

# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**

**INGENIERÍA MECÁNICA**

*TRABAJO ESTRUCTURADO DE MANERA INDEPENDIENTE*

*PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO*

*MECÁNICO*

**TEMA:**

---

**“ESTUDIO DEL PROCESO DE TRITURACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA REDUCIR LA CONTAMINACIÓN RESIDUAL EN EL MERCADO MAYORISTA DE AMBATO”.**

---

**AUTOR:**

**ARIAS POZO DIEGO ESTUARDO**

**TUTOR: ING. ALEX MAYORGA**

**AMBATO – ECUADOR  
2013**

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

### **CERTIFICACIÓN**

En mi calidad de director de tesis de grado, previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, con el Tema: **ESTUDIO DEL PROCESO DE TRITURACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA REDUCIR LA CONTAMINACIÓN RESIDUAL EN EL MERCADO MAYORISTA DE AMBATO**. Realizado por el Sr. Arias Pozo Diego Estuardo, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Certifico:

- Que la presente tesis es original de su autor.
- Ha sido revisada en cada uno de sus capítulos.
- Está concluida y puede continuar con el trámite correspondiente.

Ambato, Octubre 2013

.....  
**Ing. Alex Mayorga**

**TUTOR**

## **AUTORÍA DEL TRABAJO DE TESIS**

Yo, Arias Pozo Diego Estuardo con C.I. # 05031614-6 declaro que los resultados obtenidos y expuestos en el presente trabajo de investigación con el tema: **“ESTUDIO DEL PROCESO DE TRITURACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA REDUCIR LA CONTAMINACIÓN RESIDUAL EN EL MERCADO MAYORISTA DE AMBATO”**. Son absolutamente de mi autoría; a excepción de las referencias bibliográficas que se incluyen en este texto.

Que los criterios emitidos en el trabajo de investigación así como también los contenidos, conclusiones, recomendaciones son de exclusiva responsabilidad de mi persona, como autor del presente trabajo.

Ambato, Octubre del 2013

.....  
**Arias Pozo Diego Estuardo**

**C.I. 050316141-1**

## **AUTOR**

### **DEDICATORIA**

*Este proyecto lo dedico a Dios por  
brindarme la sabiduría y fortaleza en  
todo momento de mi existencia.*

*Al concluir mis estudios universitarios  
quiero dedicar el presente trabajo que fue  
realizado con todo mi esfuerzo y sacrificio  
a mi querida familia, parte fundamental  
en mi desarrollo, a mi Padre Estuardo y a  
mi madre Teresa a mis queridos hermanos  
Boris y Mariela por brindarme su amor y  
confianza incondicional para cumplir con  
mis temas.*

*A mis estimados compañeros y amigos  
por ser partícipes de esta agradable  
experiencia.*

*Diego Arias*



## AGRADECIMIENTO

*A Dios por su sabiduría y bondad infinita durante la carrera universitaria.*

*A mi familia, fuerza inagotable de amor y ternura en esta escuela llamada vida.*

*Agradezco a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica para formarme profesionalmente. Y a cada uno de mis profesores por todos los conocimientos impartidos en el aula.*

*Al **Ing. Alex Mayorga**, tutor de tesis, por su ayuda incondicional, y orientación en el presente trabajo de investigación.*

*A la **Ing. Mónica Silva**, por brindarme su apoyo en el análisis de los residuos orgánicos en la Facultad de Ingeniería en Alimentos.*

*Al **Ing. Luis A Salan A.** que con sus conocimientos y experiencia en el ámbito de la construcción de equipos en acero inoxidable hizo posible el desarrollo de este proyecto de graduación*

*A las Autoridades y al Departamento de Higiene de la Empresa Pública Municipal Mercado Mayorista Ambato (EP-EMA) por la apertura brindada en el desarrollo de la presente investigación.*

*A mi amigo y compañero de fórmula **Mauro Toalombo** por su participación activa en esta investigación del aprovechamiento de los Residuos Sólidos Municipales (RSM).*

*A mis amigos de la eterna Juventud; **David Morales, Pablo Fiallos, Pablito Morales, Pablo Pazos, Juan Muquinche, Fredy Yanchaguano (Chavito), Walter Mora y, Alex Heredia**, con los cuales he compartido momento de aprendizaje y compañerismo, amistades que me honra y me alegran.*

*Mis más sinceros agradecimientos a todo aquellos, que de una u otra manera hicieron posible esta entretenida e inolvidable experiencia profesional.*

# ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

## PÁGINAS PRELIMINARES

CERTIFICACIÓN .....	II
AUTORÍA.....	III
DEDICATORIA .....	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
ÍNDICE GENERAL.....	VI
ÍNDICE DE CUADROS.....	XII
RESUMEN EJECUTIVO .....	XIX
CAPÍTULO I.....	1
EL PROBLEMA .....	1
1.1 TEMA .....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA: .....	1
1.2.1 CONTEXTUALIZACIÓN.....	1
1.2.2 ANÁLISIS CRÍTICO.....	3
1.2.3 PROGNOSIS. ....	4
1.2.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA. ....	5
1.2.5 INTERROGANTES.....	5
1.2.6 DELIMITACIÓN DEL OBJETO DE INVESTIGACIÓN.....	5
1.2.6.1 De Contenido. ....	5
1.2.6.2 Espacial.....	6
1.2.6.3 Temporal.....	7
1.3 JUSTIFICACIÓN. ....	7
1.4 OBJETIVOS. ....	8
1.4.1 OBJETIVO GENERAL. ....	8
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS. ....	8
CAPÍTULO II .....	10
2. MARCO TEÓRICO.....	10
2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS. ....	10
2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA.....	12

2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL.....	12
2.4 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES.....	13
2.4.1 PROCESO DE TRITURACIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS.....	13
2.4.2 PLANTAS DE RECUPERACIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS.....	14
2.4.2.1 RECUPERACIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA.....	16
ACTIVIDADES DE PRE – TRATAMIENTO.....	17
ACTIVIDADES DE TRATAMIENTO.....	18
FACTORES DE CONTROL TÉCNICO EN EL COMPOSTAJE.....	22
DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	23
SELECCIÓN DEL PROCESO BIOLÓGICO.....	24
EL COMPOSTAJE AEROBIO.....	25
2.4.3 PROCESOS UNITARIOS EN LA INGENIERÍA DE PLANTAS.....	26
2.4.3.1 FUNDAMENTOS CIENTÍFICOS DE LAS OPERACIONES UNITARIAS.....	27
2.4.3.2 OPERACIONES EN LAS QUE INTERVIENEN PARTÍCULAS DE SÓLIDOS.....	28
2.4.3.3 CARACTERIZACIÓN DE PARTÍCULAS SÓLIDAS.....	29
2.4.4 PROCESO DE REDUCCIÓN DE TAMAÑO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS.....	31
2.4.4.1 NATURALEZA DE LAS FUERZAS UTILIZADAS EN LA REDUCCIÓN DE TAMAÑO.....	33
2.4.4.2 RELACIÓN DE REDUCCIÓN (R.R.).....	34
2.4.4.3 CONSIDERACIONES EN QUE SE BASA LA SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS.....	34
2.4.4.4 DUREZA DE LOS ALIMENTOS.....	35
2.4.4.5 ESTRUCTURA MECÁNICA DE LOS PRODUCTOS DE PARTIDA.....	35
2.4.4.6 HUMEDAD.....	36
2.4.4.7 EQUIPOS PARA LA REDUCCIÓN DE TAMAÑOS.....	37
TRITURADORA DE MANDÍBULAS O QUIJADAS.....	38
TRITURADORAS GIRATORIAS.....	39
2.4.4.8 LOS MOLINOS.....	39
MOLINO DE MARTILLOS E IMPACTORES.....	40
DESINTEGRADOR RIETZ.....	43
TRITURADORA DE RODILLO.....	45
DESMENUZADORES.....	46
CORTADORAS ROTATORIAS.....	47

2.4.5 CONTAMINACIÓN RESIDUAL.....	47
2.4.5.1 ESCALA DE PRIORIDADES EN REDUCIR LA CONTAMINACIÓN:.....	49
2.4.6 LA RAZÓN DE SER DE LA RECUPERACIÓN Y EL RECICLADO DE RESIDUOS DE ALIMENTOS.....	51
RECICLAJE SIN TRATAMIENTO.....	52
RECICLAJE CON TRATAMIENTO.....	53
2.5 HIPÓTESIS.....	54
2.6 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES.....	54
2.6.1 VARIABLE INDEPENDIENTE.....	54
2.6.2 VARIABLE DEPENDIENTE.....	54
2.6.3 TÉRMINO DE RELACIÓN.....	54
CAPÍTULO III.....	55
METODOLOGÍA.....	55
3.1 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	55
3.2 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	55
3.2.1 MODALIDAD.....	55
3.2.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	56
3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	56
3.3.1 TAMAÑO DE LA MUESTRA.....	56
3.4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	60
3.4.1 VARIABLE INDEPENDIENTE.....	60
3.4.2 VARIABLE DEPENDIENTE.....	61
3.5 PLAN DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	62
3.6 PLAN PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	62
3.6.2 Plan de Análisis e Interpretación de Resultados.....	63
CAPÍTULO IV.....	64
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	64
4.1 ANÁLISIS DE RESULTADO.....	64
4.1.1 Análisis de Lugares de Almacenamiento y Comercialización.....	65
4.1.2 Agentes Generadores de los Residuos Orgánicos.....	66
4.1.3. Densidades Voluminosas de los Residuos Orgánicos en la EP-EMA.....	67
4.1.4 Análisis Aproximado de Generación de los Residuos Sólidos Orgánicos.....	67
4.1.5 Análisis Aproximados de Composición de Los Residuos Sólidos Orgánicos de la EP-EMA.....	69

4.1.6 Propiedades Físicas, Químicas y Mecánicas de los Residuos Orgánicos para Criterios de Reducción de Tamaño. ....	70
4.1.6.1. Determinación de la Humedad en Base Seca y Húmeda de Forma Analítica. .70	
4.1.6.2 Tamaño de Residuo y Distribución de Tamaño. ....	72
4.1.6.3 Características Mecánicas de la Materia Triturable. ....	74
4.1.7 Selección del Equipo Triturador de Residuos Orgánicos.....	75
4.1.8 Análisis del Origen de la Contaminación Residual.....	77
4.2 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS. ....	79
4.2.1 Generación de Residuos Orgánicos por Nave. ....	79
4.2.2 Personas Participes de las Actividades Comerciales en la EP-EMA. ....	81
4.2.3 Determinación de la Generación Per Cápita. ....	81
4.2.4 Densidad de los Residuos Orgánico Generados en la EP-EMA. ....	82
4.2.5 Cuantificaciones de Flujos de Orgánico Triturables. ....	83
4.2.6 Interpretación Aproximados de Composición de Los Residuos Sólidos Orgánicos de la EP-EMA.....	83
4.2.7 Interpretación de Contenido de Humedad. ....	85
4.2.8 Contenido de Humedad en Base Seca y Húmeda. ....	85
4.2.9 Interpretación de la Concentración Potencial Hidrógeno (pH) de los Residuos Sólidos Orgánicos. ....	86
4.2.10 Determinación de la Resistencia Específica de Corte $\tau_c$ .....	87
4.2.11 Interpretación en la Selección del Equipo de Trituración. ....	88
4.2.12 Grado de Desintegración. ....	89
4.2.13 Principales Problemas de Contaminación Residual en el Mercado Mayorista...91	
4.2.14 Análisis e Interpretación de Resultados de la Encuesta de Diagnóstico de la Limpieza y Salubridad Realizada en la EP-EMA (Véase Anexo F).....	95
4.2.15 Situación Actual del Mercado Mayorista Ambato.....	106
4.3 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	108
4.3.1 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS DE FORMA ESTADÍSTICA. ...	109
CAPÍTULO V .....	115
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	115
5.1 CONCLUSIONES .....	115
5.2 RECOMENDACIONES .....	116
CAPÍTULO VI.....	117
PROPUESTA.....	117

6.1 DATOS INFORMATIVOS .....	117
6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA.....	118
6.3 JUSTIFICACIÓN.....	120
6.4 OBJETIVOS .....	121
6.4.1 Objetivo General .....	121
6.4.2 Objetivos Específicos .....	121
6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD .....	121
6.5.1. Factibilidad Social.....	122
6.5.2. Factibilidad Económica.....	122
6.6. FUNDAMENTACIÓN.....	122
6.6.1 Parámetros de Diseño.....	122
6.6.2 Ensayo para Obtener la Potencia de Ruptura.....	123
6.6.3 Designación de Velocidades Tangenciales del Martillo.....	124
6.6.4 Determinación de la altura real para obtener la velocidad Tangencial.....	125
6.6.5 Potencia de Ensayo Total para Romper un Residuo.....	125
6.6.6 Determinación de la Velocidad Angular dentro de la Carcasa Cilíndrica.....	127
6.6.7 Determinación de la Potencia del Motor.....	128
6.6.8 Determinación de la Potencia de Diseño.....	131
6.6.9 Número de Trenes en el Rotor del Triturador de Martillos.....	131
6.6.10 Determinación del Espesor Mínimo de los Martillos.....	134
6.6.11 Determinación de la profundidad del Rotor (Carcasa Cilíndrica).....	136
6.6.12 Principales Dimensiones del Martillo.....	136
6.6.13 Evaluación de la Masa del Martillo.....	137
6.6.14 Determinación del Número de Martillos.....	138
6.6.15 Diseño del Martillo.....	139
6.6.16 Análisis de Falla de los Martillos por Fatiga.....	141
6.6.17 Falla por Cizalladura.....	145
6.6.18 Falla por Tracción.....	146
6.6.19 Diseño del Disco Porta Martillos.....	147
6.6.20 DISEÑO DEL PERNO DE SUJECCIÓN DEL MARTILLOS.....	150
6.6.20.1 Tensión del Bloque de Cortante.....	150
6.6.21 SELECCIÓN DE BANDAS.....	153
6.6.21.1 Relación de velocidad ( $i$ ).....	153
6.6.21.2 Cálculo de la Potencia corregida ( $P_c$ ).....	153

6.6.21.3 Determinación de la sección de la Banda. ....	154
6.6.21.4 Selección de Diámetros Primitivos de Poleas.....	155
6.6.21.5 Determinación de la Distancia entre Centros.....	156
6.6.21.6 Determinación de la Longitud de la Banda.....	157
6.6.21.7 Longitud Nominal Recomendada de Bandas (L'). ....	157
6.6.21.8 Corrección de la Distancia entre Centros.....	157
6.6.21.9 Determinación del Ángulo de Contacto.....	158
6.6.21.10 Potencia Trasmisible por Bandas.....	158
6.6.21.11 Determinación del Número de Bandas. ....	159
6.6.21.12 Análisis de Fuerzas.....	159
6.6.22 DISEÑO DEL EJE DE TRANSMISIÓN. ....	161
6.6.23 CÁLCULO DE LA RESISTENCIA A LA FATIGA.....	168
6.6.24 SELECCIÓN DE RODAMIENTOS. ....	173
6.6.25 CÁLCULO DE LAS CHAVETA Y CHAVETERO PARA EL EJE VERTICAL. ....	180
6.6.25.1 Análisis de la chaveta para estado de cizallamiento. ....	182
6.6.25.2 Análisis del Chavetero a Aplastamiento.....	182
6.6.26 CRIBA.....	183
6.6.27 DISEÑO DE LOS ESFUERZOS EN LOS PERNOS DE SUJECIÓN EN LA BRIDA DEL SISTEMA DE CORTE.....	185
6.6.28 CÁLCULO DE LA BANCADA DEL EQUIPO TRITURADOR. ....	188
6.6.28.1 Cálculo de Cargas.....	188
6.6.28.2 Diseño del Sistema de Alimentación.....	192
6.6.29 DISEÑO DEL SISTEMA DE DESCARGA. ....	192
6.7 METODOLOGÍA. (MODELO OPERATIVO).....	193
6.7.1 Bancada.....	193
6.7.2 Placa Base. ....	194
6.7.3 Criba.....	194
6.7.4 El Rotor del Triturador.....	195
6.7.5 Carcasa Externa.....	196
6.7.6 Tapa Superior.....	196
6.7.7 Tolvas de Carga y Descarga.....	197
6. 8 ADMINISTRACIÓN.....	198
6.8.1 Análisis de costos.....	198

6.8.2 Análisis de Económico.....	201
6.9. PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN.....	205
DIAGRAMA DEL PROCESO ACTUAL PA RA LOS RSM DE LA EP-EMA .....	205
DIAGRAMA DEL PROCESO MODIFICADO PARA LOS RSM DE LA EP- EMA .....	206
6.9.1 Resultado de las Pruebas de Funcionamiento.....	207
6.9.2 Operación y mantenimiento. ....	210
6.9.3 Conclusiones y Recomendaciones.....	211
6.9.3.1 Conclusiones .....	211
6.9.3.2 Recomendaciones.....	212
1. BIBLIOGRAFÍA.....	213
<b>ANEXOS</b> .....	218

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.1. Descripción del Espacio Geográfico de la EP EMA.....	7
Cuadro 2.1. Factor de Forma para Diversos Materiales. ....	17
Cuadro 2.2. Algunos Indicadores, sus Colores e Intervalos de Viraje (pH).....	20
Cuadro 2.3. Comparación Entre los Procesos del Compostaje Aerobio y la Digestión Anaerobia para el Procesamiento de la Fracción Orgánica de los RSU.....	25
Cuadro 2.4. Naturaleza de las Fuerzas de Triturado.....	33
Cuadro 2.5. Clasificación de los Molinos por su Funcionamiento.....	40
Cuadro 3.1. Número de Encuestas Realizadas en la EP-EMA.....	58
Cuadro 4.1. Descripción de Cubículos con sus Bodegas. ....	65
Cuadro 4.2. Descripción de las Naves de la EP-EMA.....	65
Cuadro 4.3. Número de Personas Implicadas en la EP-EMA.....	66
Cuadro 4.4. Densidad Voluminosa de los Residuos Orgánicos.....	67
Cuadro 4.5. Datos Informativos de generación de Residuos Sólidos en las Naves que Conforman la EP-EMA.....	67



Cuadro 4.6. Interpretación de Valores Volumétricos y Másicos de la Generación de Residuos Sólidos Orgánicos en las Naves que conforman la EP-EMA.....	68
Cuadro 4.7. Residuos Orgánicos de Mayor Generación en la EP- EMA.....	70
Cuadro 4.8. Medidas de los Frutos Analizados.....	72
Cuadro 4.9. Tamaño de partícula Característico.....	73
Cuadro 4.10. Determinación de la Resistencia Específica de Corte ( $\tau_c$ ).....	75
Cuadro 4.12. Seleccionar del Proceso de Trituración según Niveles Óptimos....	76
Cuadro 4.13. Problemática de Contaminación Residual en la EP-EMA.....	77
Cuadro 4.14. Transmisión de Enfermedades Producidas por Vectores Sanitarios.....	78
Cuadro 4.15. Determinación de la Generación Per-Cápita.....	81
Cuadro 4.16. Densidades y Humedades Típicas de la Fracción Orgánica.....	82
Cuadro 4.17. Parámetros Considerables en el Proceso de Trituración.....	83
Cuadro 4.18. Residuos Orgánicos de Mayor Generación en la EP- EMA.....	84
Cuadro 4.19. Reacción Acidez-Alcalinidad.....	86
Cuadro 4.20. Determinación de los Parámetros Principales del Residuo Orgánico Triturado.....	90
Cuadro 4.21. Frecuencia de Calificación de limpieza de la EP-EMA.....	95
Cuadro 4.22. Frecuencia de Disposición de los Residuos Generados.....	96
Cuadro 4.23. Frecuencia que Separa la Basura para Volver a Utilizar.....	97
Cuadro 4.24. Frecuencia de Existencia Contaminación en el Mercado.....	98
Cuadro 4.25. Frecuencia de Producción de Residuos en el Mercado.....	99
Cuadro 4.26. Que se Debería hacer con los Residuos del Mercado.....	100
Cuadro 4.27. Frecuencia de Conformidad con la Limpieza del Mercado.....	102
Cuadro 4.28. Frecuencia Como Mejorar la Limpieza del Mercado.....	103
Cuadro 4.29. Frecuencia de Ubicación Correcta y Contenedores Suficientes...	104
Cuadro 4.30. Comerciantes que Colaborarían para Recuperar los Residuos del Mercado.....	105
Cuadro 4.31. Frecuencias Observadas de los Comerciantes Catastrados.....	111

Cuadro 4.32. Frecuencias Esperadas de los Comerciantes Catastrados.....	112
Cuadro 4.33. Estimación del Chi Cuadrado de los Comerciantes Catastrados...	113
Cuadro 6.1. Altura de Ensayo de Caída libre.....	123
Cuadro 6.2. Propiedades Mecánicas del tipo de Acero inoxidable M 303 EXTRA. .....	134
Cuadro 6.3. Factor de Forma para Cuchillas.....	139
Cuadro 6.4. Factores de Carga.....	142
Cuadro 6.5. Coeficientes para la Ecuación de Factor Superficial. ....	143
Cuadro 6.6. Factor de Temperatura.....	143
Cuadro 6.7. Coeficientes de Confiabilidad.....	144
Cuadro 6.8. Factor Cx según la Condición de Trabajo.....	154
Cuadro 6.9. Secciones de Bandas en V Estándares.....	155
Cuadro 6.10. Series Diámetros Primitivos Sección (A).....	155
Cuadro 6.11. Selecciones de la Longitud (L') del catálogo.....	157
Cuadro 6.12. Cortantes de Izquierdas a Derechas.....	166
Cuadro 6.13. Cortantes de Izquierdas a Derechas.....	166
Cuadro 6.14. Coeficientes para la Ecuación de Factor de Seguridad.....	169
Cuadro 6.15. Factores de Carga.....	170
Cuadro 6.16. Factores de Confiabilidad correspondientes a una Desviación Estándar de 8% del Límite de Fatiga. ....	170
Cuadro 6.17. Pesos que Intervienen en la Carga Axial (Ka).....	174
Cuadro 6.18. Distancia entre Centros y Espesores de Láminas de Aceros para Cribas.....	184
Cuadro 6.19. Cargas que Soporta la Estructura del Triturador.....	189
Cuadro 6.20. Egresos por Concepto de Materiales.....	198
Cuadro 6.21. Egresos Varios.....	200
Cuadro 6.22. Egresos Totales.....	200
Cuadro 6.23. Ingreso por Venta de Residuos Triturados.....	201
Cuadro 6.24. Egresos por Triturar Residuos Orgánicos.....	201

Cuadro 6.25. Depreciación y Valor en Libros del triturados.....	202
Cuadro 6.26. Estado de Resultados Equivalente al Proceso de Trituración.....	203
Cuadro 6.27. Resultado de las Principales Prueba de Funcionamiento.....	208
Cuadro 6.28. Resultado del Rendimiento Másico y Volumétrico del Triturador... .....	208

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Mapa de Sitio y Distribución EP-EMA.....	6
Figura 2.1. Red de Categorías Fundamentales.....	13
Figura 2.2. Esquema de Una Planta Compostaje.....	16
Figura 2.3. Variación de temperatura durante el Proceso de Compostaje.....	19
Figura 2.4. PH metro Instrumento de Medición Directa del pH.....	19
Figura 2.5. Indicador del pH en el papel Indicador Universal.....	21
Figura 2.6. Diagrama de Flujo Generalizado del Proceso de Compostaje.....	23
Figura 2.7. Métodos de Compostaje Comúnmente utilizados.....	26
Figura 2.8. Dimensiones de una Partícula Sólida (Componente).....	30
Figura 2.9. Trituradora de Mandíbulas o Quijadas.....	38
Figura 2.10. Trituradora Rotatoria excéntrica.....	51
Figura 2.11. Molino de Martillo (Eje Horizontal).....	42
Figura 2.12. Molino de Martillo (Eje Vertical).....	43
Figura 2.13. Desintegrador Rietz.....	44
Figura 2.14. Trituradora de Rodillos.....	45
Figura 2.15. Desmenuzador de Vidrio.....	46
Figura 2.16. Esquema de la Sección Transversal de una Picadora de Forraje....	47
Figura 2.17. Métodos de Gestión de los “Biorresiduos”.....	50
Figura 2.18. El Camino de la Recuperación y Reciclado en el Ciclo de los Frutos. .....	51
Figura 2.19. Reciclado Sin Tratamiento.....	52
Figura 2.20. Reciclado Con Tratamiento.....	53

Figura 2.21. Esquema General de Proceso Valorga para el Tratamiento de RSU. .....	54
Figura 4.1. Mapa de Ubicación Mercado Mayorista Ambato.....	64
Figura 4.2. Composición y Generación de Residuos Biodegradables de la EP- EMA.....	69
Figura 4.3. Contenido en de Humedad en Masa Liquida y Seca de los Residuos Orgánicos.....	72
Figura 4.4. Dimensiones Unitarias de los Residuos Orgánicos.....	73
Figura 4.5. Muestra de Residuos Orgánicos dispuestos para el Ensayo al Corte.	74
Figura 4.6. Ensayo de Corte Directo Correspondiente al Coco Exocarpio Seco..	74
Figura 4.7. Porcentaje de Generación en Masa de las Naves de la EP-EMA.....	79
Figura 4.8. Porcentaje de Generación en Volumen de las Naves de la EP- EMA.....	80
Figura 4.9. Representación Gráfica de los Residuos Generados en la EP- EMA.....	85
Figura 4.10. Consecuencias del Exceso de Humedad en la Reducción de Tamaño. .....	88
Figura 4.11. Distribución Típica de Tamaños de Partícula para la Fracción Orgánica de los RSU Antes y Después de la Trituración, Excluyendo Residuos de Jardín.....	89
Figura 4.12. Contaminación Residual por la Acumulación de Residuos.....	91
Figura 4.13. Presencia de Material Putrescible Adherida al Fondo del Contenedor. .....	92
Figura 4.14. Presencia de Lixiviados Producidas por Residuo de Mandarinas.....	93
Figura 4.15. Perros Ambulaste Esparciendo los Residuos.....	94
Figura 4.16. Frecuencia de Calificación de la limpieza de la EP-EMA.....	95
Figura 4.17. Frecuencia de Disposición de los Residuos Generados.....	96
Figura 4.18. Frecuencia que Separa la Basura para Volver a Utilizar en la EP- EMA.....	97
Figura 4.19. Frecuencia de Existencia de Contaminación en la EP-EMA.....	98
Figura 4.20. Frecuencia del por qué se Produce la Acumulación de Basura en la EP- EMA.....	100
Figura 4.21. Frecuencia Como Recuperar con los Residuos de la EP- EMA...	101

Figura 4.22. Frecuencia de Estar Conforme con las Actividades de Limpieza..	102
Figura 4.23. Frecuencia como se Mejoraría la Limpieza de la EP-EMA.....	103
Figura 4.24. Frecuencia de Ubicación y Disponibilidad de Contenedores.....	105
Figura 4.25. Comerciantes que estarán Dispuestos a Colaborar para Recuperar los Residuos Generados en la EP-EMA.....	106
Figura 4.26. Verificación Gráfica de la hipótesis.....	113
Figura 6.1. Proyecto a Implementarse (CENTRO AGRÍCOLA TUNGURAHUA) Planta de recuperación de Residuos Sólidos.....	120
Figura 6.2. Caída Libre de un Objeto Metálico sobre el Residuo Coco.....	124
Figura 6.3. Requisito de Especifico de Energía (base Húmedo).....	130
Figura 6.4. Distribución de Tamaños de partícula para la Fracción Orgánica de los RSU antes y después de la Trituración, excluyendo Residuos de jardín.....	130
Figura 6.5. Número de Trenes en el Triturador de Martillos.....	133
Figura 6.6. Dimensiones y Área de trabajo de los Martillos.....	137
Figura 6.7. Descripción del Sistema de Martillos.....	145
Figura 6.8. Gráfico del Perno con sus Fuerzas.....	150
Figura 6.9. Gráfico del Bloque de Cortante.....	150
Figura 6.10. Curvas para la Selección de Bandas.....	154
Figura 6.11. Análisis de Fuerzas.....	160
Figura 6.12. Fuerza y Torque Resultante que la Banda ejerce sobre el eje Conducid.....	162
Figura 6.13. Diagrama de Cuerpo Libre del Eje Conducido.....	163
Figura 6.14. Fuerza Tangencial y Torques que Actúa en el Plano Z-X.....	164
Figura 6.15. Diagramas de Fuerza Cortante y Momento Flexionante del Eje....	165
Figura 6.16. Diagramas de Cargas para Rodamientos Cónicos.....	175
Figura 6.17. Dimensiones de la Chaveta Cuadrada.....	181
Figura 6.18. Dimensionamiento de la Criba.....	185
Figura 6.19. Longitud Efectiva de Columna .....	191
Figura 6.20. Vista de la Bancada.....	193

Figura 6.21. Placa Base.....	194
Figura 6.22. Criba.....	194
Figura 6.23. Sistema de Corte.....	195
Figura 6.24. Carcasa Externa.....	196
Figura 6.25. Tapa Superior.....	196
Figura 6.26. Tolva de Alimentación. ....	197
Figura 6.27. Tolva de Descarga.....	198
Figura 6.28. Diagrama de Proceso Actual.....	205
Figura 6.29. Diagrama de Proceso Modificado.....	206
Figura 6.30. Gavetas de Residuos Orgánicos Seleccionados para Triturar. ....	207
Figura 6.31. Muestra del Tamaño de la Masa Triturada.....	209
Figura 6.32. Muestra del Líquido Lixiviado Producto del Proceso de Trituración.....	210

**TEMA: “ESTUDIO DEL PROCESO DE TRITURACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA REDUCIR LA CONTAMINACIÓN RESIDUAL EN EL MERCADO MAYORISTA DE AMBATO”.**

**RESUMEN EJECUTIVO**

El presente trabajo de investigación radica en la realización de los estudios de los residuos sólidos orgánicos que son generados en las instalaciones de la Empresa Pública Municipal Mercado Mayorista Ambato,(EP-EMA) con el objetivo de reducir la contaminación residual que existe en las zonas donde se realizan las actividades comerciales, además se tiene como finalidad principal la reducción del tamaño por medio de un proceso unitario (trituración) de los residuos sólidos orgánicos para producir abono orgánico. La investigación se fundamenta en un estudio de campo de algunos meses de la mayor generación de los residuos sólidos orgánicos en el EP-EMA, mediante el empleo de la apreciación visual y de equipos de los laboratorios de las Facultades de Ingeniería Civil y Mecánica y Facultad de Ingeniería en Alimentos, de donde se obtuvieron determinaciones como: tamaños de partículas de los residuos orgánico e inorgánicos, densidades unitarias y voluminosas, composiciones máxicas y volumétricas, contenido de humedad y la concentración potencial Hidrógeno (pH) de los residuos de estudio, con el propósito de determinar un análisis del proceso unitario más óptimos de reducción del tamaño de la materia orgánica. También se efectúa la investigación de los contaminantes residuales existentes en la EP-EMA, así como la disposición adecuada de los contenedores y planificación de futuras campañas de concientización hacia los comerciantes con el objetivo de dar alternativas para el mejoramiento de la salubridad y de esta manera contribuir a la reducción de la contaminación residual. De los estudios realizados se establece conclusiones y recomendaciones, de donde se determina el proceso unitario adecuado para la reducción de tamaño de los residuos orgánicos incorporando la trituración por impacto. Finalmente se diseña y se construye el triturador de martillos en acero inoxidable para residuos orgánicos, basándose en parámetros fundamentales como: tamaños de los residuos; generación diaria, contenido de humedad; pH. etc.

# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA**

### **1.1 TEMA**

**“ESTUDIO DEL PROCESO DE TRITURACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA REDUCIR LA CONTAMINACIÓN RESIDUAL EN EL MERCADO MAYORISTA DE AMBATO”.**

### **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:**

#### **1.2.1 CONTEXTUALIZACIÓN.**

“A nivel mundial, los residuos sólidos han ocasionado impactos ambientales negativos por su disposición incorrecta y con la aparición de concentraciones y asentamientos importantes de población humana, los procesos de transformación industrial agroalimentarios y a los hábitos de consumo de las personas, según el informe del medio ambiente en Europa: tercera evaluación de la cantidad total de residuos municipales que se recoge es cada vez mayor en un gran número de los países europeos. Generándose cada año más de 3.000 millones de toneladas de residuos, equivalente a 3,8 ton por persona en Europa Occidental, 4,4 ton por persona en Europa Central y Oriental y 6,3 ton en los países de EECCA; Europa del Este, Cáucaso y Asia Central”.(*Manejo de los Residuos Sólidos Municipales en América Latina y Caribe, 2009*).

Como precisa (CEOANES, 2009), “el acelerado proceso de urbanización en América Latina y el Caribe ha traído consigo una serie de problemas ambientales. Tomando en cuenta la cantidad de materia orgánica presente en los residuos sólidos urbanos supera el 50% del total generado de los cuales aproximadamente el 2% recibe tratamiento adecuado para su aprovechamiento; el resto es confinado



en vertederos o rellenos sanitarios; con una inadecuada gestión de sus residuos sólidos urbano, botaderos a cielo abierto, desconocimiento de la población sobre la forma de manejar sus residuos. Además gran cantidad de personas dedicadas a actividades informales de reciclaje... etc.”

“Es claro que en nuestro país es muy limitada la existencia de plantas de tratamiento biológicas donde se aprovechan residuos orgánicos, la carencia de recursos y la inexistencia de servicios eficientes para el manejo de los residuos, y los sistemas incrementados en algunas provincias del país para tratamiento de desechos orgánicos no cumplen con la normatividad requerida para operar, sin duda al poco a largo plazo de planes operativos, financieros y ambientales tanto a nivel nacional como provincial, los residuos sólidos urbanos son parte de los recursos inmutables del planeta una vez recolectados son depositados en basureros a cielo abierto que existen en la mayoría de los municipios de nuestro país; causando la proliferación de patologías capaces de transmitir enfermedades.

En la ciudad de Ambato al igual que en el Mercado Mayorista el almacenamiento de residuos orgánicos se realiza en eco-tachos y contenedores respectivamente, en los cuales los usuarios depositan los residuos de forma común, no obedece ningún tipo de planificación o caracterización por tipo de residuo, generando una preocupación por parte la comunidad, la falta de interés de las autoridades locales al no garantizar una mejor calidad de vida de sus habitantes, sin la implementación de un plan de manejo integral de residuos sólidos con una diferenciación en la fuente, recolección y disposición final de la desechos de forma adecuada, y ambientalmente segura.

En la actualidad no existe ningún tratamiento de los residuos sólidos, la única disposición final es depositar en el relleno sanitario. Como afirma el autor de la tesis (LÓPEZ, 2011:68), “el relleno sanitario ocupa una superficie de 18 hectáreas que comenzó a operar en el año 2004, actualmente se controla el porcentaje de contaminación ambiental tomado como referencia la afectación del suelo y del agua como consecuencia de la lixiviación de sustancias tóxicas que se producen en su interior generado especialmente por los residuos orgánico agravándose aún más con el agua de las lluvias liberadas en aguas superficiales y

subterráneas. El relleno sanitario recibe directamente los residuos generados en las viviendas, los rechazos y/o residuos de los mercados, curtiembres, escombros, desechos hospitalarios y en general todos los desechos que se generan en el cantón Ambato, que representan un total de 210 ton/día. La composición es de un 60% de materia orgánica, que favorece la formación de lixiviados y metano a partir de la misma”.

### **1.2.2 ANÁLISIS CRÍTICO.**

La excesiva contaminación residual en la Empresa Pública Municipal Mercado Mayorista Ambato (EP-EMA). Empieza a adquirir una mayor preocupación por la permanencia de residuos putrescibles acumulados, sin una disposición final adecuada de aprovechamiento, sin adquirir responsabilidad por conservar el medio ambiente. La situación actual de la disposición final de los residuos sólidos generados el mercado mayorista, consiste en trasladar de manera directa en su totalidad por medio de los vehículos recolectores (carga frontal) hacia el relleno sanitario, privándoles de la oportunidad de ser aprovechados como fines renovables, induciendo a la disminución futura del espacio ocupacional del relleno sanitario de la ciudad.

Lo expuesto anteriormente se agrava al no contar con procesos de clasificación de los residuos sólidos en su origen que facilite su recuperación. La insuficiente colaboración, añadida la falta de cultura de los usuarios de la EP-EMA contribuye a la acumulación exagerada de los residuos sólidos mezclados en los contenedores y derramados en su entorno, atrayendo animales ambulantes y roedores incrementando la presencia de insalubridad causa fundamental de enfermedades infecciosas asociadas a residuos sólidos transmitidas por vectores sanitarios.

Contribuyendo al aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos generados en el mercado mayorista, cumpliendo exigencias ambientales y valiéndose de la tecnología disponible, es menester pensar en procedimientos de recuperación y flexibilidad de afrontar los cambios futuros. Al contar con iniciativas renovables que se incluyan en los procesos de planificación que involucra e identifican las necesidades actuales, al determinar qué hacer para remediar los aspectos

negativos respecto a la contaminación residual provocados por los residuos orgánicos. En este orden de ideas, el diagnóstico de la situación actual del mercado mayorista en cuanto a la recuperación de residuos biodegradables se convierte un aspecto incipiente del más importante paso del proceso de planificación de gestión integral de residuos sólidos producidos en la empresa pública municipal mercado mayorista Ambato.

### **1.2.3 PROGNOSIS.**

El deterioro del medio ambiente tiene como efecto el surgimiento de situaciones o estados no satisfactorios con respecto a una parte o a la totalidad de sus elementos. A este fenómeno le llamamos problema ambiental, el cual puede tener alcance global, regional, nacional o local. Entre los problemas medioambientales con mayor alcance en la actualidad, está el relacionado con el aumento incontrolado de los residuos sólidos urbanos.

En cualquier medida los residuos orgánicos presentes en el mercado, sin recuperarlos, constituyen un problema latente, el cual se hace mayor cuanto más sea el volumen de residuos que se generan, de ahí que los residuos putrescibles son los que representan mayor riesgo para la salud y el bienestar de los usuarios, los seres vivos y los restantes componentes del medio ambiente, si no se manejan adecuadamente, tienen características tales como inflamabilidad, corrosividad, reactividad, y toxicidad por la permanencia de agentes de insalubridad (vectores sanitarios). A la vez se sigue perdiendo la oportunidad de darle un valorización como la reutilización y el reciclaje de los residuos orgánicos como un nuevo recurso renovable para la enmienda de los suelos agrícolas al aportar bio-nutrientes (*humus*) esenciales para su desarrollo y crecimiento de los cultivos obteniendo alimentos nutritivos y saludables. En la actualidad se consumen productos contaminados por el uso desmedido de sustancias químicas que utilizan los agricultores para mejorar su productividad, ocasionando graves estragos en la salud de las personas. Según la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial. (2007). “se puede decirse que la preocupación ambiental de épocas futuras se deberá a las fuentes predominantes de impactos negativos y las acciones que los originan pueden resumirse en: cambios en los usos del suelo,

sobre-explotación de recursos naturales y/o ecosistemas, [emisión de gases contaminantes a la atmosfera contribuyendo cada vez al preocupante efecto invernadero, lixiviados contaminando las aguas superficiales y subterráneas. Además olores ofensivos con altas cargas contaminantes trayendo consigo un impacto paisajístico caótico...etc.]”

#### **1.2.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.**

¿Mediante un proceso unitario de reducción de tamaño de los residuos sólidos se podrá reducir la contaminación residual en el Mercado Mayorista de la ciudad de Ambato?

#### **1.2.5 INTERROGANTES.**

¿Será necesario realizar un estudio volumétrico, para determinar la cantidad acumulada de residuos orgánicos mezclados en los contenedores del Mercado Mayorista?

¿Es necesario determinar las propiedades físicas y mecánicas de la fracción biodegradable generadora de contaminantes para seleccionar un proceso unitario de reducción de tamaño adecuado para la valorización de la materia orgánica?

¿Qué parámetros se deberá analizar para impulsar el aprovechamiento de residuos orgánicos, mediante compostaje aerobio de buena calidad?

¿Cuáles son efectos contaminantes perjudiciales para los usuarios de la EP-EMA?

#### **1.2.6 DELIMITACIÓN DEL OBJETO DE INVESTIGACIÓN.**

##### **1.2.6.1 De Contenido.**

El presente tema de investigación se enfoca en el propósito *medioambiental* y humano, al recuperar recursos renovables por medio de la implementación de un proceso mecánico para reducción de tamaño de residuos orgánicos, que involucra al estudio del proceso de trituración de los residuos perteneciente a un estudio de

efecto ambiental por la contaminación residual del mercado mayorista, enmarcado en un ámbito más general de operaciones unitarias en la ingeniería mecánica.

### 1.2.6.2 Espacial.

El espacio geográfico al que va destinado el estudio del presente proyecto es la EP-EMA la cual se encuentra localizada en la ciudad de Ambato- Ecuador, en el sector Sur - Oriental de la urbe, entre las Av. El Cóndor, Tres Carabelas, Julio Jaramillo y Av. Bolivariana (Vía a Baños).

La distribuida en 20 naves de productos agrícolas como hortalizas, tubérculos, frutas, verduras, granos, gramíneas y abastos; entre los principales productos. Con un total de 1718 puestos; lugar el cual se ubica cada comerciante para realizan sus actividades comerciales de forma permanente los días de comercio, cuyos puestos están delimitados con señalización amarilla y su numeración correspondiente al puesto en la superficie del lugar, los puestos tienen una área 6 m<sup>2</sup> cada uno.

Los principales sitios de comercialización y espacios públicos de la EP-EMA se detallan a continuación destacando la ubicación y distribución del totalidad de naves existentes.



Figura 1.1. Mapa de Sitio y Distribución EP-EMA.

Fuente: (página web de la EP-EMA) [www.ambato-ema.gob.ec](http://www.ambato-ema.gob.ec)

**Cuadro 1.1. Descripción del Espacio Geográfico de la EP-EMA.**

<b>COBERTURA Y LOCALIZACIÓN</b>	
Región:	Sierra
Provincia:	Tungurahua
Cantón:	Ambato
Sector:	Sur-Oriente
Ubicación	EP-EMA
Latitud	S 1°14'30"
Longitud	W 78° 37' 11"
Clima	14 °C a 19° C
Población:	329.856 (censo 2012)
Fundación:	6 de Diciembre de 1698
Moneda:	Dólar Americano
Idioma predominante	Español

Fuente: *Revista, Primer Congreso Nacional Mercados Mayoristas, 2012.*

### **1.2.6.3 Temporal.**

El presente estudio se realizó durante los meses de Noviembre 2012 - Mayo 2013.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN.**

Conservar la higiene y ornato del Mercado Mayorista de Ambato, protegiendo la salud de los usuarios, preservar la calidad del ambiente son aspectos importantes de este tratado. Aprovechar las experiencias adquiridas de otras ciudades del país es un gran reto para todos los interesados de los sistemas de gestión de los residuos sólidos del mercado y del cantón Ambato.

Se pueden identificar claramente la incidencia positiva del estudio, con el interés de solucionar la problemática actual de los desechos sólidos orgánicos en la EP-EMA implementado alternativas de *Manejo Integrado de los Residuos Sólidos*. Con la implementación de las cuatro “R” (Rechazar, Reducir, Reutilizar, y el Reciclaje en la fuente), en la cual implica la clasificación, disminución del tamaño del residuo orgánico, resultando un producto homogéneo que se biodegradarse con mucha facilidad para utilizarlo a modo de un recurso orgánico como enmienda de suelos agrícolas. La ejecución del presente estudio será

factible debido a la necesidad inherente de solucionar el excedente de residuos sólidos orgánicos del mercado mayorista con su efecto eminente la contaminación residual, con el apoyo del mercado mayorista facilitará la información necesaria para su realización como una futura implementación de procesos unitarios en la ingeniería mecánica al reutilizar los residuos procesables como recurso renovable en las instalaciones de la institución del Centro Agrícola de Tungurahua.

Como señala el sobrestante del departamento de higiene y saneamiento ambiental de la EP-EMA, “la mayor parte de los residuos almacenados en los contenedores, resultantes de la actividad comercialización de productos agrícolas, es aproximadamente el 75% de los residuos generados de la EP-EMA”. Los cuales son muy susceptibles de recuperación como materia prima combustible o biodegradable. Estos residuos en la actualidad son vertidos en el relleno sanitario de la ciudad sin ninguna utilización, nuestro propósito es manejarlos de forma amigable con el ambiente, *reduciendo su tamaño* por medio de un molino triturador construido con materiales disponiendo en la localidad. Esta masa triturada orgánica tienen la característica de fácil descomposición aerobia microbacteriana, obteniendo un producto final que se obtiene después de cesar toda la actividad microbiológica es un sustrato orgánico humus comúnmente conocido como *compost*.

#### **1.4 OBJETIVOS.**

##### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL.**

Determinar un proceso aplicable de trituración de residuos sólidos orgánicos, el cual permita reducir la Contaminación residual en el mercado mayorista de la ciudad de Ambato.

##### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Determinar las cantidades generadas y composición de residuos orgánicos en el Mercado Mayorista a través de un estudio volumétrico para conocer el tipo de residuo aprovechable.

- Determinar las propiedades incidentes de los residuos orgánicos para seleccionar procesos de trituración aplicable.
- Analizar las propiedades físicas, químicas y biológica con el propósito de obtener una materia prima de buena calidad para la producción de abono orgánico.
- Determinar las principales causas de contaminación residual en la EP-EMA perjudiciales para los usuarios, generadas por la comercialización directa de productos agrícolas.



## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO.

#### 2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.

En la zona centro del país en los últimos años se ha venido implementando proyectos respecto al manejo integral de los residuos orgánica generados en cada comunidad, en la perspectiva que permitirá establecer acciones de limpieza, ornato, clasificación, transporte, disposición final y aprovechamiento de los desechos sólidos provenientes de los mercados, además de otras actividades encaminadas a atenuar los efectos adversos que podrían darse en este proceso, con planificación y valoración de consecuencias de una inadecuada gestión de residuos orgánicos, contribuyendo en gran medida a prolongar la vida útil de los rellenos sanitario, y disminuyendo la contaminación del suelo y el agua por lixiviados y el aire por la emisión creciente de metano que es una amenaza latente para el ambiente. La gestión de residuos, en el campo de tratamiento de residuos orgánicos es variable y compleja que debe ser adaptada en base al origen, clasificación y evolución de los residuos sólidos.

En la actualidad en el cantón Ambato existe un plan estratégico de la *Dirección de Higiene Salud y Ambiente* que tiene como misión la de preservar un ambiente saludable, limpio y sostenible; el cual contribuye a la disminución de los índices de enfermedades infecto contagiosas, así con disminuir la contaminación ambiental realizando el control y fomentando la educación ambiental para la prevención de enfermedades, aseo y cuidado del medio ambiente en general, aplicando la ordenanza de Control Ambiental y la del Sistema Integral de Desechos Sólidos con el fin de preservar los recursos naturales para las actuales y futuras generaciones.

En mercado mayorista de Ambato no existen procesos específicos de recuperación de residuos sólidos orgánicos, la inexistencia de capacitaciones de una apropiada Gestión integral de los residuos, se ve reflejada en el desconocimiento respecto al reciclaje, al no implementar en las universidades carreras incorporando en la sociedad personas capacitadas para mitigar efectos relacionados con residuos orgánicos.

Según el análisis sectorial de residuos sólidos en el Ecuador menciona, “como parte de la promulgación de funciones de la autoridad ambiental, los municipios deben suscribirse convenios que establezcan la obligatoriedad por parte de los gobiernos locales de reportar la información sobre las condiciones del manejo de los residuos sólidos en sus jurisdicciones, y la autoridad ambiente como un ente regulador para ejercer control sobre ellos.

El autor de la tesis de la Universidad Técnica de Ambato, Mauro Toalombo en el año 2012 con el tema de tesis estudio de procesos de clasificación de los desechos sólidos para reducir la contaminación residual en el Mercado Mayorista de Ambato, aporta a esta investigación con los estudios de generación y análisis del tamaño unitario aproximado de los RSM generados en la EP-EMA, enfatizando en los residuos inorgánico, además diseño una banda transportadora para el proceso de clasificación manual de los RSM para la recuperación de los residuos generados en dicho mercado.

Como antecedentes investigativos se visita la el centro de reciclaje Romerillo del cantón Mejía ubicada en el sector de Machachi, se visitó la planta de clasificación y recuperación de residuos sólidos del cantón Salcedo ubicada en la jurisdicción de la comunidad de San Pedro de Jachaguango al noroccidente de la cabecera cantonal, como también se visitó el relleno sanitario y planta de tratamiento de residuos sólidos de la empresa pública municipal mancomunada de aseo integral Tungurahua (EMMAIT-EP).

Por último se visitó los mercados mayoristas de la ciudad de Quito y Riobamba (véase ANEXOS A).

## **2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA.**

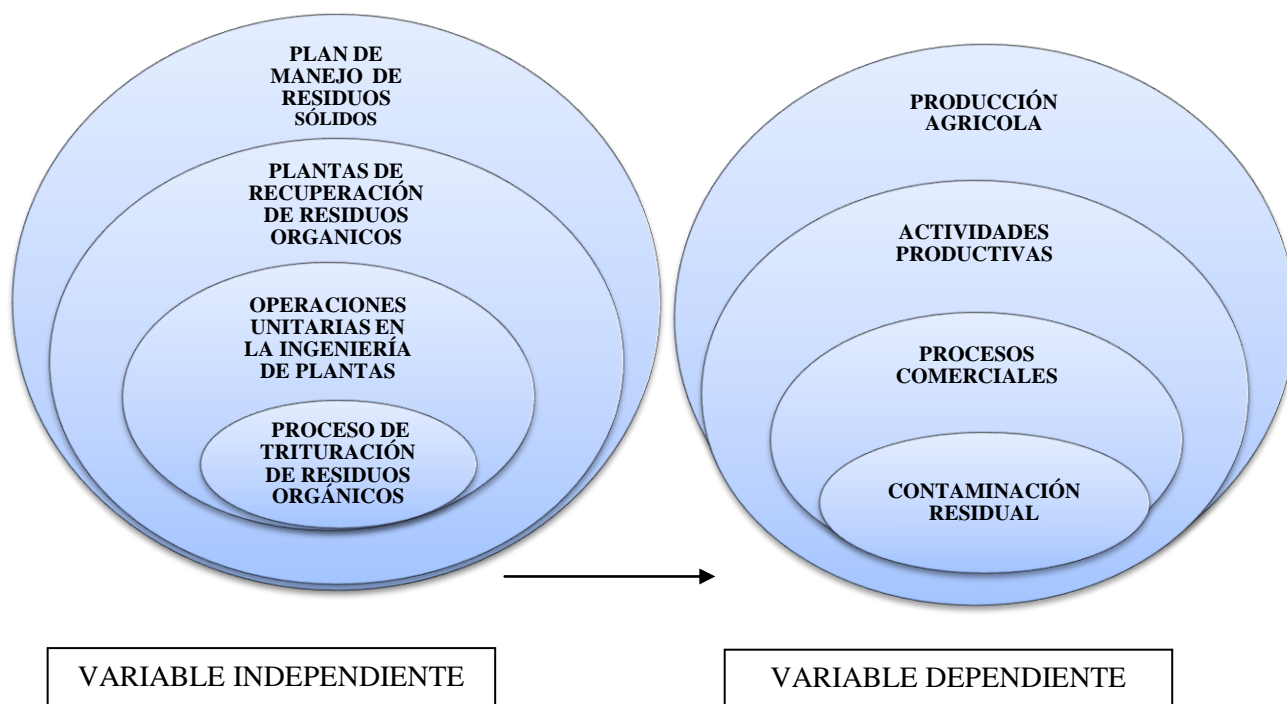
El presente proyecto de investigación se sustenta en el mejoramiento de la calidad de vida de la población y disminuir los efectos negativos sobre contaminación residual existente en el mercado mayorista de la ciudad de Ambato, analizando las causas de la generación y propagación de agentes patológicos, expuestos los comerciantes que transitan por las instalaciones del mercado. Con la implementación de los sistemas de gestión integral de residuos sólidos, se estaría reduciendo los niveles de contaminación del suelo, agua y aire, dando una buena imagen al visitante, para que se pueda tomar como ejemplo para otros mercados regionales.

