de 3 mm.



**Fig. 3.3.1-4** Rejilla

### **3.3.2. DATOS DE LA CARNE**

**TABLA 3.3.2-1**

**Datos de la Carne**

| PESO ESPECIFICO (Kg/m <sup>3</sup> ) | DUREZA (Kgf) | CONSTANTE DE BOND | DIMENSIONES (m) |
|--------------------------------------|--------------|-------------------|-----------------|
| 480                                  | 5,9          | 0,0377            | 3 x 3 x 2       |

**Fuente:** CHOTO R., 2013

### 3.3.3. DISEÑO DEL TORNILLO

**TABLA 3.3.3-1**

**Datos del diseño del tornillo**

| DIAMETRO DEL TORNILLO (m) | AREA DEL CANALON ( $m^2$ ) | LONGITUD DEL TORNILLO (m) | POTENCIA DE ACCIONAMIENTO O CON CARGA (kW) | POTENCIA DE ACCIONAMIENTO O VACIO (kW) |
|---------------------------|----------------------------|---------------------------|--|--|
| 0,05                      | $7.854 \times 10^{-4}$     | 0,15                      | 0,0337                                     | 0,0038                                 |

Fuente: CHOTO R., 2013

### 3.3.4. DISEÑO DEL MOLINO

**TABLA 3.3.4-1**

**Datos del diseño del Molino**

| FLUJO DE ALIMENTACION (Kg/h) | POTENCIA DE ACCIONAMIENTO (HP) |
|------------------------------|--------------------------------|
| 67,858                       | 0,458                          |

Fuente: CHOTO R., 2013

## 3.4. COSTOS DEL DISEÑO

### 3.4.1. ANALISIS DE COSTOS.

Para determinar el costo total de la inversión es necesario tener en cuenta:

- Costos de materiales
- Costos de maquinado
- Costos de mano de obra
- Costos de diseño
- Imprevistos

### 3.4.2. COSTOS DE MATERIALES

Los siguientes datos se realizaron mediante una cotización al 25 de julio de 2013 en la ciudad de Riobamba:

**TABLA 3.4.2-1**  
**Costos de materiales**

| DESCRIPCIÓN                                | ESPECIFICACIÓN  | CANTIDAD | PRECIO<br>UNITARIO<br>(USD) | SUB<br>TOTAL<br>(USD) |
|--|---|----------|-----------------------------|-----------------------|
| Plancha de acero inoxidable.               | AISI 316 1200x2400x2                                  | 0.25     | 365.00                      | 91.25                 |
| Tornillo transportador de acero inoxidable | AISI 316L $\varnothing$ 15 cm de largo Helice de 5 cm | 1        | 90.00                       | 90.00                 |
| Motor de 500 W                             | PHILLIPS 1750 rpm con variador de frecuencia 110V     | 1        | 185.00                      | 185.00                |

|                                 |                                       |   |        |               |
|---------------------------------|---------------------------------------|---|--------|---------------|
| Cuchilla de cuatro<br>cuchillas | Marca Torrey # 12<br>tipo Helice      | 1 | 120.00 | 120.00        |
| Rejilla 3/16 pulgadas           | Marca Torrey # 12 de<br>3/16 pulgadas | 2 | 100.00 | 100.00        |
| <b>TOTAL</b>                    |                                       |   |        | <b>586.25</b> |

Fuente: CHOTO R., 2013

**TABLA 3.4.2-2**  
**Costos de Construcción y Diseño.**

| MAQUINA      | COSTO<br>UNITARIO | SUBTOTAL      |
|--------------|-------------------|---------------|
| CONSTRUCCION | <b>250.00</b>     | 250.00        |
| DISENO       | <b>235.00</b>     | 235.00        |
| <b>TOTAL</b> |                   | <b>500.00</b> |

Fuente: CHOTO R., 2013

El costo del proyecto es de 1071.25 dólares americanos.

Los criterios que determinaron los costos de diseño e imprevistos son:

- El costo de diseño se estipula en el 40% del subtotal
- Los imprevistos son equivalentes al 5% del total, estos se consideran por retrasos, incremento en el costo de material o de mano de obra.

**El costo real del proyecto es equivalente a: 1125 Dólares Americanos.**

**TABLA 3.4.2-3****Resumen del Diseño del molino.**

| N° | DESIGNACIÓN                                   | CANT           | CARACTERÍSTICAS   |
|----|---|----------------|---|
| 1  | <b>TOLVA</b>                                  | <b>1</b>       | 30 cm de largo x 25 cm de ancho y 5 cm de alto de acero inoxidable AISI 316 |
| 2  | <b>CABEZAL</b>                                | <b>1</b>       | dimensiones de 45 cm x 22 cm x 34 cm  |
| 3  | <b>MOTOR REDUCTOR</b>                         | <b>1</b>       | Potencia neta de 0.5 HP a 110 V con motor reductor 46:1                     |
| 4  | <b>TORNILLO<br/>TRANSPORTADOR SIN<br/>FIN</b> | <b>1</b>       | Dimensiones 15 cm de largo con hélice de 5 cm                               |
| 5  | <b>CUCHILLA</b>                               | <b>1</b>       | Tipo hélice de cuatro cortadores #12 adaptable al tornillo marca Torrey     |
| 6  | <b>REJILLA</b>                                | <b>2</b>       | Rejilla de acero inoxidable #12 de 3/16 pulgadas marca Torrey               |
| 7  | <b>CAPACIDAD DE<br/>MOLIENDA</b>              | <b>68 Kg/h</b> | Relación variable, conforme a necesidad                                     |
| 4  | <b>Diámetro final del grano</b>               | <b>0.3 mm</b>  | Dependiente de la cuchilla y rejilla que se coloque                         |
| 5  | <b>Dimensiones de muestra</b>                 | <b>Kg</b>      | Se recomienda de dimensiones 2 cm alto x 3 cm de ancho x3 cm de largo       |

Fuente: CHOTO R., 2013

# CAPITULO IV

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.2. CONCLUSIONES

Al finalizar el presente proyecto de tesis y de acuerdo a los objetivos planteados, se exponen las siguientes conclusiones:

- La parte experimental del proceso se llevó a cabo en un molino de prueba modelo 100-22, marca: Pigor, de tres velocidades, mediante esta simulación determinamos la óptima velocidad de operación correspondiente a 80 rpm, siendo las variables de análisis el tiempo de permanencia y el peso de la muestra al término de la molienda.
- Para el diseño de ingeniería, se tomó en cuenta principalmente las características físicas del material a ser triturado y el tamaño de partícula requerido 3 mm, necesarios para la determinación de las variables de diseño, como el flujo de alimentación 67,858 Kg/h, potencia de operación de 0,5 HP y las dimensiones de cada una de las partes que conforman el molino.
- Una vez efectuado los cálculos de ingeniería, pudimos obtener las dimensiones del molino de 45cm de alto x 22cm de ancho y 34 cm de largo, constituido por un tornillo transportador sin fin de 15cm de largo con hélices de 5cm que es el que se encarga de transportar la carga hasta la cuchilla misma que tiene cuatro cortadores #12. Finalmente se encuentra la rejilla que es por donde salen las partículas y adquieren su tamaño específico 3mm.

## 4.2. RECOMENDACIONES

- En el caso de tener un porcentaje mayor al 40% de grasa en la muestra, mantener la menor velocidad del molino y adaptar las rejillas al tamaño adecuado para una mejor homogenización.
- Si se necesita realizar una molienda de otro tipo de material o en otras condiciones de funcionamiento es necesario llevar a consideración la parte empírica y realizar nuevamente los cálculos de diseño.
- Si se desearía obtener un diámetro mayor a 3 mm, y tener cortes se podría ajustar las rejillas para obtener una partícula mayor a 3 mm hasta 7 mm de diámetro.
- Se recomienda construir el equipo de forma que tenga un sencillo desmontaje para la limpieza del mismo una vez terminado cada una de las operaciones.
- Debido a que los objetivos de este trabajo son de aplicarlo a la necesidades del laboratorio CESTTA, hay que tener cuidado en el manejo del equipo, se recomienda utilizar la Guía de Prácticas, para prevenir algún tipo de daño en el equipo.