## **2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL.**

En el marco ecuatoriano, constituye un elemento importante de respaldo al manejo de residuos sólidos; pues existe una serie de cuerpos legales que regulan las diversas actividades.

- 1.- Constitución Política de la República del Ecuador. (Véase ANEXO B).
- 2.- Reglamento de Manejo de Desechos Sólidos en los Establecimientos de Salud de la república del Ecuador.
- 3.- Reglamento para el Manejo de Desecho Sólidos.
- 4.- Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental
- 5.- Ministerio del Ambiente
- 6.- Ley de Gestión Ambiental.
- 7.- Código de la salud
- 8.- Ley de Régimen Municipal.
- 9.- Texto Unificado de la legislación Ambiental Secundario (TULAS).

## 2.4 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES.



**Figura 2.1. Red de Categorías Fundamentales.**

Fuente: *El Autor.*

A continuación se especifican las definiciones de la red de categorías fundamentales las cuales son de importancia para el presente proyecto de investigación:

### 2.4.1 PROCESO DE TRITURACIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS.

La significativa *reducción en volumen* de la masa orgánica mediante un proceso de trituración, que resulta de un proceso previo de reciclado no solamente provee un buen residuo hacia el compost sino también beneficia al medio ambiente a través de disminuir la contaminación del suelo por desechos acumulados, aire por olores proliferados y agua por fluidos de lixiviados, lo cual se traduce en un elemento jerárquico en la gestión integral de residuos sólidos en la transformación de residuos, Esto es muy importante desde el punto de vista humano y ambiental. La importancia y los datos sobre la composición física de los residuos sólidos son

importantes en la selección y operación del equipo y las instalaciones, en el asesoramiento para la viabilidad de la recuperación de energía y recursos.

#### **2.4.2 PLANTAS DE RECUPERACIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS.**

Como manifiesta el autor del libro de ingeniería ambiental (GLYNN HENRY, 1996: 588), “la recuperación de materiales y energía en consideraciones sobre la administración de los residuos sólidos, menciona: La protección de la salud pública y del ambiente, reducción de las fuentes, reciclaje, recuperación de energía, suele practicarse en combinación con la incineración de residuos municipales cuando se produce vapor de agua se recuperan materiales ferrosos (y ocasionalmente otros materiales). No obstante, en ciertas municipalidades la recuperación de materiales, en vez de ser parte de otros procesos, puede ser una operación por separado para rescatar elementos reutilizables como cartón, papel, metal y vidrio de los desechos municipales. Las instalaciones centralizadas para la recuperación de materiales tienden a ser específicas para la localidad y desempeñan una de las siguientes funciones.

- Recuperación de materiales reciclables de residuos sólidos municipales separados en la fuente o mezclados.
- Eliminación de contaminantes de los residuos a fin de preparar un material limpio para combustión o conversión en abono.
- Recuperación selectiva de materiales reciclables y procesamiento de los desechos residuales por conversión en abono.

El objetivo primario de casi todas las plantas de recuperación de recursos es la producción de combustibles derivados de desechos, y la recuperación de otros materiales en contingente a esta operación. La clasificación y el procesamiento se inician en el nivel superior, y después de que cada material se separa, baja un nivel para su procesamiento ulterior. Como muchas plantas de recuperación de materiales, el complejo de Westchester Country Materials Recovery Facility (Instalación centralizada para la recuperación de materiales del condado de Westchester) del estado de Nueva York, el cual entro en operación en 1992,

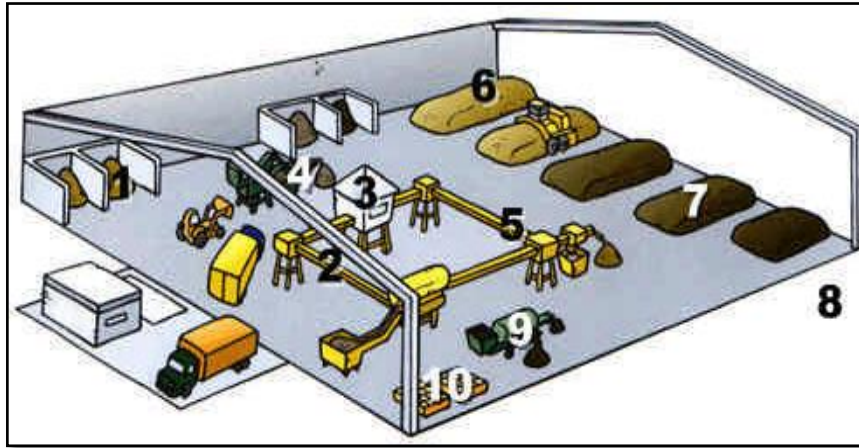
depende en gran medida de la separación manual de papel y vidrios mixtos y para extraer el material rechazo. Las operaciones mecánicas incluyen tamizado (para retirar vidrio roto), separación magnética de materiales ferrosos, clasificación con aire para separar plásticos y aluminio, y embalaje de cartón y papel por medio de embaladoras de gran capacidad de embalar 720 toneladas métricas/día de RSM no clasificados en una emergencia. Para dar cabida a variaciones en la cantidad y el tipo de residuos reciclables por procesar, se utilizaron factores de seguridad de diseño de hasta 40% para dimensionar todos los componentes y se eligieron motores de velocidad variable para todas las transportadoras. A un costo de capital de 21 millones de dólares (de 1993) y con costos de operación de \$ 2,8 millones al año, la planta de Westchester es un enfoque económico para cumplir con los ordenamientos de reciclaje del estado (Schneider et al., 1993)”.

Las instalaciones se diseñan para separar varios tipos de residuos procedentes de orígenes domésticos y comerciales, que incluyen papel periódico, cartón ondulado y papeles mezclados. Se puede llevar a cabo un análisis similar sobre una instalación de recuperación de materiales más compleja que procese papel, vidrio, plástico, y otros materiales separados en origen.

En cuanto a las plantas de recuperación de residuos biodegradables el proceso se define como una serie de actividades que se transforman en productos *humus de suelo* mediante la integración de mano de obra, maquinaria y procedimientos de operación.

Al seleccionar técnicas y programas de manejo en el procesamiento de residuos orgánicos se debe considerar los propósitos que se quieren obtener.

Las metas del tratamiento en plantas de recuperación deben estar orientadas a mejorar la eficiencia de los mismos; es decir recuperar material y ayudar a la conversión de productos ya sea en un ciclo de reciclaje abierto o cerrado. Por ejemplo, una planta de compostaje, puesto que pueden contener un notable poder nutritivo, un considerable potencial energético y unas características, en cuanto a su composición, que los hacen idóneos para su empleo en el sector agrícola, (véase el siguiente Figura 2.2).



**Figura 2.2. Esquema de Una Planta Compostaje.**

Fuente: *Bautista F. Tesis de Residuos Sólidos Orgánicos del Mercado Mayorista*

#### **2.4.2.1 RECUPERACIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA.**

“Se entiende como recuperación la obtención de materia orgánica para el proceso de compostaje. La materia orgánica puede ser obtenida de:

- Fuentes generales.- Como los desechos producidos en toda una ciudad o un pueblo, un barrio.
- Fuentes específicas.- Rica en desechos sólidos como un mercado municipal, un camal, un agro-industrial o varias granjas agrícolas.

Como en el caso de los residuos municipales en general, los RSM pueden ser clasificados sobre diversas bases. En el Cuadro 2.1 se resumen las definiciones y la clasificación actualmente en uso. Una tendencia reciente es el tratamiento de residuos de jardín (poda y hojas) considerados como otro tipo de residuos.

La naturaleza de los RSU, difieren independientemente del estado de desarrollo de un país o ciudad (industrializado o en vías desarrollo), los RSM generados en áreas metropolitanas densamente pobladas, particularmente áreas céntricas de la ciudad, se basa la diferencia de alguna manera en la caracterización de residuos sólidos con las generadas en pequeñas comunidades y zonas rurales, basándose principalmente en el cambio de concentración de la materia orgánica así como en un cambio en la concentración del papel y productos derivados de éste.

**Cuadro 2.1. Factor de Forma para Diversos Materiales.**

<b>Materiales de residuos sólidos municipales por tipo, composición y fuente</b>		
<b>TIPO</b>	<b>COMPONENTES</b>	<b>FUENTE PRINCIPAL.</b>
Residuos de Alimentos.	Residuos de la preparación, cocción y servido de alimentos; residuos del mercado; residuos del manejo, almacenamiento y venta de productos.	Viviendas, restaurantes, supermercados, Mercados.
Residuos del jardín	Hojas, residuos del jardín, recortes, poda.	Residencias, lugares públicos.
Residuos de barrido de calles.	Barreduras, polvos, hojas, polvo del sumidero.	Municipios.

Fuente: *DÍAZ Luis. Reciclaje y Tratamiento Biológico de los Residuos Sólidos Municipales, Ecuador (2010).*

Para un proyecto de compostaje, la recuperación óptima se realizaría con una separación de materia orgánica e inorgánica en la planta de tratamiento de desechos, ya sea de una manera general o determinada, puesto que la separación de los materiales en el terreno donde se realiza el compostaje, requiere de mayor control, tiempo y mano de obra.

La actividad de recuperación de materia orgánica para el compostaje es una labor que puede ser asumida por la municipalidad, de esta manera los costos de la actividad son absorbidos dentro del sistema de recolección ya establecido; sin embargo en algunas ocasiones el proyecto puede tener la capacidad económica y técnica de realizarlo.

#### **ACTIVIDADES DE PRE – TRATAMIENTO.**

- Antes de iniciar la producción de compost, es necesario dar un tratamiento a los residuos. El pre - tratamiento consiste en los siguientes parámetros:
- Clasificación del material: Cuando la clasificación de la materia orgánica no es realizada en la fuente, generalmente existen residuos inorgánicos que deben ser separados en el lugar definido. Esto aumenta el tiempo de trabajo en el compostaje y las necesidades de un aumento de personal.



- Recepción de los residuos de mejor calidad: Aquí son escogidos aquellos materiales orgánicos que mejoran el proceso de producción de compost en función del tiempo de descomposición y sus cualidades químicas que pueden mejorar la calidad.
- Separación y recuperación de los residuos inorgánicos y reciclables: Luego de la separación existen materiales reciclables que pueden ser comercializados y ser parte del tratamiento de desechos.
- Trituración y desmenuzamiento de los residuos orgánicos: Esta operación permite que el compost mejore la capacidad de retener agua y aire, además de aumentar la superficie de aprovechamiento bacteriano.

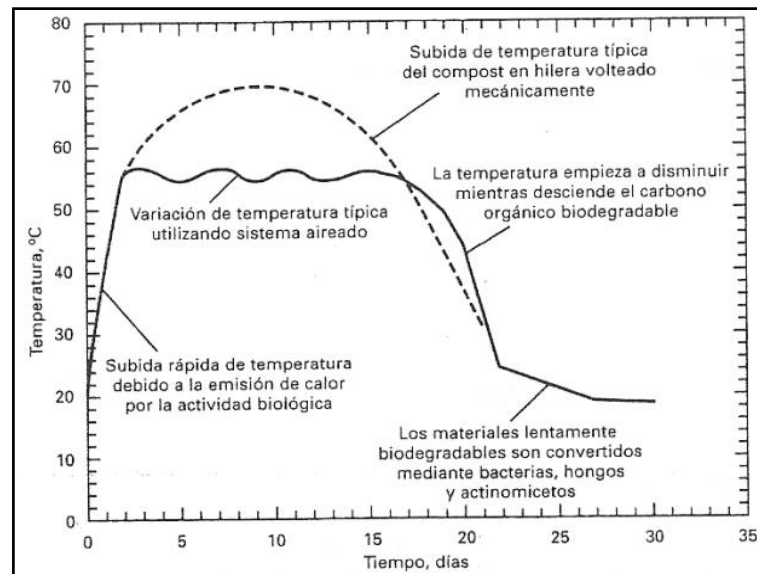
#### **ACTIVIDADES DE TRATAMIENTO.**

- *Mezcla de los residuos para el compost*:- Esta operación depende del método utilizado, se trata ya de apilar los residuos pre tratados en cantidades manejables y proceder a la descomposición.
- *Control técnico del proceso de descomposición*.- Comprende el control de factores físicos como humedad, temperatura, potencial hidrógeno y aireación.

La *humedad* se determina por contenido de humedad de la material orgánico a triturar (*alimentación*), en el caso de existir demasiada humedad del (*producto*) triturado es recomendable mezclar con aserrín mejorando aún más la relación C/N (Carbono/Nitrógeno).

Al respecto de la *temperatura* (TCHOBANOGLOUS, 1994:343) sostiene que “la actividad metabólica de los microorganismos altera la composición química de la materia orgánica prima, reduce el volumen y el peso de los residuos, e incrementa el calor del material que es fermentado. Volteando la pila del compost se proporciona oxígeno para el proceso de descomposición y se controla la temperatura de los residuos degradándose. Cuando se agota la materia orgánica fácilmente biodegradable, se reduce la actividad bacteriana, la temperatura del material fermentándose empieza a bajar, y se completa la primera etapa del proceso de compostaje (ver Figura 2.3). El material fermentado normalmente se

cura durante un período de 2 a 8 semanas más, en hileras abiertas para asegurar su total estabilización”.



**Figura 2.3 Variación de Temperatura Durante el Proceso de Compostaje.**

Fuente: *TCHOBANOGLIOUS George. Gestión Integral de residuos Sólidos, USA (1994).*



**Figura 2.4. PH metro Instrumento de Medición Directa del pH.**

Fuente: *Alimentos- alcalinos. <http://muybio.com/>*

El pH se determina por los siguientes medios según la autora del libro (MOJA, 2004:135), sostiene que “la medida del pH puede realizarse de manera

aproximada, mediante el uso de *indicadores*, o bien de una forma mucho más exacta, utilizando unos instrumentos especiales diseñados para ello llamados *pH-metros*. En ambos casos se trata de métodos directos de medida del pH. Los *indicadores* son sustancias de naturaleza orgánica y estructura compleja, que presentan la propiedad de cambiar de color al modificar su estructura por variación del pH de la disolución en que se encuentra. Esta variación de color tiene lugar dentro de unos pequeños intervalos de PH.

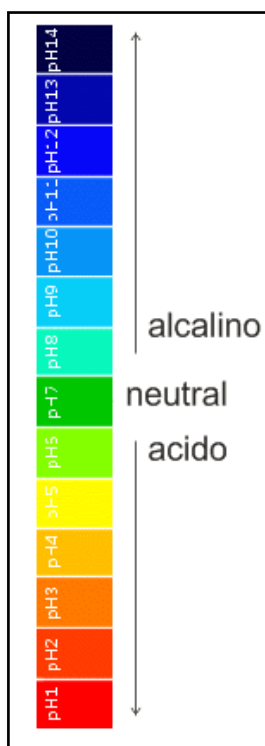
**Cuadro 2.2. Algunos Indicadores, sus Colores e Intervalos de Viraje (pH).**

<b>ALGUNOS INDICADORES DEL PH POR COLORES</b>			
<b>Indicador</b>	<b>Color ácido</b>	<b>Intervalo de pH (viraje)</b>	<b>Color básico</b>
Anaranjado de metilo	Rojo	3-4,5	Rojo
Rojo Congo	Rojo	3-5	Amarillo
Rojo de metilo	Rojo	4-6	Verde
Tornasol	Rojo	6-8	celeste
Fenolftaleína	Incoloro	8-9,5	Azul claro
Amarillo de alizarina	Amarillo	10-12	Azul oscuro

Fuente: *MOJA Margarita. Fundamentos de química y física para la conservación y restauración, España (2004).*

Mediante la combinación de diversos indicadores es posible cubrir el intervalo completo de valores de pH. El *papel indicador universal* consiste en una cinta de papel impregnado con determinadas sustancias indicadoras; cuando se humedece con una disolución muy ácida, pasando por color amarillo para disoluciones neutras, y tomando colores azules intenso en disoluciones básicas.

Los *pH-metros* son instrumentos que miden directamente, con mucha rapidez y exactitud el pH de las disoluciones. Están basados en métodos electroquímicos y determinan la diferencia de potencial que se establece entre dos disoluciones de diferente pH (diferente concentración de iones hidronio), las cuales están separadas por una membrana; esta diferencia de potencial está relacionada con el pH de la disolución problema. Los *pH-metros* pueden ser de lectura analógica, su valor se mide mediante la desviación de una aguja sobre una escala graduada, o bien de lectura digital y su valor aparece reflejado sobre una pantalla”.



**Figura 2.5. Indicador del pH en el Papel Indicador Universal.**

Fuente: *MOJA Margarita. Fundamentos de química y física para la conservación y restauración, España (2004).*

La *aireación* en el compostaje tiene que ver con la medida de *porosidad* considerando únicamente el espacio de poro ocupado por el aire (en inglés definido por las siglas AFP, Air Filad Porosity), la disminución de la porosidad en una masa sin estructura (pastosa) en consecuencia de tamaños de productos muy reducidos, he ahí la importancia del tamaño de la partícula triturada y la humedad facilitando la circulación de aire a través de los poros de la materia compostables. A esta intención Díaz (2010) afirma “como tal el suministro de oxígeno a los microbios involucrados es tanto el del aire en el ambiente y el aire atrapado dentro de los intersticios (los espacios entre las partículas) de los residuos. En la medida en que la tasa de difusión del aire del ambiente en la masa no es suficiente, el aire intersticial debe ser la principal fuente de oxígeno. Por consiguiente, si el contenido de humedad de la masa es tal alto como para desplazar la mayor parte del aire de los intersticios, entonces se desarrollan condiciones anaeróbicas dentro de la masa (p. 161)”.

## **FACTORES DE CONTROL TÉCNICO EN EL COMPOSTAJE.**

De acuerdo con las investigaciones realizadas para el análisis del abono orgánico, el proceso mismo de compostaje debe ser adecuadamente controlado dentro del proceso sobre todos aquellos factores que inciden directamente en la calidad del producto final. De esta manera se menciona el control sobre los siguientes aspectos:

*Materiales utilizados.*- Técnicamente se requiere de un control minucioso de los desechos orgánicos que van a ser utilizados. Los desechos orgánicos en general pueden clasificarse en:

- Residuos orgánicos rápidamente putrescibles.- Como desechos orgánicos frescos provenientes de alimentos, hierbas, cáscaras de frutas, etc.
- Residuos orgánicos lentamente putrescibles.- Como hojas de ramas y árboles, paja, aserrín, etc.
- Residuos orgánicos difícilmente putrescibles.- Como piezas de madera, ropas elaboradas con fibras naturales, cuero, cuernos, huesos, etc.

Los residuos orgánicos utilizados en proyectos de compostaje, deben tener ciertas características específicas para garantizar la obtención de un buen compost:

- Los residuos deben ser rápidamente putrescibles.
- Si pertenecen a la categoría de las lentas o difícilmente putrescibles deben ser triturados antes del proceso de compostaje.
- No deben contener desechos peligrosos provenientes de industrias (con excepción de las alimenticias) o centros hospitalarios.

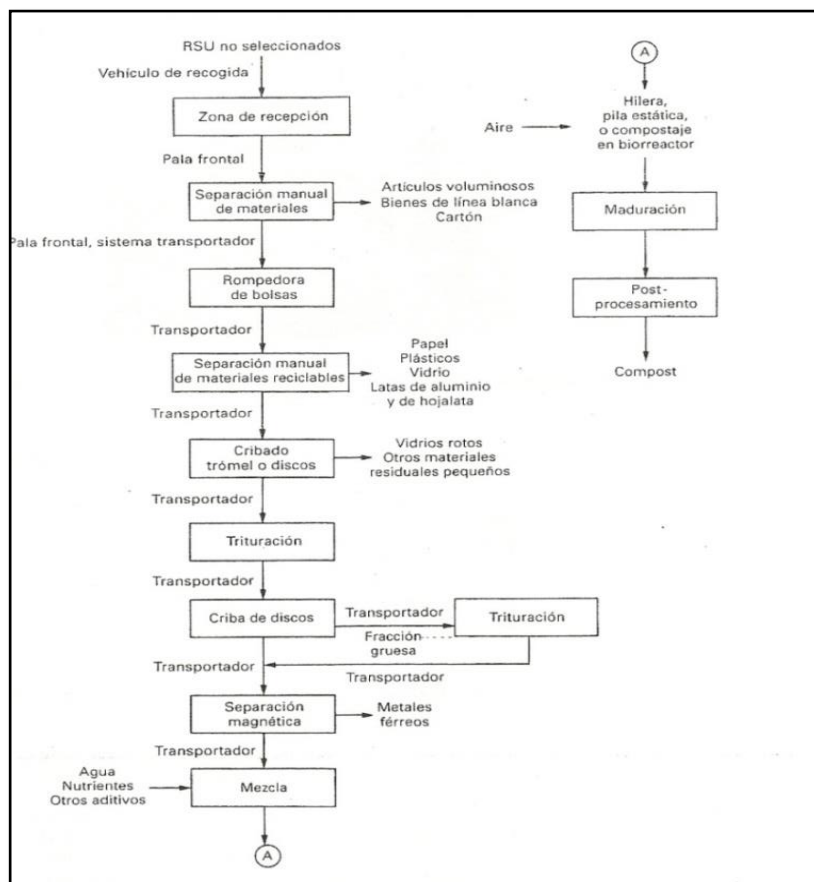
*Factores climáticos.*

- Los factores climáticos como la temperatura, el viento y la lluvia son factores de control en el proceso de compostaje pues tienen una alta influencia en la rapidez de la descomposición.
- El proceso de compostaje es más rápido en lugares húmedos y calientes.

- El compostaje debe ser protegido de los rayos del sol, pues generalmente éstos reducen la actividad microbiana del proceso, esto quiere decir que matan los microorganismos que convierten las sustancias orgánicas en minerales.
- El exceso de lluvia por su parte provoca un exceso de humedad disminuyendo la rapidez de la descomposición.
- El control técnico de los factores climáticos mejora las condiciones de elaboración del compost y mejora su calidad.
- La distribución de temperatura dentro de una masa de compostaje se ve afectada por las condiciones climáticas de su entorno y por aireación.

## DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.

Respecto a las operaciones del compostaje se detallan en la siguiente figura.



**Figura 2.6. Diagrama de Flujo Generalizado del Proceso de Compostaje.**

Fuente: TCHOBANOGLOUS George. *Gestión Integral de residuos Sólidos, USA (1994).*

El autor (TCHOBANOGLIOUS, 1994, 345), propone, “la mayoría de las operaciones modernas de compostaje están constituidas por tres pasos básicos: 1) pre procesamiento de los RSU, 2) descomposición de la fracción orgánica de los RSU, y 3) preparación y venta del compost final.

En la figura 2.6 se muestra un diagrama de flujo generalizado de proceso para el proceso de compostaje. En el pre procesamiento de los RSU para el compostaje son pasos esenciales la recepción, la separación de materiales recuperables, la reducción en el tamaño, y el ajuste de las propiedades de los residuos (por ejemplo, relación carbono-nitrógeno, adición de humedad y nutrientes). El grado de pre - procesamiento depende de los procesos específicos de compostaje empleados y de las especificaciones para el compost final.

La preparación y la comercialización del compost, el tercer paso en el proceso de compostaje, tiene lugar una vez curado y estabilizado el compost.

Actualmente ni hay ninguna definición universalmente aceptada sobre lo que constituye un compost totalmente estabilizado. La preparación y comercialización del producto puede incluir trituración fina, cribado, clasificación neumática, trituración y dosificación de aditivos, granulado, puesta en sacos, almacenados, transportados y, en algunos casos, venta directa.

### **SELECCIÓN DEL PROCESO BIOLÓGICO.**

Ambos procesos, aerobios y anaerobios, tienen cabida en la gestión de residuos sólidos. Cada proceso ofrece distintas ventajas.

En general el funcionamiento de los procesos anaerobios es más complejo que el de los procesos aerobios. Sin embargo, los procesos anaerobios ofrecen el beneficio de la recuperación de energía en forma de gas metano y por lo tanto son productos netos de energía.

Por otra parte, los procesos aerobios son consumidores netos de energía porque hay que suministrar oxígeno para la conversión de residuos, pero ofrecen la ventaja de un funcionamiento relativamente sencillo, y si se operan correctamente, pueden reducir significativamente el volumen de la porción

orgánica de los RSU. En el Cuadro 2.3 se resumen las ventajas relativas de los procesos aerobios y anaerobios. En el siguiente apartado se describen las características operacionales de los sistemas de procesamiento de residuos sólidos en casos de nuestro interés el aerobio.

**Cuadro 2.3. Comparación Entre los Procesos del Compostaje Aerobio y la Digestión Anaerobia para el Procesamiento de la Fracción Orgánica de los RSU.**

VENTAJAS RELATIVAS DE LOS PROCESOS AEROBIOS Y ANAEROBIOS		
Característica	Procesos aerobios	Proceso anaerobio
Uso energético	Consumidor neto de energía	Productor neto de energía
Productos finales	Humus, CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O	Fangos, CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub>
Reducción de volumen	Hasta el 50 %	Hasta el 50 %
Tiempo de procesamiento	20 - 30 días	20 - 40 días
Objetivo primario	Reducción de volumen	Producción de energía
objetivo secundario	Producción de compost	Reducción de volumen, estabilizado de residuos

Fuente: TCHOBANOGLIOUS George. *Gestión Integral de residuos Sólidos, USA (1994).*

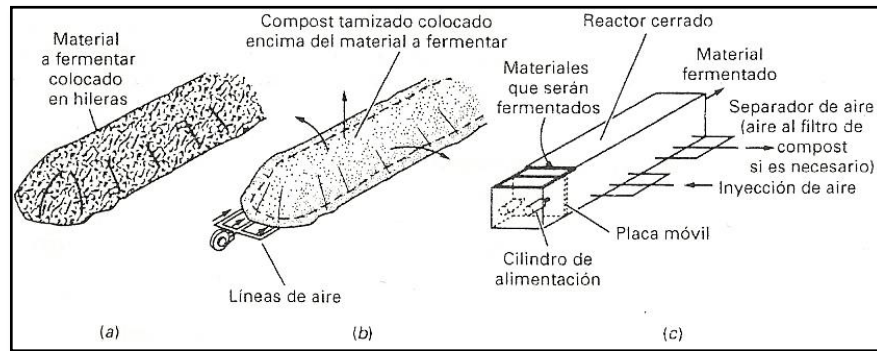
## EL COMPOSTAJE AEROBIO.

El compostaje aerobio es el proceso biológico más frecuentemente utilizado para la conversión de la fracción orgánica de RSU a un material húmico estable conocido compost (*Bocashi*). Las posibles aplicaciones del compostaje aerobio incluye: 1) residuos de jardín, 2) RSU separados, 3) RSU no seleccionados, y 4) compostaje conjunto con fangos de agua residuales. En este apartado se presentan las descripciones del proceso y las líneas directrices para el diseño del compostaje aerobio.

*Descripción del proceso.*- Todos los procesos de compostaje aerobio son similares en cuanto que incorporan tres pasos básicos: 1) pre procesamiento de RSU, 2) descomposición aerobia de la fracción orgánica de los RSU, y 3) preparación y comercialización del producto. Los tres métodos principales utilizados para el compostaje de la fracción orgánica de los RSU son *hilera*, *pila estática aireada*, y



en *biorreactor*. (Véase Figura 2.7). Aunque estos procesos difieren principalmente en el método utilizado para airear la fracción orgánica de los residuos sólidos, los principios biológicos siguen siendo los mismos, y cuando se diseñan y se operan correctamente, todos producen un compost de similar calidad en aproximadamente el mismo período de tiempo”.



**Figura 2.7. Métodos de Compostaje Comúnmente utilizados: (a) Hilera con Volteo Periódico, (b) Pila Estática Aireada y (c) Flujo Pistón en Biorreactor.**

Fuente: TCHOBANOGLIOUS George. *Gestión Integral de residuos Sólidos, USA (1994)*.

### 2.4.3 PROCESOS UNITARIOS EN LA INGENIERÍA DE PLANTAS.

A este tema el autor del libro de operaciones unitarias (WARRE, 2007: 23) define como, “un método muy conveniente para organizar la materia de estudio que abarca la ingeniería química y [mecánica] se basa en dos hechos: 1) aunque el número de procesos individuales es grande, cada uno puede ser fragmentado en una serie de etapas, denominadas operaciones, que se repiten a lo largo de los diferentes procesos; 2) las operaciones individuales tienen técnicas comunes y se basan en los mismos principios científicos. Por ejemplo, en la mayoría de los procesos es preciso mover los sólidos y los fluidos; transferir calor u otras formas de energía de una sustancia a otra, y realizar operaciones como el secado, *reducción de tamaño*, destilación y evaporación. El concepto de operación unitaria es el siguiente: mediante el estudio sistemático de estas operaciones en sí mismas operaciones que evidentemente constituyen la trama de la industria y las líneas de producción se unifica y simplifica el tratamiento de todos los procesos.

Aunque las operaciones unitarias son una rama de la ingeniería, se basan de igual manera en la ciencia y la experiencia.

Se deben combinar la teoría y la práctica para diseñar el equipo, constituido, ensamblarlo, hacerlo operar y darle mantenimiento.

Para un estudio completo de cada operación es preciso considerar de manera conjunta la teoría y el equipo, lo que constituye el objeto de este tratado.

#### **2.4.3.1 FUNDAMENTOS CIENTÍFICOS DE LAS OPERACIONES UNITARIAS.**

Para el estudio de las operaciones unitarias, son fundamentales diversos principios científicos y técnicas. Algunos de ellos son leyes físicas y químicas elementales como la conservación de la masa y energía, equilibrios físicos, cinética y ciertas propiedades de la materia.

Se enuncia algunos conceptos básicos:

*El Balance de materia.*- La ley de la conservación de la materia establece que la materia no se crea ni se destruye. Esto conduce al concepto de masa, y la ley se enuncia en la forma de que la masa de los materiales que intervienen en cualquier proceso es constante. Actualmente se sabe que la ley es muy limitada para el caso de materia que se mueve a velocidades cercanas a la de la luz o para sustancias que experimentan reacciones nucleares. En estas circunstancias, la energía y la masa son interconvertibles y la suma de las dos permanece constante, en vez de cada una por separado. Sin embargo, en la mayoría de las situaciones de ingeniería, esta transformación es demasiado pequeña para ser detectada; se considera que la masa y la energía son independientes. La conservación de la masa requiere que los materiales que entran a un proceso, o bien sea acumulado o salen del proceso, lo hagan de manera que no haya pérdida ni ganancia.

Los balances de materia han de cumplir para todo el proceso o equipo, así como para cualquier parte de los mismos. Se cumple tanto para todo el material que entra y sale del proceso como para cualquier material individual que pase a través de proceso sin modificarse.

El *Balance de energía*.- Un balance de energía se aplica a un proceso, o a una parte del mismo, separado de los alrededores por un límite imaginario. Como en un balance de masa, la entrada que cruza el límite debe ser igual a la salida más la acumulación; si las condiciones son de estado estacionario y no varía con el tiempo, la entrada es igual a la salida. En un balance de energía, es preciso incluir todas las formas de energía tales como la magnética, de superficie y de tensión mecánica, no varían y por lo tanto no se consideran. Las formas más importantes son la energía cinética, la energía potencial, la entalpía, el calor y el trabajo; en los procesos electroquímicos, hay que añadir a la lista la energía eléctrica”.

En el presente proyecto se enfatiza en el estudio de aquellas operaciones habituales empleadas en la industria de la recuperación de la materia orgánica, tanto para la reducción de tamaño de los residuos sólidos orgánicos o de procesos para obtener abono orgánico a partir de materias primas biodegradables rechazadas.

#### **2.4.3.2 OPERACIONES EN LAS QUE INTERVIENEN PARTÍCULAS DE SÓLIDOS.**

A la mención el autor (WARREN, 2007: 1009) puntualiza, “los sólidos en general, son más difíciles de tratar que los líquidos o gases. En los procesos, los sólidos presentan diferentes apariencias: piezas angulares, láminas continuas o polvos finamente divididos. Pueden ser duros y abrasivos, resistentes o gomosos, blandos o frágiles, polvorientos, cohesivos, de fluidez libre o pegajosa. Independientemente de su forma, es preciso encontrar medios para manipular los sólidos tal como se presentan, y, si es posible, para mejorar sus características de tratamiento. Al propósito de las *propiedades y tratamiento de partículas sólidas*, de todas las formas y tamaños en que es posible encontrar los sólidos, la partícula pequeña es la más importante desde el punto de vista de la ingeniería química. Es necesario un conocimiento de las características de las masas de los sólidos en forma de partículas para el diseño de procesos y del equipo que opera con corrientes que contienen tales sólidos”. De acuerdo a los parámetros requeridos en las operaciones unitarias para los residuos orgánicos, se tienen los siguientes procesos:

a) *Captación*: Lugar destinado a la recepción de los residuos orgánicos y preclasificación manual de residuos varios. Es necesario mencionar que los recolectores serán pesados en una báscula a la entrada del relleno, para registrar los datos de ingreso de basura y tener un control de la cantidad de desechos que llega a la planta.

b) *Separación y clasificación*: En esta etapa se realiza la separación de los desperdicios que puedan ser reciclados de acuerdo a sus características y composición.

c) *Trituración*: Se procede a la reducción de tamaño es un factor importante no sólo en el diseño y operación del manejo de sistemas de residuos sólidos, sino también en la recuperación de materiales y su conversión energética. Estos subprocesos hacen que los residuos aumente el valor en el mercado.

d) *Compactación*: Finalmente el material orgánico ya triturado se lo pasa al área de compactación y almacenamiento donde se reduce el volumen en pacas facilitando los procesos de compostaje.

#### **2.4.3.3 CARACTERIZACIÓN DE PARTÍCULAS SÓLIDAS.**

Las partículas sólidas individuales se caracterizan por su tamaño, forma y densidad, las partículas de sólidos homogéneos tienen la misma densidad que el material original. Las partículas que se obtienen por el rompimiento de un sólido compuesto, tal como una mena metálica, tiene varias densidades, por lo general diferentes de la densidad del material original, El tamaño y la forma se especifican fácilmente para partículas regulares, tales como esferas y cubos, pero en el caso de partículas irregulares (pedazos de residuos) los términos tamaño y forma no resultan tan claros y es preciso definirlos de manera arbitraria.

Respecto al *tamaño de las partículas* el autor (WARREN, 2007: 1012) afirma, “en general, es posible especificar *diámetro* para cualquier partícula equidimensional. Las partículas que no son equidimensional, es decir, que son más largas en una dirección que en otras, algunas veces se caracterizan por la *segunda* dimensión de mayor longitud. Por convención, los tamaños de las

partículas se expresan en diferentes unidades dependiendo del intervalo de tamaños que intervienen. Las partículas gruesas se miden en pulgadas o milímetros, las partículas finas en función de abertura del tamiz, y las partículas muy finas en micrómetros o nanómetros. Las partículas ultra finas se describen a veces en función de su área de superficie por unidad de masa, por lo general en metros cuadrados por gramo”. El tamaño de partículas individual se conoce mediante diámetro equivalente. Según el tamaño de partícula y distribución del tamaño, escribe PARDAVÉ (2006); “el tamaño y su distribución de los componentes de los residuos son una consideración importante dentro de la recuperación de materiales, especialmente con medios mecánicos como cribas, troquel, *tritadoras*, mesas de sacudidas, separadores magnéticos,... etc.

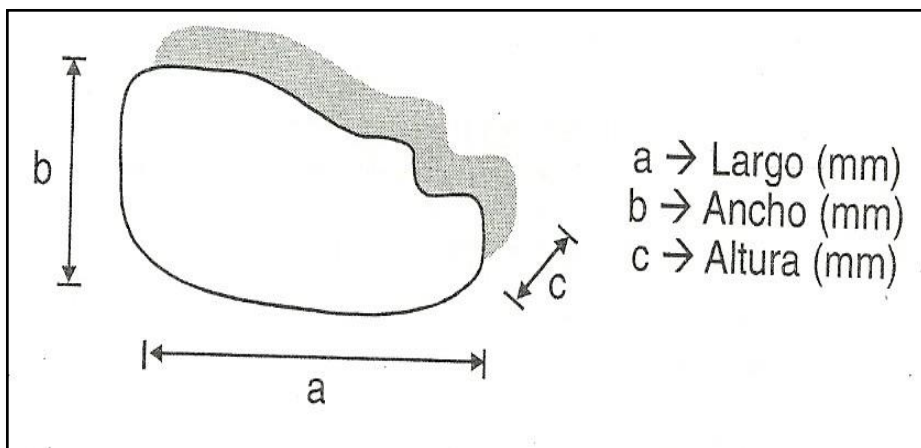
El tamaño de una partícula sólida ( $D_p$ ), puede definirse mediante una de las siguientes medidas (véase Figura 2.8), (p. 34,35)”.

Tamaño de partícula en dimensión principal (mm)  $D_p = a(2.1)$

Tamaño de partícula vista de un plano  $D_p = \left[ \frac{a+b}{2} \right] (2.2)$

Tamaño de partícula real aritmética  $D_p = \left[ \frac{a+b+c}{3} \right] (2.3)$

Tamaño de partícula real geométrica  $D_p = (a * b * c)^{\frac{1}{3}}(2.4)$



**Figura 2.8. Dimensiones de Una Partícula Sólida (Componente).**

Fuente: PARDAVÉ Walter. *Reciclado Industrial de Metales*. Bogotá (2006).

Las dimensiones del material a la entrada y salida del proceso de trituración tienen gran importancia, dentro de la recuperación de los residuos biodegradables especialmente con un medio mecánico debido a que este factor determina la relación de reducción del tamaño, en la cantidad de superficie de las partículas de los residuos que están expuestas a ataques microbianos en la práctica del compostaje.

#### **2.4.4 PROCESO DE REDUCCIÓN DE TAMAÑO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS.**

Como afirma el autor (DÍAZ, 2010:84) que “según se usa en el manejo de residuos sólidos, el término *reducción de tamaño* tienen varios sinónimos, cuando de los cuales son *desmenuzado, fresado, triturado y molienda*. El desmenuzado ha sido adoptado ampliamente con respecto a reducción de tamaño de los residuos sólidos”. El término *reducción de tamaño* se aplica a todas las formas en que las partículas de los sólidos se cortan o rompen en otras más pequeñas.

En la industria, los sólidos se reducen de tamaño por diferentes medios y con fines también diferentes. Los trozos de los minerales extraídos de los yacimientos se trituran para obtener tamaños más manejables.

La reducción de tamaño de las partículas aumenta también la reactividad de los sólidos, permite la separación de los componentes no deseados por medios mecánicos y reduce el volumen de los materiales fibrosos que son así más fáciles de manejar. Adicional el autor (HERNÁNDEZ, 2008: 310) que, “la reducción de tamaño es la operación unitaria por la que se disminuye el tamaño medio de las partículas de un producto mediante fuerzas mecánicas.

Aplicando a productos sólidos, la reducción de tamaños se denomina *trituración, molienda o corte*; en la de productos líquidos se incluyen la *atomización, la homogeneización y la emulsificación*”. Existen múltiples razones para la reducción de tamaño como afirma el autor Rodríguez (2005), “a través de los alimentos o de las materias primas utilizadas para su fabricación de alimentos, entre ellas pueden destacarse:

- *Aumento de superficie específica.* Cuando menor es el tamaño de las partículas mayor es la superficie por unidad de masa del producto. Por ello la utilización de tamaños de partículas reducidos incrementa la velocidad de los trasportes de energía y materia, que se verifican a través de la superficie de los sólidos. De esta forma el tiempo necesario para el desarrollo de operaciones como secado, horneado, extracción con disolventes de determinados componentes, etc., se reduce al disminuir el tamaño de las partículas.
- *Facilitar la mezcla con otros materiales.* El grado de homogeneización que se obtiene en una mezcla de partículas sólidas se incrementa al disminuir el tamaño de las partículas (p. 21)”.

“A este propósito el autor (HERNÁNDEZ) menciona... las fuerzas mecánicas que intervienen en la reducción de tamaño de alimentos sólidos son la compresión, el impacto y la cizalla, aunque en cada equipo suele predominar una de ellas.

Las fuerzas de compresión son las más importantes en la trituración de materiales groseros hasta obtener partículas de unos 3 mm, mientras que la cizalla suele estar asociadas a la molienda o reducción de tamaño para obtener productos de tamaño mucho menor, en polvo.

La trituración y la molienda se suelen considerar operaciones muy ineficaces desde el punto de vista energético. Tan sólo una pequeña parte de energía aplicada se emplea realmente en la ruptura o fragmentación del sólido. La mayor parte se dirige a la deformación de ese sólido y a la creación de nuevas líneas de debilidad por las que se pueda producir la ruptura de los fragmentos.

El resto de la energía se disipa en forma de calor. Entre las propiedades de los alimentos que determinan la cantidad de energía necesaria para su fragmentación se encuentran la dureza y la friabilidad (o tendencia al desmenuzamiento), así como contenido de agua.

#### *A) Equipo y aplicaciones en la Industria Alimentaria.*

Los aparatos para la reducción de tamaño tienen diferentes diseños y dimensiones. La selección del equipo adecuado dependerá de las características que tengan el

producto de partida y de las que deseen en el producto final. Atendiendo a las características del producto de partida se distingue entre aparatos para la desintegración de:

1. *Alimentos duros y secos*, con los que se persigue la obtención de fragmentos o polvos más o menos secos. Se incluyen aquí una gran variedad de *molinos* que, en general, tienen una construcción robusta, son de acero y operan a velocidades lentas. Entre las principales aplicaciones se pueden mencionar la molienda de cereales, azúcar, leche deshidratada, especias, colorantes, etc.
2. *Alimentos frescos*, Como la carne, las frutas y las hortalizas en general más blandas, fibrosas y húmedas. Las fuerzas de interés son de *impacto* y *cizalla*. En muchos casos el equipo es parecido al de alimentos duros y secos, sustituyendo las superficies planas por superficies cortantes. Ejemplo de este tipo de operaciones son rebanado o fileteado, el troceado en escamas y en cubos, el picado y el desmenuzamiento.(p. 311, 312)”

#### 2.4.4.1 NATURALEZA DE LAS FUERZAS UTILIZADAS EN LA REDUCCIÓN DE TAMAÑO.

En este tema el autor (J. G. BRENNAN, 1998: 46) expone “que en general, se pueden distinguir tres tipo de fuerzas de las que, en cualquier proceso de trituración, suelen operar más de una. Las fuerzas que predominan en las trituradoras son las siguientes:

**Cuadro 2.4. Naturaleza de las Fuerzas de Triturado.**

TIPOS DE FUERZAS DE REDUCCIÓN DE TAMAÑO		
Fuerza	Principio	Aparatos
Compresión	Compresión (cascanueces)	Rodillos trituradores
<i>Impacto</i>	<i>Impacto (martillo)</i>	<i>Molino de martillos</i>
Cizalla	Frotamiento (piedra de molino)	Molino de discos

Fuente: J. G. BRENNAN, *Las operaciones de la ingeniería de los Alimentos, España (1998)*.



Las fuerzas de compresión se utilizan para la trituración grosera de productos duros. Las fuerzas de impacto se pueden considerar de uso general, empleándoseles en la molienda fina, media y gruesa de una gran variedad de productos alimenticios. Las fuerzas de cizalla se utilizan extensamente en aparatos para la trituración de productos blandos, no abrasivos, para obtener piezas de tamaños muy pequeños, es decir, en la molienda fina. El término trituración (crushing) se aplica generalmente al desmenuzamiento de materiales muy gruesos hasta tamaños de orden de 3 mm. Molienda es, en cambio, un término empleado para referirse a la obtención de productos en polvo. La trituración se suele llevar a cabo aplicando fuerzas de compresión y molienda mediante fuerza de cizalla.

#### **2.4.4.2 RELACIÓN DE REDUCCIÓN (R.R.).**

La relación:

$$\frac{\textit{Tamaño mediodelacarga}}{\textit{Tamaño mediodelproducto}} ;$$

Se conoce como relación de reducción y se utiliza para predecir la conducta más probable de un aparato. Las trituradoras, utilizadas con materiales muy gruesos, tienen relaciones de reducción inferiores a 8:1, mientras que, en la molienda fina, se pueden lograr relaciones de 100: 1. Depende, en gran manera, de la máquina y del producto de partida. Los valores promedios del tamaño la carga y el producto resultante dependen del método de medida. Se usan diferentes diámetros promedio, según el método empleado para determinar la distribución en tamaños de partícula y la interpretación estadística de los resultados obtenidos.

#### **2.4.4.3 CONSIDERACIONES EN QUE SE BASA LA SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS.**

El objeto primordial de un proceso económico de reducción de tamaño es lograr la reducción deseada al costo mínimo. Tanto los costos de adquisición, como los de operación y mantenimiento juegan todos un papel importante en la rentabilidad del proceso, por lo que se deben considerar cuidadosamente los de diferentes alternativas posibles, antes de seleccionar cualquier sistema concreto. Al diseñar

las características del proceso de que se trate, es obligado considerar los diferentes equipos utilizables. En general, será necesario conocer las características de los productos de partida, de las máquinas existentes y los productos finales.

#### **2.4.4.4 DUREZA DE LOS ALIMENTOS.**

Aunque no sea habitualmente una preocupación primaria en el procesado de los alimentos, conocer la dureza de los productos de partida puede ser importante para la selección de los aparatos de trituración. *La dureza está relacionada con el módulo de elasticidad*; los materiales duros pueden ser quebradizos y fracturarse rápidamente, en cuanto se supere el límite elástico, o dúctiles y deformarse mucho, antes de fragmentarse.

Estos comportamientos influye en la mayor o menor dificultad de trituración y en la energía requerida para ello. En general, los productos más duros son más difíciles de triturar. Se necesita más energía y tiempos más prolongados de residencia en la *zona de acción*, lo que puede requerir: (a) reducir la producción de un molino dado, o (b) utilizar un molino de mayor capacidad, para una determinada producción. Como los materiales duros son casi siempre abrasivos, puede desgastar mucho las superficies de trabajo. Estas superficies deben ser de *materiales duros y resistentes al desgaste como el acero al manganeso y de fácil recambio*. Para reducir el desgaste, los molinos para la reducción de tamaño de productos duros se mueven con relativa lentitud, debiendo ser de construcción robusta, para que puedan soportar los esfuerzos mecánicos que se desarrollan. Por esta razón, se suele prestar poca atención al mantenimiento de estas máquinas.

#### **2.4.4.5 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 efectuara 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 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 arranque de grietas, es posible que sean mejores las fuerzas de impacto y cizalla. Muchos *productos alimenticios* tienen una *estructura fibrosa*, y no pueden desintegrarse por fuerzas de compresión o impacto, por lo que es necesario desgarrarlas o cortarlas.

#### **2.4.4.6 HUMEDAD.**

La presencia de agua puede facilitar o complicar el proceso de trituración. Para la mayoría de las sustancias un contenido en humedad mayor 2% o 3% puede producir el embotamiento del molino y reducir su capacidad de producción y su eficacia.

La humedad puede facilitar también la aglomeración de los productos, lo que dificulta la obtención de un polvo fino y de flujo libre.

La formación de polvo que tiene lugar en la molienda en seco de muchos sólidos también puede crear problemas, ya que:

- a) La inhalación prolongada de polvos, por otra parte inocuos, puede originar enfermedades respiratorias peligrosas; los operarios han de protegerse contra este riesgo.
- b) Muchos productos alimenticios sólidos, cuando finamente divididos son muy inflamables, en la industria alimentaria, no son desconocidas las explosiones del polvo.

La presencia de pequeñas cantidades de agua contribuye a reducir el polvo y, en aquellos casos en los que el agua es aceptable, es frecuente el usar aspersores para reducir la formación de polvo. En ciertas aplicaciones, se introducen en el sistema de molienda grandes cantidades de agua.

El agua transporta las partículas sólidas por la zona de acción en forma de una papilla que flujo libre. Esta clase de molienda húmeda se utiliza mucho en la molienda del maíz.

#### **2.4.4.7 EQUIPOS PARA LA REDUCCIÓN DE TAMAÑOS.**

La reducción de tamaños de un residuo orgánico la realizan, básicamente, las máquinas cortadoras, los molinos y las trituradoras; para efecto del presente estudio se descarta el análisis, refiriendo al autor (WARREN, 2003 : 855) comenta que “ los molinos que emplean impacto y frotamiento, combinados a veces con compresión; los molinos de ultra finos específicamente y ; debido a que no acepta partículas de alimentación superior a 0,5 cm, el tamaño de producto es de 1 a 50 micrones”, cuyos tamaños son innecesarios para nuestro propósito. A que las dimensiones de los residuos de alimentación y producto tienen gran importancia en la selección del equipo de reducción de tamaño, debido a la relación de reducción de tamaño apropiado para el proceso aerobio degradable de la masa orgánica aprovechable como materia prima para el compost.

Según el autor de la tesis (CAJAS, 2011: 28), “los materiales de entrada de acuerdo a su tamaño se clasifican de la siguiente manera:

- Material grueso: fragmentos de un tamaño mayor a 750 mm.
- Material mediano: fragmentos de un tamaño de 100 a 750 mm.
- Material fino: fragmentos de un tamaño menor a 100 mm.

Por otra parte, según el tamaño que tienen las partículas a la salida de las máquinas de desintegración, se pueden distinguir las distintas etapas de trituración y molienda.

Trituración (desintegración gruesa):

- Trituración gruesa: tamaños de partículas de salida: 150 mm.
- Trituración mediana: tamaños de partículas de salida: entre 30 y 150 mm.
- Trituración fina: tamaños de partículas de salida: entre 5 y 30 mm.

Molienda (desintegración fina):

- Molienda gruesa: tamaños de partículas de salida: entre 0,1 y 5 mm.

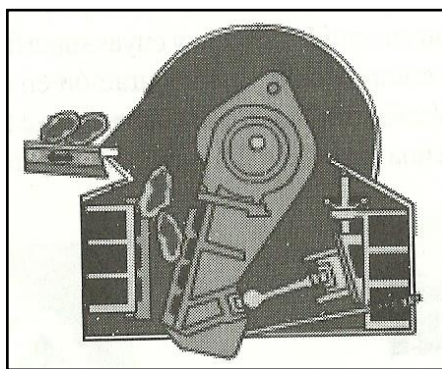
- Molienda fina: tamaños de partículas de salida: menores de 0,1 mm.

La trituración grosera, mediana y fina corresponden, prácticamente, a la primera, segunda y tercera etapa de la trituración; mientras que la molienda grosera y fina corresponden a las etapas primaria y secundaria de la molienda”.

A este propósito el autor (PARDAVÉ ,2006: 37-41), manifiesta, “la *fragmentación* de trozos o partículas gruesas a tamaños más pequeños donde se busca: liberar partículas para pasos posteriores o también generar productos finales de tamaños aceptables para su manipulación. Las operaciones unitarias de reducción de tamaños de partícula más utilizadas son:

- *La trituración*, que aplica esfuerzos mecánicos de compresión y flexión entre superficies rígidas o por impacto contra superficies duras, todo ello dentro de un espacio limitado. Por lo general la trituración es un proceso en seco y puede llevar a cabo en distintas etapas o fases, en cada uno de los cuales se consigue determinado grado de reducción.
- *La molienda*, que utiliza esfuerzos mecánicos de abrasión e impacto del material entre sí y como elementos de movimiento libre, como bolas, barras, o guijarros. Frecuentemente se realiza en húmedo y puede llevarse a cabo en una sola fase o etapa. Dentro de los equipos básicos tenemos:

### **TRITURADORA DE MANDÍBULAS O QUIJADAS.**



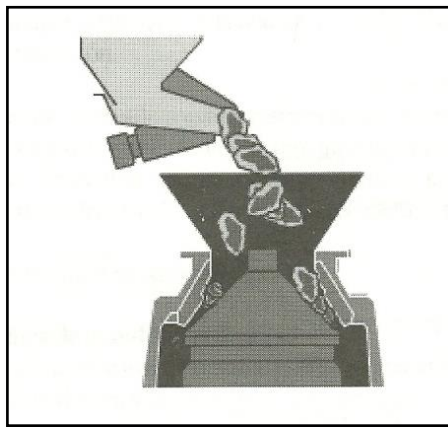
**Figura 2.9. Trituradora de Mandíbulas o Quijadas.**

Fuente: PARDAVÉ Walter. *Reciclado Industrial de Metales*, Bogotá (2006).

Es una trituradora de mandíbulas la alimentación recibe entre dos mandíbulas que forman una V abierta por la parte superior. Una mandíbula, llamada fija, es casi vertical y no se mueve, la otra, denominada oscilante, se encuentra en frente y tiene un movimiento alternativo en un plano horizontal, formando un ángulo de 20 a 30° con la mandíbula fija. (Ver Figura 2.9).

### **TRITURADORAS GIRATORIAS.**

Consiste en un cono con movimiento rotatorio excéntrico, que gira dentro de otro fijo, aproximándose y separándose periódicamente.



**Figura 2.10 Trituradora Rotatoria Excéntrica.**

Fuente: PARDAVÉ Walter. *Reciclado Industrial de Metales*, Bogotá (2006).

Las generatrices correspondientes de cada superficie y las disposiciones básicas son diferentes, manteniéndose siempre la misma disposición constructiva (Ver Figura 2.10). Son máquinas de utilización muy amplia siendo su campo de empleo desde trituración primaria, capaz de recibir grandes bloques hasta la secundaria y terciaria”.

### **2.4.4.8 LOS MOLINOS.**

Según el autor (CAJAS, 2011: 36), menciona que “estas máquinas manejan materiales de medianos tamaños y pueden efectuar operaciones de molienda grosera y fina; la naturaleza de las fuerzas son de percusión, aplastamiento, fricción, desgarramiento, arranque, cizallamiento y atrición, con una

producción entre 1 y 60 ton./h; pero la finura media es bastante basta, del orden de 1 mm.

Se clasifican en molinos que actúan por cizallamiento, frotamiento, percusión y por aplastamiento; siendo los molinos de cuchillas, de discos, de martillos y de rodillos los más representativos de cada clase respectivamente; dentro del proceso de molienda se pueden combinar los tipos de fuerzas y obtener un mejor desempeño de los dispositivos, de este criterio se desprenden los molinos de esferas y barras que combinan las acciones de impacto y frotamiento para efectuar una mejor molienda de ciertos materiales. Estos equipos se utilizan en la industria de alimentos, especialmente en productos secos de origen vegetal”.

**Cuadro 2.5. Clasificación de los Molinos por su Funcionamiento.**

<b>MODO DE ACCIÓN Y TIPO DE LOS MOLINOS</b>	
<b>ACCIÓN</b>	<b>TIPO</b>
<b>Impacto</b>	Martillos
Impacto y Frotamiento	Esferas Barras
Frotamiento	De disco único Doble disco
Cizallamiento	Cuchillas Sierras
Aplastamiento	Rodillos

Fuente: CAJAS, *Diseño de un Triturador Pulverizador de Estopa de Coco*, Quito (2011).

### **MOLINO DE MARTILLOS E IMPACTORES.**

Como afirma el autor del libro de las operaciones unitarias Warren (2003), “todos estos molinos de martillos tienen un rotor de alta velocidad que gira dentro de una

carcasa cilíndrica. El eje puede ser vertical u horizontal (véase Figuras 2.11 – 2.12). La alimentación se introduce por la parte de superior de la carcasa, se rompe y sale por una abertura en el fondo. En un molino de martillos las partículas son rotas por grupos de martillos móviles conectados a un disco giratorio.

Una partícula de alimentación que entra en la zona de molienda no puede escapar y es golpeada por los martillos. Se quiebra en trozos que se proyectan contra la placa estacionaria dentro de la carcasa, donde se rompe en fragmentos todavía más pequeños. Estos, a su vez, son convertidos en polvo por los martillos que lo empujan a través de un enrejado o tamiz que cubre la abertura de descarga.

Frecuentemente se montan varios discos giratorios, de 15 a 45 cm de diámetro, sobre el mismo eje. Cada disco lleva montado de cuatro a ocho, martillos móviles, que pueden ser barras rectas de metal con extremos planos, alargados o agudos, con un borde cortante.

Los molinos intermedios de martillos obtienen un producto con tamaño de partícula entre 2,5 cm y 20 mallas. En los molinos de martillos para reducción fina, la velocidad periférica de los extremos puede alcanzar los 7.000 m/min; reducen de 0,1 a 15 Tm/hrs a tamaños menores a 200 mallas. Los molinos de martillos muelen casi todo: *sólido fibroso* duro, como cortezas o cueros; *pastas húmedas* blandas, arcilla pegajosa y rocas duras.

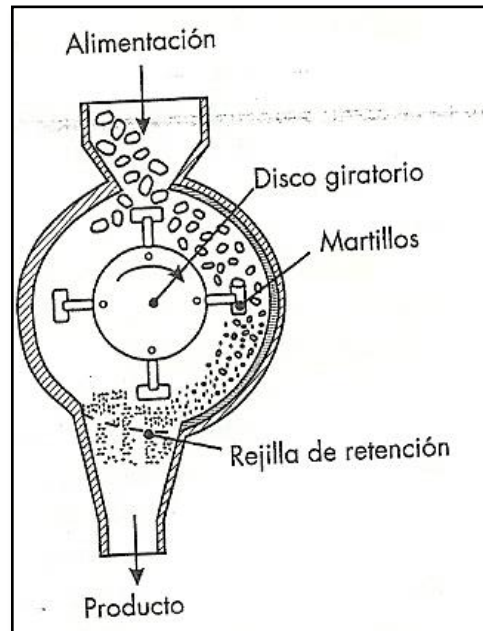
La capacidad y la potencia necesaria de un molino de martillos varían mucho con la naturaleza de la alimentación y no se pueden estimar con seguridad a partir de consideraciones teóricas.

Lo mejor es recurrir a la información existente en cada caso y preferiblemente realizar ensayos en pequeña o gran escala con el molino, empleando el material que ha de tratarse. Los molinos comerciales reducen de 50 a 200 kg de sólido por hora y por caballo de vapor-hora de energía consumida.

Los impactores se emplean frecuentemente como máquinas de reducción primaria para rocas y minerales, tratando hasta 600 Tm/hrs. Dan partículas que son



aproximadamente equidimensionales (cúbicas) que las partículas de forma laminar obtenidas en una trituradora de mandíbulas o en una giratoria. El rotor de un impactor, al igual que en los molinos de martillos, puede girar en ambas direcciones para prolongar la vida de los martillos (p. 864)”.



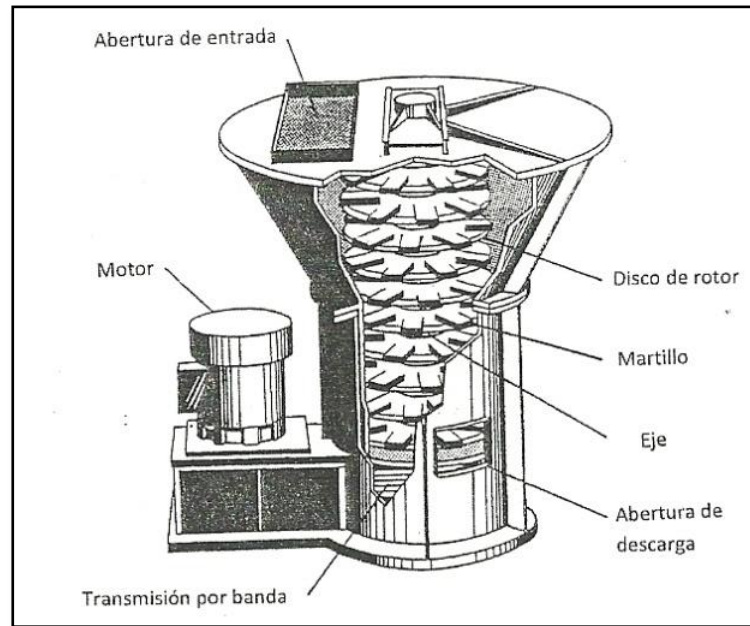
**Figura 2.11. Molino de Martillo (Eje Horizontal).**

Fuente: RODRÍGUEZ Francisco. *Operaciones de procesado de Alimentos*, (2002).

Un *impactor*, se parece a un molino de martillos, pero no tiene enrejado o tamiz. Las partículas se rompen sólo por impacto sin la fricción característica de los molinos de martillos.

Al respecto del contenido el autor del manual del ingeniero químico (PERRY, 1992: 8-41), argumenta, “Estos molinos que sirven para pulverizar y desintegrar funcionan a altas velocidades. El eje del rotor puede ser vertical u horizontal, aunque predomina esta última modalidad. El eje sostiene a los martillos, llamados a veces *agitadores*, y pueden ser elementos en forma de T, de estribo, barra o anillo fijos o pivotados al eje o a los discos fijos que van sobre el eje. El rotor del molino de martillo funciona dentro de un recipiente que contiene placas o revestimientos de molienda. El espacio abierto que se conserva entre los revestimientos y el rotor es importante con respecto a la finura de producto. En

general se tiene una *pantalla o rejilla cilíndrica* que encierra todo o parte del rotor. La finura del producto se regula combinando la *velocidad del rotor*, la *velocidad de alimentación* o la *abertura entre los martillos* y la placa de molienda, así como cambiando la *cantidad* y el *tipo* de martillos utilizados y el *tamaño* de las aberturas de descarga”.



**Figura 2.12. Molino de Martillo (Eje Vertical).**

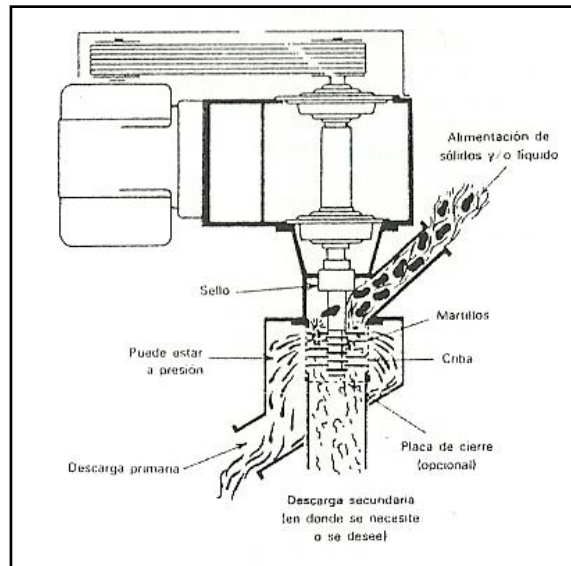
Fuente: *DÍAZ. Reciclaje y Tratamiento Biológico de los Residuos Sólidos Municipales, Ecuador (2010)*

### **DESINTEGRADOR RIETZ.**

La máquina Rietz, según el manual del ingeniero químico de (PERRY, 1992: 8-43), (véase figura 2.13) “consta de un rotor que gira dentro de un receptáculo con una pantalla o criba de 360°, cubriendo todo su contorno. El eje rotatorio es casi siempre vertical y el rotor incluye varios martillos diseñados para girar, con separaciones más o menos pequeñas en comparación al interior de la crica cilíndrica que encierra la cámara de desintegración. Por lo común, los martillos

están rígidamente fijos en el eje, colocados en un orificio, sujetos con pasadores o bien soldados; pero, cuando es conveniente, se utilizan martillos de vaivén.

El material entra en la cámara de desintegración en forma paralela al eje como sucede en los molinos de atrición con discos, en lugar de hacerlo de manera tangencial, como acontece en los molinos de martillos. El producto se descarga por lo común en sentido radial hacia el exterior, pasando por una criba clasificadora de tamaños que rodea por completo al rotor. Los materiales procesados en los desintegradores Rietz son a menudo (resistentes) y elásticos más que duros y sensibles al agrietamiento. Muchas de las aplicaciones se efectúan con materiales *mojados* y de, éstos quizá la mitad de los materiales son lechadas o suspensiones factibles de bombearse.



**Figura 2.13. Desintegrador Rietz.**

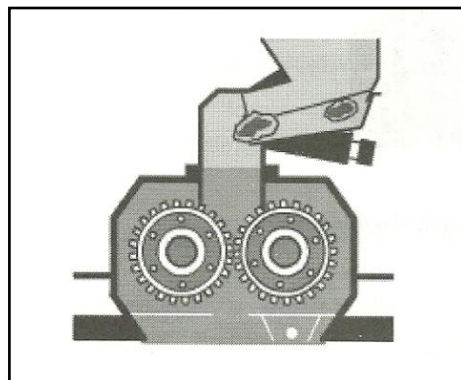
Fuente: PERRY. *Manual del Ingeniero Químico, México.* (1992).”

Es probable que las mayores ventajas del diseño de este desintegrador se encuentre en las aplicaciones en las que el contenido se sólidos está dentro de la gama de 40 a 80%, en esta gama es en donde se encuentran con mayor frecuencia materiales *pegajosos, gomosos y resistente al flujo*. Con estos materiales que tapan a menudo las pantallas o las cribas de los molinos de martillos convencionales, al desintegrador Rietz sigue funcionando, debido a que los espacios reducidos de los martillos hacen que la criba se mantenga abierta, lo que

permite moler a tamaños más pequeños y uniformes que lo que normalmente es posible en otros equipos. En materiales de alimentación que tienen hasta un 80% o más de sólidos, el impacto desempeña a menudo un papel importante en el desintegrador Rietz. Los materiales de alimentación sólidos deben reducirse a trozos de tamaños de 1/8 a 2 pulg como sucede normalmente en la descarga del pre quebrantador Rietz. La *descarga diferenciada* o *descarga dual* permite obtener en el otro extremo de la cámara de desintegración, una descarga secundaria que consiste en cualquier que no haya pasado por la criba clasificadora. Esto permite eliminar el material de desecho o separar la fracción más dura de una alimentación combinada, por ejemplo, las fibras resistentes de la médula en la producción de la fibra de bagazo. La característica de esta descarga secundaria se emplea en muchos casos como control de sobrecargas y el material en exceso se recircula al otro extremo de recepción del material del desintegrador, hasta que todo éste pasa por la criba. Los desintegradores Rietz cuentan normalmente con diámetros de rotor de 4 a 24 pulg, con velocidad de rotación que producen velocidades en la punta de los martillos que varían de 1 000 a 22 000 pies/min y potencias de ½ y 200 hp.

### **TRITURADORA DE RODILLO.**

Está basada en la trituración del material por compresión entre dos rodillos de ejes paralelos que giran en sentido opuesto, introduciéndose la alimentación entre ambos cilindros mediante una tolva.



**Figura 2.14. Trituradora de Rodillos.**

Fuente: PARDAVÉ Walter. *Reciclado Industrial de Metales*, Bogotá (2006).

Los alimentos se rompen al ser obligados a pasar por el espacio entre ambos cilindros. Y cuyas superficies están revestidas de placas de acero con composición y configuración en consonancia con el material fragmentado, Dependiendo de las características de alimentación pueden utilizar rodillos lisos, o rodillos que disponen de estrías o dientes que ayudan a forzar al material a pasar entre ambos cilindros (véase Figura 2.14).

### **DESMENUZADORES.**

Los más utilizados son los desmenuzadoras dentadas se emplean también para materiales frágiles o vidrios, la acción de estas máquinas es más bien de desgarramiento que de compresión, lo que genera un calentamiento mínimo, para fragmentos menos finos, con requisitos de potencia un poco menores.



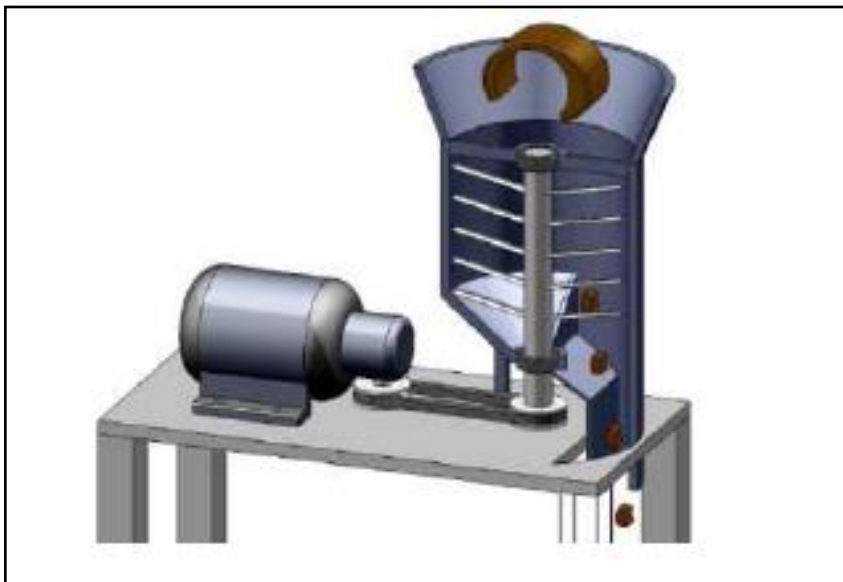
**Figura 2.15. Desmenuzador de Vidrio.**

Fuente: CAJAS, *Diseño de un Triturador Pulverizador de Estopa de Coco, Quito (2011)*.

En este caso también el funcionamiento de la máquina se basa a un molino de cuchillas, el número de discos que sostienen las navajas es variable, yendo desde 1 hasta 20 dependiendo del tipo de aplicación. Los discos poseen una gran masa y tienen diferentes configuraciones, sobresaliendo las circulares y triangulares; generalmente se ubican 2 o 3 cuchillas en la periferia de los discos y en algunos casos se regulan por sistemas de pistones o por resorte- tornillo, por lo cual la estructura del equipo debe ser más robusta.

## **CORTADORAS ROTATORIAS.**

Estas máquinas, como se puede observar en la (Figura 2.16) constan de una amplia cámara de corte, la cual está atravesada por un eje que porta cuchillas uniformemente distribuidas en toda su longitud las mismas que pueden ordenarse perpendicularmente al eje o pueden tener un pequeño ángulo de inclinación. El eje gira a altas revoluciones y puede alinearse horizontal o verticalmente a la cámara de molienda, siendo esta última la más eficiente. Estos equipos son utilizados generalmente para procesar materiales húmedos, ideal para las aplicaciones agropecuarias, las máquinas más representativa de esta clase son las picadoras de forraje.



**Figura 2.16. Esquema de la Sección Transversal de una Picadora de Forraje.**

Fuente: CAJAS, *Diseño de un Triturador Pulverizador de Estopa de Coco*, Quito (2011).

### **2.4.5 CONTAMINACIÓN RESIDUAL.**

Muchos se hablan hoy en día de ecología, de ambiente y de equilibrio, entre otros conceptos, debido a que el agotamiento de los sistemas naturales que habitamos y utilizamos para nuestra existencia se ha convertido en uno de los temas esenciales de nuestra civilización. El desarrollo industrial y tecnológico característico de las sociedades actuales ha generado, en una forma verdaderamente alarmante, una

enorme cantidad de desechos que la naturaleza es incapaz de reintegrar. Esto ha provocado una serie de trastornos que han originado la disminución de nuestra calidad de vida, a causa de un fenómeno llamado contaminación.

Se denomina contaminación residual a la presencia en el ambiente de cualquier agente (físico, químico o biológico) o bien de una combinación de varios agentes en lugares, formas y concentraciones tales que sean o puedan ser nocivos para la salud, la seguridad o para el bienestar de la población, o bien, que puedan ser perjudiciales para la vida vegetal o animal, o impidan el uso normal de las propiedades y lugares de recreación y goce de los mismos. La contaminación ambiental es también la incorporación a los cuerpos receptores de sustancias sólidas, líquidas o gaseosas, o mezclas de ellas, siempre que alteren desfavorablemente las condiciones naturales del mismo, o que puedan afectar la salud, la higiene o el bienestar del público.

El incremento a pasos agigantados de los avances tecnológicos incentiva, al acelerado crecimiento demográfico, que producen alteraciones al medio, llegando a consecuencias irremediables, atentando y contribuyendo al desequilibrio biológico de planeta.

Desde el punto de vista ecológico, podemos hablar de dos tipos de contaminación: una provocada por los elementos biodegradables, y otra producida por materiales no biodegradables.

Se considera contaminantes biodegradables aquellos residuos que pueden ser descompuestos por la acción natural de organismos vivos, como lombrices, hongos y bacterias, principalmente. Este fenómeno permite que los elementos que forman tales residuos queden disponibles para su nueva incorporación a la naturaleza de una manera útil. Sin embargo, el problema con este tipo de contaminantes se presenta cuando su cantidad excede a su capacidad natural de descomposición. Entre los materiales biodegradables tenemos todos los que se derivan de fuentes orgánicas, es decir, los que proceden de organismos vivos; y como ejemplo encontramos el papel, el cartón, los restos de vegetales y animales...etc. Tanto la actividad natural como humana contribuyen a la

contaminación orgánica del medio ambiente. La descomposición de la materia animal y vegetal da lugar a ácidos húmicos y fúlvico y a materias colorantes. Los residuos domésticos contienen materias orgánicas en descomposición, detergentes y microorganismos. Los vertidos industriales contienen múltiples compuestos orgánicos, tales como aceites y disolventes. De la actividad agrícola resultan residuos de herbicidas y pesticidas.

#### **2.4.5.1 ESCALA DE PRIORIDADES EN REDUCIR LA CONTAMINACIÓN:**

1. Reducción en origen
2. Reutilización
3. Reciclado
4. Valorización
5. Vertido

*Reducción en origen:* Consiste en reducir la cantidad de sustancias contaminantes presentes en cualquier flujo de residuos, actuando en el mismo proceso que los origina. Puede conseguirse adoptando medidas del tipo:

- Revisión en el diseño de productos
- Aplicación de tecnologías limpias
- Modificación de procesos de comercio
- Mejoras en mantenimiento
- Técnicas de control de existencias

*Reutilización:* Empleo de un producto usado para el mismo fin para el que fue creado originariamente.

*Reciclado:* Transformación de los residuos, dentro de un proceso de producción, para su fin inicial u otros fines. Incluye: Compostaje, Biometanización. No incluye: Incineración con recuperación de energía.

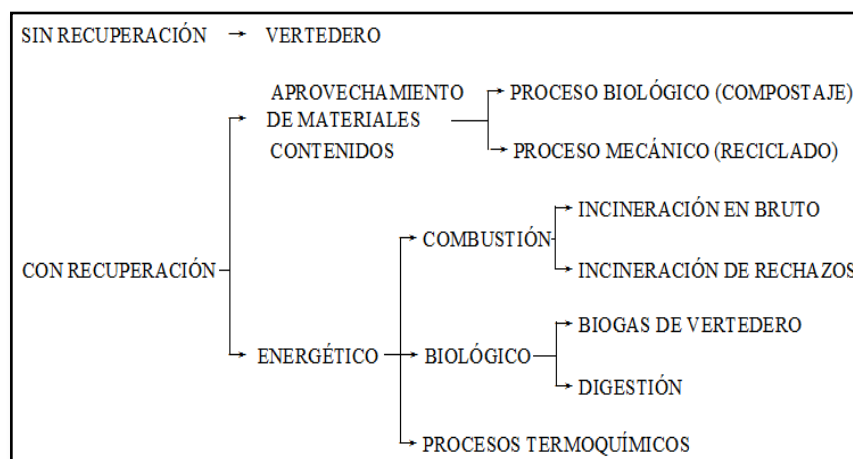


**Valorización:** Aprovechamiento de los recursos contenidos en los residuos, sin poner en peligro la salud humana o el medio ambiente. Puede lograrse a través de:

- La recuperación de materias primas o sustancias valiosas del residuo.
- Utilización como fuente de energía.

**Vertido:** Desecho de los residuos que no tienen ningún tipo de valor, por lo general se lo realiza en rellenos sanitarios.

**Gestión Ambiental:** Conjunto de políticas, normas, actividades operativas y administrativas de planeamiento, financiamiento y control estrechamente vinculadas, que deben ser ejecutadas por el Estado y la sociedad para garantizar el desarrollo sustentable y una óptima calidad de vida.



**Figura 2.17. Métodos de Gestión de los “Biorresiduos”<sup>1</sup>**

Fuente: *curso-biomasa-energías-renovables/biomasa* [www.mailxmail.com/](http://www.mailxmail.com/)

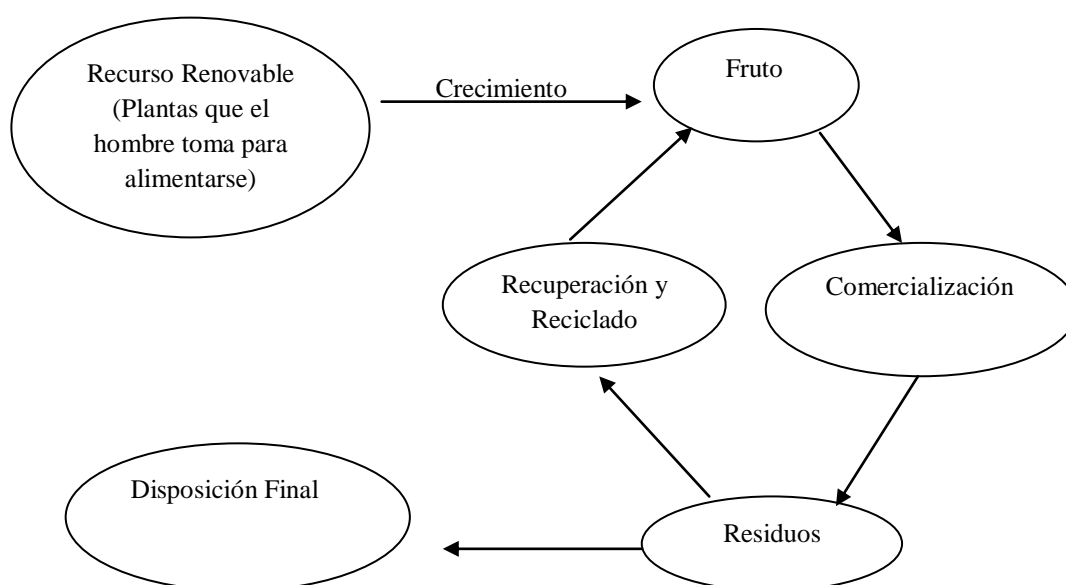
Según la revista (RESIDUOS, 2004: 56), precisa “a la hora de seleccionar cuáles son los mejores métodos de revalorización de los desechos orgánicos, habría que considerar numerosos factores: por ejemplo, la cantidad de residuos, los costos e inversiones necesarios para llevar a cabo la transformación, el espacio disponible, el entorno comercial y agronómico, las leyes locales, las necesidades prioritarias de cada zona, etc.”.

<sup>1</sup>El concepto de biorresiduos engloba todos los residuos que son biodegradables.

## 2.4.6 LA RAZÓN DE SER DE LA RECUPERACIÓN Y EL RECICLADO DE RESIDUOS DE ALIMENTOS.

Cual sea el tipo de residuo o producto que se trate (frutos, hierbas, residuos de jardín...) su ciclo de vida completo según las etapas siguientes:

Plantas, crecimiento, producto, venta, residuo y tratamiento del residuo y disposición final. (Ver Figura 2.18).



**Figura 2.18. El Camino de la Recuperación y Reciclado en el Ciclo de los Frutos.**

Fuente: *Autor.*

La recuperación perfecta y el reciclado ideal serían los que no produjeran residuo alguno, algo que, evidentemente resulta por hoy imposible, entre otras razones.

Respecto al tema (PARDAVÉ, 2006: 5) Expone:

- “Condiciones física o química bajo las que se presentan algunos productos o sustancias en los residuos.

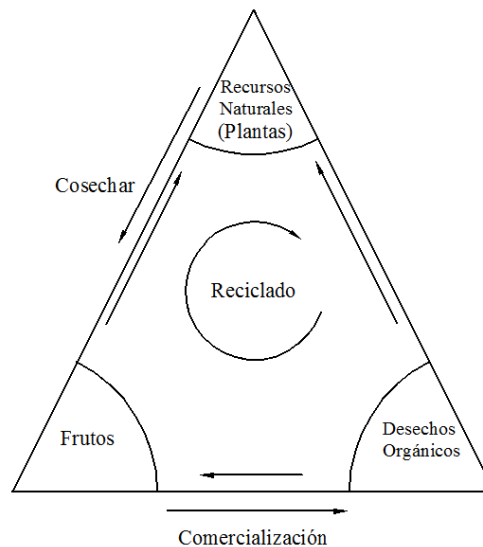
- La energía necesaria para una recuperación total resultaría prohibida. Hay que distinguir la energía necesaria para concentrar el material recolectado y la que se requiere para procesar el material recuperado o concentrado.

De ahí la razón de ser del reciclado y recuperación de los desechos se da por:

- [El aprovechamiento de los recursos naturales en desuso.]
- [La conservación de la salubridad y ornato del Mercado.]
- La disminución de los residuos finales o definitivos destinados a vertederos y rellenos sanitarios.
- La conservación del medio ambiente.”

De una forma simplificada y esquemática se puede esbozar la forma de reciclaje.

### **RECICLAJE SIN TRATAMIENTO.**



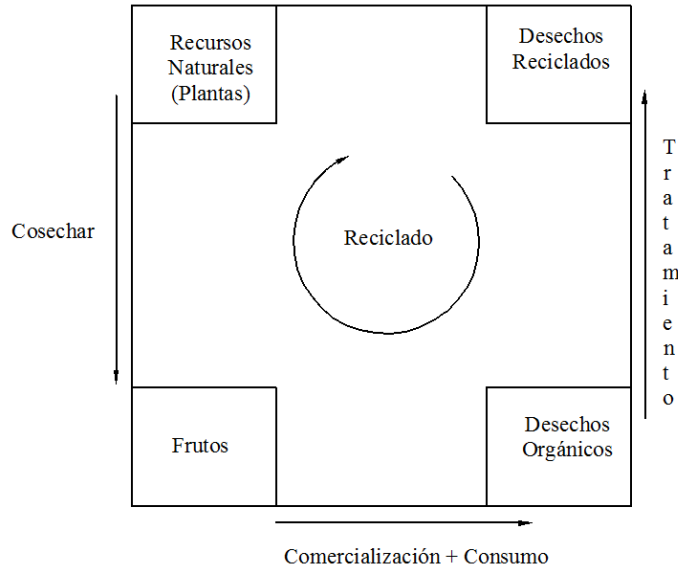
**Figura 2.19. Reciclado Sin Tratamiento.**

Fuente: PARDAVÉ Walter. *Reciclado Industrial de Metales*, Bogotá (2006).

En la Figura siguiente se describe que los desechos recuperados no sufren alteraciones importantes en su estado físico, químico o biológico. A modo de ejemplo: el reciclado de materia orgánica.

## RECICLAJE CON TRATAMIENTO.

En la Figura siguiente se describe este tipo de reciclaje, donde los residuos recuperados se someten a una transformación que permite su uso de forma distinta a la original. A modo de ejemplo: la trituración de la materia orgánica para producir fertilizantes para suelos.



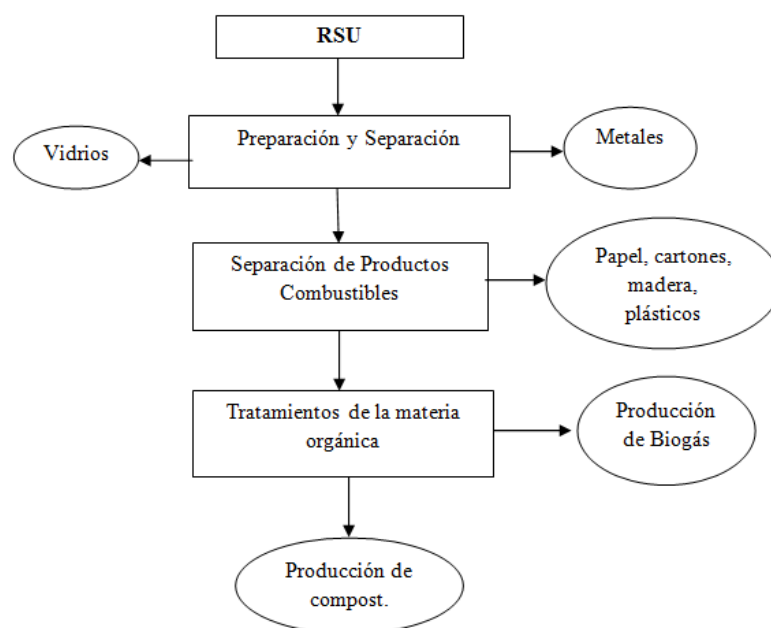
**Figura 2.20. Reciclado Con Tratamiento.**

Fuente: PARDAVÉ Walter. *Reciclado Industrial de Metales*, Bogotá (2006).

Los residuos orgánicos se pueden tratar de tres vías. Como precisa (PARDAVÉ, 2006: 12), de forma “térmica (incineración y pirolisis), biológica (compostaje y otros), y separación basada en las propiedades físicas con fines de reciclado.

La vía de la separación basada en las propiedades físicas de diferencia, se encamina por los métodos clásicos de esta última: trituración, clasificación, separación magnética, [...], separación neumática, etc.

Al final lo que se busca es concentrar la materia orgánica, que se derivará para formar compost”. En la Figura 2.21 expone esquemáticamente de forma general este tratamiento; el proceso Francés Valorga, desarrollado y comercializado por la empresa Valorga Process S. A., ofrece un tratamiento integral de los RSU producidos en una ciudad y de donde se logra obtener como productos: metales, vidrio, combustibles, biogás y compost”.



**Figura 2.21. Esquema General de Proceso Valorga para el Tratamiento de RSU.**

Fuente: *Obtenido de Video Promocional de Valorga Proceso S. A Francia (1995).*

## **2.5 HIPÓTESIS.**

La reducción de tamaño de partícula de los residuos sólidos orgánicos del mercado mayorista de Ambato, mediante un proceso unitario permitirá disminuir el volumen ocupacional y además obtener el tamaño de partícula adecuado para facilitar su manejo posterior.

## **2.6 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES.**

### **2.6.1 VARIABLE INDEPENDIENTE.**

La reducción de tamaño de partícula de los residuos sólidos orgánicos.

### **2.6.2 VARIABLE DEPENDIENTE.**

Disminuir el volumen ocupacional y además obtener el tamaño de partícula adecuado para facilitar su manejo posterior.

### **2.6.3 TÉRMINO DE RELACIÓN.**

Permitir.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN.**

Para la investigación a realizar en el presente proyecto existirá un enfoque tanto en variables cuantitativas como en cualitativas.

Se utilizó el aspecto cuantitativo con énfasis en resultados, al considerar la tabulación numérica en el caso de la producción diaria del porcentaje de residuos sólidos orgánicos en relación a los residuos sólidos que se producen en el mercado mayorista

En cuanto al aspecto cualitativo, se estudió parámetros orientados a la comprobación de la hipótesis como también explicativos sobre procesos de trituración, la normativa de la gestión ambiental, énfasis en procesos renovables de residuos sólidos orgánicos.

#### **3.2 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN.**

##### **3.2.1 MODALIDAD**

La presente investigación contendrá una modalidad que abarca los siguientes niveles:

*De Campo.* Se realizó en el lugar de los hechos, es decir donde ocurren los fenómenos a estudiar. Este tipo de investigación se apoya en informaciones que provienen de otras, de entrevistas, cuestionarios, encuestas y observaciones.

*Documental Bibliográfica.* En la investigación con el propósito de detectar ampliar y profundizar diferentes enfoques, teorías y enfoques acerca del tema del proyecto basándose en los documentos y publicaciones existentes al respecto.

*Experimental.* La investigación tiende a plantear una solución al problema basándose en el estudio sistemático e interpretativo en variables independientes para observar los efectos en las variables dependientes con el propósito de precisar la relación efecto - causa.

### **3.2.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

Los tipos de investigación utilizadas son:

- **Investigación Aplicada.** Inicia de un problema y pretende dar solución o aportar positivamente para la solución del mismo.
- **Exploratoria.** La investigación persigue obtener un primer conocimiento o propuesta, la cual posteriormente puede ser prolija o perfeccionar a partir del planteamiento inicial.
- **Descriptiva.** Las variables a estudiar son evaluadas en el presente, en el momento de realizar la investigación.

### **3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA.**

Al existir el mayor porcentaje de residuos orgánicos generados en EP-EMA, teniendo problemas resultantes de las actividades comerciales de productos agrícolas y que su resultado o consecuencia de la comercialización trae como efecto la presencia de acumulación de residuos orgánicos contribuyente a la generación de agentes contaminaste residuales en el mercado mayorista de la ciudad.

Todos los residuos de origen orgánico primordiales causantes de la contaminación residual en el mercado, de tal modo que nos concentramos en nuestra población y muestra a los principales generadores de los residuos sólidos orgánicos y a las causas principales de la contaminación residual en la EP-EMA.

#### **3.3.1 TAMAÑO DE LA MUESTRA.**

La determinación del tamaño de la muestra, tiene como objetivo primordial obtener información representativa, válida y confiable de toda la población;

minimizando costos y tiempo. A continuación se detalla la forma de cálculo del tamaño de la muestra del presente estudio para el segmento identificado:

*Segmento de comerciantes catastrados de la EP-EMA:*

Existen diversas fórmulas de cálculo del tamaño de la muestra. En este estudio se toma a la prueba piloto como el primer proveedor de información, para determinar los porcentajes de aceptación ( $p$ ) y rechazo ( $q$ ), que demuestra el público hacia el producto. Así se aplica la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z^2 * pqN}{Ne^2 + Z^2pq} \quad (3.1)$$

*Dónde:*

$n$  = Tamaño de la muestra.

$Nc$  = Nivel de confianza.

$Z$  = Valor de  $z$  crítico, correspondiente a un valor dado del nivel de confianza.

$N$  = Tamaño de la población.

$p$  = Porcentaje de aceptación del producto, obtenido de la prueba piloto.

$q$  = Proporción de rechazos.

$e$  = Error.

*Datos:*

$n = ?$

$Nc = 95\%$

$Z = 1,96$

$N = 1.836$  comerciantes catastrados

$p = 50\% = 0.50$



$$q = 50\% = 0.50$$

$$e = 5\% = 0.05$$

Antes de aplicar estos datos, se debe mencionar que como resultado de la prueba piloto, existió un 100% de proporción de éxito (p) hacia el producto y consecuentemente un 0% de rechazo (q). Pero, la estadística recomienda que se debe tomar en cuenta valores más conservadores, es por ello que se toma un porcentaje de éxito del 50% y uno de rechazo del 50%. Aplicando estos datos a la fórmula anterior, el tamaño de la muestra es la siguiente:

$$n = \frac{1,96^2(0,5) * (0,5) * 1836}{1836 (0,05)^2 + (1,96)^2(0,5)(0,5)}$$

$$n = 318 \text{ comerciantes catastrados}$$

Es decir que del total de la población, se considero una muestra de 318 comerciantes catastrados, los mismos que en base a cada nave el porcentaje de generación de residuos orgánicos almacenados en sus contenedores respectivos, a fin de cubrir toda la zona de influencia del proyecto y obtener datos representativos del total poblacional.

Seguido se presenta el cuadro en que se detalla el número de encuestas por nave y población involucrada de una u otra manera con la generación de residuos orgánicos causal primordial de la contaminación residual en la EP-EMA.

**Cuadro 3.1. Número de Encuestas Realizadas en la EP-EMA.**

Naves	Encuestas
A	13
B	19
C	13
D	13
F	13
G	13
H	19
K	13
L	26
M	19
N	19

O	45
P	19
Q	19
R	13
Comedores	6
Salidas	6
Entradas	4
Tiendas	5
Personal de Limpieza y Autoridades	9
Cubículo	12
<b>Total</b>	<b>318</b>

Fuente: *Autor.*

### 3.4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

#### 3.4.1 VARIABLE INDEPENDIENTE.

V.I.: La reducción de tamaño de partícula de los residuos sólidos orgánicos.

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumentos
Acción de triturar o reducir el tamaño de la materia orgánica en un menor tamaño, obteniendo un producto final que sea uniforme y considerablemente reducido en comparación con su forma original contribuyendo al proceso de biodegradación compostables, realizado por procesos triturables inicialmente mecánicos.	Materia orgánica	-Densidad voluminosa -Humedad -pH	¿Cómo influyen las características físicas de los desechos orgánicos en la trituración?	-Investigación de campo -Documentación Bibliográfica.
	Reducción de tamaño	Fracción compostables.	¿Qué orden de fracción orgánica es adecuada para el compost?	-Investigación de campo -Documentación Bibliográfica
	Triturables	Mecanizada.	¿Qué rango de velocidad es recomendable para triturar desechos orgánicos?	-Investigación de campo -Observación directa.

### 3.4.2 VARIABLE DEPENDIENTE.

V.D.: Disminuir el volumen ocupacional (contaminantes Residuales) en el Mercado Mayorista de la ciudad de Ambato.

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumentos
- Transformación de los residuos de distintos orígenes dentro de un proceso de producción para su fin inicial o para otros fines.	Trasformación	Recursos renovables	¿Qué tipo de recurso renovable económico se puede implementar con desechos orgánicos?	- Cuadros estadísticos -Investigación científica.
- Reducción del volumen de los residuos sólidos contribuyendo a disminuir la cantidad de residuos con destino a rellenos sanitarios.	Volumen	Espacio ocupacional de residuos sólidos orgánicos	¿Qué porcentaje de residuos sólidos orgánicos se reducirá en el mercado mayorista?	-Documentación Bibliográfica -Observación directa. -Pruebas de campo

### **3.5 PLAN DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.**

En el presente estudio se va analizar exclusivamente 15 naves las cuales incorporan la mayor generación de residuos sólidos biodegradables en el mercado. Mencionadas a continuación (A,B,C,D,F,G,H,K,L,M,N,O,P,Q), adicionalmente la zona del consumidor final que comercializa productos al por menor de las cuales se procederán a recolectar información pertinente a la generación de residuos orgánicos en fracción másica y volumétrica

La técnica más común es la observación directa, que en este caso predominará en las modalidades de observación de laboratorio, de campo e indirecta, por tratarse de una investigación de carácter técnica.

Adicionalmente se hará revisión crítica de la información recogida para ciertos temas puntuales como el estudio de la cantidad de desechos sólidos que se generan en el mercado mayorista, la determinación de la cantidad de los desechos que son orgánicos. Sus instrumentos de apoyo serán los cuestionarios de preguntas, como también graficar representar los resultados mediante gráficos estadísticos al analizar e interpretar los resultados relacionándolos con las diferentes partes de la investigación, especialmente con los objetivos y la hipótesis

### **3.6 PLAN PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN**

Para el procesamiento adecuado de la información se van a seguir varios lineamientos entre los cuales podemos mencionar los siguientes:

- Procesar de los datos obtenidos experimentalmente para llegar a obtener las mejores conclusiones.
- Tabular los cuadros de las variables con respecto a la hipótesis, como también a su relación intrínseca.
- Tabular las encuestas realizadas conociendo e interpretando los principales problemas de contaminación residual en la EP-EMA
- Analizar e interpretar los resultados obtenidos en el estudio de reducción de tamaño idóneo para la masa orgánica, obteniendo materia prima para el

proceso de compost (Bocashi) de buena calidad, contribuyendo al aprovechamiento residuos orgánicos generados en el mercado mayorista.

### **3.6.2 Plan de Análisis e Interpretación de Resultados.**

El análisis de los resultados está basado en la información obtenida y registrada en las tablas y gráficos, enmarcándose en las premisas siguientes:

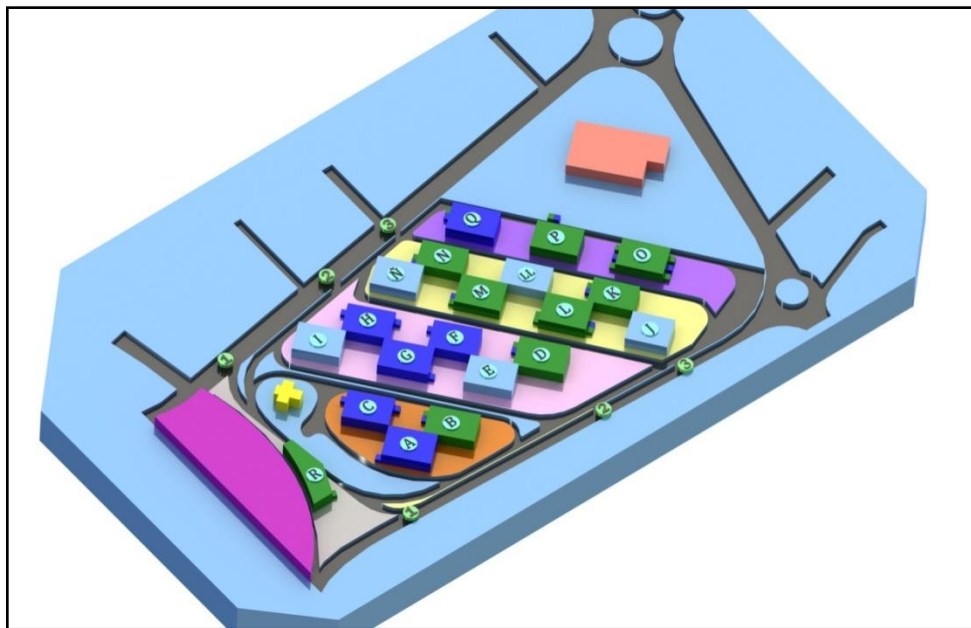
- Análisis de los resultados estadísticos, destacando tendencia o relaciones fundamentales de acuerdo con los objetivos e hipótesis que se trata de incluir un aprovechable adecuado que puede generarse como un proceso biodegradable factible de realizarlo.
- Comprobación de hipótesis. Para la comprobación estadística conviene seguir la asesoría de un especialista.
- Interpretación de los resultados, con apoyo del marco teórico, en el aspecto pertinente.

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

#### 4.1 ANÁLISIS DE RESULTADO

En la siguiente figura se representa las naves y zonas de incidencia en la generación de los residuos procesables orgánicos.



	<b>ORGÁNICOS</b>
	<b>INORGÁNICOS</b>
	<b>PLATAFORMA Y CUBÍCULOS</b>
	<b>PLANHOFA C. A</b>
	<b>ADMINISTRACIÓN</b>
	<b>ZONA (1)</b>
	<b>ZONA (2)</b>
	<b>ZONA (3)</b>
	<b>ZONA (4)</b>
	<b>CONSUMIDOR FINAL (ZONA 5 )</b>
	<b>ENTRADAS Y SALIDAS</b>
	<b>VÍAS DE CIRCULACIÓN</b>

Figura 4.1. Origen de los Residuos Sólidos, Zonificación y Contenerización.

Fuente: *El Autor.*

Por el color *verde* las naves que tienen la mayor ocurrencia de generación de residuos sólidos orgánicos y el color *azul* para las naves de mayor generación de inorgánicos de la EP-EMA

#### 4.1.1 Análisis de Lugares de Almacenamiento y Comercialización.

En el siguiente cuadro se muestran los lugares de almacenamiento temporal (acopio) de los productos comercializados al por mayor.

**Cuadro 4.1. Descripción de Cubículos con sus Bodegas.**

CUBÍCULOS CON BODEGAS EXISTENTES		
CUBÍCULOS	NUMERO DE BODEGAS	DESCRIPCIÓN
A	12	Tomate de Árbol y Afines
		Fruta en General
		Fruta Importada
E	9	Granos Secos
		Víveres en General
		Granos Nacionales e Impostados
G	10	Ajo
		Cebollas Importadas
		Granos Secos Nacionales e Importados
I	12	Papas
J	7	Abarrotes
Ñ	24	Huevos

Fuente: *El Autor.*

En el siguiente cuadro se describe las naves que generan la mayor cantidad de residuos orgánicos por comercialización mayorista y minorista (Menudeadores).

**Cuadro 4.2. Descripción de las Naves de la EP-EMA.**

DESCRIPCIÓN DE LOS PRODUCTOS PRINCIPALES COMERCIALIZADOS POR NAVES	
NAVES	PRODUCTOS PRINCIPALES
A	FRUTA IMPORTADA
B	TOMATE DE RIÑÓN, ZANAHORIA
C	FRUTA IMPORTADA, NARANJILLA



<b>D</b>	GRANOS TIERNOS
<b>F</b>	PAPAS
<b>G</b>	AJO, CEBOLLA IMPORTADA
<b>H</b>	PAPAS, MELLOCOS
<b>K</b>	FRUTA DEL VALLE
<b>L</b>	TOMATE DE ÁRBOL, CEBOLLA RAMA
<b>M</b>	AJO, CEBOLLA RAMA
<b>N</b>	CEBOLLA ROJA
<b>O</b>	HORTALIZAS
<b>P</b>	FRUTA DE LA COSTA
<b>Q</b>	FRUTA DE LA SIERRA
<b>R</b>	HIERBAS MEDICINALES
<b>CONSUMIDOR FINAL</b>	FRUTA, VERDURAS HORTALIZAS

Fuente: *El Autor.*

Cabe mencionar por su importancia en el aprovechamiento las hierbas medicinales, los cuales en este estudio los asimilaremos con los residuos de jardín.

#### **4.1.2 Agentes Generadores de los Residuos Orgánicos.**

Las personas que están relacionadas de manera intrínseca con la contaminación residual de la EP-EMA. Con un total de 10 487 personas que realizan sus labores cotidianas los días de comercialización.

**Cuadro 4.3. Número de Personas Implicadas en la EP-EMA.**

<b>PERSONAL RELACIONADO CON EL MERCADO</b>		
Comerciantes Catastrados	1.836	Comerciantes
Minorista Informales o Menudeadores	600	Comerciantes
Personas que fluyen en los días de feria	8.000	Transeúntes
Autoridades	6	Administrativos
Funcionarios del Mercado	45	Trabajadores
<b>Total</b>	<b>10 487</b>	<b>Personas</b>

Fuente: *Sr. Sixto Villares, sobrestante de Higiene del Mercado Mayorista.*

### 4.1.3. Densidades Voluminosas de los Residuos Orgánicos en la EP-EMA.

La densidad se determinó de forma experimental en el laboratorio.