# CAPITULO V

## 5.- BIBLIOGRAFIA

- 1.- **BLANDINO, J.**, La Industria de la Carne bovina en Centroamérica:  
Situación y perspectiva., 1a. ed., San José - Costa Rica., Gráfica Litho Offset,  
S.A., 2005., Pp. 41-43.
- 2.- **COULSON, J.M., RICHARDSON, J.F.**, Ingeniería Química Operaciones  
Básicas., 1<sup>ra</sup> ed., Madrid-España, Ediciones Reverté, S.A., 1981., Pp. 64-65.
- 3.- **JHON, W., SCHLANZ.**, Grinding: an Overview of operation and design., 1<sup>ra</sup>  
ed., North Caroline – USA, Ediciones North Caroline State University., 1989.,  
Pp 2-5.
- 4.- **MIRAVETE, A., LARRODÉ, E.**, Transportadores y Elevadores. , 1<sup>ra</sup> ed., Madrid  
– España., Ediciones Reverté, S.A., 1987., Pp. 50-51.
- 5.- **RANKEN, M.D.**, Manual de Industria de la carne. , 1<sup>ra</sup> ed., Madrid- España.,  
Ediciones Mundi- prensa., 2003., Pp. 253-255.

## **BIBLIOGRAFIA DE INTERNET**

### **1. CARNE**

- <http://es.wikipedia.org/wiki/Carne>  
2013-02-04
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Carne#Sabores\\_y\\_olores](http://es.wikipedia.org/wiki/Carne#Sabores_y_olores)  
2013-02-04
- <http://wikipedia.or/wiki//doc/20402570/14/Exudacion>  
2013-02-04
- [http://www.science.oas.org/oea\\_gtz/libros/embutidos/cap24.htm](http://www.science.oas.org/oea_gtz/libros/embutidos/cap24.htm)  
2013-02-27
- [http://www.corfoga.org/cortes\\_y\\_preparacion.php](http://www.corfoga.org/cortes_y_preparacion.php)  
2013-02-27

### **2. MAQUINARIA**

- <http://www.eurocarne.com/boletin/imagenes/21503.pdf>  
2013-03-18
- <http://jamoncocido.blogspot.com/>  
2013-03-18
- [www.criba.edu.ar/cinetica/solidos/Capitulo9.pdf](http://www.criba.edu.ar/cinetica/solidos/Capitulo9.pdf)  
2013-03-20
- [http://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A1quina\\_de\\_picar\\_carne](http://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A1quina_de_picar_carne)  
2013-03-20
- [http://www.science.oas.org/oea\\_gtz/libros/embutidos/cap14.htm](http://www.science.oas.org/oea_gtz/libros/embutidos/cap14.htm)  
2013-03-27