**Cuadro 4.4. Densidad Voluminosa de los Residuos Orgánicos.**

<b>DENSIDAD VOLUMÉTRICA</b>			
<b>Masa Total [kg]</b>	<b>Masa de la muestra Orgánica [kg]</b>	<b>Volumen de la Muestra [m<sup>3</sup>]</b>	<b>Densidad [kg/m<sup>3</sup>]</b>
<b>3,3889</b>	<b>2,925</b>	<b>0,012</b>	<b>235,115</b>

Fuente: *El Autor*

### 4.1.4 Análisis Aproximado de Generación de los Residuos Sólidos Orgánicos.

A continuación presentamos el cuadro informativo de análisis de generación de los residuos orgánicos en relación a todos los residuos por naves y por tachos.

**Cuadro 4.5 Datos Informativos de Generación de Residuos Sólidos en las Naves que Conforma la EP-EMA.**

<b>GENERACIÓN TOTAL DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN MASA Y VOLUMEN</b>					
<b>NAVES</b>	<b>TACHOS</b>	<b>% EN VOLUMEN DE PRODUCCIÓN EN RELACIÓN A TODOS LOS RESIDUOS SÓLIDOS</b>	<b>% EN VOLUMEN DE PRODUCCIÓN EN RELACIÓN A TODOS LOS RESIDUOS POR TACHO</b>	<b>% EN MASA DE PRODUCCIÓN EN RELACIÓN A TODOS LOS RESIDUOS SÓLIDOS</b>	<b>% EN MASA DE PRODUCCIÓN EN RELACIÓN A TODOS LOS RESIDUOS SÓLIDOS POR TACHO</b>
A	1	39,00%	39%	52,90%	1,89%
B	2	45,00%	90%	58,45%	4,18%
C	1	36,70%	37%	48,30%	1,73%
D	1	85,80%	86%	88,90%	3,18%
F	1	50,00%	50%	51,80%	1,85%
G	1	68,30%	68%	75,40%	2,69%
H	2	51,35%	103%	57,40%	4,10%
K	1	55,80%	56%	68,00%	2,43%
L	3	71,97%	216%	79,27%	8,49%

M	2	65,00%	130%	71,95%	5,14%
N	2	62,05%	124%	71,75%	5,13%
O	6	88,47%	531%	92,76%	19,88%
P	2	69,60%	139%	79,45%	5,68%
Q	2	45,45%	91%	60,30%	4,31%
R	1	75,00%	75%	81,70%	2,92%
<b>TOTAL</b>	<b>28</b>	<b>60,63%</b>	<b>65,51%</b>	<b>69,22%</b>	<b>73,57%</b>

Fuente: *El Autor.*

En el siguiente cuadro se muestra la distribución de la generación másica y volumétrica de los residuos orgánicos según las naves.

**Cuadro 4.6. Valores Volumétricos y Másicos de la Generación de Residuos Sólidos Orgánicos en las Naves que Conforman la EP-EMA.**

GENERACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS ORGÁNICOS SEGÚN LAS NAVES					
NAVES	TACHOS	PRODUCCIÓN DEL PRODUCTO ORGÁNICO[kg]	PORCENTAJE MÁSSICO EN RELACIÓN AL TOTAL DE LOS ORGÁNICOS	PRODUCCIÓN DEL PRODUCTO ORGÁNICO[m3]	PORCENTAJE VOLUMÉTRICO EN RELACIÓN AL TOTAL DE LOS ORGÁNICOS
A	1	206,4	2,13%	0,88	0,01%
B	2	476,4	4,91%	2,02	0,02%
C	1	194,1	2,00%	0,83	0,01%
D	1	454,3	4,68%	1,93	0,02%
F	1	264,6	2,73%	1,13	0,01%
G	1	361,7	3,73%	1,54	0,02%
H	2	543,4	5,60%	2,31	0,02%
K	1	295,5	3,04%	1,26	0,01%
L	3	1142,4	11,77%	4,86	0,05%
M	2	688,1	7,09%	2,92	0,03%
N	2	657,2	6,77%	2,80	0,03%
O	6	2809,6	28,92%	11,94	0,12%
P	2	736,6	7,59%	3,13	0,03%
Q	2	480,8	4,95%	2,05	0,02%
R	1	397,0	4,09%	1,69	0,02%
<b>TOTAL</b>	<b>28</b>	<b>9707,9</b>	<b>100,00%</b>	<b>41,29</b>	<b>0,43%</b>

Fuente: *El Autor.*

#### 4.1.5 Análisis Aproximados de Composición de Los Residuos Sólidos Orgánicos de la EP-EMA.

Los componentes seleccionados en la figura siguiente son aquellos de interés específicos en los sistemas de tratamiento biológico de buena calidad aprovechables.

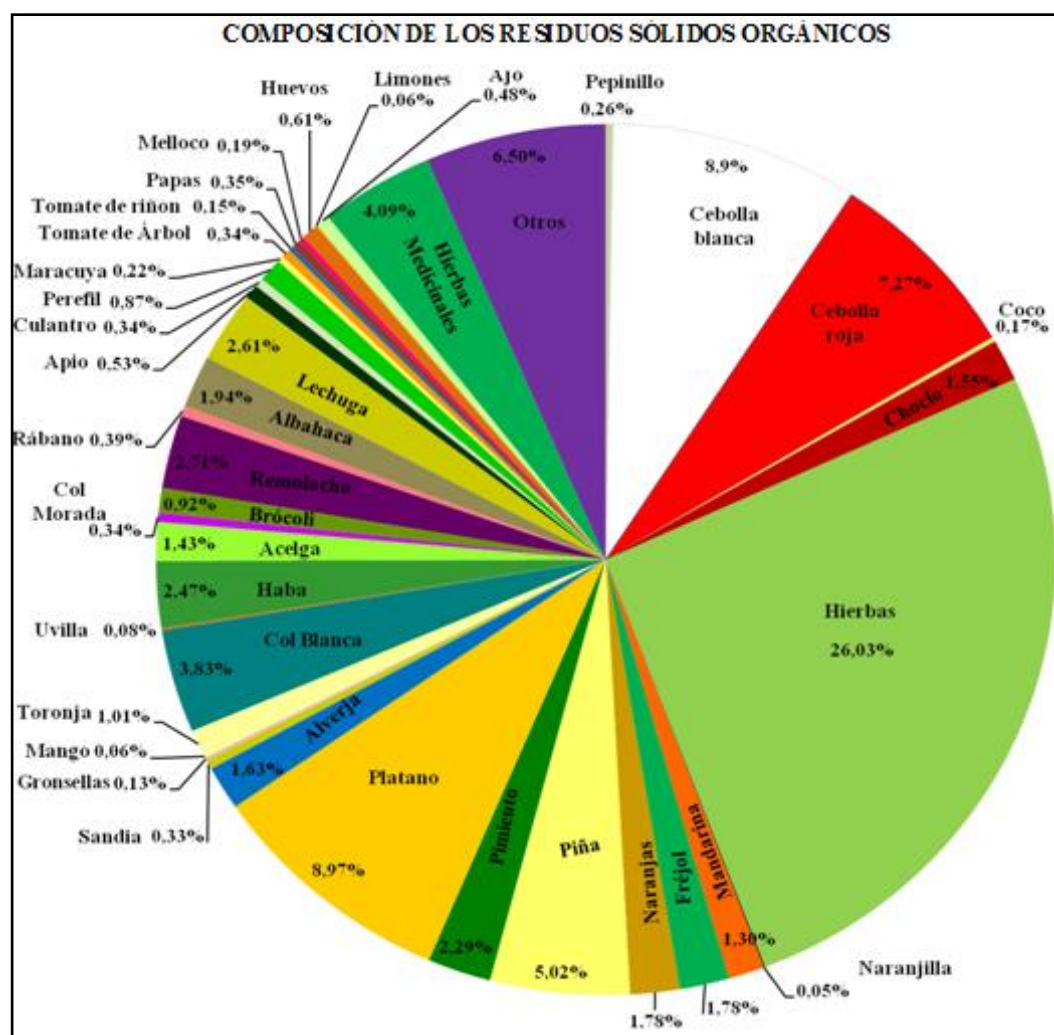


Figura 4.2. Composición y Generación de Residuos Biodegradables de la EP-EMA.

Fuente: Autor.

Los componentes residuales orgánicos generados en su totalidad en la EP-EMA varían usualmente, dependiendo del día de comercialización y temporada del año.

#### 4.1.6 Propiedades Físicas, Químicas y Mecánicas de los Residuos Orgánicos para Criterios de Reducción de Tamaño.

En el siguiente cuadro se muestran las principales propiedades físicas, químicas de los residuos biodegradables, las réplicas de los residuos orgánicos recogidos indistintamente por las zonas de la EP-EMA detallados a continuación representa al análisis experimental del contenido de humedad como también del potencial de hidrógeno (pH).

**Cuadro 4.7. Residuos Orgánicos de Mayor Generación en la EP- EMA.**

ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE HUMEDAD Y POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH), DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS DE LA EP-EMA						
# de Muestra	Residuos Orgánicos	Humedad	Masa [g]		Tiempo	pH
			Inicial	Final	(min)	
1	Choclo, rábano, perejil, acelga, col blanca, pimiento, cebolla roja, culantro.	9,20%	5	0,54	35,0	6,5
2	Lechuga, haba, melloco, alverja, naranja.	87,22%	3	0,38	29,0	6,46
3	Fresa, plátano, piña, albahaca, pimiento, papa, mora.	82,65%	3	0,52	30,0	4,70
4	Sandía, hierbas, remolacha, col morada, cebolla blanca, fréjol, apio, perejil.	79,73%	3	0,61	35,0	5,72
	<b>PROMEDIO</b>	<b>84,70%</b>	<b>3,5</b>	<b>0,51</b>	<b>32,25</b>	<b>5,85</b>

Fuente: Ing. Coordinadora de la Unidad de Investigación en Tecnología de Alimentos (UTA) y el Autor.

##### 4.1.6.1. Determinación de la Humedad en Base Seca y Húmeda de Forma Analítica.

El método peso-húmedo se usa más frecuentemente en el campo de la gestión de residuos sólidos. En forma de ecuación, el contenido de humedad peso húmedo se expresa de la forma siguiente<sup>27</sup>:

$$M = \left( \frac{w - d}{w} \right) \quad (4.1)$$

Dónde:

M = Contenido de humedad, porcentaje.

w = Masa de los residuos orgánicos.

d = Masa de los residuos orgánicos-secos.

wl = Masa líquida de los residuos orgánicos.

Datos necesarios para la determinación:

Masa recuperable de materia orgánicos: 9 707, 90 [kg]

Contenido de humedad en porcentaje de peso húmedo: 84,70%.

Utilizando la ecuación del peso-húmedo por la cual se define la humedad, se obtiene la masa aproximada del producto seco de los residuos orgánicos del Mercado Mayorista. Como la finalidad de conocer la masa aproximada de los residuos secos y la cantidad de líquido percolado (lixiviado) que puede generarse en el caso hipotético que toda la masa orgánica se seque.

$$d = w - M * w \quad (4.2)$$

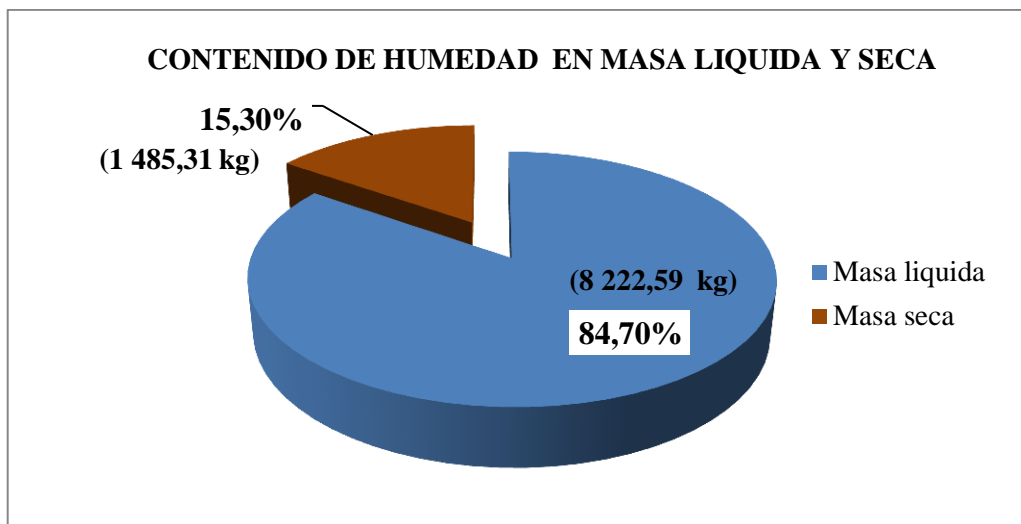
$$d = 9\,707,90[\text{kg}] - 0,847 * (9\,707,90[\text{kg}])$$

$$d = 1\,485,31 \text{ kg/ masa seca.}$$

$$wl = w - d \quad (4.3)$$

$$wl = 9\,707,90[\text{kg}] - 1\,485,31 \text{ kg/ masa seca.}$$

$$wl = 8\,222,59 \text{ kg / masa líquida.}$$



**Figura 4.3. Contenido en Porcentaje de Humedad en Masa Líquida y Seca de los Residuos Orgánicos.**

Fuente: *Autor.*

#### **4.1.6.2 Tamaño de Residuo y Distribución de Tamaño.**

A continuación analizamos las dimensiones de tres frutos (componentes) de mayor tamaño, predeterminados a la vez como residuos orgánicos las cuales nos permitirá establecer medidas promedio para el dimensionamiento del equipo de reducción de tamaño de la materia residual orgánica. (Véase ANEXO C).

**Cuadro 4.8 Medidas de los Frutos Analizados.**

<b>FRUTOS DE MAYOR TAMAÑO</b>			
<b>DIMENSIONES</b>	<b>Largo [mm]</b>	<b>Ancho[mm]</b>	<b>Altura [mm]</b>
	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>
SANDÍA	300	200	180
PAPAYA	330	115	120
PIÑA	130	120	115

Fuente: *El Autor.*

El tamaño de los tres componentes orgánicos, son de consideración importante dentro de la recuperación de la fracción orgánica, al reducir el tamaño como una

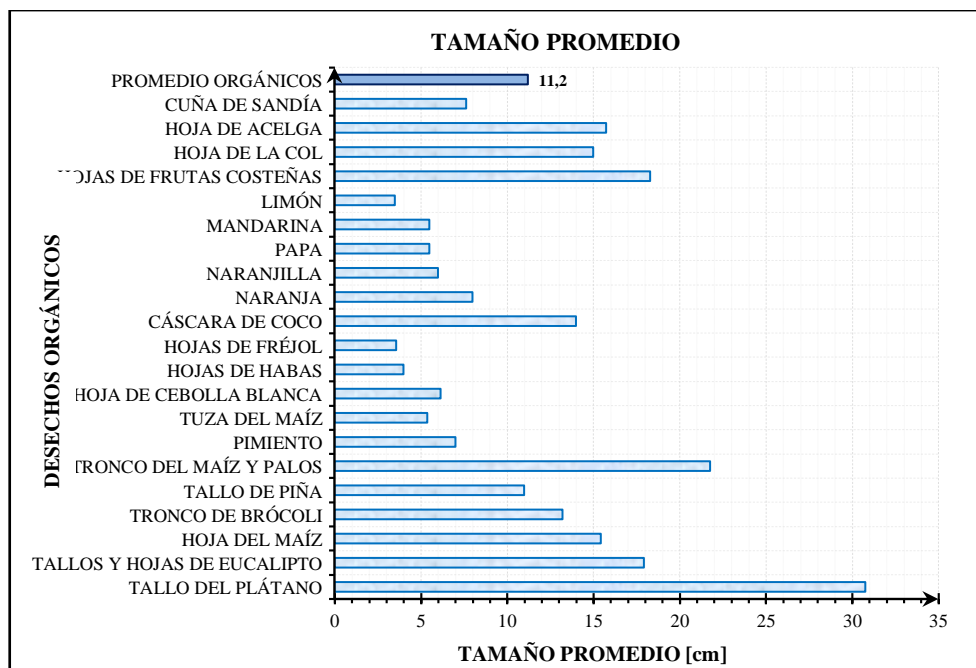
operación unitaria por la que se disminuye el tamaño de las partículas de un producto mediante fuerzas mecánicas aplicadas a estos productos sólidos. La reducción de tamaño se denomina *trituración*, o *molienda* según la obtención del producto deseado. El promedio de partícula (residuo) característico correspondiente, al tamaño de la partícula principal de los componentes es 253,33 [mm], este valor nos servirá para dimensionar la cámara de trituración.

**Cuadro 4.9. Tamaño de partícula Característico.**

Tamaño de una partícula sólida	Dp [mm]			Promedio [mm]
	Sandía	Papaya	Piña	
<b>FRUTAS</b>				
Tamaño de partícula principal (mm)	300	330	130	253,33
Tamaño de partícula vista en un plano	250	222,5	125	199,17
Tamaño de partícula real aritmética	226,67	188,33	121,67	178,89
Tamaño de partícula real geométrica	221,04	165,75	121,51	169,43

Fuente: *El Autor.*

El tamaño de partícula promedio de los residuos orgánicos almacenados en los contenedores, corresponde a un valor de 11,2 cm. (véase la Figura siguiente).



**Figura 4.4. Dimensiones Unitarias de los Residuos Orgánicos.**

Fuente: *Tesista Mauro Toalombo,*



#### 4.1.6.3 Características Mecánicas de la Materia Triturable.

La estructura mecánica de la materia orgánicos de alimentación es un factor sumamente importante ya que ésta indica la clase de fuerza que se debe aplicar para la correspondiente molturación. Debido a la escasa información de la fuerza específica de corte de los residuos orgánicos referente al presente tema de estudio, fue necesaria la realización de una investigación experimental, de forma de ensayo aplicando fuerza cortante directa con la ayuda de la máquina de ensayos universal. Ensayo de cizalladura considerando la mayor dureza de los residuos generados.



**Figura 4.5. Muestra de Residuos Orgánicos dispuestos para el Ensayo al Corte.**

Fuente: *El Autor.*



**Figura 4.6. Ensayo de Corte Directo Correspondiente al Coco Exocarpio Seco.**

Fuente: *El Autor.*

Los datos obtenidos en el ensayo se encuentran tabulados a continuación:

**Cuadro 4.10. Determinación de la Resistencia Específica de Corte ( $\tau_c$ ).**

<b>ENSAYO DEL ESFUERZO CORTANTE DIRECTO DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS MAS RESISTENTES AL CORTE GENERADOS EN LA EP-EMA.</b>				
<b>Residuos</b>	<b>F<sub>c</sub> de ensayo</b>	<b>F<sub>c</sub></b>	<b>A<sub>s</sub></b>	<b><math>\tau_c = \frac{F_c}{A_s}</math></b>
	[Kg]	[N]	mm <sup>2</sup>	Mpa
Bagazo Plátano	270,6	2651,9	13623,3	0,1947
Coco con exocarpio (Seco)	500,0	4900,0	9599,6	0,5104
Coco con mesocarpio (Tierno)	180,4	1767,9	19553,8	0,0904
Coco con endocarpio (Seco)	215,2	2109,0	14910	0,1414
Tuza de Choclo	76,7	751,2	6255	0,1201
Corona Piña	149,2	1462,2	11381,6	0,1285
<b>Promedio del Coco</b>	<b>298,5</b>	<b>2925,6</b>	<b>14687,8</b>	<b>0,2474</b>

**F<sub>c</sub> ensayo:** Fuerza de corte (Máquina de ensayos universal), **A<sub>s</sub>:** Área sometida al corte, **t<sub>c</sub>:** Tiempo de corte aproximado 4 seg.

Fuente: *El Autor.*

#### 4.1.7 Selección del Equipo Triturador de Residuos Orgánicos.

A continuación se describen las guías de parámetros en la selección de equipo de trituración tomando en cuenta los tamaños obtenidos y requeridos según la referencia del autor (PERRY, 1992: 8-19) Manual del Ingeniero Químico.

**Cuadro 4.11. Selección del Medio Adecuado para Reducción de Tamaño**

<b>Guía para la selección la Operación de Reducción según la Gama de Tamaños</b>				
	<b>Medio de reducción del tamaño</b>	<b>Operación</b>	<b>Relación de Reducción</b>	<b>selección</b>
<b>Operación de reducción</b>	<b>Trituración</b>	Primaria	3 a 1; 4 a 1	<b>Asignada</b>
		<b>Secundaria</b>	<b>5 a 1 ; 7 a 1</b>	
	Molienda	Basta	10 a 1	
		Fina	15 a 1	
	Desintegración	Basta	20 a 1	
		Fina	50 a 1	

Fuente: *PERRY .Manual del Ingeniero Químico, México. (1992).*

**Cuadro 4.11. Principales Equipos Dispuestos en la Selección del Proceso de Trituración (Cont.)**

Guía para la Seleccionar la Relación de Reducción según la Gama de Tamaños							
Operación de reducción del tamaño	Dureza del material	Tamaño				Relación de reducción	Tipos de equipos
		Gama de alimentación, pulg		Gama de productos, pulg			
		Máx.	Min.	Máx.	Min.		
<b>Trituración</b>							
Primaria.....	Duro	60	12	20	4	3 a 1	A a D
		20	4	5	1	4 a 1	
Secundaria.....	Duro	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0,2</b>	<b>5 a 1</b>	<b>A a F</b>
		1,5	0,25	0,185	0,033	7 a 1	
				mall 4	mall 20		
	Suave	20	4	2	0,4	10 a 1	C a G

Fuente: *PERRY .Manual del Ingeniero Químico, México. (1992).*

**Cuadro 4.12. Selección del Proceso de Trituración según Niveles Óptimos**

Tipo de trituradores	Parámetros	Niveles			Ponderación mayoritaria
		Alto	Medio	Bajo	
A. Trituradora de Quijadas. B. Trituradoras Giratorias <b>C. Trituradora de Impacto</b> D. Trituradora de rodillos F. Desmenuzadora. G. Cortadora Rotatorias.	Dureza del material	A	C	F	C
	Homogeneidad	C	B	G	
	Nivel de reducción del tamaño	C	F	C	
	Para materiales untuosos	C	D	A	
	Menor costo de elementos	G	B	A	
	Descarga del triturado	C	G	A	

	Altas velocidades	C	G	D	
	Tamaño de abertura de recepción	C	D	G	

#### 4.1.8 Análisis del Origen de la Contaminación Residual.

Las principales fuentes causantes de contaminación residual en el mercado mayorista, están relacionadas con los residuos sólidos generados por sus actividades comerciales, enfatizando esencialmente en el residuo biodegradables los cuales contribuyendo principalmente a la presencia de insalubridad ambiental, que tienen un efecto directo sobre la salud humana y su entorno propagando vectores sanitarios especialmente insectos y animales roedores perjudiciales para la salud humana con altos índices de contraer enfermedades infecciosas y epidemiológicas. Los principales problemas de contaminación por estos residuos se detallan en el cuadro siguiente.

**Cuadro 4.13. Problemática de Contaminación Residual en la EP-EMA.**

PRINCIPALES FUENTES DE CONTAMINACIÓN RESIDUAL EN LA EP-EMA		
CAUSA	PROBLEMA	EFECTO
Insuficiente colaboración de los señores usuarios, comerciantes, productores.	RESIDUOS ACUMULADOS	Vectores Sanitarios, Insatisfacción, Enfermedades, Mal estar de la población
Falta de cultura de transeúntes		
Permanencia de los residuos mucho tiempo		
Limitadas labores de limpieza		
Exceso de generación de residuo (feriado)		
Permanencia de los residuos mucho tiempo	MALOS OLORES	Insatisfacción, Enfermedades, Moscas
Materia putrescible adherida al fondo del contenedor		
Resultado de la comercialización (agua de Ajo)		
Productos en mal estado		

Gran cantidad de frutos en estado de descomposición	<b>LÍQUIDOS LIXIVIADOS</b>	<b>Olores desagradables, Moscas</b>
Desbordamiento de los residuos del contenedor	ANIMALES AMBULANTES	Dispersión de los residuo, Contaminación, Vectores sanitarios
Restos de comida preparadas o Carne		
Insuficiente contenedores en la nave de mayor generación		

Fuente: *Autor.*

Los principales vectores sanitarios, propagados por la acumulación de residuos especialmente orgánicos, causantes de enfermedades epidémicas.

**Cuadro 4.14. Transmisión de Enfermedades Producidas por Vectores Sanitarios.**

<b>ENFERMEDADES ASOCIADAS A LOS RESIDUOS SÓLIDOS Y TRASMITIDAS POR VECTORES SANITARIOS</b>		
<b>Vectores Sanitarios</b>	<b>Forma de Transmisión</b>	<b>Principales Enfermedades</b>
Ratas	A través de mordiscos, orina y heces. A través de las pugas que viven en el cuerpo de la rata.	Peste bubónica Tifus murino Leptospirosis
Moscas	A través de las alas, patas y cuerpo. A través de las heces y saliva	Fiebre tifoidea Salmonelosis Cólera Amebiasis Giardiasis
Mosquitos	A través de picazón del mosquito hembra	Malaria Leishmaniasis Fiebre amarilla Dengue Filariasis
Cucarachas	A través de las alas, patas y cuerpo. A través de las heces fecales	Fiebre tifoidea Cólera Giardiasis

Fuente: *Análisis Sectorial de Residuos Sólidos Ecuador, Mayo 2002.*

## 4.2 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

### 4.2.1 Generación de Residuos Orgánicos por Nave.

El método utilizado para estimar las cantidades de residuos orgánicos generados y almacenados para su aprovechamiento, es el *análisis del número de cargas*, refiriéndonos al porcentaje de residuos depositados en los contenedores de las naves. Al interpretar el porcentaje de generación de residuos biodegradables en masa y volumen en cada una de naves es preciso mencionar que la nave “O” corresponde a la mayor productora de residuos orgánicos por naves con un valor de 28,94 % en masa correspondiente a 2809,6 kg, y el 28,92% en volumen perteneciente a 11,94 m<sup>3</sup>.

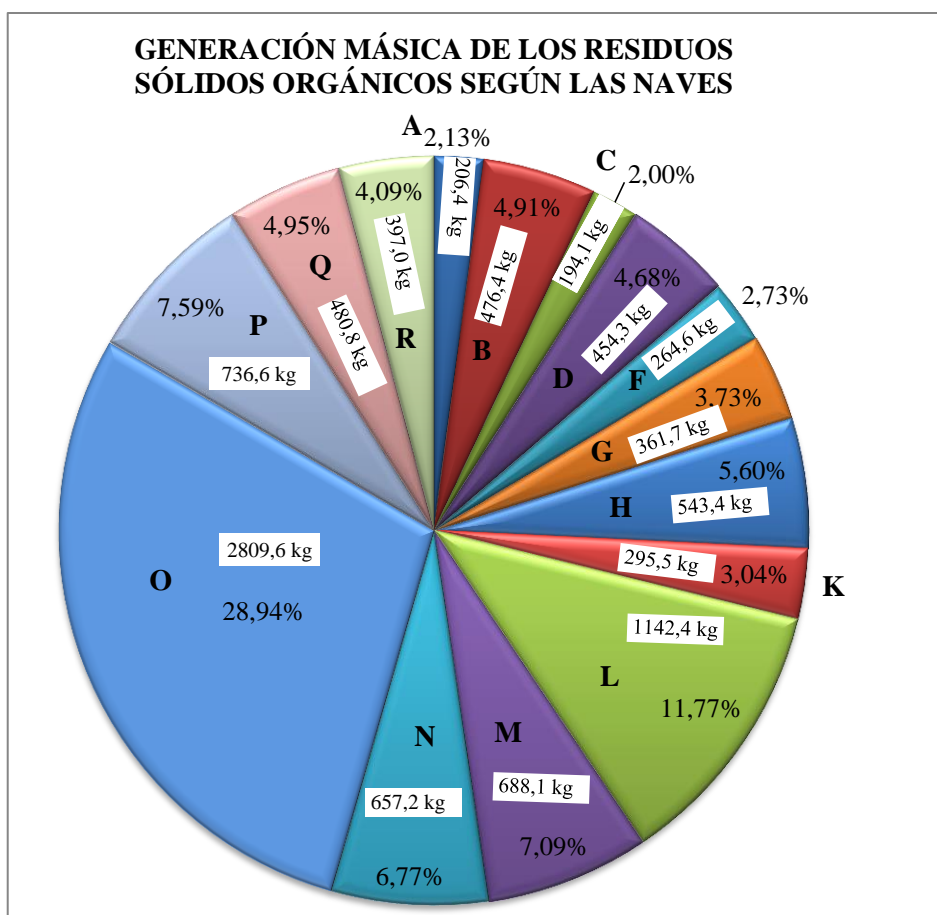
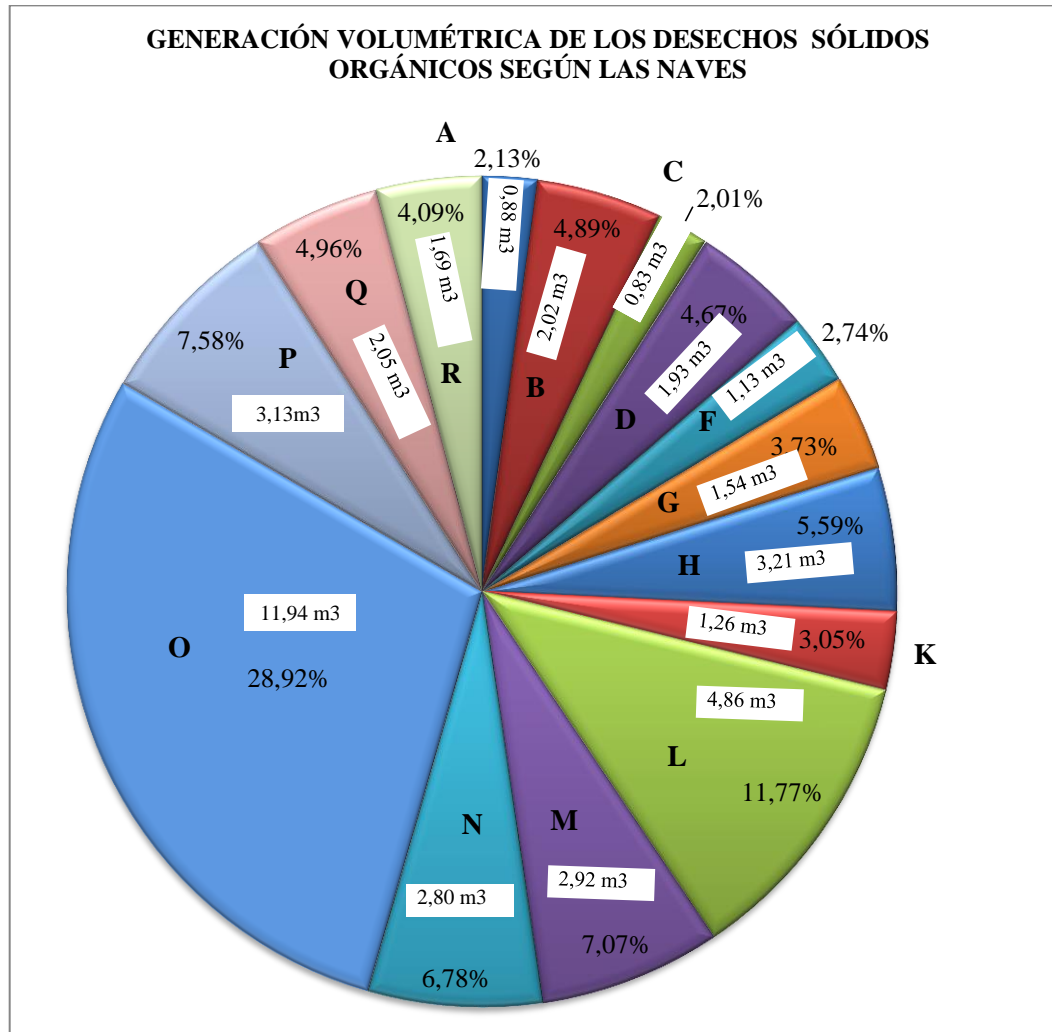


Figura 4.7. Porcentaje de Generación en Masa de las Naves de la EP-EMA.

Fuente: *El Autor*.

A través del método experimental visual con ayuda de fotografías de los residuos almacenados en los 6 contenedores existentes en la nave “O” se determina que su incrementada generación de residuos procesables se debe a los productos comercializados en esta nave correspondiente a las *Hortalizas y Verduras*.



**Figura 4.8. Porcentaje de Generación en Volumen de las Naves de la EP-EMA.**

Fuente: *El Autor*

La nave de menor generación de residuos orgánicos corresponde a la nave “C” con un valor de 2 % en masa y 2,01% en volumen por tratarse de la comercialización de la *fruta naranjilla* y *fruta importada*, en cajas de madera (Cajones) que generalmente genera una mínima cantidad residuos inorgánicos (viruta) como también papeles y cartones.

#### 4.2.2 Personas Participes de las Actividades Comerciales en la EP-EMA.

Las personas relacionadas con las actividades comerciales del Mercado 10 436 son las principales generadoras de los desechos sólidos orgánicos los días de comercialización. Entre los implicados en la cadena alimenticia y principales en la generación de los residuos putrescibles.

#### 4.2.3 Determinación de la Generación Per Cápita.

La producción de residuos sólidos se puede medir en valores unitarios como kilogramos de residuos sólidos por habitante (comerciante) y por día.

$$\text{Producción per cápita} = \frac{\text{Peso de los residuos}}{\text{población que los produce}} = \frac{\text{kg}}{\text{hab} - \text{día}};$$

La producción per cápita mundial es de 0.5 kg/día”.

**Cuadro 4.15. Determinación de la Generación Per-Cápita.**

PRODUCCIÓN PER CÁPITA EN LA EP-EMA		
Masa de los residuos sólidos orgánicos generados	[kg]	kg/(hab-día)
	9707,9	0,930
Población generadora de residuos orgánicos en el mercado	[Hab]	
	10 436	

Fuente: *El Autor.*

Con el propósito de comparar la generación de residuos orgánicos por días de comercialización en el mercado mayorista correspondiente a 0,930 [kg/ (hab-día)], con una asemejada producción per cápita mundial de 0.5 kg/hab-día.

En relación a la producción de residuos sólidos domésticos en ciudades pequeñas y zonas rurales, se considera que cada habitante puede producir 0,1 a 0,4 kg/hab-día, incluso 0,8 kg/hab-día.



#### 4.2.4 Densidad de los Residuos Orgánico Generados en la EP-EMA.

La densidad voluminosa total de los residuos orgánicos es de 235,115 kg/m<sup>3</sup>, considerándole constante por la dificultad inherente de determinar densidades voluminosas de cada componente generado en el mercado. A demás por su asemejada similitud entre componentes orgánicos entre los más típicos exponemos: residuos de comida (mezclados), residuos de jardín, hierbas verdes (sueltas y húmeda), residuos de frutas (mezclados) y residuos de vegetales (mezclados).

**Cuadro 4.16. Densidades y Humedades Típicas de la Fracción Orgánica.**

DATOS TÍPICOS DE DENSIDAD Y CONTENIDO DE HUMEDAD PARA RESIDUOS ORGÁNICOS				
TIPOS DE RESIDUOS	Peso específico, kg/m <sup>3</sup>		Contenido en humedad, porcentaje en peso	
	Rango	Típico	Rango	Típico
Domésticos (no compactados)				
Residuos de comida (mezclados)	131-481	291	50-80	70
Residuos de jardín	59-225	101	30-80	60
Residuos de jardín domésticos				
Hierbas verdes (sueltas y húmedas)	208-297	237	40-80	60
Residuos de jardín ( triturados)	267-356	297	20-70	50
Residuos de jardín (compostados)	267-386	326	40-60	50
Comerciales				
Residuos de comida (húmedos)	475-950	540	50-80	70
Industriales				
Serrín	101-350	291	10-40	20
Agrícolas				
Agrícolas (mezclados)	400-751	561	40-80	50
<i>Residuos de frutas (mezclados)</i>	<i>249-751</i>	<i>359</i>	<i>60-90</i>	<i>75</i>
<i>Residuos de vegetales (mezclados)</i>	<i>202 -700</i>	<i>359</i>	<i>60-90</i>	<i>75</i>

Fuente: TCHOBANOGLIOUS George. *Gestión Integral de residuos Sólidos, USA (1994).*

Los valores expuestos de peso específico referenciados por el autor (TCHOBANOGLIOUS, 1994: 83) que representa pesos específicos típicos para varios tipos de residuos dichos valores resultan congruentes con los datos

obtenidos en este estudio de densidad voluminosa que de determinaron con valores de 235,115 [kg/m<sup>3</sup>] y un contenido de humedad en base húmeda del 84,70 [%].

#### 4.2.5 Cuantificaciones de Flujos de Orgánico Triturables.

Una vez obtenidos los principales datos generativos de los residuos orgánicos en el mercado se interpretan los valores y parámetros a ser recuperados por medio del proceso de reducción de tamaño.

**Cuadro 4.17. Parámetros Considerables en el Proceso de Trituración.**

FLUJOS EN MASA Y VOLUMEN TRITURABLES					
	[kg/día]	[ton/h]	[kg/h]	[kg/min]	[kg/s]
Flujo másico triturable	9707.90	3.24	3235.97	53.93	0.90
	[m <sup>3</sup> /día]	[m <sup>3</sup> /h]	[dm <sup>3</sup> /h]	[dm <sup>3</sup> /min]	[dm <sup>3</sup> /s]
Flujo en volumen ingresa al molino triturador	41.20	13.76	13761.55	229.36	3.82
Velocidad de alimentación	10 [cm/s]				

Fuente: *El Autor*

Determinado el valor total recuperable correspondiente a 9707,9 kg y un cantidad volumétrica equivalente al 41,20 m<sup>3</sup> de residuos orgánicos generados.

#### 4.2.6 Interpretación Aproximados de Composición de Los Residuos Sólidos Orgánicos de la EP-EMA.

Como contenido máximo en materia orgánica se puede establecerse el valor de 26,03 % en masa total de los residuos biodegradables homogéneos correspondientes a las *Hierbas*, y de menor generación correspondiente al residuo de *Naranjilla* con un porcentaje de 0,05 % , el ( Figura 4.4) ofrece una gama completo de porcentajes generados con cada categoría de los productos como componentes residuales, que tienden a ser bastante homogéneos entre sí respecto a sus características físicas, químicas y biológicas. *Hierbas* se refiere a los *restos*

*vegetables* que es el resultado de una masa verde acumulada en las actividades laborales al comercializa comúnmente *Hortalizas* comercializada particularmente en la nave “O” la cual es la principal generadora de estos *desechos procesables*.

**Cuadro 4.18. Residuos Orgánicos de Mayor Generación en la EP- EMA.**

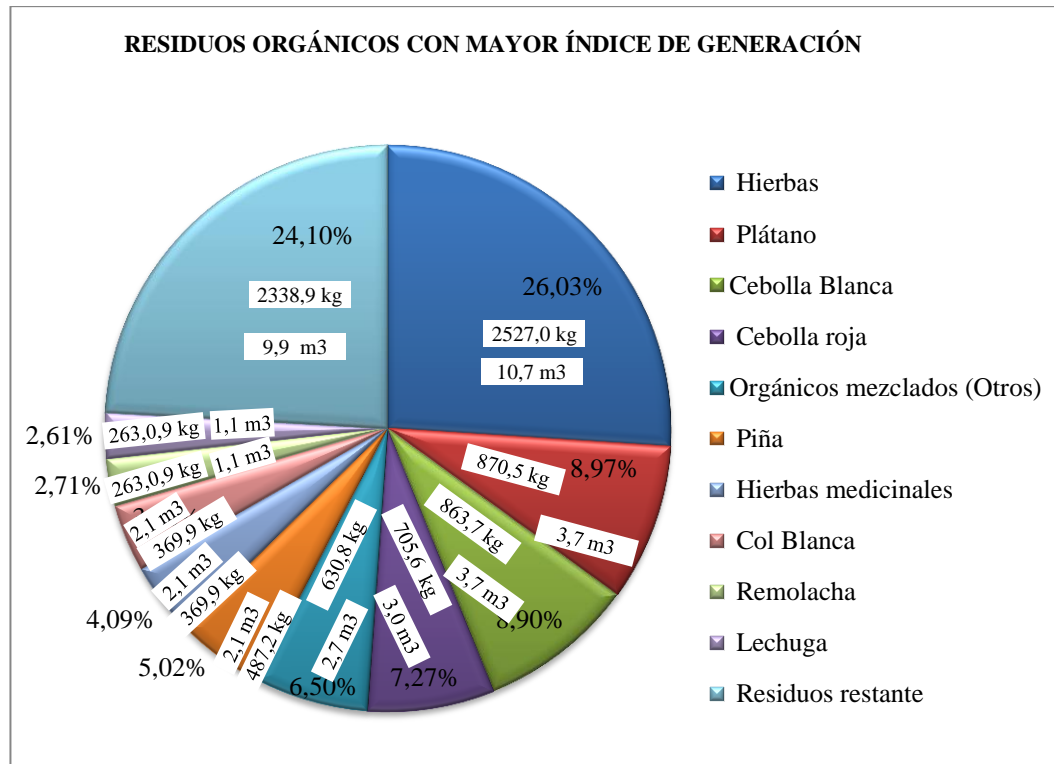
<b>RESIDUOS CON MAYOR ÍNDICE DE GENERACIÓN</b>				
<b>Residuos</b>		<b>Porcentaje en peso</b>	<b>Masa [kg]</b>	<b>Volumen [m<sup>3</sup>]</b>
1	Hierbas	26,03%	2527,0	10,7
2	Plátano	8,97%	870,5	3,7
3	Cebolla Blanca	8,90%	863,7	3,7
4	Cebolla roja	7,27%	705,6	3,0
5	Orgánicos mezclados (Otros)	6,50%	630,8	2,7
6	Piña	5,02%	487,2	2,1
7	Hierbas medicinales	4,09%	396,9	1,7
8	Col Blanca	3,83%	371,7	1,6
9	Remolacha	2,71%	263,0	1,1
10	Lechuga	2,61%	253,3	1,1
11	Residuos restante	24,10%	2338,9	9,9
<b>TOTAL</b>		<b>100%</b>	<b>9708,7</b>	<b>41,20</b>

Fuente: *Autor*.

Los residuos de mayor generación *Hierbas* (masa orgánica no identificada) sumadas las hierbas medicinales, constituyendo a mejorar la composición del abono orgánico con su variada aportación de nutrientes y energía para la vida microbiana que influye sobre la disponibilidad de mejorar la relación C/N (carbono/nitrógeno) de la materia prima para el tratamiento aerobio del compostaje. Los residuos de hierbas medicinales (tienen una singular semejanza con el nombre residuos de jardín por sus características físicas entre residuos.) almacenados en los contenedores que son característicos de plantas herbáceas desechadas o sus ramas tienen una constitución leñosa con alto contenido de lignina.

El residuo característico *Otros* refiriéndose a una mezcla indeterminada de residuos orgánicos especialmente de menor tamaño, que son de origen difusos no especificados se puede asemejar con aquellos de origen de frutas, hortalizas,

verduras y hierbas medicinales, que existen en los contenedores, que deben ser considerados ya que la generación de estos residuos es un acontecimiento repetitivo.



**Figura 4.9. Representación Gráfica de los Residuos más Generados en la EP-EMA.**

Fuente: *El Autor.*

#### 4.2.7 Interpretación de Contenido de Humedad.

Entre las características básicas para el análisis de la masa orgánica incluyen: el contenido de humedad, potencial hidrógeno (pH), tamaño de residuos y distribución del tamaño y fuerza específica de corte. De tal manera el porcentaje de humedad promedio determinada de la fracción de los residuos orgánicos de las réplicas mencionadas corresponde a un promedio de 84,70% de humedad.

#### 4.2.8 Contenido de Humedad en Base Seca y Húmeda.

Del total de la fracción orgánica recuperable de 9707,90 ton / día, el 84,70% de todos los residuos orgánicos es realmente base líquida correspondiente a una

cantidad en masa de 8 222,59 kg y el 15,30% es representada por la masa seca con un valor de 1 485,31 kg del total de la masa orgánicos generada en la EP-EMA.

Según el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS), se especifica la definición de nuestro interés como: “*desecho semi-sólido*, aquel desecho que en su composición contiene un 30% de sólidos y un 70% de líquidos.” Establecidas en el reglamento para la prevención y control de la contaminación y es fácilmente biodegradables.

#### **4.2.9 Interpretación de la Concentración Potencial Hidrógeno (pH) de los Residuos Sólidos Orgánicos.**

La determinación del potencial de hidrogeno, determina la concentración de iones hidronio (pH) se lo realizo bajo el método de análisis INEN 526 1980-12 que se refiere a la concentración de ion hidrogeno en harinas de origen vegetal. (Véase ANEXO E).

**Cuadro 4.19. Reacción Acidez-Alcalinidad.**

<b>CLASIFICACIÓN DE LOS MATERIALES SEGÚN EL pH</b>	
< 4,5	Extremadamente ácido
4,5 - 5,0	Muy fuertemente ácido
5,1 - 5,5	Fuertemente ácido
5,6 - 6,0	<i>Mediadamente ácido</i>
6,1 - 6,5	Ligeramente ácido
6,6 - 7,3	Neutro
7,4 - 7,8	Mediadamente básico
7,9 - 8,4	Básico
8,5 - 9,0	Ligeramente alcalino
9,1 - 10,0	Alcalino ( carbonato sódico)
>10	Fuertemente alcalino

Fuente: *Norma de Calidad Ambiental LIBRO VI ANEXO 2.*

El tipo de muestra que se utilizó para este propósito fue de las mismas composición que se ocuparon para determinar la humedad, de la norma antes mencionada se obtuvo la concentración del (pH), con un promedio de la muestra analizada del 5,8 Cuyo valor se encuentra en el rango de un pH *mediadamente ácido* (véase cuadro 4.19).

De acuerdo a la guía para el control y prevención de contaminación(1998) “el grado de acidez de un alimento supone uno de los principales factores que determinen la supervivencia y multiplicación de los microorganismos, la mayoría de los microorganismos patógenos se desarrollan con un pH entre 6,5 y 7,5 de acidez y reducen su crecimiento fuera de ese campo a través de sustancias ácidas o alcalinas de hecho el crecimiento de bacterias puede ser inhibido manteniendo el pH muy cercano a 4. (p. 24)”.

En cuanto a la concentración potencial hidrógeno (pH), la revista (RESIDUOS, 2004:56) sostiene “que un pH ligeramente ácido, [parámetro determinado en el presente estudio] al contener una elevada concentración de materia orgánica de naturaleza lignocelulosa y un contenidos notables de nutrientes, especialmente potasio. Destaca también su alta concentración de carbohidratos y poli fenoles y su elevada relación C/N”. Que puede reaccionar con el metal, especialmente si hay suficiente oxígeno presente, “en el caso de disoluciones de sales que experimentan reacciones de hidrólisis como argumenta la autora (Margarita San Andrés Moja)”

#### **4.2.10 Determinación de la Resistencia Específica de Corte ( $\tau_c$ ).**

Cuando el material posee una estructura cristalina (frágil), la fractura se produce a lo largo de los planos de anclaje; por lo tanto las *fuerzas de compresión* son las más convenientes para este proceso. En cambio cuando el material posee escasos planos de anclaje se crean nuevos puntos de partida de grieta para lo cual es necesaria la aplicación de *fuerzas de impacto o cizalla*. Las fuerzas de cizalladura son las más indicadas para la molturación de materiales de estructura fibrosa”. La fuerza específica de corte corresponde a la resistencia por unidad de superficie que presenta un material al momento de ser cortado; El ensayo de esfuerzo cortante directo se realizó sin contar con una base normalizada, pero la información obtenida es adecuada para cumplir los objetos de nuestro estudio, debido a que en los procesos reales de trituración y molienda material sólido orgánico existen efectos combinados de cizallamiento e impacto el esfuerzo cortante máximo corresponde obviamente al más duro el residuo de *Coco con exocarpio (seco)* con 0,5104 Mpa.

#### 4.2.11 Interpretación en la Selección del Equipo de Trituración.

Los residuos orgánicos corresponde a un tamaño promedio de *11,2 cm*, en la alimentación, por lo tanto para cumplir con el proceso de reducción de tamaño es necesario efectuar operaciones de trituración grosera correspondientes a la aproximación de *trituration mediana* con tamaños de partículas en la salida entre 30 y a 150 mm, pertenecientes al rango de mayor inmediación al recomendado por el autor (DÍAS, 2010 : 155) de 12,5 a 8 mm tamaños recomendados para el proceso de compostaje. Por las características y la composición de los residuos orgánicos es necesario poner atención a la humedad por sus efectos (véase Figura 4.10) de la masa triturada, por la cual se seleccionó un tipo de TRITURADOR DE IMPACTO para trabajos pesados basado en el principio del *Desintegrador Rietz con martillos* con la aplicar fuerzas de impacto, y corte, para su respectiva molturación.

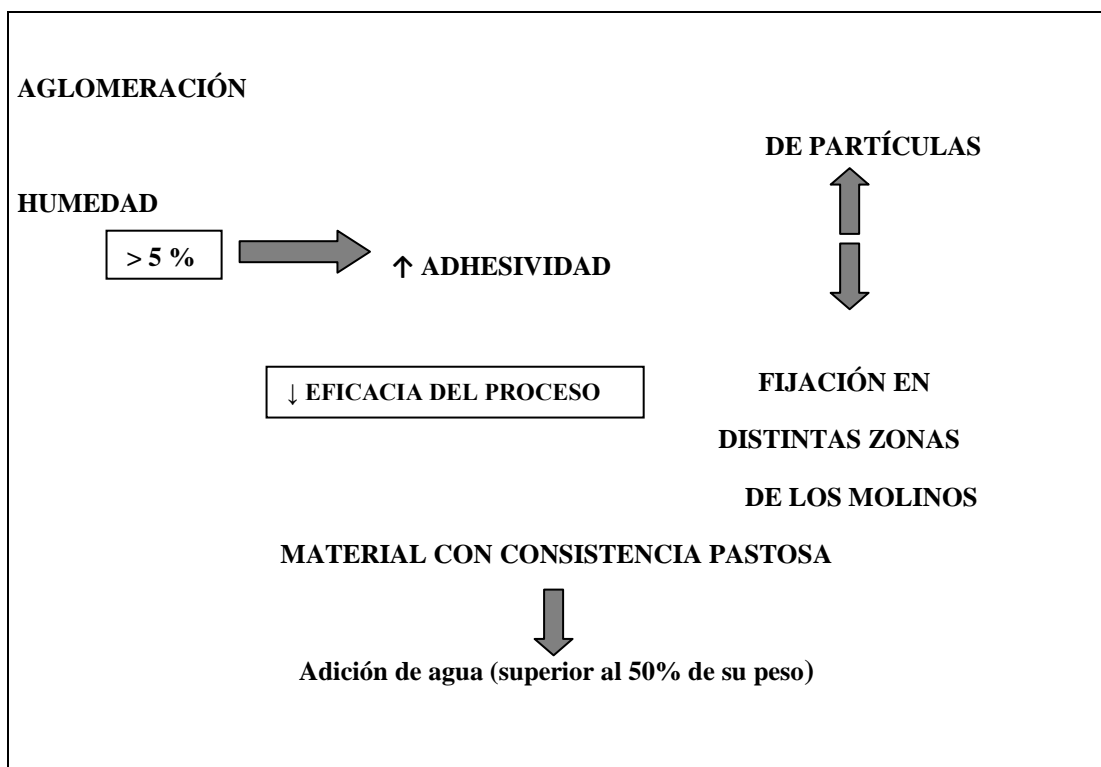


Figura 4.10. Consecuencias del Exceso de Humedad en la Reducción de Tamaño.

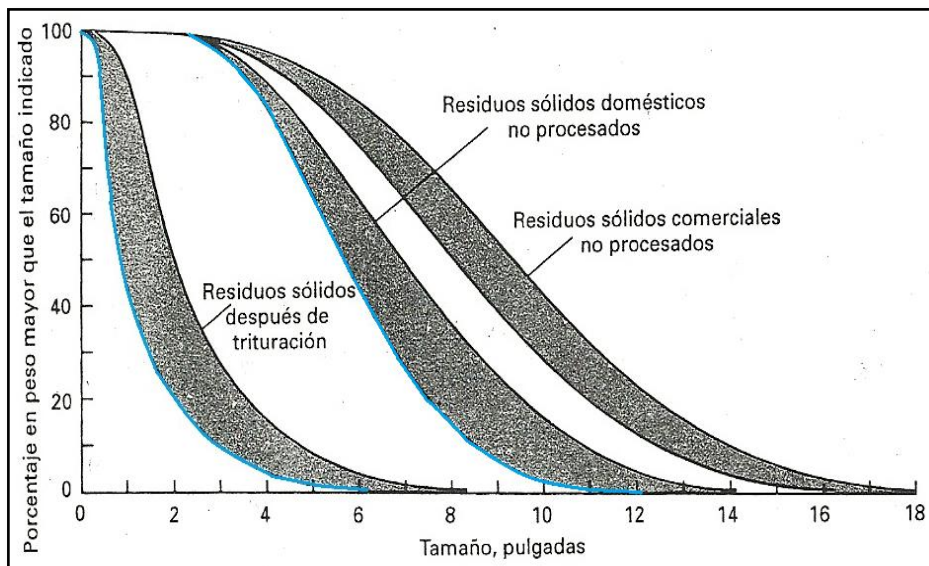
Fuente: *El Autor*.

#### 4.2.12 Grado de Desintegración.

El coeficiente de reducción que se obtiene después de trituración o de molienda se denomina grado de desintegración o relación de reducción y se define como la relación entre los tamaños de los productos de la alimentación a la entrada y como partículas del producto a salida de la máquina.

El grado de desintegración (R.R.) se expresa de la siguiente manera:

$$R.R. = \frac{\text{Tamaño medio de Alimentación}}{\text{Tamaño medio del Producto}} ;$$



**Figura 4.11. Distribución Típica de Tamaños de Partícula para la Fracción Orgánica de los RSU Antes y Después de la Trituración, Excluyendo Residuos de Jardín.**

Fuente: TCHOBANOGLOUS George. *Gestión Integral de residuos Sólidos, USA (1994)*.

Como afirma el autor CAJAS, D. (2011). “el grado de desintegración en el proceso de trituración se encuentra acotado entre 2 y 10, mientras que en la molienda está en el rango de 10 a 100 y para el proceso de pulverización mayor 100”.

La distribución de tamaño de los residuos orgánicos se determina con los tamaños mínimos de malla necesarios expuestos en la (Figura 4.11); relacionando los tamaño de residuo sólido después de triturar con los tamaño sólidos no procesado.



En cuanto al análisis de tamaño de residuo y distribución de tamaño es importante para determinar el residuo orgánico de mayor tamaño, en ancho y longitud, además el análisis de estos parámetro es necesario en el diseño mecánico en cuanto a las dimensiones de cámaras de triturado y tolvas de ingreso de la materia prima en la alimentación y en la salida del producto en la descarga, evitando el aglomeramiento o apelmazamiento a la entrada, o salida del triturador afectando su funcionalidad de operación. Con los valores tabulados en la gráfica de distribución típica de tamaños de partículas antes y después de la trituración (véase figura 4.11) se obtuvieron los siguientes valores expuestos en el siguiente cuadro.

**Cuadro 4.20 Determinación de los Parámetros Principales del Residuo Orgánico Triturado.**

<b>DISTRIBUCIÓN TÍPICA DE PARTÍCULA ANTES Y DESPUÉS DE TRITURAR RESIDUOS ORGÁNICOS</b>			
<b>Porcentaje en peso mayor que el tamaño indicado</b>	<b>Tamaño de Residuo Sólido después de triturar [pulg]</b>	<b>Tamaño sólidos no procesado [pulg]</b>	<b>Razón</b>
100	0.2	2.4	0,083
90	0.4	3.6	0,111
80	0.55	4.2	0,131
70	0.7	4.6	0,152
60	0.8	5.2	0,154
50	0.95	5.8	0,164
40	1.2	6.3	0,190
30	1.5	6.9	0,217
20	2	7.5	0,267
10	2.9	8.3	0,349
0	6	11	0,545
<b>PROMEDIO</b>			<b>0,215</b>
Tamaño de Producto [cm]			2,408
Relación de Reducción [R.R.]			5:1
Densidad de los Residuos Triturados [kg/m <sup>3</sup> ]			1093,745
Volumen Triturado [m <sup>3</sup> /día]			8,875

Fuente: *El Autor.*

En la cual se establece una razón promedio de reducción del 0,215; con un tamaño del producto triturado aproximado a 2,408 cm; una relación de reducción 5:1; una densidad de los residuos triturados correspondientes a 1093,7 kg/m<sup>3</sup>; en

relación al volumen de 41,28 m<sup>3</sup>/día flujo de alimentación aprovechable resulta un decremento del 78,5%, con un volumen aproximado del producto triturado de 8,875 m<sup>3</sup>/día.

#### **4.2.13 Principales Problemas de Contaminación Residual en el Mercado Mayorista.**

Entre las principales fuentes de contaminación residual por residuos putrescibles generados en la EP-EMA, se expone en orden de relevancia:

1. *Residuos Acumulados*
2. *Malos Olores*
3. *Líquidos lixiviados*
4. *Animales Ambulantes*

1.- *Residuos acumulados.* La primordial fuente de contaminación residual se manifiesta en la acumulación los residuos orgánicos desechados sin ninguna recuperación o disposición fina, provocando vectores sanitarios, insatisfacción de comerciante, enfermedades, mal estar de los usuarios.



**Figura 4.12. Contaminación Residual por la Acumulación de Residuos.**

Fuente: *El Autor.*

La acumulación de residuos se propaga aún más por la permanencia prolongada en los contenedores y en su entorno sin ser recolectados. La no recolección puede

ocurrir por el motivo, que el recolector, comience sus labores de recolección con poca disponibilidad de espacio para el almacenamiento de la carga, el cual es un factor limitante para completar con la totalidad de la recolección.

Los desperdicios acumulados por lapsos prolongados pueden producir vectores sanitarios, generando moscas y malos olores por causa de la descomposición de los residuos de alimentos.

*Producción de olores.* Los olores pueden desarrollarse cuando los residuos sólidos se almacenan durante largos períodos de tiempo entre recogidas,

Respecto a la presencia de olores el autor TCHOBANOGLIOUS (1994), argumenta “el desarrollo de olores en las instalaciones de almacenamiento es más importante en climas cálidos. Normalmente la formación de olores se produce por la descomposición anaerobia de los fácilmente descomponibles componentes orgánicos que se encuentran en los RSU (p. 102)”



**Figura 4.13. Presencia de Material Putrescible Adherida al Fondo del Contenedor.**

Fuente: *El Auto.*

La permanencia de la materia orgánica por mucho tiempo en los contenedores, puede incrementar la proliferación de moscas y malos olores; el material putrescible adherido a la superficie inferior de los contenedores por la excesiva humedad formándose una masa pastosa descompuesta.

*Líquidos lixiviados.* Según la norma técnica (TULAS) se define a un lixiviado como: “líquido que percola a través de los residuos, formado por el agua proveniente de precipitaciones, pluviales o escorrentías. El lixiviado puede provenir además de la *humedad de los residuos, por reacción o descomposición* de los mismos y que arrastra sólidos disueltos o en suspensión y contaminantes que se encuentran en los mismos residuos”.

En los contenedores de determinadas nave existe la presencia de líquidos lixiviados originados por el estado de descomposición de los residuos en mal estado los cuales adquieren un alto grado de putrefacción, en especial en la nave de frutas de la costa que tienen contenidos altos de humedad y son muy susceptibles a dañarse inmediatamente.



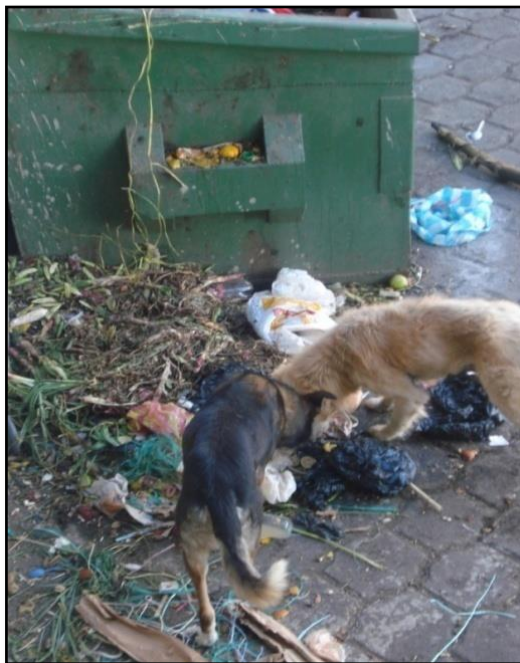
**Figura 4.14. Presencia de Lixiviados Producidas por Residuo de Mandarinas.**

Fuente: *El Autor.*

Tal es el caso evidente de la nave “P” que comercializa frutas de la costa, la presencia de líquidos lixiviados se manifiesta por el producto acuoso; tal es el caso de la fruta mandarina en mal estado *excesiva maduración*, que tiene un porcentaje elevado de lixiviados, ocasionando incomodidad en los transeúntes y generando vectores sanitarios (moscas).

La presencia de agua lluvia en temporada de invierno en los contenedores se acrecienta el porcentaje de lixiviado, filtrando con mayor facilidad entre residuos, contaminando el entorno del contenedor, y *vertidos líquidos lixiviados* a las alcantarillas contaminando aguas superiores como subterráneas.

*Animales Ambulantes.* La existencia de animales ambulantes especialmente los perros los cuales se alojan en las naves, produciendo indicios de frecuentes orígenes de contaminación residual del mercado. Los perros al parecer esparcen los residuos acumulados alrededor de los contenedores en busca de alimentos ya procesados, ocasionando molestias en los usuarios e incomodando las labores de limpieza por parte del personal de higiene y saneamiento de la EP-EMA.



**Figura 4.15. Perros Ambulantes Esparciendo los Residuos.**

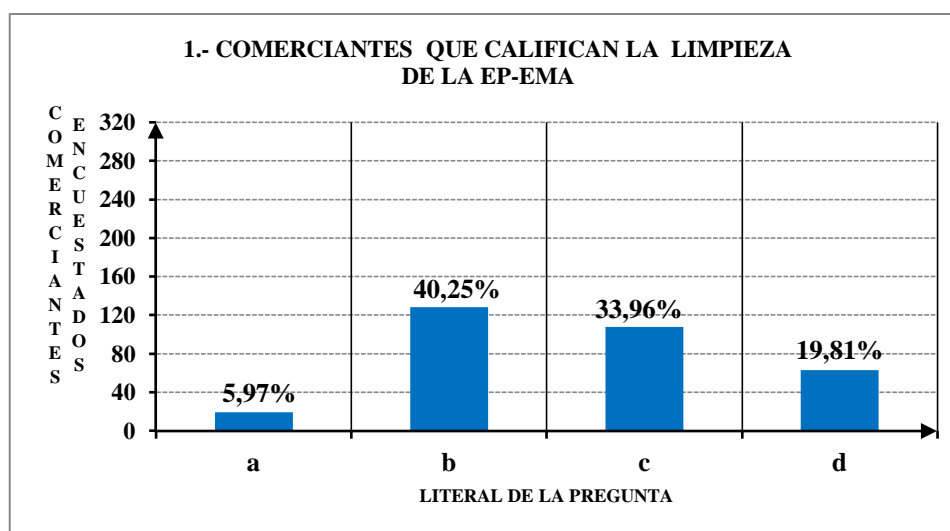
Fuente: *El Autor.*

**4.2.14 Análisis e Interpretación de Resultados de la Encuesta de Diagnóstico de la Limpieza y Salubridad Realizada en la EP-EMA (Véase Anexo F).**

**1.- Califique la limpieza del Mercado Mayorista.**

**Cuadro 4.21. Frecuencia de Calificación de limpieza de la EP-EMA.**

Respuestas	Encuestados	Frecuencia
a. Muy buena	19	5,97%
b. Buena	128	40,25%
c. Regular	108	33,96%
d. Mala	63	19,81%
<b>TOTAL</b>	<b>318</b>	<b>100,0%</b>
<b>Fuente: Encuestados</b>		
<b>Elaborado: El Autor.</b>		



**Figura 4.16. Frecuencia de Calificación de la limpieza de la EP-EMA.**

La frecuencia de calificación de la limpieza del mercado corresponde a *Buena* del total de encuestas con un porcentaje del 40,25%. A medida que se crea la Empresa Pública Empresa Municipal Mercado Mayorista Ambato, se ha invertido recursos económicos, incrementando y reorganizado la ubicación de contenedores, se ha incorporado herramientas más adecuadas y necesarias para las labores de limpieza. A demás se ha iniciado con empeño a concientizar a los usuarios de la importancia de tener un mercado limpio y ordenado, coordinando con

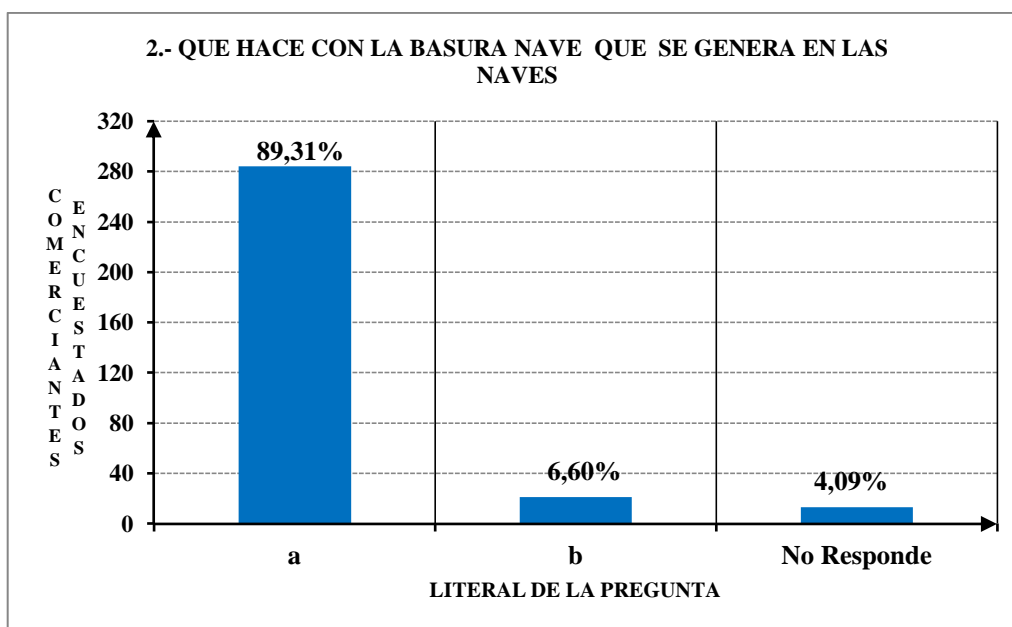


supervisores y dirigentes de las asociaciones del mercado. Respecto al porcentaje de la calificación que menciona los comerciantes que la limpieza es *Mala* pertenecientes al 19,81%, se demuestra el desinterés de los comerciantes en mantener limpio el mercado, añadido el quemeimportismo, el desconocimiento de procesos de reciclaje y la mala conducta de los actores (usuarios) es la causa fundamental de esta calificación.

## 2.- ¿Qué hace Ud. con la basura que produce?

**Cuadro 4.22. Frecuencia de Disposición de los Residuos Generados.**

Respuestas	Encuestados	Frecuencia
a. Botar en el contenedor cercano	284	89,31%
b. Botar en el suelo	21	6,60%
No Responde	13	4,09%
<b>TOTAL</b>	<b>318</b>	<b>100,0%</b>
<b>Fuente: Encuestados</b>		
<b>Elaborado: El Autor.</b>		



**Figura 4.17. Frecuencia de Disposición de los Residuos Generados.**

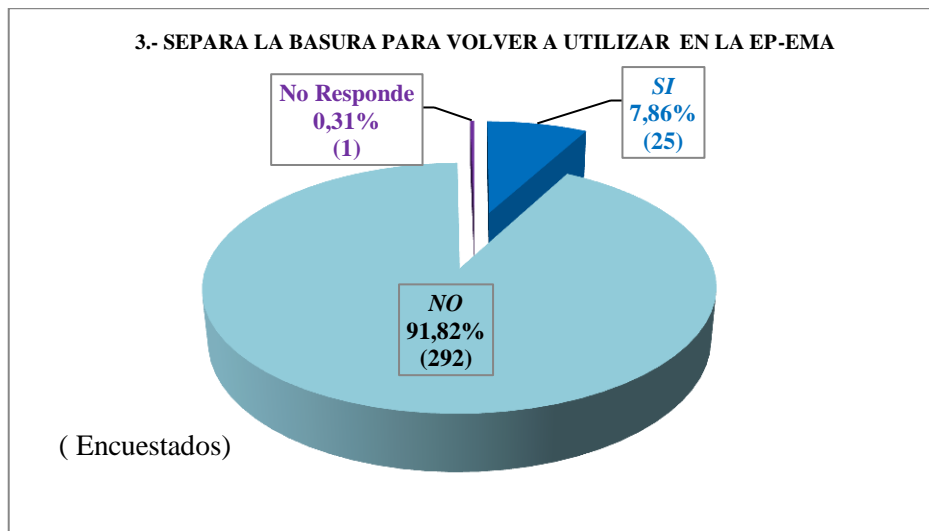
De acuerdo a la información de la encuesta en la presente pregunta, se determina que la realidad es tergiversada por los encuestados al mencionar que depositan los

residuos en el contenedor más cercano, ya que los mismos encuestados no cumplen con lo mencionado, apenas el 6,6 % señalan que depositan los residuos en el suelo, estos encuestados son realmente sinceros y consientes de la disposición de los residuos que producen, y el 4,09 % de encuestados no responden.

### 3.- ¿Separa la basura para luego volverla a utilizar?

**Cuadro 4.23. Frecuencia que Separa la Basura para Volver a Utilizar.**

Respuestas	Encuestados	Frecuencia
SI	25	7,86%
NO	292	91,82%
No Responde	1	0,31%
<b>TOTAL</b>	<b>318</b>	<b>100,0%</b>
<b>Fuente: Encuestados</b>		
<b>Elaborado: El Autor.</b>		



**Figura 4.18. Frecuencia que Separa la Basura para Volver a Utilizar en la EP-EMA.**

De acuerdo al mayor porcentaje del 91,82% de los encuestados, mencionan que no separan los residuos por su caracterización (orgánica e inorgánica), principalmente por falta de costumbre y disponibilidad de tiempo, sin ninguna intención de volver a reutilizar los residuos generados. El porcentaje minoritario

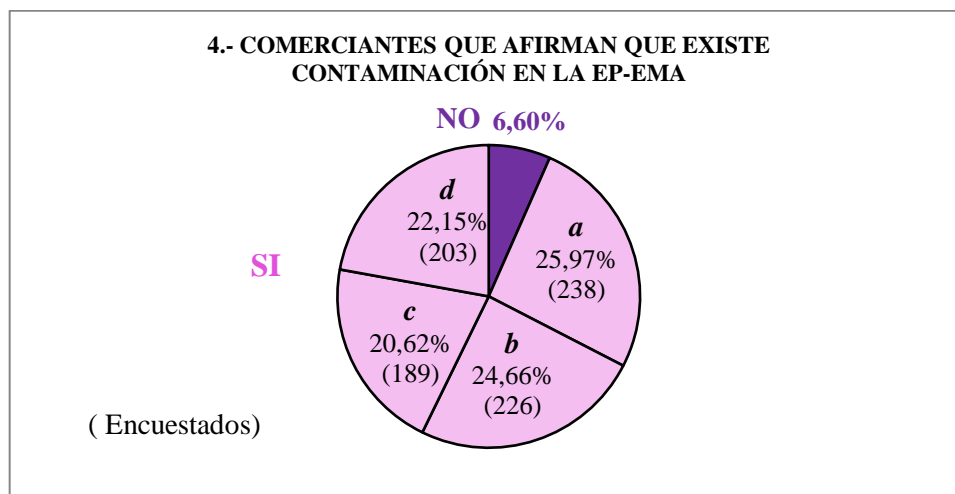


perteneciente al 7.86% de encuestados menciona que SI clasifica los residuos por separado (lo orgánico de lo inorgánico). Los residuos orgánicos que se encuentre en buenas condiciones lo utilizan principalmente, para fines de alimentación de animales domésticos.

#### 4.- ¿De qué manera considera usted que influyen los residuos orgánicos en la EP-EMA?

**Cuadro 4.24. Frecuencia de Existencia Contaminación en el Mercado.**

Respuestas	Encuestados	Frecuencia
SI	297	93,40%
NO	21	6,60%
<b>TOTAL</b>	<b>318</b>	<b>100,00%</b>
a. Basura Acumulada	238	25,97%
b. Malos Olores	226	24,66%
c. Animales Ambulantes	189	20,62%
d. No Responden	203	22,15%
<b>TOTAL</b>	<b>856</b>	<b>93,40%</b>
<b>Fuente:</b> Encuestados		
<b>Elaborado:</b> El Autor.		



**Figura 4.19 Frecuencia de Existencia de Contaminación en la EP-EMA.**

El porcentaje correspondiente al 93,40% de encuestados determinan la existencia de contaminación en el mercado de forma visual, por malos olores, roedores,

acústica y atmosférica (Humo Negro), corroborando lo mencionado con la presente encuesta al determinar el mayor porcentaje de basura acumulada en los puestos de comercialización, en parqueaderos, y alrededor de los contenedores.

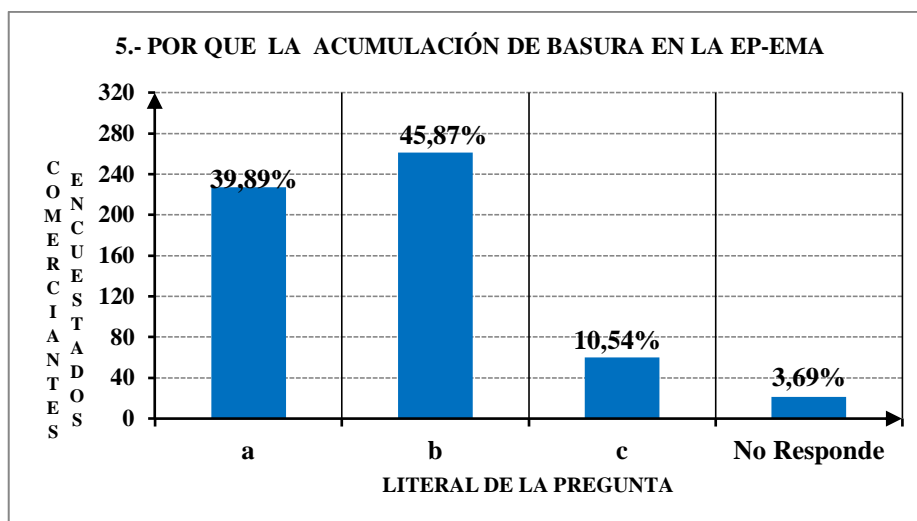
En un segundo lugar correspondiente al 24,66 % al referirse a la contaminación por malos olores que son producidos por la mezcla de los residuos en los contenedores, por la presencia de lixiviados (de productos en mal estado), por la materia putrescible adherida en el fondo de contenedores. A demás la falta de cultura de los usuarios que no utilizan las baterías sanitarias, hacen sus necesidades biológicas en los postes, gradas, alrededor de los contenedores, en las zonas de carga y descarga en ocasiones en los puestos de los comerciantes.

En un tercer lugar perteneciente al 20,62% se refieren a la contaminación por animales ambulantes, especialmente por perros callejeros que deambulan ocasionalmente en manadas de seis a ocho perros que ocasionan la dispersión de los residuos alrededor de los contenedores en busca de alimentos procesados. Y además la existencia de roedores por ser un lugar de almacenamiento de alimentos que cuenta este centro.

### 5.- ¿Por qué se produce la acumulación de basura en el Mercado?

**Cuadro 4.25. Frecuencia de Producción de Residuos en el Mercado.**

<b>Respuestas</b>	<b>Encuestados</b>	<b>Frecuencia</b>
a. Falta de Colaboración	227	39,89%
b. Falta de Cultura	261	45,87%
c. Lejanía de Contenedores	60	10,54%
No Responde	21	3,69%
<b>TOTAL</b>	<b>569</b>	<b>100,0%</b>
<b>Fuente: Encuestados</b>		
<b>Elaborado: El Autor.</b>		



**Figura 4.20. Frecuencia del por qué se Produce la Acumulación de Basura en el EP-EMA.**

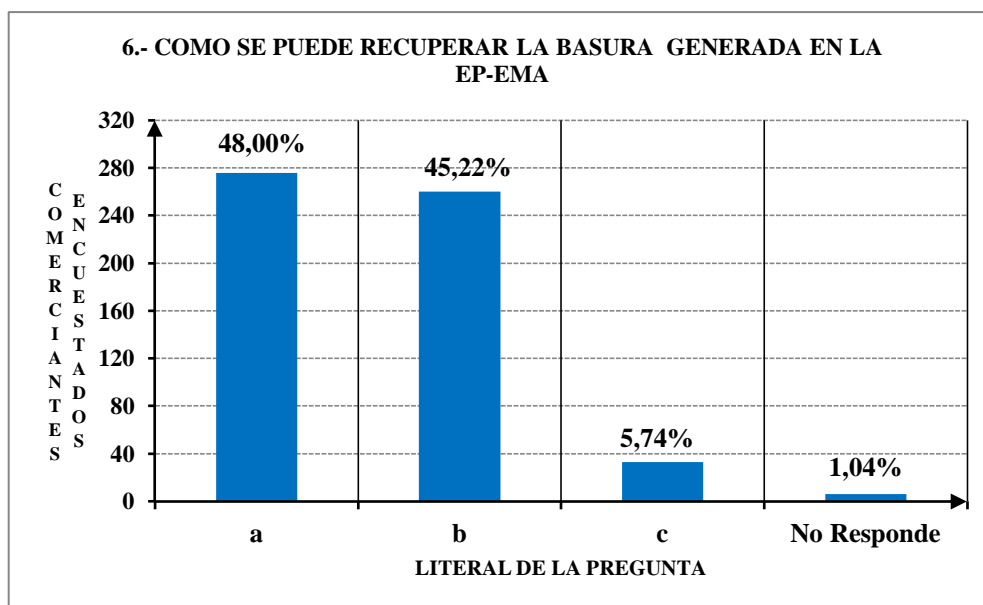
El porcentaje mayoritario correspondiente al 45,87% los encuestados se refieren a la comodidad y falta de cultura de los transeúntes y comerciantes, que tiene mucho que ver con la educación, y las costumbres de cada uno de los usuarios del mercado. En un segundo lugar perteneciente al 39,89% por la falta de colaboración de los comerciantes, productores y transeúntes (*usuarios*), al no prestan la debida importancia a la higiene y salubridad, no colaboran en mantener limpio el mercado existe quemeimportismo (*comodidad*) en depositar los residuos en su lugar. En un tercer lugar correspondiente al 10,54% referente a la acumulación de residuos por la lejanía de los contenedores, en realidad no es una excusa para la acumulación de residuos, ya que la ubicación y disponibilidad de los contenedores es muy asequible al usuario en cada nave, para el almacenamiento adecuado de los residuos.

#### 6.- ¿Qué se Debería hacer con los Residuos del Mercado?

**Cuadro 4.26. Frecuencia que se Debería hacer con los Residuos del Mercado.**

Respuestas	Encuestados	Frecuencia
a. Hacer abono orgánico	276	48,00%
b. Separar para vender plásticos y cartones	260	45,22%

c. Transportar al Relleno S.	33	5,74%
d. No Responde	6	1,04%
<b>TOTAL</b>	<b>575</b>	<b>100,0%</b>
<b>Fuente: Encuestados</b>		
<b>Elaborado: El Autor.</b>		



**Figura 4.21. Frecuencia Como Recuperar con los Residuos de la EP- EMA**

Los comerciantes encuestados manifiestan que la frecuencia como se debería recuperar los residuos generados en la EP-EMA es 48,00% haciendo abono con los residuos verdes. Además resaltan la buena idea de recuperarlos, porque los residuos orgánicos son muy susceptibles de aprovechamiento especialmente para el *compost* beneficiando a la producción agrícola al estar exentos de sustancias químicas dañinas para la salud y perjudicial para el ambiente. Un grupo de comerciantes del 45,22% menciona separando para vender los plásticos y cartones, al ser factible una adecuada disposición final de estos residuos con reciclaje se estará percibiendo recursos económicos.

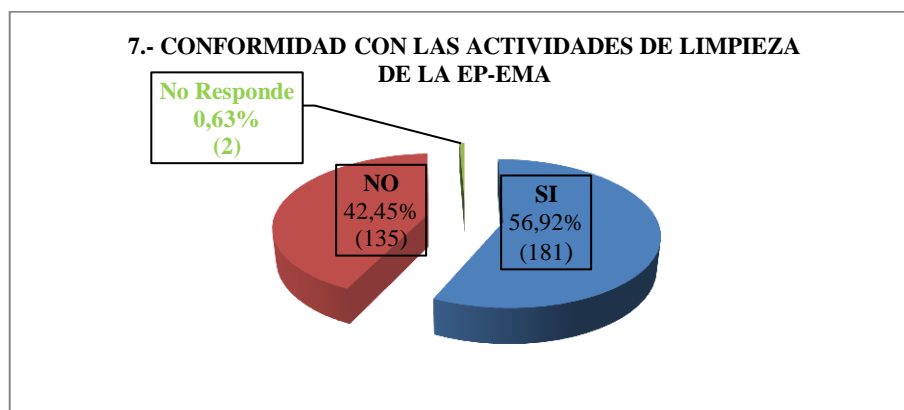
El grupo representativo de encuestados equivalente al 5,74% manifiesta en transportando todo los desechos al relleno sanitario.

Estos comerciantes en su gran mayoría desconocen como poder recuperar los residuos de forma adecuada y amigable con el ambiente.

## 7.- ¿Está conforme con las actividades de limpieza en el Mercado?

**Cuadro 4.27. Frecuencia de Conformidad con la Limpieza del Mercado.**

Respuestas	Encuestados	Frecuencia
SI	181	56,92%
NO	135	42,45%
No Responde	2	0,63%
<b>TOTAL</b>	<b>318</b>	<b>100,0%</b>
<b>Fuente: Encuestados</b>		
<b>Elaborado: El Autor.</b>		



**Figura 4.22. Frecuencia de Estar Conforme con las Actividades de Limpieza.**

Aproximadamente un poco más de mitad de encuestados equivalente al 56,92% SI están de acuerdo con las actividades de limpieza del mercado, por que mencionan que si existen interés en trabajar por la salubridad del mercado, además el personal de limpieza realizan sus actividades los días de comercialización de manera responsable. Un grupo mayoritario perteneciente al 42,45% NO están conformes con las actividades de limpieza del mercado, mencionando su inconformidad por el personal de limpieza. Entre las razones más relevantes manifiestan, la falta de empeño en sus labores, que solo barren lo que les conviene, además mencionan que no hay colaboración de los mismos comerciantes por tener limpios sus puestos de comercialización. También

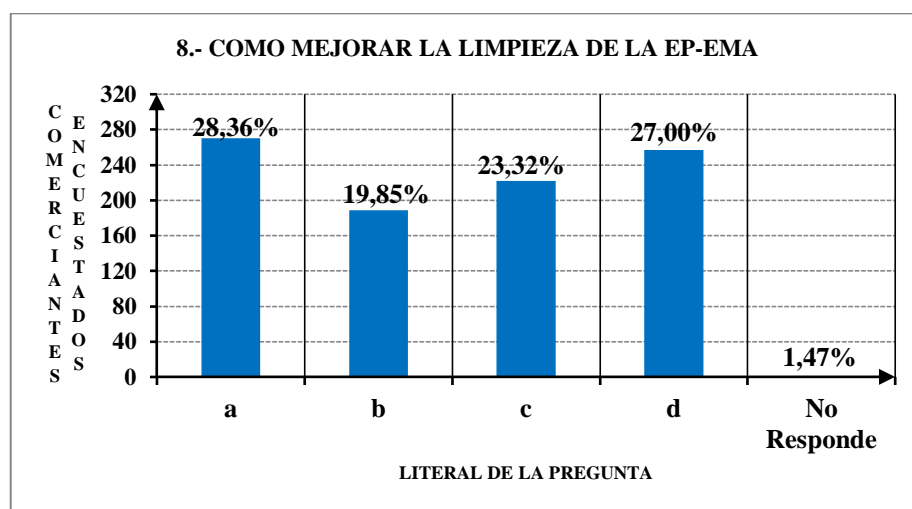
mencionan que los productores son los principales generadores de residuos orgánicos en los parqueaderos y alrededor de las naves.

Como último aspecto la deficiencia en la recolección de los residuos depositados en los contenedores en su totalidad por parte del vehículo carga frontal ya que ingresa al mercado con poca disponibilidad de almacenamiento, provocando la acumulación de los residuos en los contenedores al día siguiente como consecuencia desechos dispersos alrededor de los contenedores dando inicio a la generación de vectores sanitarios.

### 8.- ¿Cómo se mejoraría la limpieza del Mercado?

**Cuadro 4.28. Frecuencia Como Mejorar la Limpieza del Mercado.**

Respuestas	Encuestados	Frecuencia
a. Colocando la basura en los contenedores	270	28,36%
b. Incrementando el personal de limpieza	189	19,85%
c. Reorganizando los horarios de limpieza	222	23,32%
d. Beneficiando a la nave más limpia	257	27,00%
No responde	14	1,47%
<b>TOTAL</b>	<b>952</b>	<b>100,0%</b>
<b>Fuente: Encuestados</b>		
<b>Elaborado: El Autor.</b>		



**Figura 4.23. Frecuencia como se Mejoraría la Limpieza de la EP-EMA.**

Los comerciantes encuestados manifiestan que la frecuencia como se mejoraría la limpieza del mercado. Es el 28,36% colocando toda la basura en los contenedores siendo factible en el caso que todos los usuarios colaboraran depositando los residuos de forma voluntaria en los contenedores de sus respectivas naves.

El segundo porcentaje en orden de importancia correspondiente al 27% mencionan, beneficiando de alguna manera a la nave más limpia inculcando charlas de concientización de buenas prácticas ambientales a las naves organizadas y limpias.

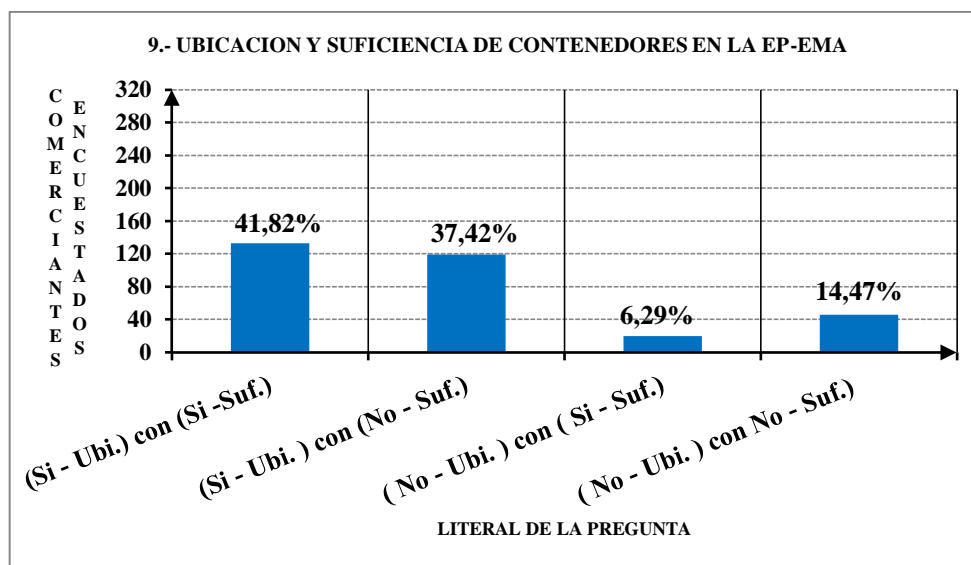
En un tercer lugar de importancia equivalente al 23,32% mencionan reorganizando los horarios de limpieza y recolección, buscando la posibilidad de iniciar las labores de limpieza apenas cesen la actividad comercial con eso se estará mejorando la disponibilidad de una adecuada limpieza. Además que la recolección de los residuos se realice más tarde de lo acostumbrado asegurándonos el traslado en su totalidad de los residuos almacenados en los contenedores.

En un último lugar correspondiente al 19,85% los encuestados manifiestan que si es necesario el incremento del personal de limpieza, al conformar un grupo mayoritario de trabajadores que realicen las labores de limpieza de forma rápida y completa en la totalidad de las instalaciones del mercado.

**9.- ¿Cree usted, que la ubicación de contenedores esta correcta y son suficientes para almacenar toda la basura de cada día?**

**Cuadro 4.29. Frecuencia de Ubicación Correcta y Contenedores Suficientes.**

<b>Respuestas</b>	<b>Encuestados</b>	<b>Frecuencia</b>
(Si - Ubi.) con (Si -Suf.)	133	41,82%
(Si - Ubi.) con (No -Suf.)	119	37,42%
(No - Ubi.) con (Si -Suf.)	20	6,29%
(No - Ubi.) con (No -Suf.)	46	14,47%
<b>TOTAL</b>	<b>318</b>	<b>100,0%</b>
<b>Fuente: Encuestados</b>		
<b>Elaborado: El Autor.</b>		



**Figura 4.24. Frecuencia de Ubicación y Disponibilidad de Contenedores.**

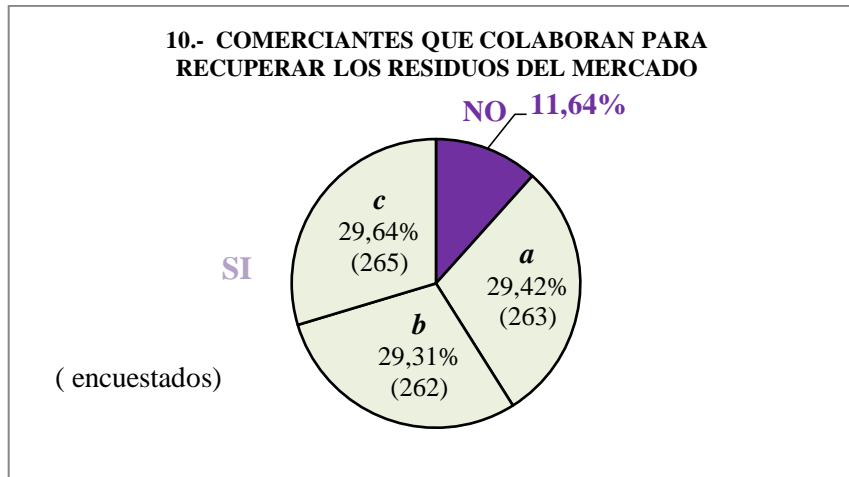
El porcentaje mayoritario de los comerciantes encuestados manifiestan que si son suficientes y bien ubicados los contenedores por nave, porque la administración de la EP-EMA ha estado incorporando y reorganizando los contenedores de forma paulatina según las necesidades de cada nave o zona del mercado.

#### 10.- ¿Colaboraría Ud. de alguna manera para volver a utilizar la basura del Mercado?

**Cuadro 4.30. Comerciantes que Colaborarían para Recuperar los Residuos del Mercado.**

Respuestas	Encuestados	Frecuencia
SI	281	88,36%
NO	37	11,64%
<b>TOTAL</b>	<b>318</b>	<b>100,00%</b>
a. Clasificando	263	29,42%
b. No Contaminando	262	29,31%
c. Colaborando	265	29,64%
<b>TOTAL</b>	<b>790</b>	<b>88,36%</b>
<b>Fuente: Encuestados</b>		
<b>Elaborado: El Autor.</b>		





**Figura 4.25. Comerciantes que estarán Dispuestos a Colaborar para Recuperar los Residuos Generados en la EP-EMA.**

El porcentaje de mayor aceptación correspondiente al 88,36% manifiesta en están dispuestos en colaborar en la recuperación de los residuos generados, preservar el ambiente y apoyar a la EP-EMA en la conservación de su salubridad y ornato.

Estarían dispuestos en colaborar en porcentajes muy similares como:

- Clasificando y depositando la basura según su caracterización de contenedores verde y azul.
- No contaminando los residuos para facilitar su recuperación
- Colaborando con posibles campañas de separación de los desechos.

#### **4.2.15 Situación Actual del Mercado Mayorista Ambato.**

Por medio del análisis e interpretación de resultado de la presente encuesta se puede concluir:

- La calificación de la limpieza del mercado mayorista es equivalente a *Buena*, equivalente al 40,25%, con un porcentaje muy cercano a *Regular* perteneciente al 33,96%. Indicándonos que no es muy representativa la aceptación de la limpieza en el mercado.
- Que los comerciantes aparentan depositar todos los desechos en los contenedores, situación que no es verdad, porque se ha comprobado de manera

visual de la existencia de residuos acumulados en los puestos de los comerciantes.

- Un grupo minoritario 7,86% de encuestados separan los residuos para luego volver a reutilizar, especialmente los residuos orgánicos de buena en buen estado para alimentar animales domésticos.
- La gran mayoría de los encuestados afirman de la existencia de contaminación en el mercado, en orden de importancia se menciona: contaminación visual el 25,97%, contaminación por malos olores el 24,66%, contaminación auditiva y atmosférica (smoke) el 22,15%, y contaminación por animales ambulantes el 20,62%.
- La principal causa por la que se produce la acumulación de residuos en el mercado es la comodidad y falta de cultura de los usuarios de la EP-EMA.
- Los comerciantes encuestados manifiestan en un 48% recuperar los residuos orgánicos, haciendo abono orgánico, porque son muy aptos de aprovechamiento.
- La conformidad con las actividades de limpieza del mercado no es realmente aceptable ya que existe un porcentaje considerable en desacuerdo con las actividades de limpieza de la EP-EMA.
- La limpieza de mercado es susceptible de mejoramiento al implementar planes de acción, como lanzando campañas de clasificación en la fuente, beneficiando de alguna manera a la nave más limpia, reorganizando los horarios de limpieza y recolección, e incrementando el personal de limpieza...etc.
- La ubicación y la disposición de contenedores es adecuada en la actualidad porque se viene trabajando en la incorporación y ubicación de contenedores en el mercado.
- Existe muy buena disponibilidad de los comerciantes en colaborar con futuras campañas de aprovechamiento de los residuos sólidos.
- La encuesta realizada en la EP-EMA fue muy oportuna para conocer antecedentes considerables para el mejoramiento de la salubridad del mercado.

### 4.3 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS.

De la hipótesis planteada: “La reducción de tamaño de partícula de los residuos sólidos orgánicos del mercado mayorista de Ambato, mediante un proceso unitario permitirá disminuir el volumen ocupacional y además obtener el tamaño de partícula adecuado para facilitar su manejo posterior.”; para su verificación se realiza las siguientes consideraciones. Como se señala en el estudio el mayor porcentaje en generación de residuos sólidos de la EP-EMA, corresponde a los residuos sólidos orgánicos con una equivalencia del 73,57 % en masa generada, la cual es una consecuencia directa de la comercialización de productos agrícolas. El aprovechamiento de la masa orgánica con un *proceso unitario* de reducción de tamaño en fragmentos menores, la importancia del tamaño de las partículas está en la cantidad de superficie de las partículas de los residuos que está expuesta a ataques microbianos.  $\langle$  *Tamaño* de partícula,  $\langle$  *Tiempo* de degradación. Por lo tanto, en base al estudio previo, cuantas más pequeñas sean las partículas, más fácilmente y con mayor rapidez, se pueden degradar. En la práctica del compostaje: como afirma el autor (DÍAZ, 2010: 155), “el tamaño óptimo del producto triturado varía con la naturaleza física de los residuos. Si la estructura de los residuos es rígida y no es fácilmente compactado, el tamaño de partícula debe estar dentro del rango de alrededor de *1,25 a 8 cm*”.

El flujo de volumen orgánico triturable por día es de  $41,20 m^3$  el cual es necesario reducir para efectos de almacenamiento, además de disminuir el espacio ocupacional en proceso de degradación y para que las partículas tengan un tamaño adecuado de forma que podamos *garantizar la putrefacción*; teóricamente se señala una relación efectiva aproximada de reducción de 5:1, obteniendo un volumen de  $8,24 m^3/día$  para una operación de reducción del tamaño por *trituración secundaria*. Los equipos más comunes para realizar actividades semejantes a éstas son las trituradoras o molinos de cuchillas y los de martillos.

La selección del equipo de trituración cumple con los requerimientos de reducción del tamaño aproximados: de dureza del material *Duro*, Gama de alimentación de *Máx. 5 pulg* y un *Min de 1 pulg*, Gama de productos *Máx. 1 pulg* en y *Min 0,2 pulg*, con un tipo de equipo dentro del rango de categorías A a F según el manual

de (PERRY, 1992: 8-19), seleccionando la categoría C:Molinos de impacto, con el principio de molino de martillos *el desintegrador Rietz*, el cual es apto para trabajar con materiales acuosos a menudo *resistentes y elásticos* más que duros y sensibles al agrietamiento, por lo cual es necesario *altas velocidades* para su procesamiento en reducción de tamaño con la menor cantidad de energía posible. Muchas aplicaciones de trituración se efectúan con materiales de altos contenidos de humedad por tratarse de residuos orgánicos *frescos* que contienen un porcentaje promedio de humedad del 84,70 % y un pH de 5,8 cuyo valor se encuentra en el rango de un pH *mediadamente ácido* que puede reaccionar con el metal especialmente si hay suficiente oxígeno presente que experimentan *reacciones de hidrólisis*. Además afirma Díaz (2010), “la gran parte de los residuos del proceso que representa cerca del [74%] de los residuos sólidos entrantes es material orgánico combustible o biodegradable. Estos residuos deben disponerse en un relleno sanitario, a menos que se procesen para su uso en la recuperación de energía o se transforme en material de entrada para el compostaje. Lo cual reducirá los 75% de la cantidad de RSM depositados en el relleno sanitario a más de reducir el 80% del volumen ocupacional de los residuos sólidos orgánicos.

En resumen se mide la contaminación residual por el porcentaje de reducción del volumen ocupacional de residuos orgánicos de la EP-EMA de 41,20 m<sup>3</sup> a 8,24 m<sup>3</sup>; además de obtener un tamaño de partícula recomendado para el compost comprendido en el rango de 1,25 a 8 cm, empleando el *triturador de impacto a martillos* se comprueba la hipótesis planteada.

#### **4.3.1 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS DE FORMA ESTADÍSTICA.**

##### **Hipótesis**

En este trabajo de investigación, la hipótesis planteada es la siguiente:

“La reducción de tamaño de partícula de los residuos sólidos orgánicos del mercado mayorista de Ambato, mediante un proceso unitario permitirá disminuir el volumen ocupacional y además obtener el tamaño de partícula adecuado para facilitar su manejo posterior”.

## **Planteamiento lógico de la hipótesis**

### **Hipótesis nula ( $H_0$ )**

“La reducción de tamaño de partícula de los residuos sólidos orgánicos del mercado mayorista de Ambato, mediante un proceso unitario no permitirá disminuir el volumen ocupacional y además obtener el tamaño de partícula adecuado para facilitar su manejo posterior”.

### **Hipótesis alternativa ( $H_1$ )**

“La reducción de tamaño de partícula de los residuos sólidos orgánicos del mercado mayorista de Ambato, mediante un proceso unitario permitirá disminuir el volumen ocupacional y además obtener el tamaño de partícula adecuado para facilitar su manejo posterior”.

#### **4.3.1 .1 Especificaciones de la región de Aceptación y Rechazo.**

Para el proceso de la verificación de la hipótesis se utilizaron las preguntas 4 y 6 correspondientes a las encuestas realizadas a los comerciantes catastrados de la EP-EMA. Para la determinación del punto crítico, que permita aprobar o rechazar las hipótesis planteadas se considero los siguientes datos:

$$\text{Grado de libertad (gl)} = (f-1) (c-1)$$

Donde:

f = filas: 2

c = columna: 3

$$(gl) = 2$$

Nivel de significancia: 5 %

#### **4.3.1 .2 Especificaciones Estadísticas**

Se trata de la elaboración de un cuadro de contingencia de dos filas por tres columnas con la aplicación de la siguiente fórmula estadística:

$$X^2 = \sum \frac{(FO - FE)^2}{FE}$$

Dónde:

$X^2$  = Chi cuadrado

$\Sigma$  = Sumatoria

FO = Frecuencias Observadas

FE = Frecuencias Esperadas

### 4.3.1 .3 Resultado de Frecuencias

Para continuar con el proceso de verificación de la hipótesis fue necesario elaborar una tabla con las preguntas 4 y 6 de la encuesta de Diagnóstico de la limpieza y Salubridad en la EP-EMA, resumida en el siguiente cuadro.

**Cuadro 4.31. Frecuencias Observadas de los Comerciantes Catastrados.**

<b>FRECUENCIAS OBSERVADAS</b>				
<b>Alternativa</b>	<b>Basura Acumulada/Hacer abono orgánico</b>	<b>Malos Olores/Transportar al Relleno Sanitario</b>	<b>Animales Ambulantes/Separar lo orgánico de RSU</b>	<b>Sub Total</b>
4.- ¿De qué manera considera usted que influyen los residuos orgánicos en la EP-EMA?	238	226	189	<b>653</b>
6.- ¿Qué se debería hacer con la basura del Mercado?	276	33	260	<b>569</b>
<b>Sub Total</b>	<b>514</b>	<b>259</b>	<b>449</b>	<b>1222</b>

Fuente: *El Autor.*

La frecuencia esperada de cada celda, fue calculada mediante la siguiente fórmula aplicada a la tabla de frecuencias observadas.

$$FE = \frac{(\text{Total de Fila}) * (\text{Total de Columna})}{N}$$

Donde “N” es el número total de frecuencias observadas.

Para la aplicación de la fórmula anterior se realiza en base al cuadro de frecuencias observadas de la siguiente manera:

$$E_1 = \frac{514 * 653}{1222} = 274,67$$

Al aplicar la fórmula anterior se obtiene el siguiente cuadro de frecuencias esperadas.