### **3. LEYES DE MOLIENDA**

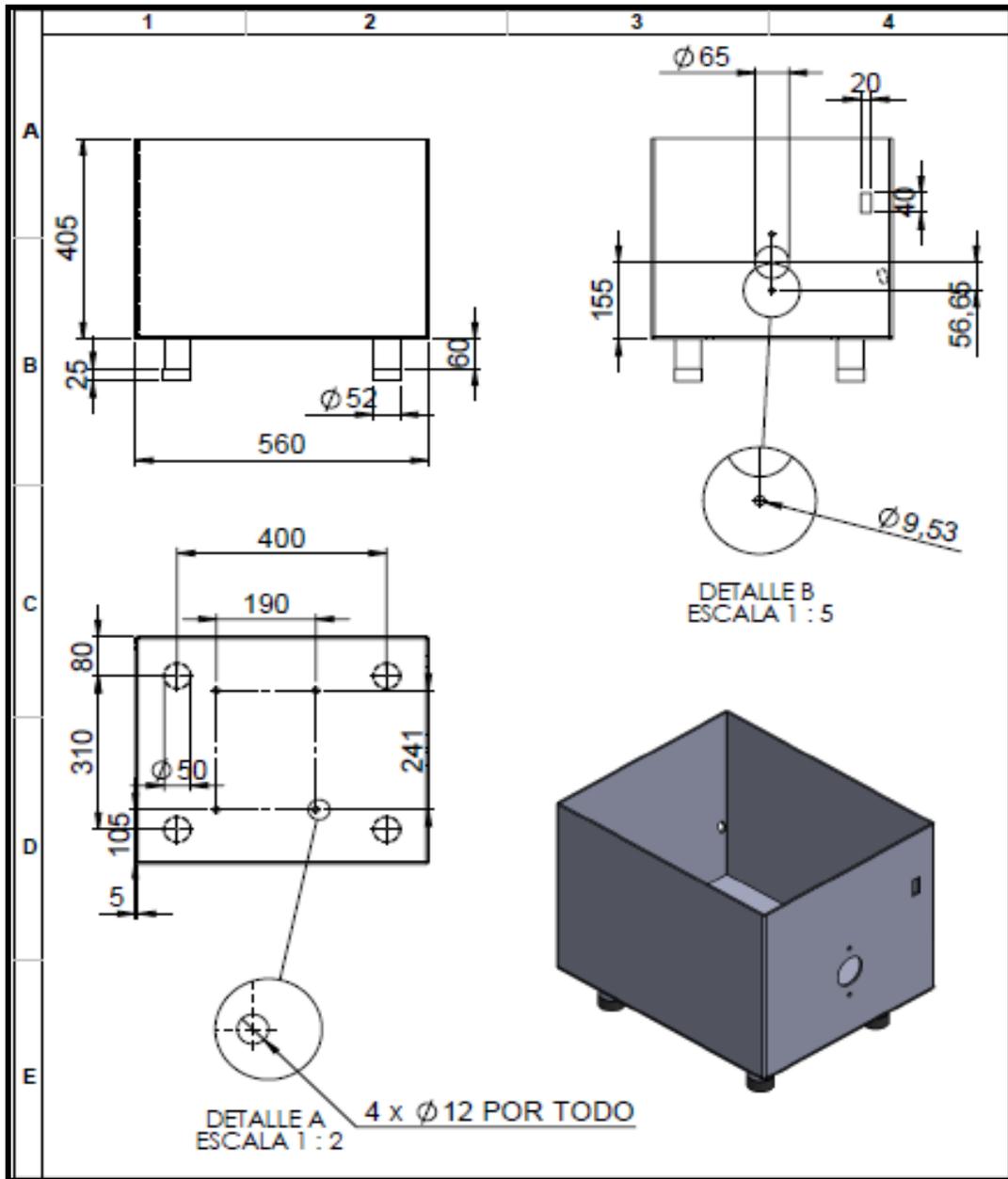
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Leyes\\_de\\_molienda](http://es.wikipedia.org/wiki/Leyes_de_molienda)  
2013-07-23