**Cuadro 4.32. Frecuencias Esperadas de los Comerciantes Catastrados.**

<b>FRECUENCIAS ESPERADAS</b>				
<b>Alternativa</b>	<b>Basura Acumulada/Hacer abono orgánico</b>	<b>Malos Olores/Trasportar al Relleno Sanitario</b>	<b>Animales Ambulantes/Separar lo orgánico de RSU</b>	<b>Sub Total</b>
4.- ¿De qué manera considera usted que influyen los residuos orgánicos en la EP-EMA?	274,67	138,40	239,93	<b>653,0</b>
6.- ¿Qué se debería hacer con la basura del Mercado?	239,33	120,60	209,07	<b>569,00</b>
<b>Sub Total</b>	<b>514</b>	<b>259</b>	<b>449</b>	<b>1222</b>

Fuente: *El Autor.*

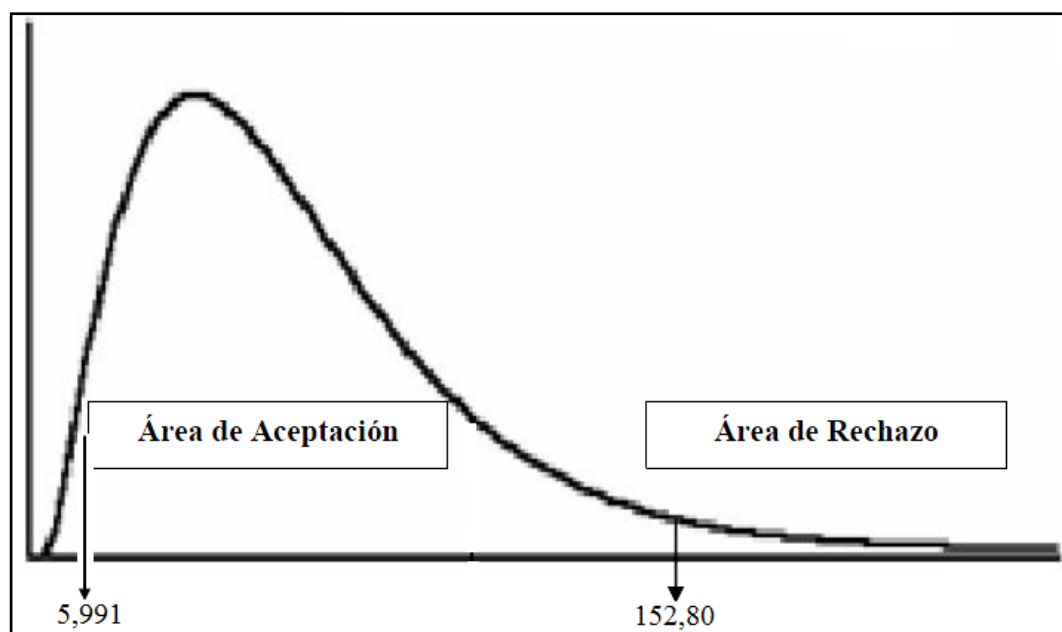
Con la información del cuadro anterior se produce a la estimación del Chi Cuadrado de esta investigación, que a continuación se expone:

**Cuadro 4.33. Estimación del Chi Cuadrado de los Comerciantes Catastrados.**

Alternativas	F.O	F.E	FO-FE	(FO-FE) <sup>2</sup>	(FO-FE) <sup>2</sup> /FE
Basura Acumulada	238	274,67	-36,67	1344,40	4,89
Hacer abono Orgánico	276	239,33	36,67	1344,40	5,62
Malos Olores	226	138,40	87,60	7673,44	55,44
Transportar R. S	33	120,60	-87,60	7673,44	63,63
Animales Ambulantes	189	239,93	-50,93	2594,08	10,81
Separar lo orgánico de RSU	260	209,07	50,93	2594,08	12,41
<b>TOTAL</b>	1222	1222	0	23223,85	<b>152,80</b>

Fuente: *El Autor.*

El valor de Chi Cuadrado calculado es de 152,8 lo que se procederá graficar mediante la curva de Chi Cuadrado para comprobar si se acepta o rechazar la hipótesis expuesta, quedando la siguiente forma:



**Figura 4.26. Verificación Gráfica de la Hipótesis.**

Fuente: *El Autor.*

Como se puede observar gráficamente el valor de Chi Cuadrado estimado es decir 152,8 es mayor que la Chi Cuadrado establecido por el cuadro (Véase Anexo S) es decir 5,991, por lo tanto se rechaza la hipótesis Nula de de que “La reducción de



tamaño de partícula de los residuos sólidos orgánicos del mercado mayorista de Ambato, mediante un proceso unitario no permitirá disminuir el volumen ocupacional y además obtener el tamaño de partícula adecuado para facilitar su manejo posterior”, y se acepta la hipótesis alternativa es decir “La reducción de tamaño de partícula de los residuos sólidos orgánicos del mercado mayorista de Ambato, mediante un proceso unitario permitirá disminuir el volumen ocupacional y además obtener el tamaño de partícula adecuado para facilitar su manejo posterior”.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

- La presencia de humedad promedio del 84,70 % al contacto con el medio ambiente aumenta el ataque corrosivo, ya que los metales se vuelven inestables en estas condiciones.
- Al tener una relación en base seca y húmeda 15,30% sólido y 84,7% líquido se asemeja a los residuos semi-sólidos, encaminándolos como materia prima en la fabricación del compost.
- El producto comercializado en la nave “O” es la mayor generadora de desechos orgánicos con un valor alrededor de 11,94 m<sup>3</sup> en volumen y 2809,6 kg correspondiente al 28,94 % en peso.
- La tasa de generación de residuos orgánico (*componentes*) en la EP-EMA varían regularmente con el día o temporada del año, día de comercialización 13 ton/día, feriados 15 ton/día aproximadamente.
- Al determinar un pH promedio de 5,8 en una concentración ligeramente ácida es óptima para el compostaje, si sabemos que puede desarrollarse la vida en el seno del residuo, ya que por encima de un valor 5 puede existir vida.
- El triturador de impacto (Rietz) es la máquina óptimo para implementar en la recuperación de los residuos de la EP-EMA, debido a que trabaja con altos contenidos de humedad y con materiales abrasivos.
- La existencia de contaminación residual en el mercado mayorista principalmente por acumulación y propagación de malos olores de los residuos orgánicos, determinada en la encuesta se reduciría la contaminación

aprovechando los residuos procesables al reducir el volumen ocupacional aproximadamente el 20 %.

- La implementación de la masa orgánica triturada para el compostaje (*bocashi*), puede jugar un papel fundamental en la agricultura del futuro y en la conservación de los ecosistemas.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- Considerando que la gran cantidad de residuos orgánicos generados es de buena calidad se podría aprovechar como un recurso renovable biodegradable que es muy susceptible de recuperación en sustratos orgánicos.
- Determinar grados o efectos de contaminantes por vectores sanitarios generados por la descomposición de los RSM.
- Impulsar la comercialización del abono orgánico (*bocashi*) a los productores mayoristas y minoristas de mercado como una enmienda para sus cultivos obteniendo productos saludables libres de contaminantes químicos.
- Tomar en cuenta para el compostaje (*bocashi*), el requisito de la descomposición aerobia en la relación C/N (Carbono /Nitrógeno) equilibrada en proporción de residuos (*verdes*) a los desechos vegetales con residuos de jardín (*secos*).
- Gestionar e implementar un plan de gestión integral de residuos sólidos encaminados al *Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos (PNGIDS)* prescrita por la autoridad ambiental y el gobierno nacional.
- Considerar las sugerencias de comerciantes encuestados para así mejorar la salubridad y la actividad comercial del mercado.

## **CAPÍTULO VI**

### **PROPUESTA**

#### **6.1 DATOS INFORMATIVOS**

##### **6.1.1 TÍTULO:**

**Tema: “IMPLEMENTACIÓN DE UN TRITURADOR PARA REDUCIR EL VOLUMEN ACUMULADO Y UNITARIO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS ORGÁNICOS GENERADOS EN LA EMPRESA PÚBLICA MERCADO MAYORISTA DE AMBATO.**

##### **6.1.2 INSTITUCIONES:**

**EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL MERCADO MAYORISTA AMBATO “EP-EMA” Y EL GREMIO DEL CENTRO AGRÍCOLA DE TUNGURAHUA.**

##### **6.1.3 BENEFICIARIOS:**

###### **6.1.3.1 Beneficiarios primarios:**

- Asociación del Centro Agrícola de Tungurahua

###### **6.1.3.2 Beneficiarios secundarios:**

- Funcionarios de la EP-EMA.
- Comerciantes catastrados o ambulantes de la EP-EMA.
- Usuarios del mercado
- Departamento de higiene y saneamiento de la EP-EMA.
- Productores y Agricultores.

#### **6.1.4 UBICACIÓN:**

Tungurahua – Ambato, (sector designado por el centro agrícola de Tungurahua)

#### **6.1.5 TIEMPO ESTIMADO PARA LA EJECUCIÓN:**

El tiempo estimado para la construcción del equipo dos meses.

#### **6.1.6 EQUIPO TÉCNICO:**

- ✓ Diseñador
- ✓ Operador del plasma y plegadora
- ✓ Operador de máquinas herramientas
- ✓ Soldador TIG/MIG
- ✓ Técnico en ensamblaje de maquinaria en acero inoxidable.

#### **6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA.**

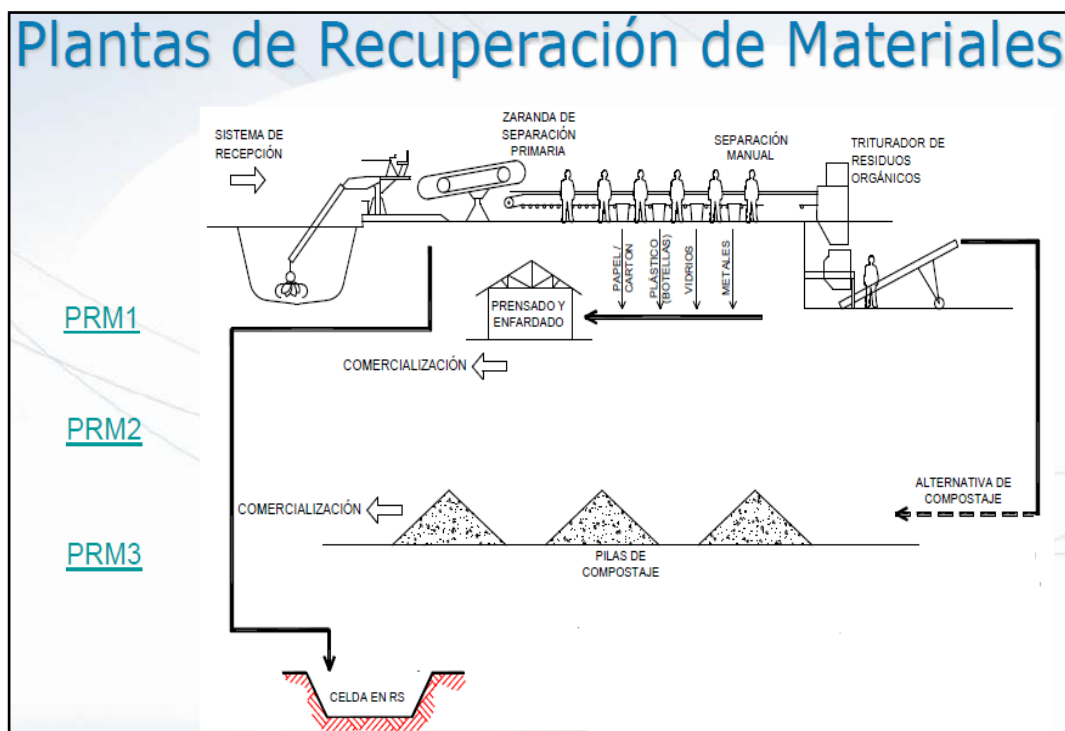
El propósito del diseño y construcción de un equipo triturador capaz de realizar la reducción de tamaño, no solo está centrado a una investigación netamente técnica, sino también a identificar ciertas problemáticas existentes en el sector ambiental y agrícola tomando en cuenta los beneficios que se obtiene a un corto o mediano plazo con esta inversión, compartir ideas y recoger alternativas de solución que permita mayor eficiencia y optimización de los residuos renovables desechados por el comercio en el mercado mayorista del cantón Ambato. Desde el punto de vista ambiental en la conservación de los ecosistemas y principalmente del sector agrícola el cual constituyen una fuente importante de desarrollo económico en el país, a pesar de ello, es poco el interés que se da para mejorar los procesos de producción de estos, más aún para las pequeñas productores.

En nuestro medio se visualiza máquinas para el corte y reducción del tamaño (picadoras) especialmente en la florícolas, para aprovechar el residuo resultante por la comercialización de flores; utilizándolo en la elaboración de sustratos orgánicos para incorporar de nuevo a los suelos para el cultivo de flores.

Desde hace algunos años se vienen identificando con mayor profundidad los diferentes problemas ambientales del Cantón Ambato, con respecto a la gestión integral de los residuos sólidos orgánicos. Esto ha creado el interés de algunos gremios principalmente agrícolas, debido a los graves impactos que estos problemas causan en la salud de la población, así como en la economía de familias, empresas y comunidad. Se conoce que estos problemas están presentes en todos los lugares en donde se realizan actividades comerciales. El “CENTRO AGRÍCOLA DE TUNGURAHUA” apuesta a la gestión de residuos sólidos orgánicos, empezando como proyectos a menor escala en estudios para la recuperación de residuos sólidos, desde el punto de vista tecnológico, legal, normativo e institucional. Además, el propósito en generar es beneficia a los agricultores de la provincia de forma *económica y ecológica* desde la recuperación de los residuos orgánicos, y aprovechar de manera adecuada los recursos renovables que se generan en la EP-EMA.

El Centro Agrícola de Tungurahua, cuenta con personal técnico y operativo altamente capacitado. Dicho grupo humano permite obtener producto de calidad cumpliendo con todas las normas que exigen la autoridad ambiental para la gestión integral de residuos sólidos, hasta la obtención del producto final (abono orgánico) de calidad.

Encaminados en este sentido de la reducción de tamaño de los residuos orgánicos teniendo en cuenta que los costos de equipos en acero inoxidable son elevados, dicha empresa buscan a grupos de técnicos y personal experimentado en construcción de maquinaria en acero inoxidable, dentro de la zona centro para cumplir con este objetivo, y además haciendo alusión al cuidado de los ecosistemas y del medio ambiente aprovechando el talento humano, dedicadas en esta rama de la ingeniería.



**Figura 6.1. Proyecto a Implementarse (CENTRO AGRÍCOLA TUNGURAHUA)  
Planta de recuperación de Residuos Sólidos.**

Fuente: *EL Autor*

### 6.3 JUSTIFICACIÓN.

El alto costo para la importación de nuevas tecnologías a los países latinoamericanos, el desaprovechamiento de los residuos sólidos generados en esta provincia, incrementando la contaminación del medioambiente y principalmente sin contar con un reutilización de la masa orgánica para realizar abono orgánico como un complemento de nutrientes de origen biológico para los suelos agrícolas del sector, son los principales factores que intervienen en la decisión de diseñar un sistema mecánico que permita un reducción de tamaño de los residuos orgánicos generados en la EP-EMA, para aprovechar fácilmente como materia prima en sustratos orgánicos amigables con el ambiente.

La Asociación del **CENTRO AGRÍCOLA DE TUNGURAHUA**. Es un gremio que se dedica a la solución de problemas en el ámbito agrícola, beneficiando a los agricultores de la Provincia del Tungurahua. Siendo una institución muy genuina

para la gestión residuos sólidos orgánicos en la zona centro del país. Considerando lo antes expuesto, y la asociación como tal ha pensado en aprovechar los residuos sólidos generados en la EP-EMA. Realizando, en primera instancia, a la clasificación de los residuos sólidos, y la reducción de tamaño de la fracción biodegradable y su posterior proceso aerobio de biodegradación de los residuos orgánicos generadas por la comercialización en el mercado mayorista.

La presente propuesta plantea el diseño y construcción de un equipo tipo *Desintegrador Rietz*, para la reducción del tamaño de los residuos orgánicos, con el propósito de disminuir los efectos contaminantes producidos por las alteraciones biodegradables de los residuos principalmente en estado de descomposición; mediante la implementación del equipo triturador se consiguiera la recuperación de los residuos biodegradables en abono orgánico (*Bocashi*) para nutrir los suelo y mejorar la producción de las cosechas.

## **6.4 OBJETIVOS**

### **6.4.1 Objetivo General**

- Implementar un equipo triturador de desechos orgánicos que permita obtener un tamaño óptimo de partícula para posteriormente producir compostaje.

### **6.4.2 Objetivos Específicos**

- Determinar los parámetros preliminares para el diseño mecánico del triturador.
- Diseñar el equipo triturador con los principales parámetros establecidos.
- Construir e implementar el equipo triturador en acero inoxidable
- Diseñar un triturador capaz de procesar la generación diaria de desechos orgánicos de la EP-EMA y que cumpla con los requerimientos de la planta de compostaje.

## **6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD**

La presente propuesta cuenta con la aprobación y el interés del gremio del Centro de Agrícola de Tungurahua, ya que dispone de la inversión necesaria para la



construcción, pruebas de funcionamiento y mantenimiento programado. Además la asociación, es directamente beneficiada, por lo que brindará todo su apoyo durante el proceso de diseño y construcción para obtener un equipo de trituración idóneo para residuos fibrosos y húmedos.

#### **6.5.1. Factibilidad Social**

La presente propuesta beneficia totalmente a las entidades relacionadas con el tratamiento y disposición final de los residuos, además a pequeñas asociaciones (ramales), y de forma fundamental a los pequeños y grandes agricultores de la zona centro, productores de la EP-EMA y del sector agropecuario que se beneficiarán de las bondades del abono orgánico para sus cultivos.

#### **6.5.2. Factibilidad Económica**

El diseño y construcción del triturador de residuos orgánicos cuenta con todo el apoyo del gremio de agricultores, con la posterior adquisición del triturador, en los que se representan costos por herramientas, equipos utilizados, transporte, costos indirectos y el capital necesario, con énfasis en la adquisición del material inoxidable para efectos corrosión. La construcción del equipo es una inversión para el grupo gremial (CENTRO AGRÍCOLA DE TUNGURAHUA), además la máquina cuenta con garantía que cubre cualquier defecto de construcción del equipo.

### **6.6. FUNDAMENTACIÓN.**

#### **6.6.1 Parámetros de Diseño.**

La trituración es un proceso de reducción de materiales comprendido entre los tamaños de entrada promedio 11,2 cm y el tamaño óptimo del producto el cual varía dentro del rango de 1,25 a 8 cm, que se distingue a la etapa de *trituración fina*.

Las fuerzas utilizadas en la reducción de tamaño son: la compresión, la percusión o impacto que desempeña a menudo un papel importante en el desintegrador Rietz y la abrasión.

Todos los aparatos de trituración deben disponer de mecanismos o técnicas para hacer frente a problemas como:

- Selección de la estructura metálica en la zona de desintegración con materiales anticorrosivos
- Un sistema de regulación de la granulometría del producto. (Criba)
- Un mecanismo contra daños por elementos no triturables que garantice la integridad de la máquina.

### 6.6.2 Ensayo para Obtener la Potencia de Ruptura.

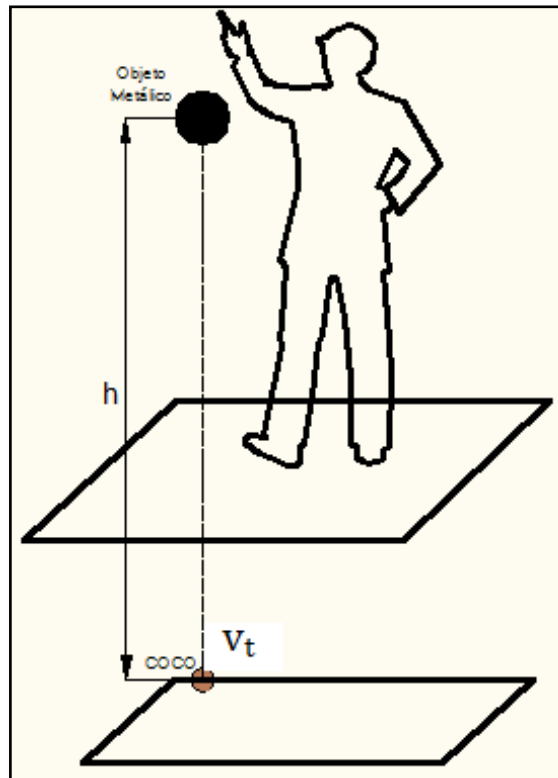
Mediante la interpretación del ensayo ideado con la finalidad de obtener velocidades de impacto contra el residuo relativamente altas lo cual se aproximan a la realidad y es mucho más real que asemejar al ensayo de compresión en la máquina de ensayos universal, entonces se determina que la energía necesaria para romper el residuo orgánico de mayor resistencia (*Coco*) es equivalente a dejar caer un objeto metálico de masa constante de 11 [kg], desde diferentes altura de experimento detalladas en el (cuadro 6.1). En conclusión se detalla la ruptura de coco al dejar caer un objeto metálico de 11 kg de masa a una altura de 2,60 [m] sobre el residuo Coco (la masa aproximada del coco es de 234 gr).

Nota: Para cada el ensayo se utilizó un residuo (Coco) de características similares.

**Cuadro 6.1. Altura de Ensayo de Caída libre**

<b>ENSAYO DE CAÍDA LIBRE</b>		
<b># de Prueba</b>	<b>Altura Uno [m]</b>	<b>Resultado</b>
Prueba 1	1	No se Rompe
Prueba 2	1,5	No se Rompe
Prueba 3	2	No se Rompe
Prueba 4	2,5	Se Fisura
<b>Prueba 5</b>	<b>2,6</b>	<b>Se Rompe</b>

Fuente: *El Autor*



**Figura 6.2. Caída Libre de un Objeto Metálico sobre el Residuo Coco**

Fuente: *El Autor.*

Acotación: El autor de la tesis (CUADRADO, R). Escribe “este tipo de experimento de *caída libre*, donde se obtiene la energía necesaria de trituración para cualquier elemento triturable, no es nuevo ya que fue realizado anteriormente en centros alimenticios. Para este proyecto se tuvo que realizar este experimento, ya que el valor de la energía de trituración para los residuos orgánicos no es conocido”.

### **6.6.3 Designación de Velocidades Tangenciales del Martillo.**

Según el autor (PERRY, 1992: 8-45), los desintegradores Rietz cuentan normalmente con velocidades de rotación que producen velocidades elevadas en la punta de los martillos que varían de 5 a 111,7 [m/s], por lo cual se asume la velocidad tangencial en el extremo del martillo intermedia de 40 m/s dentro del rango recomendado para la reducción de tamaño.

#### **6.6.4 Determinación de la altura real para obtener la velocidad Tangencial.**

Asumiendo  $V_0 = 0$ , para el ensayo, por la dificultad de medir, además no influye considerablemente en relación con la velocidad final, lo cual en la realidad se aproxima a 0,1 m/s saliente de la banda transportadora. La ecuación cinemática para obtener la altura real es:

#### **Ecuación 1: Velocidad por Medio de Movimiento Rectilíneo Uniforme**

$$V_t^2 = V_0^2 + 2 * g * h \quad (1)$$

Despejando la altura se obtiene:

$$h = \frac{V_t^2 - V_0^2}{2 * g} = \frac{\left(\frac{40\text{m}}{\text{s}}\right)^2 - \left(0\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2 * 9,81\frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$

$$h = 81,54 \text{ [m]}$$

Nota: Para obtener la velocidad de 40 m/s es necesario alcanzar una altura de 81,54 [m] la misma que es muy difícil de obtener en nuestro entorno debido a (lugar, seguridad etc.). Por la cual se realiza la siguiente consideración:

#### **Ecuación 2: Potencia de Ensayo Igual a la Potencia Real.**

$$P_{ENSAYO} = P_{REAL} \quad (2)$$

Con la siguiente consideración procedemos a determinar la potencia total del ensayo

#### **6.6.5 Potencia de Ensayo Total para Romper un Residuo.**

Para determinar la potencia de ensayo total para despedazar un residuo especialmente considerando el residuo (Coco) de mayor resistencia generado en la EP-EMA se tiene.

#### **Ecuación 3: Ecuación de Definición de Potencia.**

$$P_{\text{Total}} = F * V * \# \text{ Residuos / rev}(3)$$

La continuación del contenido se parte de la ecuación de definición de potencia de lo cual se deduce lo siguiente debido a que hay más de un residuo que se va a triturar en un momento determinado.

La potencia por residuo se obtiene con la siguiente ecuación:

**Ecuación 4: Potencia por Residuo Ensayo.**

$$P_{\text{Residuo}} = F * V(4)$$

La fuerza con que impacta al residuo es:  $F = \text{masa} * \text{gravedad}$ :

$$F = m * g = 11 \text{ [kg]} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$F = 107,8 \text{ [N]}$$

En el punto más alto, la velocidad del objeto metálico es 0:

**Ecuación 5: Velocidad en Movimiento Rectilíneo Uniforme.**

$$v = \sqrt{V_0^2 + 2 * g * h} \quad (5)$$

Remplazando valores se obtiene:

$$v = \sqrt{(0,1\text{m/s})^2 + 2 * 9,81\text{m/s}^2 * 2,60\text{m}} = 7,142 \text{ m/s}$$

Se obtiene la Potencia por Residuo según la ecuación (4).

$$P_{\text{Residuo}} = 107,8 \text{ N} * 7,142 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 769,9076 \text{ [W]} \cong 1,03 \text{ [HP]}$$

Con las consideraciones anteriores se calcula la masa real con la que el residuo más resistente impacta en el martillo.

Despejando la masa de la fuerza de la ecuación (4).

$$m_{\text{real}} = \frac{P_{\text{Residuo}}}{g * V_t}$$

Remplazando valores se obtiene:

**Ecuación 6: Masa Real.**

$$m_{\text{real}} = \frac{769,9076 \text{ [W]}}{9,81 \text{ m/s}^2 * 40 \text{ m/s}} = 1,962 \text{ [kg]} \quad (6)$$

**Ecuación 7: Fuerza Real.**

$$F_{\text{real}} = m_{\text{real}} * g = 1,962 \text{ [kg]} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad (7)$$

$$F_{\text{real}} = 19,24 \text{ [N]}$$

**6.6.6 Determinación de la Velocidad Angular dentro de la Carcasa Cilíndrica.**

Según el autor (DÍAZ, 2010:84), manifiesta, que: “el molino de martillos es un tipo de trituradora de altas velocidades de rotación que se usa con frecuencia para reducir el tamaño de los residuos sólidos, con velocidades generalmente a 1000 a 1500 RPM”.

Con el valor obtenido de la velocidad tangencial se puede calcular la velocidad angular de los martillos con es la siguiente expresión:

**Ecuación 8: Velocidad Angular Final.**

$$\omega_F = \frac{V_t}{D/2} \quad (8)$$

De esta relación se deduce el radio de giro, que es necesario para obtener la velocidad angular que va a tener el martillo.

El diámetro D (65 cm) de la carcasa cilíndrica es asumido con respecto a la longitud más grande del residuo generado en la EP-EMA. (Véase ANEXO C). Con el valor obtenido del radio de giro 0,325 m, se puede tener una idea aproximada de cuál debe ser la medida del martillo. Además, también se podrá aproximar la medida que deberá tener el diámetro del disco porta martillos.

Remplazando en la ecuación 4 se obtiene:

$$\omega_F = \frac{40 \text{ m/s}}{0,325 \text{ m}} = 123,07 \frac{\text{rad}}{\text{seg}} \cong 1\,175 \text{ rpm} \cong 19,58 \text{ rev/seg}$$

Para obtener el número de residuos triturables  $N_R$  por segundo se emplea la siguiente ecuación, la cual está en función del flujo másico  $\dot{m}$  y la masa que ingresa al triturador.

**Ecuación 9: Número de Residuos a ser Triturados.**

$$N_R = \frac{\dot{m}}{M_g} \quad (9)$$

Dónde:

$\dot{m}$  = Flujo másico triturable: 0,90 [kg/seg]

$M_g$  = Masa de alimentación (se especifica más adelante):  $9,67 \times 10^{-3}$  kg

Remplazando valores se obtiene:

$$N_R = \frac{0,90 \text{ [kg/seg]}}{9,67 \times 10^{-3} \text{ kg}} = 93 \text{ residuos/seg}$$

Además el número de residuos por revolución se determina a continuación:

**Ecuación 10: Número de Residuos Por Revolución.**

$$N_{R/\text{rev}} = \frac{N_R}{\omega_F} = \frac{93 \text{ residuos/rev}}{19,58 \text{ rev/seg}} = 4,749 \text{ residuos/rev} \quad (10)$$

Por último se determina la potencia total para triturar utilizando la ecuación (3)

$$P_{\text{Total}} = 1,03 \text{ [HP]} * 4,749 \text{ residuos/rev} = 4,89 \text{ [HP]}$$

**6.6.7 Determinación de la Potencia del Motor.**

Para comprobar la potencia del motor se utiliza la ecuación experimental de *Bond* para trituración. Esta ecuación se basa en suponer que el trabajo requerido para formar partículas de tamaño  $D_p$  a partir de una alimentación de tamaño muy grande ( $D_p \text{ inicial} = \infty$ ).

Es proporcional a la relación superficie /volumen del producto, así se llega a la siguiente expresión:

**Ecuación 11: Ecuación Experimental Ley de Bond.**

$$\frac{P}{\dot{m}} = 0,3162 W_i * \left( \frac{1}{\sqrt{D_{pb}}} - \frac{1}{\sqrt{D_{pa}}} \right) \quad (11) \quad (\text{WARREN L.})$$

Dónde:

P = Potencia : [kW]

$\dot{m}$  = Flujo másico: 3,24 Tm/hr (Proveniente de la Banda Transportadora).

$W_i$  = Índice de trabajo de Bond: [kW hr/Tm]

$D_{pb}$  = Tamaño de la partícula del producto: [mm]

$D_{pa}$  = Tamaño de la partícula de la alimentación: [mm]

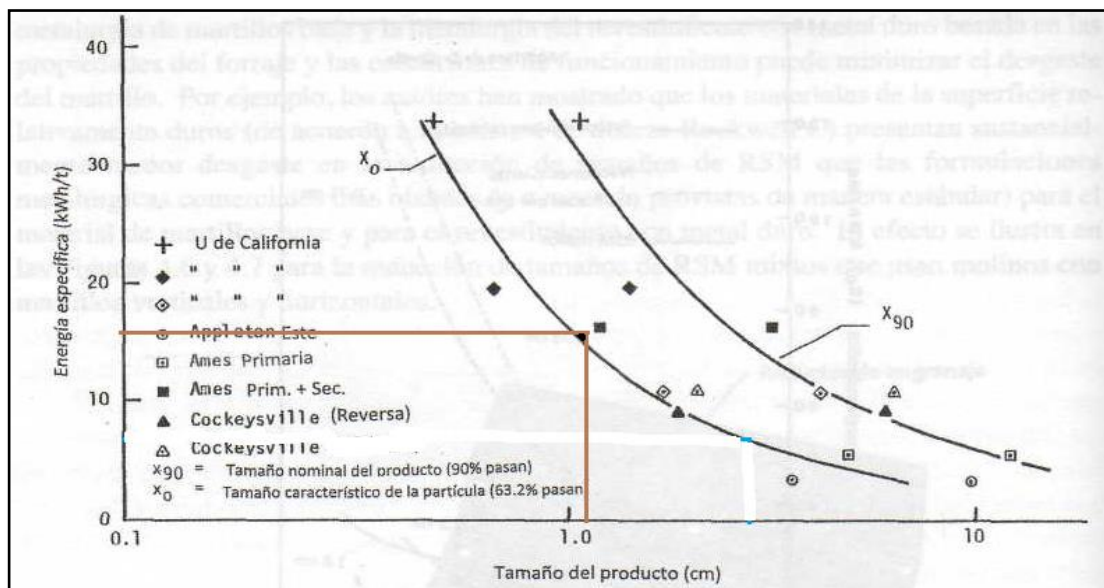
El valor de ( $W_i$ ) índice de trabajo se determina en la (Figura 6.3). Además el valor característico de la curva de la partícula se determina en la (Figura 6.4). Con la consideración de obtener un producto final que sea razonablemente uniforme y considerablemente reducido en tamaño comparando con su tamaño original promediado, el cual corresponde a un porcentaje del 50% que es mayor a una pulgada aproximadamente, por la cual asumimos la curva de tamaño característico de partícula de ( 63, 2 % pasan) por su mayor aproximación a 50%.

Remplazando valores en la ecuación (10) se obtiene:

$$P = 3,24 \text{ [Tm/hr]} * 0,3162 * 17 * \left( \frac{1}{\sqrt{12,5}} - \frac{1}{\sqrt{145}} \right)$$

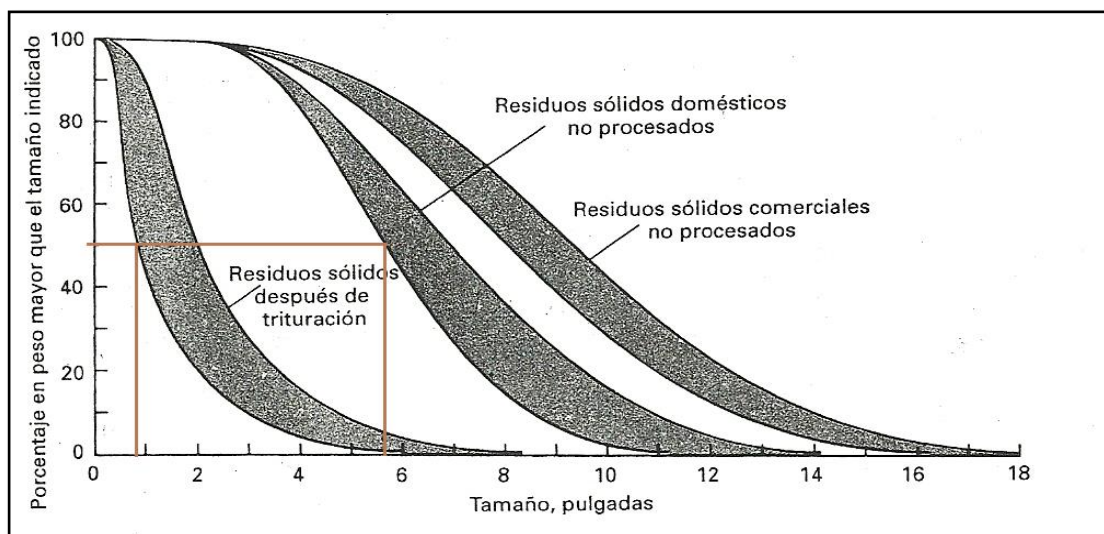
$$P = 3,48 \text{ kW (4,66 HP)}$$





**Figura 6.3 Requisito de Específico de Energía (base Húmedo)**

Fuente: *DÍAZ. Reciclaje y Tratamiento Biológico de los Residuos Sólidos Municipales, (2010).*



**Figura 6.4 Distribución de Tamaños de Partícula para la Fracción Orgánica de los RSU Antes y Después de la Trituración, Excluyendo Residuos de Jardín.**

Fuente: *TCHOBANOGLIOUS George. Gestión Integral de Residuos Sólidos, USA (1994)*

De tal forma, la corroboración de la potencia según las leyes de trituración e índices de trabajo se requiere una potencia del motor de 4,89 [Hp] aproximadamente.

### 6.6.8 Determinación de la Potencia de Diseño.

Para determinar la potencia de diseño se considera:

Como afirma el autor CAJAS (2011) “el rendimiento en operaciones continuas con velocidades y carga constante equivalente al 80% del máximo de potencia al freno” y además a modo que la sobrecarga a la cual está sometido el sistema se le puede evaluar con el factor de servicio ( $k_s$ ); (valores definidos para una serie de equipos y maquinas que cumplen diversas funciones).

La carga horaria por día para este proceso de trituración corresponde a 3 horas, por lo cual se estima un factor de servicio normal con un valor de 1,2 (Véase ANEXO G.3).

#### Ecuación 12: Potencia de Diseño.

$$P_d = \frac{P}{\eta_{oc}} * k_s \quad (12)$$

Dónde:

P = Potencia del Motor: 5 [HP]

$\eta_{oc}$  = Rendimiento de operación continua: 0,8

$k_s$  = Factor de servicio: 1,2 para molino de martillos

Remplazando valores se obtiene:

$$P_d = \frac{4,89 \text{ [HP]}}{0,8} * 1,2$$

$$P_d = 7,5 \text{ [HP]}$$

Por lo cual se selecciona un motor de 220/440 trifásico de 7,5 [HP] de bajas revoluciones 1 750 rpm, que existe disponible en el mercado.

### 6.6.9 Número de Trenes en el Rotor del Triturador de Martillos.

Para determinar el volumen de los residuos  $V_g$  utilizamos la siguiente expresión:

**Ecuación 13: Volumen de los Residuos. ESTRELLA, J. (2009)**

$$V_g = \frac{\pi * d_g * Lf}{4} \quad (13)$$

Según el estudio realizado de la composición de los residuos biodegradables (Figura 4.4), se determina que el mayor índice de generación corresponde a las *Hierbas* con un porcentaje del 26,03 % en peso. Por lo cual, la masa de residuos se puede determinar el valor del diámetro promedio ( $d_g$ ) de 1,9 [cm], y con la longitud promedio ( $Lf$ ) igual a 14,5 [cm].

Remplazando valores se obtiene.

$$V_g = \frac{\pi * (0,019 \text{ m})^2 * (0,145 \text{ m})}{4}$$

$$V_g = 4,11 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

La masa de alimentación de los residuos orgánicos se determina con la siguiente ecuación:

**Ecuación 14: Masa de Alimentación de los Residuos.**

$$M_g = \rho * V_g \quad (14)$$

Dónde:

$V_g$  = Volumen de los residuos en metros cúbicos [ $\text{m}^3$ ]

$\rho$  = Densidad de los residuos en kilogramos por metros cúbicos:  
235,115 [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]

$$M_g = \rho * V_g$$

$$M_g = (235,115 \text{ kg}/\text{m}^3) * 4,11 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$M_g = 9,67 \times 10^{-3} \text{ kg}$$

El número de residuos a ser triturados ( $N_R$ ) por segundo está en función del flujo másico y se determina según la siguiente ecuación:

**Ecuación 15: Número de Trenes.**

$$N_t = \frac{N_R}{W_R} \quad (15)$$

Dónde:

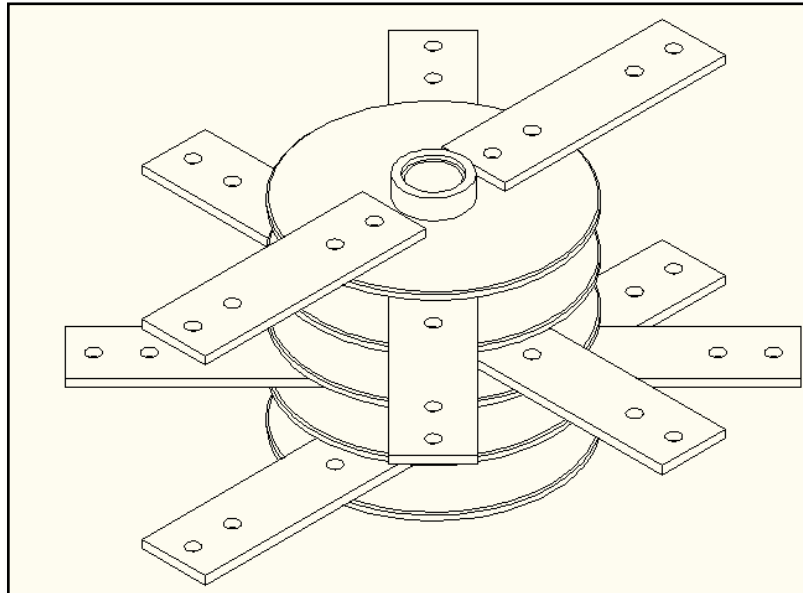
$N_R$  = Numero de Residuos por segundo [residuo/seg]

$W_R$  = Número de revoluciones en el eje conducido: 1 175 [rpm].

Resultando el número de Trenes de martillos  $N_t$  , se calcula:

$$N_t = \frac{93 \frac{\text{residuos}}{\text{seg}}}{1\,175 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}}}$$

$$N_t = \frac{93 \frac{\text{residuos}}{\text{seg}}}{1\,175 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}}} = 5 \text{ trenes.}$$



**Figura 6.5. Número de Trenes en el Triturador de Martillos.**

Fuente: *EL Autor*

Se establece la implementación de 5 trenes existentes en el rotor del triturador de martillos como se observa en la figura anterior.

#### 6.6.10 Determinación del Espesor Mínimo de los Martillos.

Para determinar el espesor mínimo del martillo se utilizara la fuerza promedio de corte del ensayo en la máquina de ensayo universal  $F_{c\ ensayo}$  que actúa sobre el martillo el cual es equivalente: 2 925,6 [N]. Para la determinación se utiliza la siguiente expresión:

#### Ecuación 16: Esfuerzo de Corte de acuerdo con la Teoría de la Distorsión.

$$s_{sy} = 0,577 s_y \quad (16)$$

La selección del material para el martillo, es determinada por un *Acero Inoxidable Martensítico* (BÖHLER M 303 EXTRA) el cual es un acero aleado al cromo de excelente resistente a la corrosión y al desgaste gracias a su aleación especial y tecnología de fabricación. Se encuentra bonificado (290 – 330 HB); AISI: ~ P 20 (mejorado), DIN: 40CrNiMo8-6-4), No. Mat. ~ 1.2316 (véase ANEXO I).

**Cuadro 6.2. Propiedades Mecánicas del tipo de Acero inoxidable M 303 EXTRA.**

<b>PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MATERIAL DEL MARTILLO</b>			
<b>Presentación</b>	<b>Dureza [HB]</b>	<b>Límite de Fluencia [N/mm<sup>2</sup>]</b>	<b>Resistencia a la tracción [N/mm<sup>2</sup>]</b>
<b><i>BÖHLER M 303</i></b>	<i>290 - 330</i>	<i>517</i>	<i>1 034</i>

Fuente: *Manual de Aceros Especiales, BÖHLER – 2011.*

De donde  $s_y = 517 \text{ N/mm}^2 = 74,263 \text{ kpsi}$ .

$$s_{sy} = 0,577 * 517 \text{ N/mm}^2$$

$$s_{sy} = 298,309 \text{ N/mm}^2$$

Además el esfuerzo cortante máximo  $\tau_{max}$  corresponde a las siguientes ecuaciones:

**Ecuación 17: Esfuerzo cortantes máximos.**

$$\tau_{max} = \frac{S_{sy}}{n} \quad (17.1)$$

$$\tau_{max} = \frac{F_c \text{ ensayo}}{A} \quad (17.2)$$

Dónde:

$n$  = Factor de seguridad

$F_c \text{ ensayo}$  = Fuerza de corte de ensayo en la máquina universal: 2 925,6 [N]

$A$  = Área del martillo.

$Lg$  = Longitud.

Igualando las ecuaciones 17.1 y 17.2 se tiene:

$$A = \frac{n * F_c}{S_{sy}}$$

$$e = \frac{n * F_c}{S_{sy} * Lg}$$

La longitud del martillo es 275 [mm], y asumido un factor de seguridad de 10, se obtiene el siguiente espesor mínimo:

$$e = \frac{10 * 2\,925,6 \text{ [N]}}{298,309 \left[ \frac{N}{mm^2} \right] * 275 \text{ [mm]}} = 0,357 \text{ mm}$$

Debido a que el espesor del martillo es muy pequeño y por cuestiones de rigidez, se elige un espesor de 8 mm, el ancho del martillo de 77 mm, este valor ha sido obtenido tomando en cuenta el ancho de la chapa de acero inoxidable (M 303 EXTRA) comercializadas por ACEROS BÖEHLER DE ECUADOR S.A.

### 6.6.11 Determinación de la profundidad del Rotor (Carcasa Cilíndrica).

Según el autor (ESTRELLA, 2009:39), “la existencia de ecuaciones empíricas para determinar el rendimiento volumétrico en los molinos de martillos, dependiendo si el diámetro del rotor es mayor que la longitud del rotor estas son las siguientes:

#### Ecuación 18: Rendimiento Volumétrico.

$$Q_0 = 0,1 * D_r^2 * L * N \quad (18)$$

Dónde:

$Q_0$  = Rendimiento volumétrico en metro cúbicos / hora: 13,76 [m<sup>3</sup>/h]

$D_r$  = Diámetro del rotor en metros. 0,65 [m].

$L$  = Profundidad del rotor en metros [m].

$N$  = Frecuencia de rotación del rotor en revoluciones por minuto: 1 175 [rpm].

De la ecuación 19 se despeja  $L$ : la longitud del rotor.

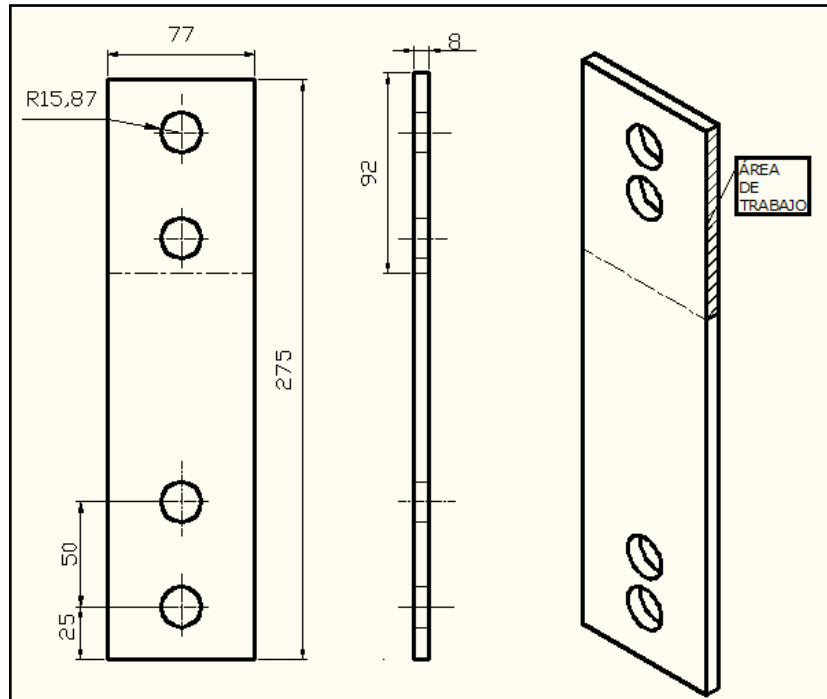
$$L = \frac{13,76 \left[ \frac{m^3}{h} \right]}{0,1 * (0,65 \text{ m})^2 * 1 175 \text{ [rpm]}}$$

$$L = 0,28 \text{ m}$$

### 6.6.12 Principales Dimensiones del Martillo.

La longitud de trabajo en cada martillo de impacto es igual a *1/3 de la longitud total*”

En la figura 6.6 se detalla las dimensiones del martillo.



**Figura 6.6. Dimensiones y Área de trabajo de los Martillos.**

Fuente: *EL Autor*

### 6.6.13 Evaluación de la Masa del Martillo.

Utilizando la siguiente ecuación:

#### **Ecuación 19: Densidad para Determinar la Masa del Martillo.**

$$\rho_{acero} = \frac{m}{V} \quad (19)$$

Se evalúa la masa de los martillos fabricados en acero especial M 303 EXTRA, teniendo en cuenta que  $\rho_{acero} = 7850 \left[ \frac{kg}{m^3} \right]$ .

De la figura 6.6, se tiene el volumen de los martillos

$$V_{martillo} = 8 * 275 * 77 = 165\ 000\ mm^3$$

$$m_m = V * \rho$$

$$m_m = \frac{165\ 000\ mm^3 * \frac{7850\ kg}{m^3}}{1000^3} = 1,3\ kg$$



#### 6.6.14 Determinación del Número de Martillos.

Al respecto del número de martillos el autor (CAJAS, 2011:75) menciona que “la longitud de las cuchillas deben sobrepasar el espesor del material a triturar. Además, estos elementos deben garantizar una buena resistencia al desgaste por efectos de la abrasión”.

El material seleccionado para la fabricación de los martillos es un acero inoxidable martensítico M 303 de lámina de 8 mm, este acero se caracteriza por su buena maquinabilidad y propiedades de pulido debido a su estructura homogénea. Se suministra en estado bonificado (290 – 330 HB) por lo que tratamiento térmico adicional generalmente no es requerido.

#### Ecuación 20: El número de martillos.

$$N_m = \frac{800000 * P_{\text{del motor}} * \eta_m}{m_m * r_g^2 * n^3 * f_f} \quad (20)$$

Dónde:

La potencia del rotor o nominal es”: 5 [Hp]

$\eta_m$  = El rendimiento de la máquina es:

$$\eta_m = \eta_1 * \eta_2$$

Dónde:

$\eta_1 = 0,80$  (transmisión por bandas)

$\eta_2 = 0,95$  (rodamientos)

$$\eta_m = 0,76$$

El radio de giro ( $r_g$ ) y la velocidad de giro del rotor ( $n$ ), fueron determinados en el diseño de la carcasa cilíndrica y el mecanismo de Triturado:

$$r_g = 0,325 \text{ m}$$

$m_m$  =Masa del martillo: [kg].

$n = 1\ 175$  rpm

El factor de forma ( $f_f$ ) del martillo para una velocidad tangencial de 40 m/s se determina según la siguiente información:

**Cuadro 6.3. Factor de Forma para Cuchillas.**

Velocidad tangencial [m/s]	Factor de forma
$[V_t]$	$[f_f]$
11	0,033
17	0,022
20	0,016
23	0,01
26	0,008
30	0,003
40	0,0015
58,3	0,00125

Fuente: *Fundamentos de Diseño Mecánico - García José.*

Por lo tanto:

$$N_m = 9 \text{ martillos}$$

De acuerdo a la disposición de los martillos, el número de estos elementos de desintegración es múltiplo de 2 porque debe ser siempre par la disposición de los martillos, por lo cual se puede utilizar 8 -10 martillos, respecto a la capacidad de la máquina. El número de martillos se elige a 10, por tener 5 *Trenes*, dispuestos 2 martillos por cada disco, separados entre sí a la profundidad de la carcasa cilíndrica a una distancia de 5,2 cm.

#### **6.6.15 Diseño del Martillo.**

Según el autor ZAMBRANO, L. (2004). “la función de los martillos es la de impactar los residuos que ingrese por la alimentación. Un molino de martillos es muy comúnmente usado para la disgregación de granos, desclasificación de basura, picadora de pasto, etc. La manera en la cual éste funciona es impactando

con los martillos lo que se desee triturar, con una fuerza superior a la del material introducido, que se determina mediante la fuerza de impacto que se produce básicamente por la inercia y la velocidad de rotación ".Para el desarrollo de los cálculos se comenzará asumiendo los siguientes parámetros: El número de martillos será de 10, la velocidad de rotación será de 1 175 rpm (la transmitida en todo el sistema), la barra rectangular será de acero especial de chapa M 303 EXTRA inoxidable por el alto contenido de lixiviado. Primero debemos saber la fuerza que se requerirá para partir los residuos.

**Ecuación 21: Fuerza que Actúa en el Martillo.**

$$F_{martillo} = N_{\frac{R}{rev}} / 2 \text{ marillos por disco} * F_{real} \quad (21)$$

$$F_{martillo} = \left( 4,749 \frac{\text{residuos}}{\text{rev}} \right) \div 2 * 19,24 \text{ [N]}$$

$$F_{martillo} = 45,68 \text{ [N]}$$

Esta será la fuerza mínima con la cual un residuo impactará con el martillo.

A continuación calcularemos el esfuerzo producido en el martillo por aplastamiento.

**Ecuación 22: Esfuerzo Producido.**

$$\sigma_{aplastamiento} = \frac{F_{martillo}}{A_{impacto}} \quad (22)$$

$$\sigma_{aplastamiento} = \frac{45,68 \text{ [N]}}{e * L_T}$$

**Ecuación 23: Factor de seguridad.**

Por lo tanto:

$$n = \frac{S_y}{\sigma_{aplastamiento}} \quad (23)$$

Si se asume un factor de seguridad de 5 entonces;

$$\sigma_{aplastamiento} = \frac{S_y}{n} = \frac{517 \text{ [MPa]}}{5}$$

$$\sigma_{aplastamiento} = 103,4 \text{ [MPa]}$$

Se determina la fuerza centrífuga con la siguiente expresión:

**Ecuación 24: Fuerza centrífuga.**

$$F_{centrifuga} = m_m * \omega_F^2 * r_g \quad (24)$$

$$F_{centrifuga} = 1,3 \text{ [kg]} * (123,07 \text{ [rad/s]})^2 * 0,325 \text{ [m]}$$

$$F_{centrifuga} = 6\,399,2 \text{ [N]}$$

Este valor de la fuerza centrífuga nos indica que el martillo permanecerá en su posición después de impactar con la materia a procesar, ya que es mayor que la fuerza tangencial que posee.

**6.6.16 Análisis de Falla de los Martillos por Fatiga.**

Se determinará el factor de seguridad para evitar fallas por fatiga, producida en los martillos.

**Ecuación 25: Resistencia a la Fatiga.**

$$\text{Si } S_{ut} \leq 1\,400 \text{ MPa} \Rightarrow (S_e = 0,504 * S_{ut}) \quad (25)$$

$$S_e = 0,504 S_{ut} = 0,5 * \left(1\,034 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}\right) = 517 \text{ [MPa]}$$

Este resultado debe modificarse aplicando los factores de carga, para poder determinar las diferencias entre la pieza de prueba y la pieza real.

**Ecuación 26: Factores de Carga.**

$$S_e = C_{carga} * C_{tamaño} * C_{superficie} * C_{temperatura} * C_{confiabilidad} * S_e \quad (26)$$

El factor de carga  $C_{carga}$  se determina según el tipo de carga que se aplica al elemento (Véase la siguiente Cuadro).

$$C_{carga} = 0,85$$

**Cuadro 6.4. Factores de Carga.**

Valores Medios del Factor de Carga	
Tipo de Carga	kc
Flexión	1
<i>Axial</i>	0,85
Torsión	0,59

Fuente: SHIGLEY, J.E; *Diseño en ingeniería Mecánica*, 8va. ed., p. 282.

Los factores que se encuentran en la figura de factor de tamaño, son sólo válidos para partes cilíndricas por lo que, conociendo el tamaño del martillo, podremos determinar el factor de tamaño utilizando un diámetro equivalente, según la fórmula siguiente:

**Ecuación 27: Diámetro Equivalente.**

$$d_{equivalente} = \sqrt{\frac{A_{95}}{0,0766}} \quad (27)$$

Según el autor ZAMBRANO, L. (2004). Donde el valor  $A_{95}$ , para una sección de viga rotatoria el área de 95% de esfuerzo que tenga un diámetro exterior  $d$  y un interior igual a  $0,95 d$ , para una sección rectangular es:

$$A_{95} = 0,05 * b * h = 0,05 * 8 * 275 = 110 \text{ mm}^2$$

$$d_{equivalente} = \sqrt{\frac{110}{0,0766}} = 37,9 \text{ mm}^2$$

El factor de tamaño  $C_{tamaño}$  se evalúa según la siguiente condición:

**Ecuación 28: Factor de Tamaño.**

$$C_{tamaño} = 1,189 * 35,4^{-0,097}; \text{ Si } 8\text{mm} < d < 250\text{mm} \quad (28)$$

$$C_{tamaño} = 0,84$$

El factor de tamaño  $C_{superficie}$  se evalúa según los siguientes parámetros:

**Ecuación 29: Factor de Superficie.**

$$C_{superficie} = A (S_{ut})^b = 2,7 (190,9 \text{ Kpsi})^{-0,265} \quad (29)$$

$$C_{superficie} = 0,67$$

**Cuadro 6.5. Coeficientes para la Ecuación de Factor Superficial.**

Acabado superficial	MPa		kpsi	
	A	b	A	b
Rectificado	1.58	-0.085	1.34	-0.085
Maquinado o estirado en frío	4.51	-0.265	2.7	-0.265
Rolado en caliente	57.7	-0.718	14.4	-0.718
Forjado	272	-0.995	39.9	-0.995

Fuente: SHIGLEY, J. *Diseño en Ingeniería Mecánica*. 5a ed. p. 283. Nueva York, 1989.

El factor de temperatura  $C_{temperatura}$  se evalúa según la siguiente premisa.

$$C_{temperatura} = 1 \quad \text{Si } T \leq 450^\circ \text{ C}$$

**Cuadro 6.6. Factor de Temperatura.**

Temperatura		$k_d$
°F	°C	
840	450	1.00
940	482	0.71
1020	550	0.42

Fuente: SHIGLEY, J. *Diseño en Ingeniería Mecánica*. 5a ed. Nueva York

El factor de confiabilidad  $C_{confiabilidad}$  se determina según el siguiente cuadro.

Asumiendo una confiabilidad alta 99 %, lo que implica tener menor riesgo de que fallen los martillos.

$$C_{\text{confiabilidad}} = 0,81$$

**Cuadro 6.7. Coeficientes de Confiabilidad.**

Confiabilidad, %	$k_c$
50	1.00
90	0.89
95	0.87
99	0.81

Fuente: SHIGLEY, J. *Diseño en Ingeniería Mecánica. 4a ed. Nueva York.*

$$S_e = (0,85) * (0,83) * (0,67) * (1) * (0,81) * (658 \text{ MPa}) = 252 \text{ [MPa]}$$

Los martillos están sometidos a esfuerzos fluctuantes ya que tiene un esfuerzo máximo cuando se encuentra en proceso de triturado, y un esfuerzo de cero porque en intervalos no tiene carga.

De lo asumido en la parte anterior tenemos que:

$$\sigma_{\text{aplastamiento}} = 232,6 \text{ [MPa]}$$

Dónde:

" $\sigma_{\text{max}}$  = Esfuerzo máximo.

$\sigma_{\text{min}}$  = Esfuerzo mínimo.

$\sigma_m$  = Esfuerzo medio (promedio).

$\sigma_a$  = Esfuerzo alternativo".

$$\sigma_{\text{max}} = 232,6 \text{ [MPa]}; \sigma_{\text{min}} = 0 \text{ [MPa]}$$

**Ecuación 30: Esfuerzos Fluctuantes.**

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{\text{max}} + \sigma_{\text{min}}}{2} = \frac{232,6 + 0}{2} = 116,3 \text{ [MPa]} \quad (30.1)$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{\text{max}} - \sigma_{\text{min}}}{2} = \frac{232,6 - 0}{2} = 116,3 \text{ [MPa]} \quad (30.2)$$

Utilizando el criterio de Goodman modificada:

**Ecuación 31: Relación Goodman.**

$$\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}} = \frac{1}{n} \quad (31)$$

Despejando:

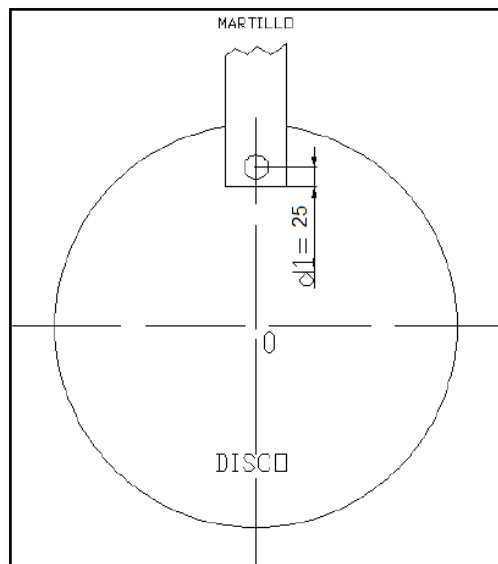
$$n = \frac{S_e S_{ut}}{\sigma_a S_{ut} + \sigma_m S_e}$$

Reemplazando los valores tenemos que:

$$n = \frac{252 \text{ [MPa]} * 1\,034 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{116,3 \text{ [MPa]} * 1\,034 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} + 116,3 \text{ [MPa]} * 252 \text{ [MPa]}} \quad 1,7$$

**6.6.17 Falla por Cizalladura.**

Debido a la tracción que genera el perno sobre el área de la placa, se puede dar una falla por desgarramiento o cizalladura como se muestra en la figura siguiente.



**Figura 6.7. Descripción de Falla por Cizalladura.**

Fuente: *EL Autor*

Por lo que se hace necesario calcular el factor de seguridad:



**Ecuación 32: Área de Desgarre.**

$$A_d = 2 * e * d_1 \quad (32)$$

Dónde:

$e$  = Espesor del martillo: 0,008 [m].

$d_1$  = Distancia del centro del orificio al borde del martillo (véase Figura 6,8).

El esfuerzo cortante se calcula mediante la siguiente ecuación:

**Ecuación 33: Esfuerzo Cortante.**

$$\tau = \frac{F_{centrifuga}}{A_d} \quad (33)(GIRE. J)$$

$$\tau = \frac{6\,399,2[N]}{2 * (0,008 * 0,025) [m^2]} = 15,998 [MPa]$$

El valor del factor de seguridad se puede obtener mediante la ecuación siguiente:

**Ecuación 34: Factor de Seguridad.**

$$n = \frac{S_y}{2 * \tau} \quad (34)$$

$$n = \frac{517 [MPa]}{2 * 15,998 [MPa]} = 16$$

El factor de seguridad es suficiente para garantizar que no habrá falla por desgarramiento.

**6.6.18 Falla por Tracción.**

El esfuerzo normal por tracción, debido a la fuerza centrífuga, se calcula mediante la fórmula siguiente.

**Ecuación 35: Esfuerzo Normal.**

$$\sigma = \frac{F_{centrifuga}}{A_{st}} \quad (35)$$

Dónde:

$A_{st}$  = Área de la sección transversal del martillo.

Remplazando datos obtenidos:

$$\sigma = \frac{6\,399,2[\text{N}]}{(0,008 * 0,075)[\text{m}^2]}$$
$$\sigma = 10,665 [\text{MPa}]$$

El factor de seguridad viene dado por la ecuación (34) que es la siguiente:

**Ecuación 36: Factor de Seguridad para Esfuerzo Normal.**

$$n = \frac{S_y}{\sigma} \quad (36)$$

Remplazando datos se tiene:

$$n = \frac{517 [\text{MPa}]}{10,665 [\text{MPa}]}$$
$$n = 48$$

El factor de seguridad es alto, por lo que es suficiente para garantizar que no habrá falla por desgarramiento.

*Nota:* Los martillos se sujetan al disco porta martillos por dos pernos de cabeza hexagonal inoxidable 304 – hilo grueso 5/8 – 18, carga de prueba (103,7 lb – pie) se justificado más adelante.

Los martillos se encuentran desplazados entre caras verticales a 45° para obtener una mejor distribución en la cámara de triturado para el impacto contra los residuos orgánicos.

#### **6.6.19 Diseño del Disco Porta Martillos.**

Con el diseño de los martillos que se realizó en las secciones anteriores, algunas de las medidas para el disco se han obtenido, como por ejemplo:

El disco será circular, porque presenta algunas ventajas con relación a otras configuraciones como por ejemplo a la sección cuadrada.

Las ventajas y desventajas que se presenta el disco circular se detallan a continuación:

**Ventajas:**

1. La fuerza centrífuga (radial en todo momento), coloca a los martillos en la posiciones de  $180^\circ$  entre sí, (en el caso que no estén empotrados al disco giratorio), la zona de esfuerzos es más larga, por lo tanto el esfuerzo normal por tracción es menor.
2. Mejores condiciones para el balanceo dinámico, ya que es circular.

**Desventajas:**

1. Ligeramente más pesado que otros configuraciones, como la triangular o cuadrada.
2. Requiere mayor número de martillos, 4 por cada disco. En la configuración triangular por ejemplo, solo se necesita 3 martillos por cada disco.

A continuación se exponen algunos datos para el disco.

- Diámetro del Disco:  $D_D = 300$  mm
- 4 agujeros de  $5/8$  (por donde pasarán los pernos para sujetar los martillos).
- 1 agujero en el centro del disco, para el eje del triturador.

*Consideración:* Según el autor CUADRADO, R. (2009). “en cada agujero del disco habrá una tracción por consecuencia de las fuerzas centrifugas de los martillos, por lo que en cada agujero se tendrá una fuerza equivalente a dos fuerzas centrifugas de un martillo”. A continuación procedemos a determinar el espesor del disco, dicho espesor se lo calculará por medio de la siguiente expresión, tomando las consideraciones anteriores:

Si tomamos las ecuaciones (33) y(34) respectivamente antes mencionadas:

$$\tau = \frac{F_{centrifuga}}{A_d}$$

$$n = \frac{S_y}{2 * \tau}$$

Si tomamos la consideración antes descrita tenemos:

$$\tau = \frac{2 * F_{centrifuga}}{A_d}. \text{ descomponiendo } A_d \text{ tenemos } \tau = \frac{2 * F_{centrifuga}}{2 * e * d_1}.$$

Si esta nueva ecuación se la reemplaza en la ecuación 33 y se despeja el espesor ( $e$ ), obtenemos la ecuación siguiente

**Ecuación 37: Espesor del Disco.**

$$e = \frac{F_{centrifuga} * n * 2}{d_1 * S_y} \quad (37)$$

Dónde:

$S_y$ = Límite de fluencia del acero inoxidable ASTM 304: [176,52 MPa].

Hemos escogido para un factor de seguridad el valor de 2.

Remplazando los datos obtenemos el siguiente valor:

$$e = \frac{6\,399,2[N] * 2 * 2}{0,025 [m] * 176,52x\,10^6 Pa} = 5,8x10^{-3}m$$

El espesor mínimo de la plancha como se observa es de 6 mm, para la construcción del disco se utiliza una plancha de mayor espesor con la finalidad de garantizar la sujeción emperrada entre estos los dos elementos equivalente a un espesor de 8 [mm] de acero inoxidable AISI 304.

### 6.6.20 DISEÑO DEL PERNO DE SUJECIÓN DEL MARTILLOS.

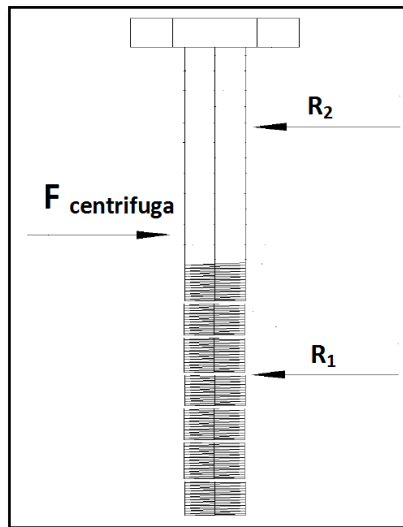


Figura 6.8. Gráfico del Perno con sus Fuerzas.

Fuente: *EL Autor*

Para que los martillos se sujeten en el disco se selecciona un perno inoxidable que pasará entre ambos, el diámetro de los pernos se establece de 5/8 plg (15,87 mm), con cabeza hexagonal, este elemento se adquirirá de acero inoxidable 304. La configuración del perno, con sus respectivas fuerzas, se pueden observar en la figura anterior:

#### 6.6.20.1 Tensión del Bloque de Cortante.

El miembro a tensión de acero inoxidable 304 mostrados en la figura Siguiente:

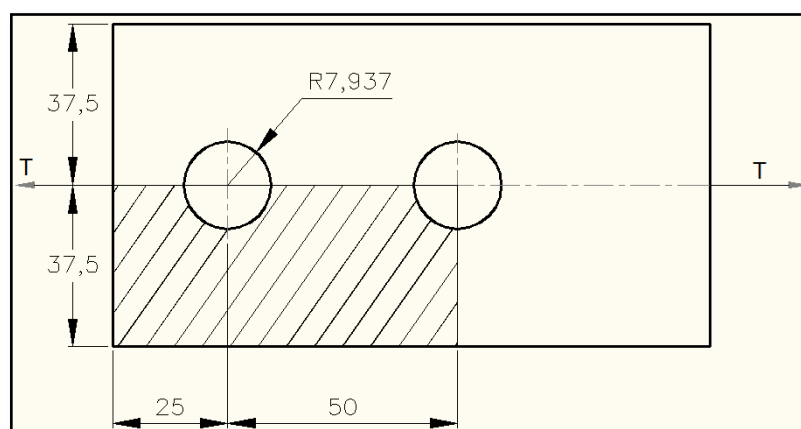


Figura 3.9. Gráfico del Bloque de Cortante.

Fuente: *EL Autor*

Está conectada con dos pernos de  $5/8 \cong 0,016$  [m] se determina la resistencia permisible considerando tanto el bloque de cortante como la capacidad a tensión.

Para este cálculo de tensión del bloque de cortante se utiliza la siguiente expresión:

**Ecuación 38: Tensión del Bloque de Cortante.**

$$Tbs = 0,3 F_u * A_V + 0,5 F_u * A_t \quad (38)$$

Dónde:

$F_u = s_{ut}$ , Resistencia mecánica del acero inoxidable ASTM 304: 479,16 [MPa];

$s_y$ : Punto de fluencia 175,8 [MPa]

Longitud del cortante: 0,075 [m]; Espesor del martillo 0,008 [m]; agujeros por cortante 1,5;  $3,2 \times 10^{-3}$  [m] por ser área neta.; Longitud del martillo 0,275 [m]; ancho del cortante:  $3,8 \times 10^{-2}$  [m].

$A_V =$  Área neta de corte:

$A_g =$  Área transversal total:  $(0,008 * 0,275) \text{ m} = 2,2 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ .

$A_t =$  Área de tensión

$A_n =$  Área neta.

$$A_V = 0,075 * 0,008 - 1,5 (0,016 + 3,2 \times 10^{-3}) * 0,008$$

$$A_V = 3,69 \times 10^{-4} \text{ [m}^2\text{]}$$

$$A_t = 3,8 \times 10^{-2} * 0,008 - 0,5 (0,016 + 3,2 \times 10^{-3}) * 0,008$$

$$A_t = 2,27 \times 10^{-4} \text{ [m}^2\text{]}$$

Remplazando en la ecuación 38 tenemos:

$Tbs =$

$$0,3 * 479,16 \text{ MPa} * 3,69 \times 10^{-4} \text{ m}^2 + 0,5 * 479,16 \text{ MPa} * 2,27 \times 10^{-4} \text{ [m}^2\text{]} = 0,107 \text{ [N]}.$$

Se determina el esfuerzo permisible a tensión por fluencia norma AISI, con la siguiente expresión.

**Ecuación 39: Esfuerzo Permisible a Tensión.**

$$T = 0,6 F_y * A_g \quad (39)$$

$$T = 0,6 * 175,8 \text{ MPa} * 2,2 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$T = 0,23 \text{ N..}$$

Determinamos el esfuerzo a carga, norma AISI con la siguiente expresión.

**Ecuación 40: Esfuerzo a Carga.**

$$T = 0,5 F_u * A_e \quad (40)$$

Dónde:

$A_e$  = Área efectiva.

**Ecuación 41: Área Efectiva.**

Dónde:

$U$  = Factor de reducción: 0,85

$$A_e = U * A_n \quad (41)$$

**Ecuación 42: Área Neta.**

$$A_n = 2,2 \times 10^{-3} \text{ m}^2 - 1(0,016 + 3,2 \times 10^{-3}) * 0,008 \quad (42)$$

$$A_n = 2,04 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$A_e = 0,85 * 2,04 \times 10^{-3} \text{ m}^2 = 1,73 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

Entonces, reemplazando en la expresión (40) se tiene:

$$T = 0,5 * 479,16 \text{ MPa} * 1,73 \times 10^{-3} \text{ m}^2 = 0,41 \text{ N..}$$

Entonces el esfuerzo es:

$T$  = Es el esfuerzo menor tomado de los tres anteriores.

**Ecuación 43: Esfuerzo Permisible a Tensión y Carga.**

$$\sigma = \frac{T}{A_n} \quad (43)$$

$$\sigma = \frac{0,107 \text{ N}}{2,04 \times 10^{-3} \text{ m}^2} = 52,45 [\text{MPa}]$$

Además: el factor de seguridad se obtiene.

$$n = \frac{S_y}{\sigma}$$

El valor de  $S_y$  para el acero inoxidable 304 es de 176,52 [MPa].

$$n = \frac{176,52 [\text{MPa}]}{52,45 [\text{MPa}]} = 3,4$$

#### **6.6.21 SELECCIÓN DE BANDAS.**

Se tiene como datos de entrada la potencia nominal del motor: 7,5 [HP], las revoluciones del eje conductor  $N_1$ : 1 750 [rpm], revoluciones del eje conducido  $N_2$ : 1 175 [rpm].

##### **6.6.21.1 Relación de velocidad ( $i$ )**

La relación de velocidad es la razón entre la velocidad del eje del motor y la velocidad del eje de la máquina; por lo cual:

**Ecuación 44: Relación de Velocidades.**

$$i = \frac{N_1}{N_2} \quad (44)$$

$$m_G = \frac{1750 [\text{rpm}]}{1175 [\text{rpm}]} = 1,5$$

##### **6.6.21.2 Cálculo de la Potencia corregida ( $P_c$ ).**

Se obtiene la de potencia de diseño con la siguiente expresión:



**Ecuación 45: Potencia Corregida o de Diseño.**

$$P_c = P(C_x) \quad (45)$$

Dónde:

P = Potencia nominal: 7,5 [HP]

C<sub>x</sub> = Factor de corrección de la potencia: 1 (Véase siguiente cuadro).

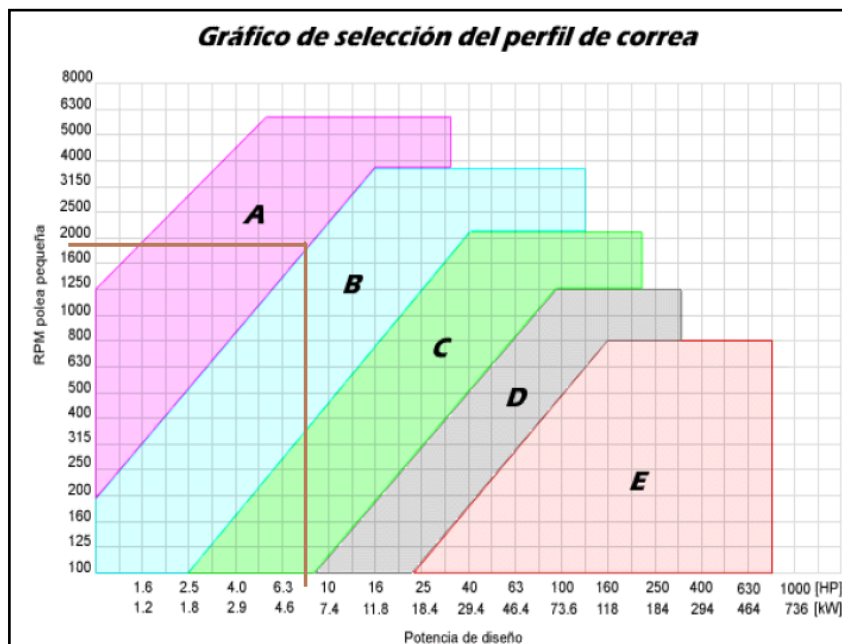
$$P_c = 7,5 * 1 = 7,5 \text{ [HP]} = 7,605 \text{ C. V}$$

**Cuadro 6.8. Factor C<sub>x</sub> según la Condición de Trabajo**

Valor de C <sub>x</sub> de corrección de Potencia		
Tipo de servicio	Condiciones de trabajo	Motor eléctrico
Ligero	Servicio intermitente - funcionamiento <= 8 horas diarias ninguna punta de carga	1

Fuente: *Catálogos de Correas Trapeciales OLEOSTATIC PIRELLI.*

**6.6.21.3 Determinación de la sección de la Banda.**

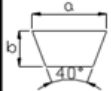


**Figura 6.10. Curvas para la Selección de Bandas.**

Fuente: *CATÁLOGO DE BANDAS MARTIN (52\*40085\*2); p. D-44*

Con la potencia de diseño y una velocidad de giro de 1 750 rpm, se selecciona el tipo de banda (ver Figura 6.11), es recomendable usar una banda tipo A.

**Cuadro 6.9. Secciones de Bandas en V Estándares.**



SECCIÓN	ANCHO a (pulg.)	ESPESOR b (pulg.)	POTENCIA PARA UNA O MAS BANDAS, HP
A	0.5	0.34	0.25-10
B	0.66	0.44	1-25
C	0.88	0.53	15-100
D	1.25	0.75	50-250
E	1.5	1	100 o mayor

Fuente: ZAMBRANO, L. (2004). *Diseño de una Máquina Picadora de Rastrojo*.

#### 6.6.21.4 Selección de Diámetros Primitivos de Poleas.

El diámetro primitivo recomendado para poleas motriz tipo (A) que necesitan transmitir una potencia de (7,5 HP) y una velocidad de giro de 1 750 rpm, se selecciona una polea conductora de 118 mm [5 plg], especialmente recomendado.

**Cuadro 6.10. Series Diámetros Primitivos Sección (A).**

Serie de diámetros Primitivos	
SECCIÓN A	
85	-
95	+
100	++
118	+
150	++
180	++
-	no recomendado
+	recomendado
++	especialmente recomendado

Fuente: *Catálogos de Correas Trapeciales OLEOSTATIC PIRELLI*.

Se calcula el diámetro de la polea D:

**Ecuación 46: Diámetro de la Polea Conducida.**

$$D = i * d \quad (46)$$

$$D = 1,5 * 118mm = 177 [mm]$$

Se selecciona un diámetro recomendado equivalente a:

$$D = 180 \text{ mm}; [7 \text{ plg}]$$

Se calcula la nueva relación de transmisión.

**Ecuación 47: Re calculando la relación de transmisión.**

$$i = \frac{D}{d} \quad (47)$$

$$i = \frac{180 \text{ mm}}{118 \text{ mm}}$$

$$i = 1,525$$

#### **6.6.21.5 Determinación de la Distancia entre Centros.**

La distancia entre centros no debe exceder de 2 ½ a 3 veces (la suma de los diámetros de las poleas), ni debe ser menor que el diámetro de la polea más grande.

**Ecuación 48: Distancia entre Centros.**

La distancia entre centros se asume de acuerdo a la siguiente consideración:

$$\text{Para } 1 \leq i \leq 3; D \leq I \leq 3 * ( D + d ) \quad (48)$$

$$180 \text{ mm} \leq I \leq 3 * ( 180 \text{ mm} + 118 \text{ mm} )$$

$$180 \text{ mm} \leq I \leq 894 \text{ mm}$$

Por lo tanto se asume una distancia entre centros apropiada de  $I = 304[mm]$

### 6.6.21.6 Determinación de la Longitud de la Banda.

La longitud primitiva teórica de la correa se determina con la siguiente ecuación:

#### Ecuación 49: Longitud de la Banda.

$$L = 2 I + 1,57 (D + d) + \frac{(D - d)^2}{4I} \quad (49)$$

$$L = 2 * 304 + 1,57 (180 + 118) + \frac{(180 - 118)^2}{4 * 304}$$

$$L = 1\ 079 \text{ [mm]}$$

### 6.6.21.7 Longitud Nominal Recomendada de Bandas (L').

Se determina la longitud nominal recomendada con el valor más próximo a (L) calculado en el catálogo de correas trapeciales, el cual se seleccionó el tipo de sección de la correa en (A).

(Véase el siguiente cuadro).

**Cuadro 6.11. Selecciones de la Longitud (L') del catálogo.**

Tabla (4) Correas Trapeciales			
SECCIÓN	TIPO	Longitud Nominal	
		Interior	Primitiva (L')
A (13 X 2mm)	A 40	1 079 mm	1 112 mm

Fuente: *Catálogos de Correas Trapeciales OLEOSTATIC PIRELLI.*

### 6.6.21.8 Corrección de la Distancia entre Centros.

#### Ecuación 50: Distancia entre centros Real.

$$I_{real} = I \pm \frac{L - L'}{2} \quad (50)$$

Si  $L' < L$  (-)

Si  $L' > L$  (+)

$$I_{real} = 304 [mm] + \frac{(1\ 079 - 1\ 112) mm}{2}$$

$$I_{real} = 287,5 [mm]$$

#### 6.6.21.9 Determinación del Ángulo de Contacto.

##### Ecuación 51: Ángulo de Contacto.

$$\gamma = 180^\circ - 57 \left( \frac{D - d}{I_{real}} \right) \quad (51)$$

$$\gamma = 180^\circ - 57 \left( \frac{180 - 118}{287,5} \right) = 168^\circ \cong 2,932 \text{ rad}$$

#### 6.6.21.10 Potencia Trasmisible por Bandas.

Se determina con la siguiente expresión:

##### Ecuación 52: Potencia Trasmisible.

$$P_a = (P_b + P_d) * c_j * c_i \quad (52)$$

Dónde:

$P_b$  = Prestación base; factor equivalente a: 2,75 [C.V];

Establecido en Catálogos de Correas Trapeciales OLEOSTATIC PIRELLI. Tabla 5. (Véase ANEXO G.1)

$P_d$  = Prestación adicio para relaciones de transmisión, factor equivalente a: 0,25 [C.V]; determinado en la Tabla 5. (Véase ANEXO G.1)

$c_j$  = Factor de corrección para arcos de contacto perteneciente a  $168^\circ$  igual a: 0,97, Tabla. 6 (véase ANEXO G.2).

$c_i$  = Factor de corrección en función del tipo de correa (A 40) equivalente a: 0,90, Tabla (véase ANEXO G.2).

Remplazando valores se obtiene:

$$P_a = (2,75 + 0,25) * 0,97 * 0,90$$

$$P_a = 2,619 \text{ [ C. V]}$$

#### 6.6.21.11 Determinación del Número de Bandas.

En cual se determina con la formula siguiente:

#### Ecuación 53: Número de Banda.

$$\# \text{ Bandas} = \frac{P_c}{P_a} \quad (53)$$

$$\# \text{ Bandas} = \frac{7,605 \text{ C. V}}{2,619 \text{ C. V}} = 3 \text{ Bandas}$$

#### 6.6.21.12 Análisis de Fuerzas.

Como el primer procedimiento en el análisis de fuerzas para determinar las carga en el eje se inicia calculando la velocidad en la línea de paso con la siguiente expresión:

#### Ecuación 54: Velocidad en la Línea de Paso.

$$V = \frac{\pi * d * N_1}{12} \quad (54)$$

$$V = 2\,290,7 \text{ [ft/min]} \cong 698,21 \text{ [m/min]}$$

Sabiendo que la potencia es equivalente:

#### Ecuación 55: Potencia.

$$Pot = \frac{(T_1 + T_2) + V}{33\,000} \quad (55)$$

Despejamos la  $T_1$ :

$$T_1 = \frac{7,5 * (33\,000)}{2\,290,7} + T_2$$

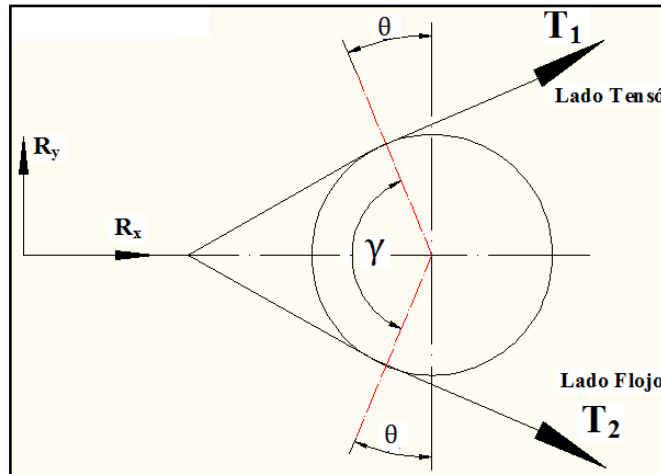
$$T_1 = 108,04 + T_2 \quad (1)$$

En la polea conducida el ángulo  $\theta$  se cálculos con la siguiente ecuación:

**Ecuación 56: Ángulo de Contacto.**

$$\theta = \text{sen}^{-1} \left( \frac{D - d}{2 * I_{real}} \right) \quad (56)$$

$$\theta = \text{sen}^{-1} \left( \frac{180 - 118}{2 * 287,5} \right) = 6,19^\circ$$



**Figura 6.11. Análisis de Fuerzas**

Fuente: *El Autor.*

Además:

**Ecuación 57: Dimensionamientos de la banda.**

$$\frac{T_1 - F_c}{T_2 - F_c} = e^{(0,5123 * \gamma)} \quad (57)$$

Dónde:

$\mu$ : Coeficiente de fricción efectiva entre banda y polea declarada por Gates Rubber Company de: 0,5123

$\alpha$  = Ángulo de garganta igual:  $38^\circ$

$$\frac{T_1 - F_c}{T_2 - F_c} = e^{(0,5123 * \gamma)}$$

Dónde:

$F_c$  = Tensión centrífuga; está dada por:

**Ecuación 58: La Tensión Centrífuga.**

$$F_c = K_c + \left(\frac{V}{1000}\right)^2 \quad (58)$$

Dónde:

$K_c$  = Parámetro de vida de la banda: 0,561, para banda tipo A (Tabla 17-16 SHIGLEY, J.E; Diseño en Ingeniería Mecánica, 8 ed.)

Reemplazando valores se obtiene

$$F_c = 0,561 + \left(\frac{2\,290,7 \text{ ft/min}}{1000}\right)^2 = 2,944 \text{ [lb]} \cong 13,09 \text{ [N]}$$

Reemplazando valores en la ecuación 54 se obtiene:

$$T_1 = 4,490 T_2 - 10,27 \quad (2)$$

Se iguala las ecuaciones (2) y (1) y se obtiene:

$$T_2 = 150,74 \text{ [N]} \quad (3)$$

$$T_1 = 631,17 \text{ [N]} \quad (4)$$

Se cumple la condición  $T_1 > T_2$  ; OK

**6.6.22 DISEÑO DEL EJE DE TRANSMISIÓN.**

El eje de transmisión que se dispone verticalmente se acopla al mecanismo de corte por medio de una brida de sujeción

Las fuerzas que la banda ejerce sobre el eje conducido. Las siguientes ecuaciones sirven para determinar sus valores.

**Ecuación 59: Fuerza Producida por Tensiones de las Bandas.**

$$F_{TB} = T_1 + T_2 \quad (59)$$

Dónde:



$T_1 =$  Tensión en el lado tenso de la banda: 631,17 [N]

$T_2 =$  Tensión en el lado en el lado flojo: 150,74 [N]

$$F_{Tb} = (631,17 + 150,74) N$$

$$F_{Tb} = 781,9 [N]$$

**Ecuación 60: Torques Producida por Tensiones de las Bandas.**

$$T_b = (T_1 - T_2) * R \quad (60)$$

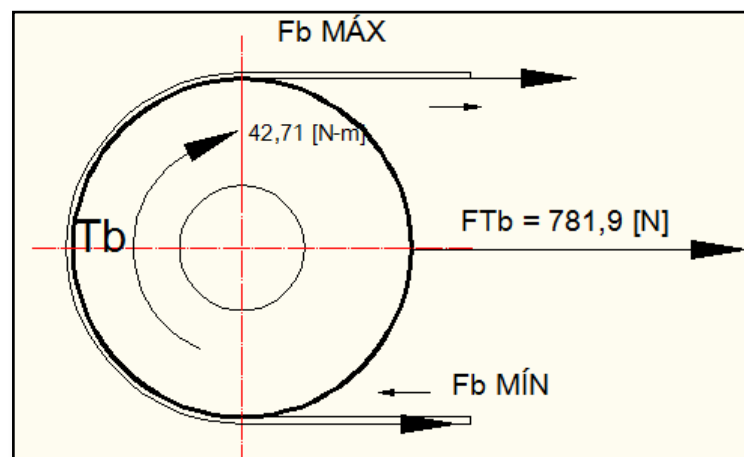
Dónde:

R = Radio de la polea conducida: 0,0889 [m]

Remplazando valores se obtiene:

$$T_b = (631,1 - 150,7) [N] * 0,0889 [m]$$

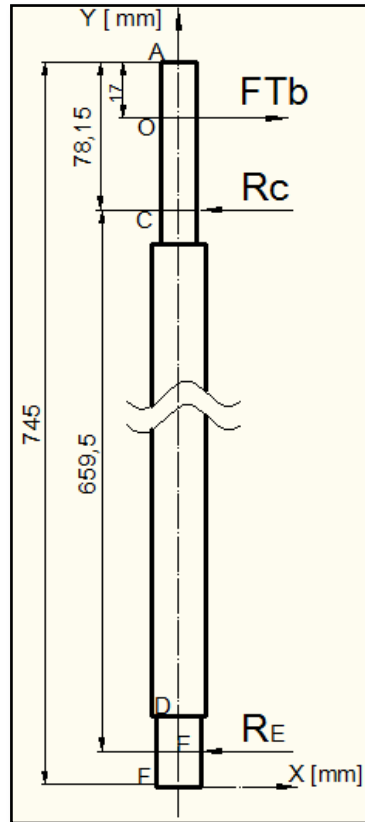
$$T_b = 42,71 [Nm]$$



**Figura 6.12. Fuerza y Torque Resultante que la Banda ejerce sobre el eje Conducido.**

Fuente: *El Autor.*

A continuación se especifica el eje con sus principales medidas, reacciones y fuerza.



**Figura 6.13. Diagrama de Cuerpo Libre del Eje Conducido.**

Fuente: *El Autor.*

A continuación se detalla el peso producido por el sistema de triturado.

A continuación se detalla la fuerza de impacto que actúa sobre el martillo.

**Ecuación 61: Fuerza de Impacto Tangencial.**

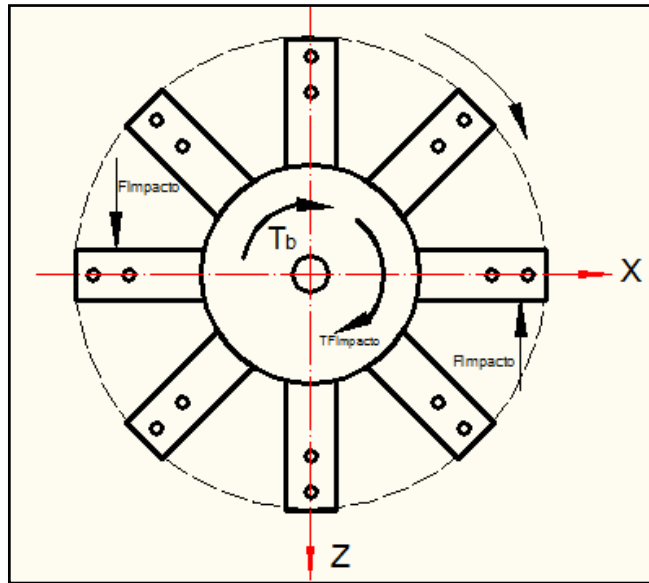
$$F_{\text{impacto}} = \frac{N_R}{\text{rev}} \div 2 \text{ martillos} * F_{\text{real}} \quad (61)$$

Remplazando datos se obtiene:

$$F_{\text{impacto}} = 4,749 \text{ residuos/ rev} \div 2 * 19,24 \text{ [N]}.$$

$$F_{\text{impacto}} = 45,68 \text{ [N]}$$

Además se determina el torque producido detalla en la figura siguiente.



**Figura 6.14. Fuerza Tangencial y Torques que Actúa en el Plano Z-X**

Fuente: *El Autor.*

Se determina el torque producido utilizando la siguiente ecuación.

**Ecuación 62: Torque Producida por la Fuerza de Impacto.**

$$TF \text{ impacto} = \#_m * F_{\text{impacto}} * r \quad (62)$$

Dónde:

$\#_m$  = Numero de martillos.

$F_{\text{impacto}}$  = Fuerza de impacto tangencial que actúa sobre el espesor del martillo.

$r$  = Distancia del centro hasta la fuerza de impacto, (A 1/3 de la longitud del martillo): 0,295 [m].

Remplazando se obtiene:

$$TF \text{ impacto} = 10 * 45,68 \text{ [N]} * 0,295 \text{ [m]}$$

$$TF \text{ impacto} = 134,6 \text{ [Nm]}$$

El torque total se obtiene de la siguiente manera:

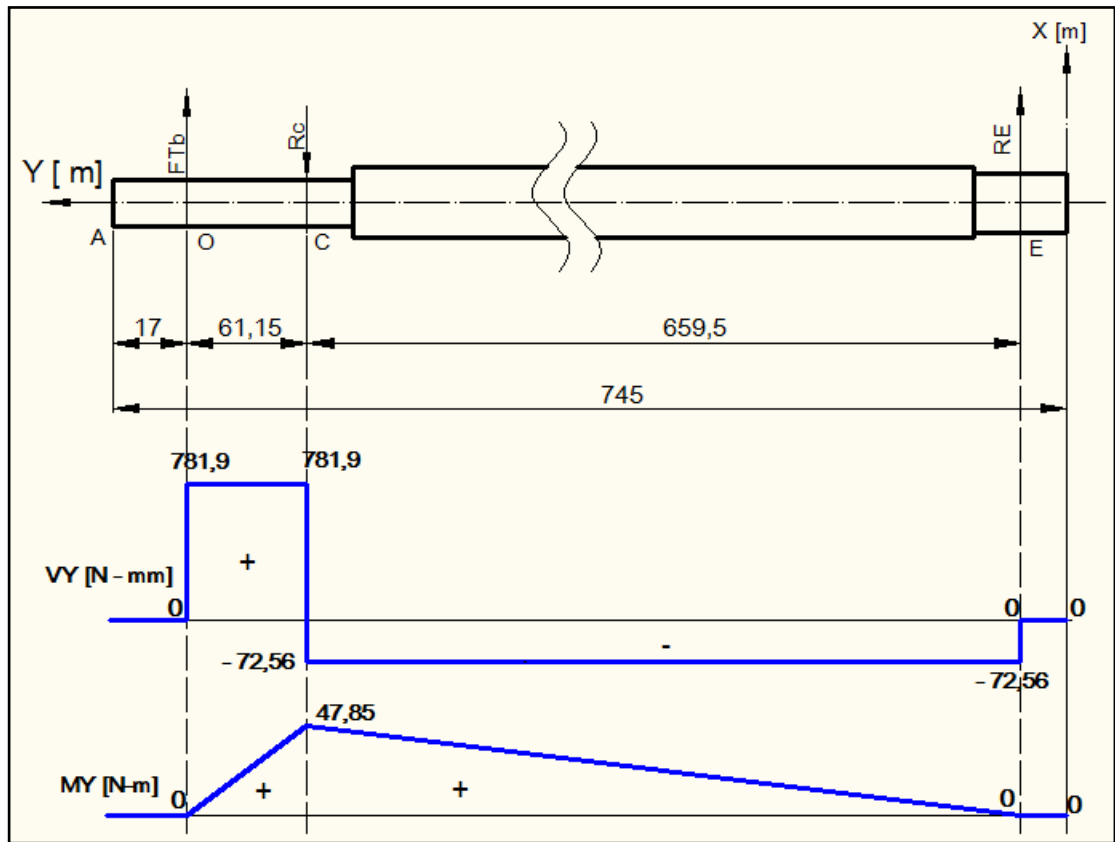
**Ecuación 63: Torque Total.**

$$T_{\text{Total}} = T_b + \text{TF impacto (63)}$$

$$T_{\text{Total}} = (42,71 + 134,6)\text{N} - \text{m}$$

$$T_{\text{Total}} = 177,3 [\text{N} - \text{m}]$$

Se determina el momento máximo entre los puntos A, F con se muestra en la (Figura 6.15).



**Figura 6.15. Diagramas de Fuerza Cortante y Momento Flexionante del Eje.**

Fuente: *El Autor.*

La sumatoria de las cargas en el eje X es:

$$(\uparrow +) \Sigma F_x = 0$$

$$FT_b - R_C + R_E = 0$$

$$- R_C + R_E = 781,9 \text{ [N]}$$

La sumatoria de momentos en el punto C es:

$$(\hat{\curvearrowright}) \Sigma M_C = 0$$

$$R_E * 785,5 \text{ mm} - FTb * 74,5 \text{ mm} = 0$$

$$R_E = 72,50 \text{ [N]}$$

Rempazando en la sumatoria de las cargas en el eje X se obtiene:

$$R_C = -854,40 \text{ [N]}$$

Para determinar las fuerzas cortantes se emplean los metodo siguientes: de Áreas para el momento máximo y cortantes de izquierdas y derechas como se detalla a coninuación:

**Cuadro 6.12. Cortantes de Izquierdas a Derechas**

Fuerza Cortante de Izquierdas y Derechas		
O	$V_{OI} = 0$	[N]
	$V_{OD} = 0 + 781,9 = 781,9$	[N]
C	$V_{CI} = 781,9 + 0 = 781,9$	[N]
	$V_{CD} = 781,9 - 856,06 = - 72,5$	[N]
E	$V_{EI} = - 72,5 + 0 = - 72,5$	[N]
	$V_{ED} = - 72,5 + 72,5 = 0$	[N]

Fuente: *El Autor*

Áreas para el momento máximo:

**Cuadro 6.13. Cortantes de Izquierdas a Derechas**

ÁREAS	
A1	47,85 [N-m]
A2	- 47,85 [N-m]

Fuente: *El Autor*

$$M_B = 0 \text{ [N-m]}$$

$$M_C = 0 + 47,85 = 47,85 \text{ [N-m]}$$

$$M_E = 47,85 - 47,85 = 0 \text{ [N-m]}$$

El momento máximo flexionante ocurre en el punto C en el cual se procede a determinar su diametro aproximado.

Los esfuerzos en la superficie para cargas estáticas de un eje de acero inoxidable macizo de sección circular, sometido a cargas combinadas de flexión y torsión, son:

- Teoría del esfuerzo normal máximo

**Ecuación 64: Para Flexión.**

$$\sigma_x = \frac{32 * M}{\pi * d^3} \quad (64)$$

**Ecuación 65: Para Torsión.**

$$\tau_{xy} = \frac{16 * T}{\pi * d^3} \quad (65)$$

**Ecuación 66: Teoría del esfuerzo cortante máximo**

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_x^2 + 4 \tau_{xy}^2} \quad (66)$$

**Ecuación 67: Teoría de la energía de Distorsión o Von Misses**

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_x^2 + 3 \tau_{xy}^2} \quad (67)$$

**Ecuación 68: Factor de Seguridad**

$$n = \frac{S_y}{\sigma_{eq}}; \quad n \geq 1,2 \quad (68)$$

En base a estas teorías se puede hacer un análisis para determinar el diametro del eje. Utilizando la teoria de la energia de distorsión la cual de denota acontinuacion:

**Ecuación 69: Teoria de la Energia de la distorsión**

$$d = \left[ \frac{32 * n}{\pi * S_y} \left( M^2 + \frac{3 T_{Total}^2}{4} \right)^{1/2} \right]^{1/3} \quad (69)$$

Dónde:

n = Factor de seguridad asumido: 2

S<sub>y</sub> = Limite de fluencia del acero inoxidable 304: 220 MPa

Remplazando valores se obtiene un diámetro del eje de acero inoxidable AISI 304 de: d = 32 mm ≅ 1 ¼ en el Punto C. y se aproxima a un diámetro de 1 ½ en el diámetro mayor.

**6.6.23 CÁLCULO DE LA RESISTENCIA A LA FATIGA.**

Los esfuerzos en la superficie para cargas dinamica de un eje de acero inoxidable se calculan a continuación.El diseño del eje conducido se sostiene en la relación de Goodman modificada para casos de falla. Mediante las ecuaciones de la (75), se puede determinar si los diámetros del eje son suficientes para resistir a la fatiga.

**Ecuación 70: Relación de Goodman modificada para casos de falla.**

$$S_e = k_a * k_b * k_c * k_d * k_e * k_v * S_{\acute{e}} \quad (70)$$

Dónde:

S<sub>e</sub> = Límite de fatiga de un elemento de máquina [MPa]

S<sub>é</sub> = Límite de fatiga de una probeta de viga rotatoria [MPa]

k<sub>a</sub> = Factor de acabado superficial [adimensional]

k<sub>b</sub> = Factor de tamaño [adimensional]

k<sub>c</sub> = Factor de carga [adimensional]

$k_d$  = Factor de temperatura [adimensional]

$k_e$  = Factor de confiabilidad [adimensional]

$k_V$  = Factor de concentración de esfuerzos [adimensional]

El factor de acabado superficial ( $k_a$ ).

Se evalúa según los siguientes parámetros:

### Ecuación 71: Factor de Acabado Superficial

$$k_a = A * (S_{ut})^b = 4,51 * (520)^{-0,265} = 0,860 \quad (71)$$

Los factores se obtienen del siguiente cuadro.

**Cuadro 6.14. Coeficientes para la Ecuación de Factor de Seguridad.**

Acabado superficial	MPa		kpsi	
	A	b	A	b
Rectificado	1.58	-0.085	1.34	-0.085
Maquinado o estirado en frío	4.51	-0.265	2.7	-0.265
Rolado en caliente	57.7	-0.718	14.4	-0.718
Forjado	272	-0.995	39.9	-0.995

Fuente: SHIGLEY, J. *Diseño en Ingeniería Mecánica*. 5ta ed. 283. Nueva York, 1989.

El factor de tamaño ( $k_b$ ) se determina mediante la ecuación (78), para diámetros (d) comprendidos entre 8 y 250 mm.

### Ecuación 72: Factor de Acabado Superficial

$$k_b = 1,189 * d^{-0,097} \quad (72)$$

$$k_b = 1,189 * 50,8^{-0,097} = 0,812$$

El factor de carga  $k_c$  se determina según el tipo de carga que se aplica al elemento (Véase cuadro 6.15).  $k_c = 0,85$



**Cuadro 6.15. Factores de Carga.**

Valores Medios del Factor de Carga	
Tipo de Carga	kc
Flexión	1
<i>Axial</i>	0,85
Torsión	0,59

Fuente: SHIGLEY, J.E; *Diseño en ingeniería Mecánica*, 8va. ed., p. 282.

El factor de temperatura  $k_d$  se evalúa como.  $k_d = 1$  Si  $T \leq 450^\circ C$

El factor de confiabilidad  $k_e$  se determina según el siguiente cuadro.

$$k_e = 0,87$$

**Cuadro 6.16. Factores de Confiabilidad correspondientes a una Desviación Estándar de 8% del Límite de Fatiga.**

Confiabilidad, %	$k_c$
50	1.00
90	0.89
95	0.87
99	0.81

Fuente: SHIGLEY, J. *Diseño en Ingeniería Mecánica*.