# CAPITULO VI

## 6.1 ANEXOS

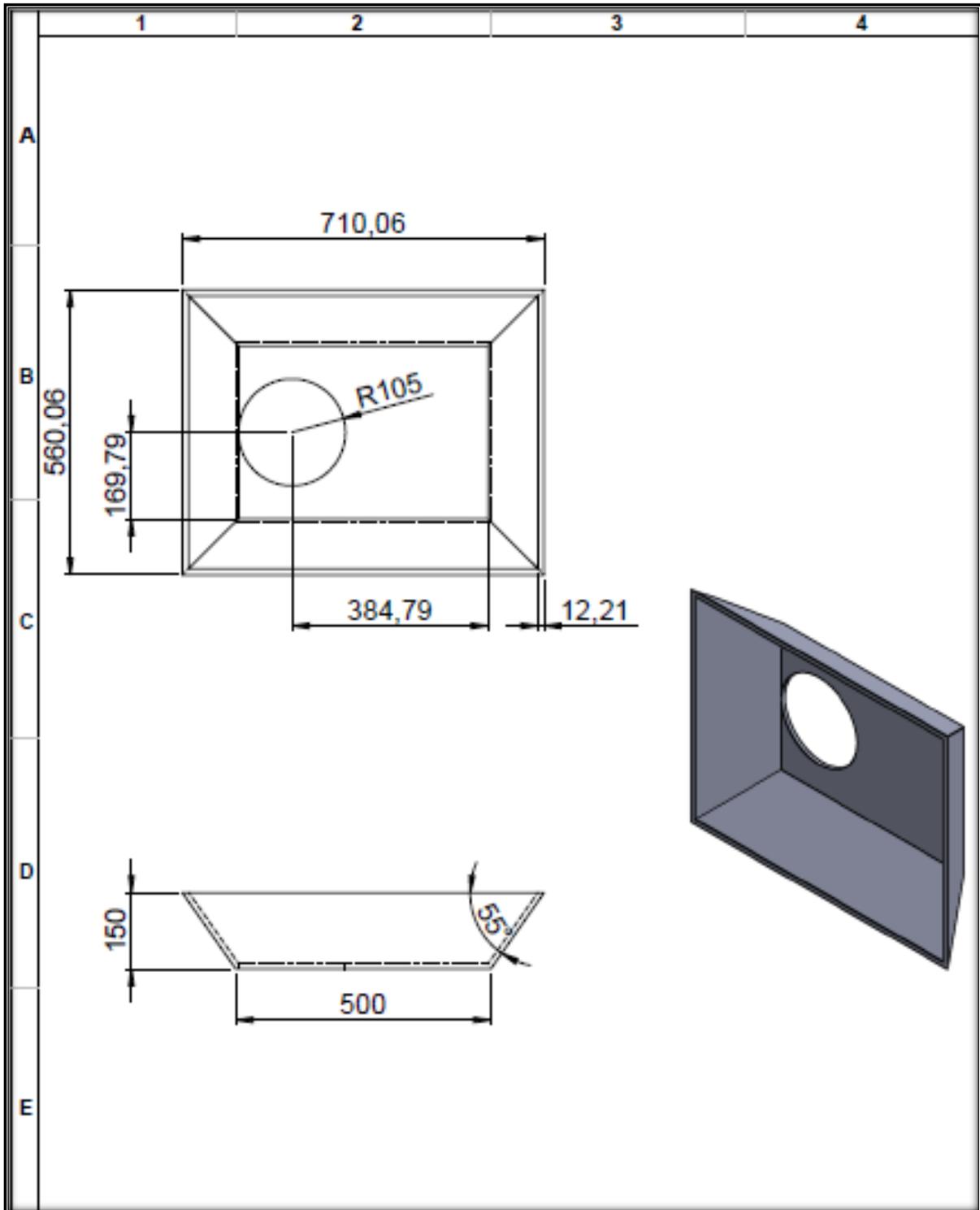
### ANEXO I

### GABINETE

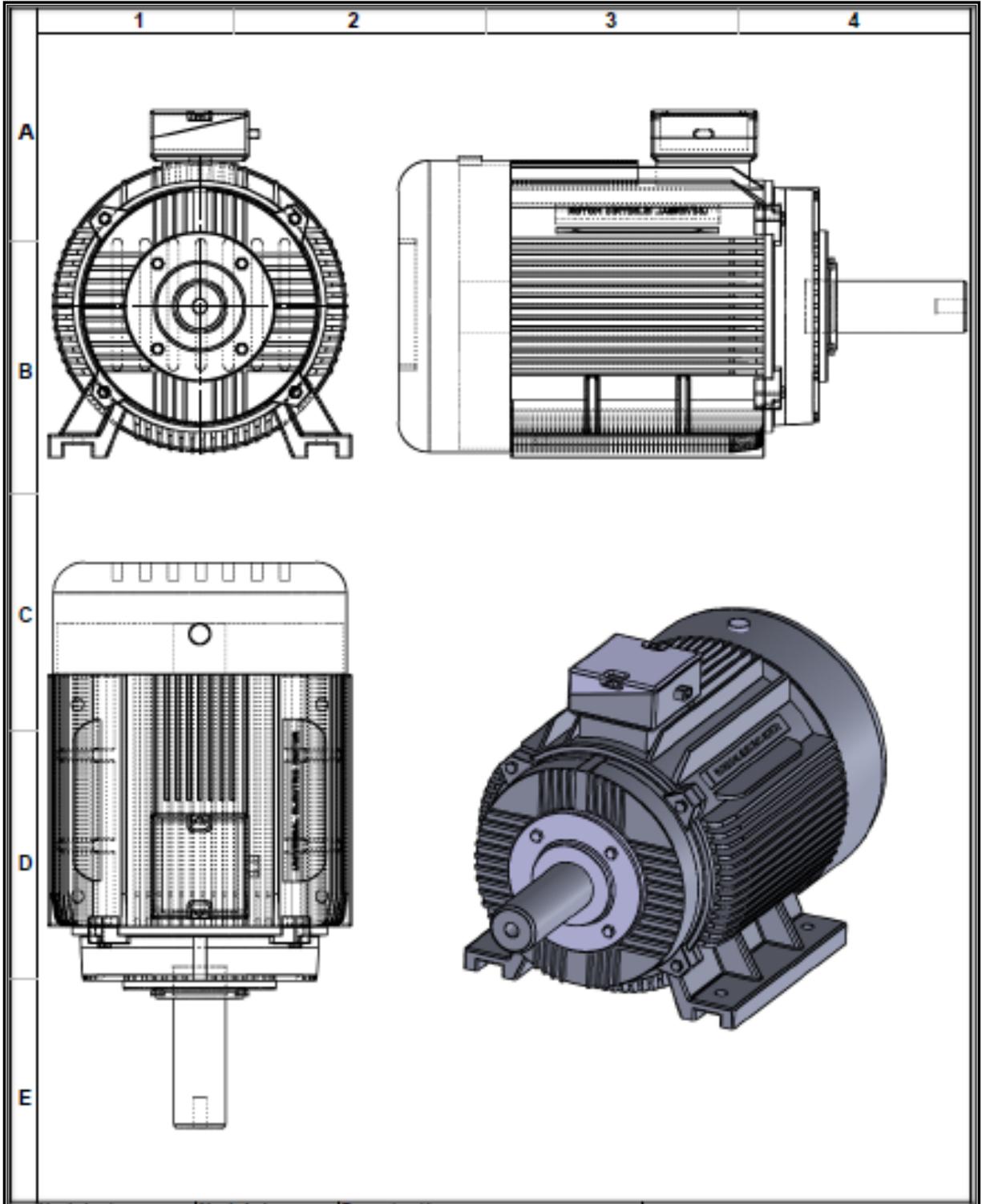


ANEXO II

CHAROLA

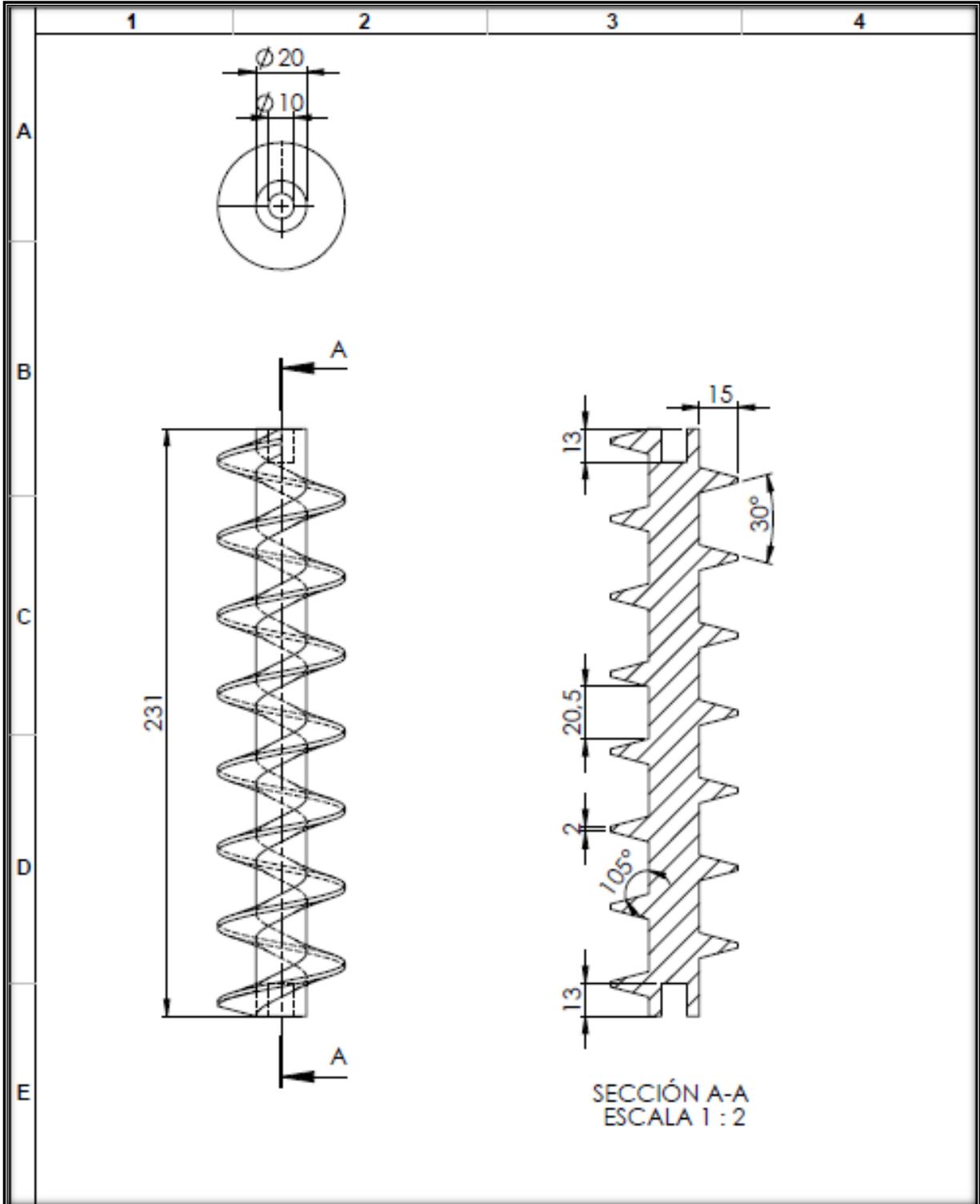


ANEXO III  
MOTOR ELECTRICO



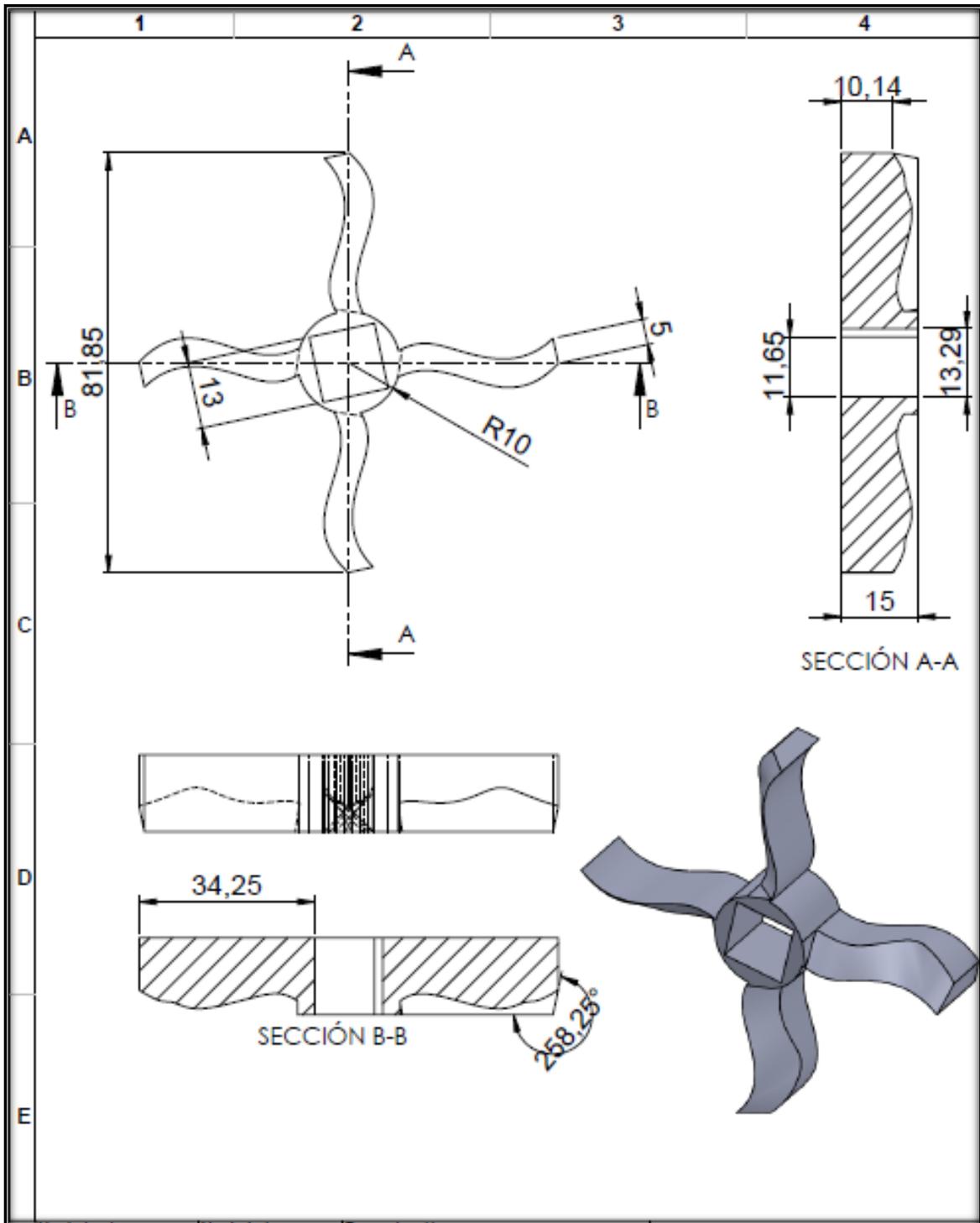
# ANEXO IV

## GUSANO



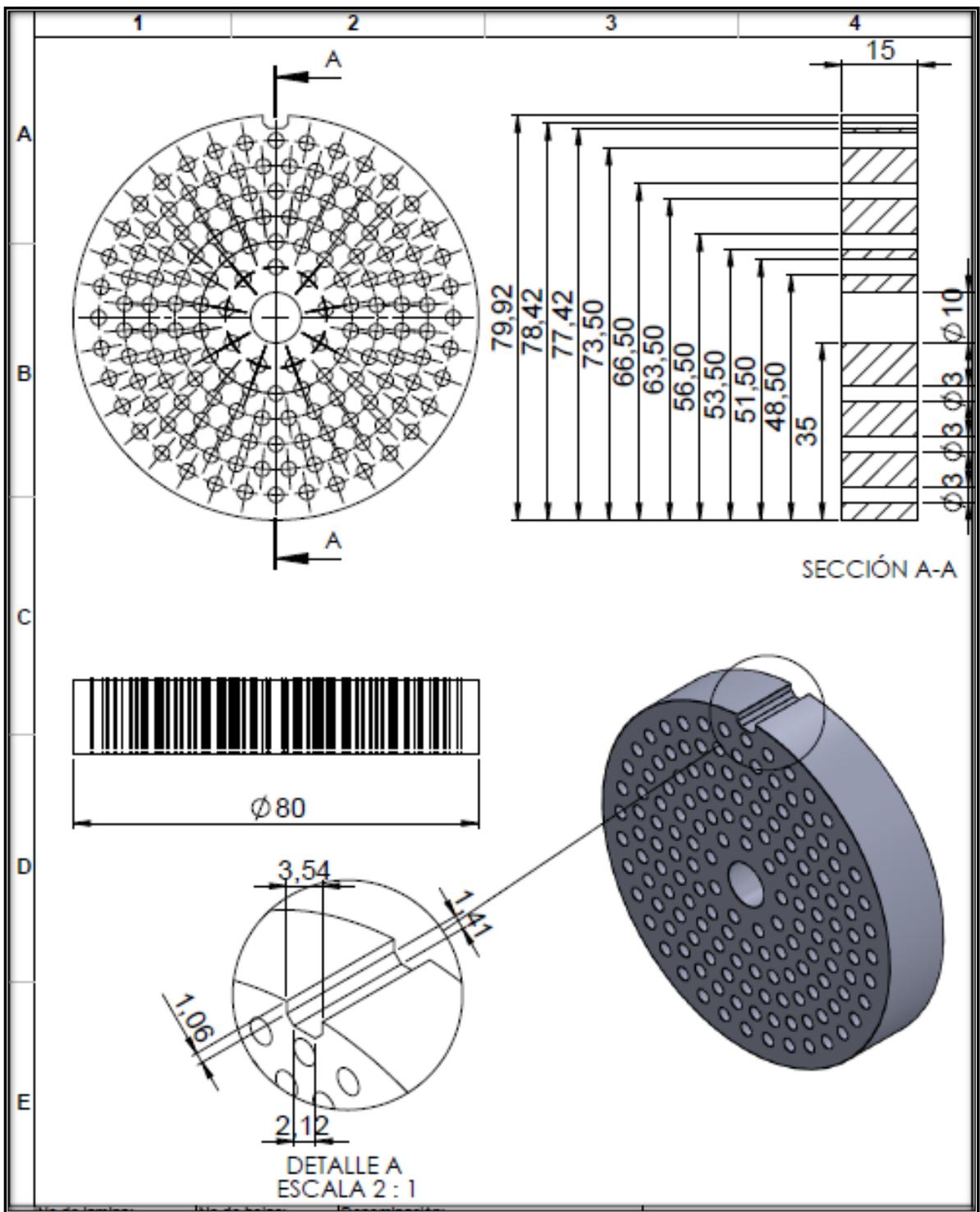
# ANEXO V

## NAVAJA



# ANEXO VI

## CEDAZO



ANEXO VII  
VISTA EXPLOSIONADA