El factor de concentración de esfuerzos se evalúa de la siguiente manera:

**Ecuación 73: Factor de Concentración de Esfuerzos.**

$$k_v = \frac{1}{k_f} \quad (73)$$

El factor de concentración de esfuerzos ( $k_f$ ) por entalladura tanto para flexión como para torsión, se determina con la siguiente expresión:

**Ecuación 74: Factor de Concentración de Esfuerzos por Entalladura.**

$$k_f = 1 + q * (k_t - 1) \quad (74)$$

Dónde:

$q$  = Sensibilidad de ranuras

$k_t$  = Factor geométrico de concentradores de esfuerzos

Para evaluar la sensibilidad en la ranuras, se debe tomar en cuenta los efectos de flexión y torsión por separado, con lo cual:

$q_f$  = Sensibilidad a las ranuras por flexión

$r = 3 \text{ mm}$

$S_{ut} = 75 \text{ kpsi}; \quad q_f = 0,81$  (Véase ANEXO G.4)

Dónde:

$r$  = Radio del filete

$q_t$  = Sensibilidad a las ranuras por torsión

$r = 3 \text{ mm}$   
Acero inoxidable }  
BHN < 200 }  $q_t = 0,89$  (Véase ANEXO G.4.1)

Al igual que en la evaluación de la sensibilidad a las ranuras es necesario tomar en cuenta los efectos de flexión y de torsión para el análisis del factor geométrico de concentración de esfuerzos.

**Ecuación 75: Factor geométrico de concentradores de esfuerzos por flexión**

$$k_{tf} = A * \left(\frac{r}{d}\right)^b \quad (75)$$

Dónde:

D = Diámetro de la sección mayor del eje: 38 [mm]

d = Diámetro de la sección menor del eje: 32 [mm]

$$\left. \begin{array}{l} D/d = 1,19 \\ r/d = 0,094 \end{array} \right\} A = 0,96900 \text{ y } b = -0,21992 \text{ (Véase ANEXO G.4.2)}$$

$$k_{tt} = 1,63$$

$k_{tt}$  = Factor geométrico de concentración de esfuerzos por torsión

$$k_{tt} = A * \left(\frac{r}{d}\right)^b$$

$$\left. \begin{array}{l} D/d = 1,19 \\ r/d = 0,094 \end{array} \right\} A = 0,84053 \text{ y } b = -0,20834 \text{ (Véase ANEXO G.4.3)}$$

$$k_{tt} = 1,38$$

Los factores de concentración de esfuerzos por flexión y por torsión son:

$$k_{ef} = 1 + 0,81 * (1,63 - 1) = 1,510$$

$$k_{vf} = \frac{1}{1,510} = 0,662$$

$$k_{et} = 1 + 0,89 * (1,38 - 1) = 1,338$$

$$k_{vt} = \frac{1}{1,338}$$

$$k_{vt} = 0,747$$

De modo que el factor de concentración de esfuerzos total es:

**Ecuación 76: Factor de Concentración de Esfuerzos Totales.**

$$k_v = k_{vf} * k_{vt} \quad (76)$$

$$k_V = 0,49$$

El límite de resistencia a la fatiga de eje se estima como:

$$\text{Si } S_{ut} \leq 1\,400 \text{ MPa} \Rightarrow (S_e = 0,504 * S_{ut} )$$

$$S_e = 0,504 * S_{ut} = 0,504 * (520 \text{ MPa} )$$

$$S_e = 262,08 \text{ [MPa]}$$

La resistencia a la fatiga del eje es:

$$S_e = 0,860 * 0,812 * 0,85 * 1 * 0,87 * 0,49 * 262,08$$

$$S_e = 66,31 \text{ [MPa]}$$

A continuación se evalúa el factor de seguridad utilizando el enfoque de Soderberg, por lo tanto:

**Ecuación 77: Ecuación de Soderberg,**

$$n = \frac{d^3 * \pi}{32 * \sqrt{\left(\frac{T_{\text{Total}}}{S_y}\right)^2 + \left(\frac{M}{S_e}\right)^2}} \quad (77)$$

$$n = 3,6$$

Con lo cual los diámetros determinados para el dimensionamiento del eje son los correctos, ya que el factor de seguridad obtenido, está en el rango de los valores indicados para diseños comunes ( $1 < n < 4$ ).

Con lo establecido anteriormente el diámetro del eje será de 38 mm (1 ½) por la facilidad de adquirir barras circulares de acero AISI 304 (laminado en frío) además se cuenta con el diámetro inferior para el posicionamiento de los rodamientos de 32 mm equivalente a diámetro de (1 ¼).

#### **6.6.24 SELECCIÓN DE RODAMIENTOS.**

La selección de los rodamientos adecuados para cada uno de los soportes del eje, los rodamientos deben ser de cilindros cónicos por las cargas combinas existentes

con su mayor tendencia en la carga axial (Peso total), el mecanismo de impacto gira a 1 175 rpm con una temperatura < a 40° C debe tener una confiabilidad del 90%, utilizar un factor de carga estática igual a 1,5 deben tener una durabilidad de 8 000 horas de servicio.

Datos:

$$L_{10h} = 8\ 000 \text{ horas}$$

$$n = 1\ 175 \text{ rpm}$$

$$R = 90\% = a_1 = 1$$

$$T < 40^\circ \text{ C} = a_{23} = 1$$

$$S_o = 1,5$$

$$F_{rA} = 854,4 \text{ [N]}$$

$$F_{rB} = 72,5 \text{ [N]}$$

$$K_a = 523,9 \text{ [N]}$$

**Cuadro 6.17. Pesos que Intervienen en la Carga Axial ( $K_a$ )**

<b>Principales Pesos de los Elementos del Sistema de Triturado</b>			
<b>Detalle</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Masa u [kg]</b>	<b>Masa Total [kg]</b>
Brida Superior B	1	0,535	0,535
Brida Superior A	1	0,778	0,778
Cilindro	1	6,435	6,435
Martillos	10	1,3	13
Discos	5	4,22	21,1
Pernos	20	0,011	0,216
Eje	1	6,422	6,422
Polea	1	3,824	3,824
Residuos	Peso de Residuo / rev		1,111

<b>TOTAL [kg]</b>		<b>53,421</b>
<b>Peso Total [N]</b>		<b>523,9</b>

Fuente: SHIGLEY, J. *Diseño en Ingeniería Mecánica*.

Asumimos las constantes:

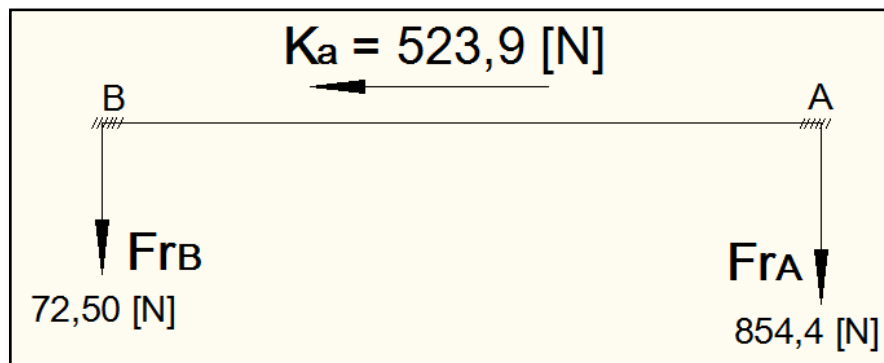
$y =$  Factor de carga axial: 1,3

$y_o =$  Factor estático de carga axial: 0,8

$e = 0,5$

$y_A = y_B = y = 1,3$

Según el catálogo General SKF para las cargas axiales sobre rodamientos cónicos se asume el segundo grupo montaje "O".



**Figura 6.16. Diagramas de Cargas para Rodamientos Cónicos.**

Fuente: *El Autor*.

**Ecuación 78: Condición de Rodamientos Cónicos Montaje "O",**

$$\frac{F_{rA}}{Y_A} > \frac{F_{rB}}{Y_B} \quad (78)$$

Dónde:

$$F_{rA} = 854,06 \text{ [N]}$$

$$F_{rB} = 72,50 \text{ [N]}$$

$K_a = \text{Peso Total} = 523,9 \text{ [N]}$

**Ecuación 79: Condición de Rodamientos Cónicos Montaje Carga Axial.**

$$K_a \geq 0,5 \left( \frac{F_{rA}}{Y_A} - \frac{F_{rB}}{Y_B} \right) \quad (79)$$

$$523,9 \geq 0,5 \left( \frac{854,06}{1,3} - \frac{72,50}{1,3} \right)$$

$523,9 \geq 300,6$  Si Cumple, se asume condición 2b) catalogo SKF.

**Ecuación 80: Condición de montaje “O” SKF.**

$$F_{aB} = \frac{0,5 F_{rB}}{Y_B} = \frac{0,5 * 72,50 \text{ [N]}}{1,3} = 27,88 \text{ [N]} \quad (80)$$

$$F_{aA} = F_{aB} + K_a$$

$$F_{aA} = 27,88 \text{ [N]} + 523,9 \text{ [N]}$$

$$F_{aA} = 551,78 \text{ [N]}$$

Para el Rodamiento en “B”

**Ecuación 81: Carga estática Equivalente.**

$$P_0 = 0,5 * F_{rB} + Y_0 * F_{aB} \quad (81)$$

$$P_0 = 0,5 * 72,50 \text{ [N]} + 0,8 * 27,88 \text{ [N]}$$

$$P_0 = 58,55 \text{ [N]}$$

Si  $P_0 < F_r$  se toma  $F_r = 72,50 \text{ [N]}$

**Ecuación 82: Capacidad de carga Dinámica.**

$$\frac{F_{aB}}{F_{rB}} > o < e \quad (82)$$

$$\frac{27,88}{72,50} > o < e$$

$$0,305 < 0,5$$

$$P = F_r$$

Dónde:

P = carga radial equivalente.

$$P = 72,50 \text{ [N]}$$

Entonces para rodamientos de una hilera de rodillos cónicos  $P = F_r = 72,50 \text{ [N]}$

### **Ecuación 83: Capacidad de Carga Estática**

$$C_o = S_o * P_o \quad (83)$$

$$C_o = 1,5 * 58,55 \text{ [N]} = 87,825 \text{ [N]}$$

### **Ecuación 84: Capacidad de Carga Dinámica (C)**

$$C = P * \sqrt[p]{\frac{L10h * n * 60}{1\,000\,000 * a_1 * a_{23}}} \quad (84)$$

$$C = 72,50 \text{ [N]} * \sqrt[10/3]{\frac{8\,000 * 1\,175 * 60}{1\,000\,000 * 1 * 1}}$$

$$C = 484,97 \text{ [N]}$$

Como  $\frac{F_{aB}}{F_{rB}} < 0,5$  se selecciona un Angulo del rodillo:  $\alpha$  3 o 4

Asignamos un Rodamiento según el catalogo SKF de acuerdo con los datos determinados y acorde con el diámetro del eje calculado.

$$d = 32 \text{ [mm]}$$

$$D = 58 \text{ [mm]}$$

$$320/32 \times 4CC; (e = 0,46, Y_B = 1,3, y_o = 0,7)$$

Para el Rodamiento en "A"



### Carga estática Equivalente.

$$P_0 = 0,5 * F_{rA} + Y_0 * F_{aA}$$

$$P_0 = 0,5 * 854,4 \text{ [N]} + 0,8 * 551,78 \text{ [N]}$$

$$P_0 = 868,62 \text{ [N]}$$

$$\frac{F_{aA}}{F_{rA}} > 0 < e$$

$$\frac{551,78}{854,4} > 0 < e$$

$$0,646 > 0,5 \Rightarrow$$

### Ecuación 85: Capacidad de carga Dinámica.

$$P = 0,4 F_{rA} + Y F_{aA} \quad (85)$$

$$P = 0,4 * 854,4 + 1,3 * 551,78$$

$$P = 1\ 059 \text{ [N]}$$

### Capacidad de Carga Dinámica (C)

$$C = P * \sqrt[p]{\frac{L10h * n * 60}{1\ 000\ 000 * a_1 * a_{23}}}$$

$$C = 1\ 059 \text{ [N]} \sqrt[10/3]{\frac{8\ 000 * 1\ 175 * 60}{1\ 000\ 000 * 1 * 1}}$$

$$C = 7\ 084 \text{ [N]}$$

Como  $\frac{F_{aA}}{F_{rA}} > 0,5$  se selecciona un Angulo del rodillo:  $\alpha$  5 o 7

Asignamos un Rodamiento según el catalogo SKF

$$d = 25 \text{ [mm]}$$

$$D = 52 \text{ [mm]}$$

32205 B x 5CD; ( $e = 0,57$ ,  $Y_A = 1,05$ ,  $y_0 = 0,6$ )

Se re calcula con las nuevas constantes determinadas:

$$\frac{F_{rA}}{Y_A} > \wedge < \frac{F_{rB}}{Y_B}$$

$$813,71 > 55,76$$

Se puede utilizar los casos 2 b) o 2 c)

$$K_a \geq 0,5 \left( \frac{F_{rA}}{Y_A} - \frac{F_{rB}}{Y_B} \right)$$

$$523,9 \geq 0,5 \left( \frac{854,06}{1,05} - \frac{72,50}{1,3} \right)$$

Si  $523,9 \geq 378,8$

Se selecciona caso 2 b)

$$F_{aB} = \frac{0,5 F_{rB}}{Y_B} = \frac{0,5 * 72,50 \text{ [N]}}{1,3} = 27,88 \text{ [N]}$$

$$F_{aA} = F_{aB} + K_a$$

$$F_{aA} = 27,88 \text{ [N]} + 523,9 \text{ [N]}$$

$$F_{aA} = 551,78 \text{ [N]}$$

Re calculo Para el Rodamiento en "B"

$$\frac{F_{aB}}{F_{rB}} = \frac{27,88 \text{ [N]}}{72,50 \text{ [N]}} = 0,385 < e = 0,5$$

$$P = F_{rB}$$

$$P = 72,50 \text{ [N]}$$

$$C = 484,97 \text{ [N]}; \alpha 3 \text{ o } 4$$

Se asigna en "B" el rodamiento:

320/32 X 4 CC (SKF)

$d = 32$

$D = 58$

$e = 17$

Re calculo Para el Rodamiento en "A"

$$\frac{F_{aA}}{F_{rA}} = \frac{551,78 \text{ [N]}}{854,06} = 0,646 > e = 0,5$$

$$P = 0,4 F_{rA} + Y F_{aA}$$

$$P = 0,4 * 854,4 + 1,05 * 551,78$$

$$P = 921,12 \text{ [N]}$$

$$C = 6\ 161,7 \text{ [N]}; \approx 5\ 07$$

Se asigna en "A" el rodamiento:

32205 B 5CD (SKF)

$d = 25$

$D = 52$

$e = 19$

### **6.6.25 CÁLCULO DE LAS CHAVETA Y CHAVETERO PARA EL EJE VERTICAL.**

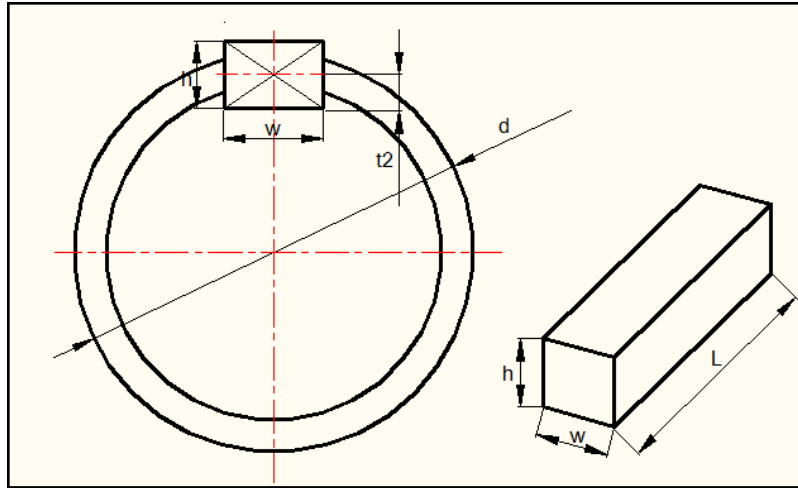
Como datos preliminares para el cálculo de la chaveta se tiene la potencia del motor y el número de revoluciones en la cámara de triturado.

Del libro de *SHIGLEY, J.* 8va ed. La tabla 7-6 (ANEXO H) en función del diámetro del eje (1 1/4) porta martillos encontramos el tamaño de la chaveta:

w = base de la chaveta: 5/16

$h$  = altura de la chaveta:  $1/4$

Profundidad del porta chavetero:  $1/8$



**Figura 6.17. Dimensiones de la Chaveta Cuadrada.**

Fuente: *El Autor.*

Las chavetas son elementos que se usa generalmente para sujetar poleas, engranes a los ejes, etc.

La fuerza por cizallamiento de la chaveta se establece a continuación:

**Ecuación 86: Fuerza de la chaveta**

$$F_{\text{chaveta}} = \frac{P}{r_{\text{eje}} * \omega} \quad (86)$$

Dónde:

$P$  = Potencia del motor:  $7,5 \text{ hp} \cong 570,5 \text{ [kgf * m /seg]}$

$r_{\text{eje}}$  = Radio del eje:  $0,016 \text{ [m]}$

$\omega$  = Velocidad angular  $1 \text{ 175 rpm} \cong 123,07 \text{ [rad /seg]}$

Remplazando valores se obtiene:

$$F_{\text{chaveta}} = \frac{570,5 \text{ [kgf * m /seg]}}{0,016 \text{ [m]} * 123,07 \text{ [rad /seg]}} = 289,7 \text{ kgf}$$

Material para la chaveta

Acero para chavetas AISI 1015:  $S_y = 235 \text{ MPa} \cong 24,31 \text{ kg/mm}^2$

### 6.6.25.1 Análisis de la chaveta para estado de cizallamiento.

**Ecuación 87: Cortante Directo de la Chaveta.**

$$\tau_{\text{diseño}} = \frac{F_{\text{chaveta}}}{A_c} \quad (87)$$

Con la siguiente ecuación se determina la longitud de la chaveta:

$$L = \frac{F_{\text{chaveta}} * n}{w * S_{S_y}}$$

Dónde:

$n$  = Factor de seguridad para chavetas entre ( $n = 1,1 - 1,2$ )

$S_{S_y}$  = Esfuerzo al corte en base a la teoría de la energía de la distorsión

**Ecuación 88: Teoría de la Energía de la Distorsión**

$$S_{S_y} = 0,577 * S_y \quad (88)$$

Remplazando valores se obtiene:

$$S_{S_y} = 0,577 * 24,31 \text{ kg/mm}^2 = 14,02 \text{ [kg/mm}^2\text{]}$$

La longitud corresponde a:

$$L_c = \frac{289,7 \text{ kgf} * 1,2}{7,937 \text{ mm} * 14,02 \text{ kg/mm}^2} = 11,43 \text{ mm}$$

### 6.6.25.2 Análisis del Chavetero a Aplastamiento

Las propiedades del material son las mismas de la chaveta Acero para chavetas

**Ecuación 89: Esfuerzo de Aplastamiento en el Chavetero.**

$$\sigma_{\text{aplastamiento}} = 0,9 S_y \quad (89)$$

Remplazando valores se obtiene:

$$\sigma_{\text{aplastamiento}} = 0,9 * 24,31 \text{ kg/mm}^2 = 21,87 \text{ kg/mm}^2$$

Con el esfuerzo de aplastamiento y considerando solo la mitad de la chaveta se recalcula la longitud.

$$L_a = \frac{289,7 \text{ kgf} * 1,2}{3,968 \text{ mm} * 21,87 \text{ kg/mm}^2}$$

$$L_a = 20 \text{ mm}$$

Análisis que distancia es mayor de  $L_c$  o  $L_a$

Condiciones:

Si  $L_c > L_a \Rightarrow L = L_c$  ;

Si  $L_c < L_a \Rightarrow L = L_a$

La longitud mínima a considerar es  $L_a = 20 \text{ mm}$

#### **6.6.26 CRIBA.**

El tamaño del producto triturado depende del diámetro de los agujeros de la criba o tamiz.

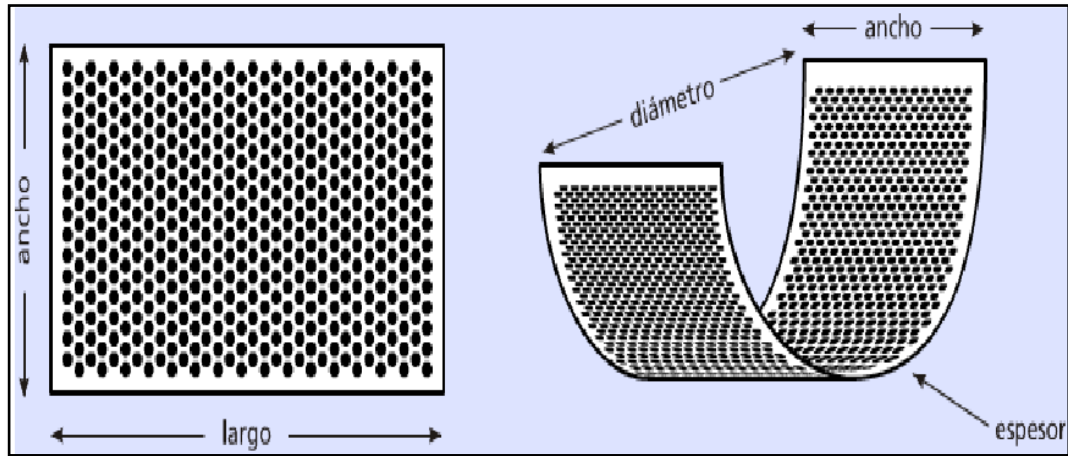
La criba del triturador está fabricada de chapa de acero inoxidable AISI 304 por la humedad existente de los residuos orgánicos, con un espeso de 6 [mm], las dimensiones son dadas por la configuración geométrica de la carcasa de triturado, además el diámetro de los agujeros de la criba corresponde a 46 [mm] el cual es el promedio del rango de tamaños recomendado para un óptimo proceso de biodegradación.

Con lo expuesto anteriormente y con ayuda del cuadro 6.19, se tiene se tiene que para diámetros de 38 a 50 [mm], se requiere lámina de acero de 4,75 a 6,35 [mm] de espesor, con separaciones entre centros de 60 y 50 [mm], respectivamente.

**Cuadro 6.18. Distancia entre Centros y Espesores de Láminas de Aceros para Cribas.**

<b>Diámetro (mm)</b>	<b>Distancia entre centros</b>	<b>Area abierta %</b>	<b>Espesores (mm)</b>
1.50	3.00	22.68	1.60
2.00	4.00	22.68	2.00
2.50	5.00	22.68	2.00
3.25	6.00	26.61	3.20
3.50	7.00	22.68	3.20
4.00	7.00	29.62	3.20
4.75	8.00	31.97	3.20
5.50	9.00	33.87	3.20
6.25	9.00	43.74	3.20
6.50	10.00	38.32	3.20 - 4.75
7.00	11.00	36.73	3.20 - 4.75
8.00	15.00	25.80	4.75 - 6.35
9.00	15.00	32.65	4.75 - 6.35
9.50	15.00	36.38	4.75 - 6.35
11.00	18.00	33.87	4.75 - 6.35
12.00	18.00	40.31	4.75 - 6.35
13.00	19.00	42.46	4.75 - 6.35
14.00	20.00	44.44	4.75 - 6.35
16.00	22.00	47.97	4.75 - 6.35
19.00	26.00	48.44	4.75 - 6.35
25.00	34.00	49.04	4.75 - 6.35
32.00	44.00	47.97	4.75 - 6.35
38.00	50.00	52.39	4.75 - 6.35
50.00	62.00	58.99	4.75 - 6.35
75.00	96.00	55.36	4.75 - 6.35

Fuente: ESTRELLA, J Y FONSECA E. *Planta de Balanceados.*



**Figura 6.18. Dimensionamiento de la Criba.**

Fuente: ESTRELLA, J Y FONSECA E. *Planta de Balanciados*.

### **6.6.27 DISEÑO DE LOS ESFUERZOS EN LOS PERNOS DE SUJECIÓN EN LA BRIDA DEL SISTEMA DE CORTE.**

Se seleccionan los pernos con marca de grado SAE 5 equivalente al perno 7/16" - 20 de cabeza hexagonal de acero inoxidable 304 – hilo grueso (Véase ANEXO J). Lo cual se debe usar un total de N pernos para resistir el torque generado.

Para este propósito de sujeción de las bridas se usara pernos con un diámetro nominal de 7/16 = 0,4375 con las siguientes resistencias:

$S_p$  = Resistencia máxima a la tensión (cercano al límite de fluencia): 85 [kpsi]

$S_{ut}$  = Resistencia ultima a la tensión: 120 [kpsi].

$S_y$  = Resistencia de fluencia: 92 [kpsi].

Véase datos de la rosca de 7/16 UNE en el (ANEXO M)

$A_t$  = Área del esfuerzo de tensión: 0,1063 [plg<sup>2</sup>] (6,83 x 10<sup>-5</sup> m<sup>2</sup>)

14 hilos por pulgada.

Área transversal del perno se determina con la siguiente ecuación:

El agarre es  $l = 0,591$  pulg. A partir del (ANEXO N).



El espesor de la tuerca es 3/8 pulg. Si se agregan dos roscas más allá de la tuerca de 2/11 pulg se obtiene la longitud del perno de.

**Ecuación 90: Longitud del Perno.**

$$L = \frac{3}{8} + 0,591 + \frac{2}{11} = 1,147 \text{ plg. (90)}$$

De la tabla A – 17 de Shigley (8va Edición) el siguiente tamaño de perno de fraccionario es  $L = 1\frac{1}{4}$  pulg. De la siguiente ecuación la longitud de la rosca es:

**Ecuación 91: Longitud de la Rosca.**

$$L_T = 2d + \frac{1}{4} \text{ plg} \quad L \leq 6 \text{ plg} \quad (91)$$

$$L_T = 2 * (0,44) + 0,25 = 1,13 \text{ [plg]}$$

Por ello, la longitud de la porción no roscado en el agarre es  $l_d = 1,5 - 1,13 = 0,35$  plg. La longitud roscada en el agarre es  $l_t = l - l_d = 0,241$  plg. En el (ANEXO),  $A_t = 0,1063 \text{ plg}^2$ . El área del diámetro mayor es  $A_d = \pi * (0,4375)^2 / 4 = 0,1503 \text{ plg}^2$ . Entonces la rigidez del perno es:

**Ecuación: 92 Rigidez del Perno.**

$$K_b = \frac{A_d * A_t * E}{A_d * l_t + A_t * l_d} \quad (92)$$

$$K_b = \frac{0,1503 * 0,1063 \text{ plg}^2 * 30}{0,1503 * 0,241 + 0,1063 * 0,35} = 6,53 \frac{\text{Mlbf}}{\text{pulg}}$$

De la tabla A – 24 del Libro Shigley (8va Edición), para el acero inoxidable se debe usar  $E = 14$  Mpsi. La rigidez del elemento se determina con la siguiente ecuación:

**Ecuación 93: Para Rigidizar el Elemento.**

$$K_m = \frac{0,5774 * \pi * E * d}{2 \ln \left[ 5 * \frac{(0,5774 * l + 0,5d)}{0,5774 * l + 2,5 d} \right]} \quad (93)$$

$$K_m = \frac{0,5774 * \pi * 14 * (0,4375)}{2 \ln \left[ 5 * \frac{0,5774*(0,591)+0,5*(0,4375)}{0,5774*(0,591)+2,5*(0,4375)} \right]}$$

$$K_m = 8,31 \text{ Mlbf/pulg}$$

Si usamos la siguiente ecuación: 99; de la Tabla 8-8 del Libro Shigley (8va Edición), A = 0,78715 y B = 0,62873

**Ecuación 94: Factor Rigidez del Elemento.**

$$k_m = E * d * A \exp\left(\frac{Bd}{l}\right) \quad (94)$$

$$k_m = 14 * (0,4375) * (0,78715) \exp\left[\frac{0,62873 * (0,4375)}{0,591}\right]$$

$$k_m = 7,67 \text{ Mlbf/pulg}$$

Que es solo 7,7% menor que el resultado anterior.

Del primer cálculo de  $K_m$ , la constante de rigidez C es:

**Ecuación 95: Constante de Rigidez.**

$$C = \frac{k_b}{k_b + K_m} \quad (95)$$

$$C = \frac{6,53}{6,53 + 8,31} = 0,440$$

**Ecuación 96: Precarga del Perno.**

$$F_1 = S_y * A \quad (96)$$

$$F_1 = 92\,0000 \frac{\text{lb}}{\text{plg}^2} * 0,150 \text{ plg}^2$$

$$F_1 = 13\,000\text{lb} = 61\,922,8 \text{ [N]}$$

$F_2 =$  Peso del sistema de corte: 523,9 [N]

La fuerza total aplicada en los pernos se obtiene con la siguiente expresión:

**Ecuación 97: La Fuerza Total Aplicada en los Pernos.**

$$F_T = F_1 + F_2 \quad (97)$$

$$F_T = 61\,922,8 \text{ [N]} + 523,9 \text{ [N]}$$

$$F_T = 62\,446,7 \text{ [N]} = 14,03 \text{ klb.}$$

Mediante las siguientes ecuaciones, se determina que la precarga recomendada:

**Ecuación 98: Precarga Recomendada.**

$$F_i = 0,75 A_t * S_p \quad (98)$$

$$F_i = 0,75 * 0,1063 \text{ plg}^2 * 85 = 6,77 \text{ kip.}$$

Con la siguiente ecuación se determina el número de pernos mínimos para sujetar la unión bridada del eje principal.

En el caso de N pernos, se utiliza la siguiente ecuación:

$$N = \frac{C * n * P}{S_p * A_t - F_i}$$

$$N = \frac{0,440 * 1,5 * 14,03}{85 * (0,1063) - 6,77} = 4$$

Con cuatro pernos de cabeza hexagonal en pulgada – inoxidable 304, hilo corrido son los suficientes para asegurar el apriete de las dos brida de sujeción del sistema de corte.

**6.6.28 CÁLCULO DE LA BANCADA DEL EQUIPO TRITURADOR.**

El cálculo de la bancada del equipo triturador consiste en seleccionar tubo circular de acero inoxidable adecuado, para soportar todos los elementos constitutivos de la máquina trituradora para su correcto funcionamiento.

**6.6.28.1 Cálculo de Cargas.**

Para seleccionar el tubo circular conveniente para los soportes o patas del equipo triturador, se determinó el valor total de la carga que soporta la estructura.

**Cuadro 6.19. Cargas que Soporta la Estructura del Triturador.**

<b>Principales Pesos de los Elementos del Sistema de Triturado</b>			
<b>Detalle</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Masa u [kg]</b>	<b>Masa Total [kg]</b>
Motor	1	44,9	44,9
Polea Conductora	1	2,47752	2,47752
Chumacera	1	2,01	2,01
Embudo	1	23,88	23,88
Base Chumacera	1	2,75	2,75
Soporte del Motor	1	8,81	8,81
Boca de Alimentación	1	8,09	8,09
Codo de Alimentación	1	4,25	4,25
Carcasa externa	2	15,95	31,9
Brida Lateral Carcasa externa	4	0,58	2,32
Brida Carcasa externa	2	2,81	5,62
Tamiz	1	29,6	29,6
Brida Tamiz	1	5,54	5,54
Tolva de descarga	1	7,07	7,07
Cono Descarga	1	7,97	7,97
Tolva de descarga Lixiviado	1	10,32	10,32
Sujetador de la Criba	1	2,59	2,59
Rigidizador	1	7,23	7,23
Pernos de media	32	0,007	0,224
pernos tres octavos	26	0,0027	0,0702
Placa Base	1	42,96	42,96
Disco de Soporte	1	1,38	1,38
Brida Superior B	1	0,535	0,535
Brida Superior A	1	0,778	0,778
Cilindro	1	6,435	6,435
Martillos	10	1,3	13
Discos	5	4,22	21,1
Pernos cinco octavos	20	0,011	0,216
Eje	1	6,422	6,422
Polea Conducida	1	3,824	3,824
<b>TOTAL [kg]</b>			<b>304,27</b>
<b>Peso Total [N]</b>			<b>2984,2</b>

Fuente: *El Autor.*

Para seleccionar el tubo circular para cada columna, el peso total se divide para cuatro; debido a que son cuatro patas que soportan el peso total. Por lo tanto, cada columna soporta un peso de: 76,07 [kg]. Se determina la carga crítica para el tubo circular sometido a compresión el TUB. Ø 3 pulg, de espesor 3 [mm] de acero inoxidable AISI 304 el elemento tiene una longitud de  $L = 39,04$  [pulg] con sus extremos empotrados y deben soportar una carga de  $P = 167,75$  [lb].

Para el acero inoxidable AISI 304:

$E =$  Módulo de elasticidad: 28 Kpsi.

$S_y =$  Límite de Fluencia: 25,5 K psi.

$r_G =$  Radio de giro de la sección: 1,04 pulg.

$A_t =$  Área de la sección transversal del tubo: 0,5456 pulg<sup>2</sup>.

**Ecuación 99: Relación de esbeltez crítica.**

$$C_c = \sqrt{\frac{2 * \pi^2 * E}{S_y}} \quad (99)$$

Remplazando valores se obtiene:

$$C_c = \sqrt{\frac{2 * \pi^2 * 28}{25,5}} = 21,67 \text{ [Kpsi]}$$

**Ecuación 100: Relación de esbeltez.**

$$\frac{KL}{r_G} \quad (100)$$

Dónde:

$K =$  Factor de longitud efectiva: 0,65.

$L =$  Longitud de la columna: 39,04 [pulg].

$$\frac{0,65 \cdot 39,04}{1,04} = 24,4$$

LONGITUDES EFECTIVAS DE COLUMNAS						
Las líneas interrumpidas muestran la forma pandeada de la columna	a)	b)	c)	d)	e)	f)
Valor K teórico	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Valores recomendados de diseño cuando las condiciones reales son parecidas a las ideales	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0
Símbolos para las condiciones de extremo						
	Rotación y traslación impedidos	Rotación libre y traslación impedida	Rotación impedida y traslación libre	Rotación y traslación libres		

Figura 6.19. Longitud Efectiva de Columna.

Fuente: McCormac Jack. Diseño de Estructuras de Acero.

**Ecuación 101: Ecuación de Euler.**

$$\frac{P_{cr}}{A_t} = \frac{\pi^2 * E}{\left(\frac{L}{r_G}\right)^2} \quad (101)$$

$$\text{Si } \frac{KL}{r_G} \geq C_c \Rightarrow \frac{P_{cr}}{A_t} = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{L}{r_G}\right)^2}$$

Se aplica la Ecuación de Euler:

$$P_{cr} = 0,5456 [pulg]^2 * \left(\frac{\pi^2 * 28 \times 10^3 [psi]}{(24,4)^2}\right)$$

$$P_{cr} = 253,25 [lb].$$

Debido a que  $P_{cr} \gg P$ . no existirá pandeo o (desplazamiento lateral) en el tubo circula como elemento de soporte.

### **6.6.28.2 Diseño del Sistema de Alimentación.**

Las principales consideraciones que gobiernan del diseño de alimentación son:

- ✓ Alimentación Mecánica (Banda transportadora); ancho 50 [cm]
- ✓ Procesamiento de 93 residuos orgánicos/seg; volumen de la tolva 31,12 [dm<sup>3</sup>]
- ✓ Efecto de rebote hacia arriba de los residuos triturados después del impacto con los martillos.

De tal manera es necesario diseñar una tolva que se ubique en la parte superior de la cámara de triturado, con la finalidad que los residuos ingresen en caída libre de forma paralela al eje central y tener una adecuada expansión de los residuos al momento del impacto. El dimensionamiento de la tolva debe estar regido por los tamaños que presentan los residuos a la entrada con la conjetura de que el ingresen sea de forma longitudinal ya orientadas en la banda transportadora. El material seleccionado para su fabricación corresponde a un acero inoxidable AISI 304 de 4 [mm] de espesor.

### **6.6.29 DISEÑO DEL SISTEMA DE DESCARGA.**

La funcionalidad del sistema de descarga se basa en la recepción del producto final de menor tamaño, generados por el proceso unitario en la cámara de triturado; este sistema está constituido por los martillos, por la criba por la cual las partículas salen disparadas por la fuerza centrífuga que adquieren al instante del impacto y las tolvas de descarga del triturado por donde el producto es resbalado por la cual se escoge un diseño de un tronco de pirámide que permite el desplazamiento correcto de los fragmentos es su periferia por su propio peso, y finalmente la tolva del líquido lixiviado por la cual el fluido producto de la trituración es drenado por este elemento. El material seleccionado para su fabricación corresponde a un Acero Inoxidable AISI 304 de 2 [mm] de espesor y un tubo de acero inoxidable (TUB. Ø 2 pulg, para el lixiviado de espesor 2 [mm] con un acople rápido (SMS) (Acople rápido).

## 6.7 METODOLOGÍA. (MODELO OPERATIVO)

Una vez concluido el diseño mecánico de los elementos constitutivos del equipo triturador, en este apartado se describe los elementos que lo conforman (en todos los elementos fueron soldados un suelda TIG con aporte Inoxidable 308 L de 1/8.

### 6.7.1 Bancada.

La bancada o estructura es uno de los elementos estáticos, su funcionalidad es soportar el resto de elementos y debe ser sólida para evitar vibración durante el funcionamiento del triturador. Este componente está construido con el siguiente elemento:

- Tubo circular Ø 3 pulg de 3 [mm] de espesor de Acero Inoxidable AISI 304 (Pulido).
- Tubo circular Ø 3,5 pulg de 4 [mm] de espesor de Acero Inoxidable AISI 304 (Mate)
- Tubo circular Ø 2 pulg de 2 [mm] de espesor de Acero Inoxidable AISI 304 (Pulido).



**Figura 6.20. Vista de la Bancada**

Fuente: *El Autor.*



### 6.7.2 Placa Base.



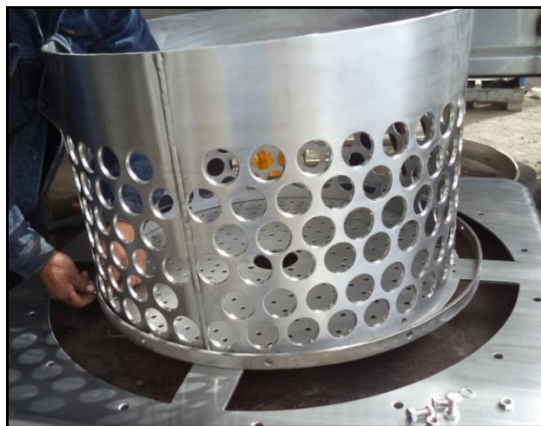
**Figura 6.21. Placa Base.**

Fuente: *El Autor.*

La placa base es otro elemento estático, sirve como apoyo de todos los componentes del sistema de corte y también deber ser rígida para un buen funcionamiento del equipo. Para la construcción de la placa base se utilizan:

- LAM. 1184 X 1184 X 6 de Acero Inoxidable AISI 304 (Mate).

### 6.7.3 Criba.



**Figura 6.22. Criba.**

Fuente: *El Autor.*

- LAM. 450 X 2199 X 6 de Acero Inoxidable AISI 304 (Mate).

La criba se asemeja a un cedazo en el cual una mezcla de partículas sólidas orgánicas, de diferentes tamaños, se separan en dos o más fracciones, pasándola por la apertura del tamiz o luz de malla. Un tamiz es una superficie que contiene cierto número de aperturas, de igual tamaño. Cada fracción del producto triturado es más uniforme en tamaño que la mezcla original. Para la construcción de la criba se utilizan:

#### **6.7.4 El Rotor del Triturador.**

El rotor del triturador consta de componentes móviles los cuales son los principales cumplidores de la reducción del tamaño, estos son movidos por el motor eléctrico.

Para la construcción del rotor del triturador se utilizan varios elementos que se presentan a continuación:

- Disco porta martillos: DIS: Ø 300 [mm] x [8 mm] de espesor de Acero Inoxidable AISI 304.
- Bocín para el sistema de corte: Eje: Ø 3 [pulg] x [300 mm] de longitud de Acero Inoxidable AISI 304.
- Eje Fijo Placa Base: Eje: Ø 1 1/2 [pulg] x [280 mm] de longitud de Acero Inoxidable AISI 304.
- Martillos: Acero BÖHLER M 303. Chapa 275 [mm] x 77 [mm] x 8 [mm].



**Figura 6.23. Sistema de Corte.**

Fuente: *El Autor*

### 6.7.5 Carcasa Externa.

La funcionalidad de la carcasa externa es evitar el lanzamiento de los residuos ya triturados, en altas velocidades hacia el exterior del equipo triturador durante el proceso de reducción del tamaño. Para la construcción de la carcasa externa se utilizan:

- LAM. 298 X 2837 X 3 de Acero Inoxidable AISI 304 (Pulido).
- LAM. 205 X 555 X 3 de Acero Inoxidable AISI 304 (Pulido).



**Figura 6.24. Carcasa Externa.**

Fuente: *El Autor*

### 6.7.6 Tapa Superior.



**Figura 6.25. Tapa superior.**

Fuente: *El Autor*

- LAM. 301 X 933 X 3 de Acero Inoxidable AISI 304 (Pulido).
- LAM. 809 X 931 X 3 de Acero Inoxidable AISI 304 (Pulido).

La funcionalidad de la tapa superior consiste en la base o soporte del motor eléctrico trifásico y la tolva de alimentación, además evitar el desbordamiento de los residuos al momento de triturar, Para la construcción de la tapa superior se utilizan:

#### **6.7.7 Tolvas de Carga y Descarga.**

Las tolvas de carga y descarga es el lugar por donde ingresan los residuos sólidos orgánicos dispuestos para reducir su tamaño, y la descarga es la parte por donde salen los residuos o la fracción orgánica ya reducida el tamaño desde la cámara de triturado, están formados por los siguientes elementos:

- LAM. 664 X 877 x 2 de Acero Inoxidable AISI 304 (Pulido).
- LAM. 437 X 1013 x 2 de Acero Inoxidable AISI 304 (Pulido).
- LAM. 65 X 2843 x 2 de Acero Inoxidable AISI 304 (Pulido).
- LAM. 359 X 869 x 2 de Acero Inoxidable AISI 304 (Pulido).
- LAM. 30 X 2224 x 2 de Acero Inoxidable AISI 304 (Pulido).
- LAM. 748 X 748 x 2 de Acero Inoxidable AISI 304 (Pulido).



**Figura 6.26. Tolva de Alimentación.**

Fuente: *El Autor*



**Figura 6.27. Tolva de Descarga.**

Fuente: *El Autor*

## 6. 8 ADMINISTRACIÓN.

### 6.8.1 Análisis de costos

#### Costos directos

Los costos directos son los egresos por concepto de materiales, el (Cuadro 6.20) muestra en detalle dichos costos.

**Cuadro 6.20. Egresos por Concepto de Materiales**

EGRESOS POR CONCEPTO DE MATERIALES				
Ítem	Concepto	Cantidad	Costo [USD]	
			Unitario	Total
1	Motor trifásico de 7,5 [Hp] de 1750 [rpm].	1	760	760
2	Poleas de Hierro Fundido tres canales ( 7 y 5 pulg).	2	54,4	108,8
3	Rodamientos de rodillos conicos.	2	15	30
4	Retenedor.	1	3	3
5	Eje de 3 pulg x 30 [cm] , A. Inoxidable AISI 304	1	75,9	75,9
6	Tuerca de seguridad 3/4".	1	0,6	0,6
7	Chumacera de pared de diametro 1. 1/2".	1	10	10
8	Discos de (5 y 7 pulg), A. Inoxidable AISI 304.	2	17,03	34,06
9	Martillos Bohler M 303.	10	39,036	390,36
10	Pernos C. Hexagonal 7/16" x 1, 1/2" AISI 304.	4	0,54	2,16
11	Tuerca 7/16" AISI 304.	4	0,38	1,52

12	Arandela plana 7/16" AISI 304.	4	0,12	0,48
13	Arandela presión 7/16" AISI 304.	4	0,18	0,72
14	Correas Trapeciales A 40	3	2,5	7,5
15	Empaques (Corcho)	5		36
16	Pernos C. Hexagonal 5/8" x 1, 1/2" AISI 304.	20	0,99	19,8
17	Tuerca 5/8" AISI 304.	20	0,39	7,8
18	Arandela plana 5/8" AISI 304.	20	0,21	4,2
19	Arandela presión 5/8" AISI 304.	20	0,28	5,6
20	Tablero eléctrico.	1		355
21	Tubo de 3.1/2 " x 4 [mm] AISI 304 (mate)	1	85	85
22	Pernos C. Hexagonal 1/2" x 1.1/2" AISI 304.	16	0,62	9,92
23	Tuerca 1/2" AISI 304.	20	0,25	5
24	Arandela plana 1/2" AISI 304.	20	0,13	2,6
25	Arandela presión 1/2" AISI 304.	20	0,2	4
26	Pernos C. Hexagonal 3/8" x 1.1/2" AISI 304.	14	0,35	4,9
27	Tuerca 3/8" AISI 304.	32	0,12	3,84
28	Arandela plana 3/8" AISI 304.	14	0,08	1,12
29	Arandela presión 3/8" AISI 304.	24	0,12	2,88
30	Pernos C. Hexagonal 1/2" x 2" AISI 304.	4	0,74	2,96
31	Tubo de 3 " X 3 [mm] AISI 304 (Pulido)	1	200	200
32	Discos de (300 x 8) mm, A. Inoxidable AISI 304.	5	27	135
33	Eje de 1. 1/2", A. Inoxidable AISI 304	1	65	65
34	Discos de (175 x 15) mm, A. Inoxidable AISI 304.	1	10	10
35	LAM. 1220 X1220 X 5 A. Inoxidable AISI 304	1	445	445
36	LAM. 1220 X 2440 X 3 A. Inoxidable AISI 304	2	415,53	831,06
37	LAM. 1220 X 2440 X 2 A. Inoxidable AISI 304	2	322,5	645
38	LAM. 305 X 610 X 8 A. Inoxidable AISI 304	1	220	220
39	LAM. 30 X 700 X 6 A. Inoxidable AISI 304	2	230	460
40	Transporte del material y el triturador			155
<b>TOTAL</b>				<b>5141,78</b>

Fuente: *El Autor.*

## Costos indirectos

### 6.21. Egresos Varios.

<b>COSTOS VARIOS</b>	
<b>Concepto</b>	<b>Costo [USD]</b>
Alquiler del Taller y Mano de Obra	2500
Electricista	100
Traslados	105
Balanceo Dinámico en el Sitio	200
Gastos Informáticos	193,5
Imprevistos	100
<b>TOTAL</b>	<b>3198,5</b>

Fuente: *El Autor.*

Los costos indirectos pertenecen a los egresos económicos por el concepto del alquiler del taller con sus equipos tales como: Plasma, Plegadora, suelda TIG, MIG y electrodo. La mano de obra, el electricista para el tablero de control y potencia, el profesional del balanceo dinámico, gastos informáticos, ente otros. El cuadro 6.22 muestra los egresos mencionados.

### Costo Total

El costo total de la inversión está constituido por los costos directos e indirectos detallados en el siguiente cuadro:

**Cuadro 6.22 Egresos Totales.**

<b>COSTOS TOTALES DEL TRITURADOR</b>	
<b>Conceptos</b>	<b>Costo [USD]</b>
Adquisición de materiales	5141,78
Egresos varios	3198,5
<b>TOTAL</b>	<b>8340,28</b>

Fuente: *El Autor.*

### 6.8.2 Análisis de Económico

El presente proyecto de investigación se realiza el análisis de Rentabilidad enfocado al residuo orgánico triturado.

#### Financiamiento

El financiamiento de los egresos por concepto de costo del material y por costos varios, fueron saldados por el autor de la presente investigación.

Se establece el costo por quintal del producto triturado a 0,19 USD, la masa a triturar por día se establece 9707,9 [kg] equivalente aproximadamente a 215 quintales [q].

**Cuadro 6.23. Ingreso por Venta de Residuos Triturados.**

INGRESOS POR MATERIAL TRITURADO	
Dólares/día	40,85 USD
Dólares/semana	204,25 USD
Dólares/mes	817 USD
<b>Dólares/año</b>	<b>9 804 USD</b>

Fuente: *El Autor*

A continuación se especifica los costos de operación y mantenimiento.

**Cuadro 6.24. Egresos por Triturar Residuos Orgánicos.**

COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	
EGRESOS	[USD /MES]
Consumo de Energía Eléctrica	21,22
Mantenimiento	20
Salarios	487,5
<b>TOTAL DE EGRESOS</b>	<b>528,72</b>
<b>TOTAL DE EGRESOS AÑO</b>	<b>6344,6</b>

Fuente: *El Autor*



Se establece los salarios para dos trabajadores que realicen las actividades de operación del triturador en seis horas detalladas a continuación:  $2 * 325$  Dólares/hombre \*  $\left(\frac{6h}{8h}\right) = 487,5$  Dólares/mes.

### Depreciación del triturador

Para establecer la depreciación del triturador (D) se utiliza el método de dígitos de los años: Como afirma el autor de libro Fundamentos de Ingeniería Económica. (Baca, G. 2003).

#### Ecuación 102: Depreciación del Activo.

$$D = \left[ \frac{n - (t - 1)}{n * (n + 1) / 2} \right] * (p - VS) \quad (102)$$

Se estima la vida útil del triturador 5 años, el valor inicial de activo es \$ 8 340,28. Las depreciaciones para cada año de estudio se detallan a continuación.

**Cuadro 6.25. Depreciación y Valor en Libros del Triturador.**

DEPRECIACIÓN DEL TRITURADOR				
Inversión [\$]	V. Salvamento [\$]	Año	Depreciación	Valor en Libros
8340,28	0,00	0	0,00	8340,28
		1	2780,09	5560,19
		2	2224,07	3336,11
		3	1668,06	1668,06
		4	1112,04	556,02
		5	556,02	0,00

Fuente: *El Autor*

Dónde:

D: Depreciación del activo [\$].

n: Vida útil o período de recuperación de la inversión [años].

t: Tiempo de análisis [años].

P: Valor inicial del activo a depreciar inversión [\$].

VS: valor de salvamento o valor de venta del activo al final de su vida útil [\$].

**Ecuación 108: Tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR).**

$$TMAR = (i + t + u)/3 \quad [\%] \quad (108)$$

Dónde:

i =Tasa activa referencial según el banco central del Ecuador: 14%

t = Premio al riesgo: 13 %

u = Utilidad para el inversionista: 15%

$$TMAR = (0,14 + 0,13 + 0,15)/3$$

$$TMAR = \frac{0,42}{3} = 14 \%$$

**Estado de resultados**

Con los valores determinados se realiza el estado de resultados equivalente al proceso de reducción del tamaño de los residuos sólidos orgánicos.

**Cuadro 6.26. Estado de Resultados Equivalente al Proceso de Trituración**

ESTADO DE RESULTADOS						
	0	1	2	3	4	5
- Inversión	8340,3	0	0	0	0	0
+ Ingresos	0	9804	9804	9804	9804	9804
- Costos	0	6344,6	6344,6	6344,6	6344,6	6344,6
- Depreciación	0	2780,09	2224,07	1668,06	1112,04	556,02
UAI	0	679,3	1235,29	1791,3	2347,32	2903,34

- Impuesto sobre rentas ( 25%)	0	170	308,8225	448	587	725,835
- Reparto de utilidades (11,25%)	0	76	139	202	264	327
UDI	0	433	787	1142	1496	1851
+ Depreciación	0	2780,09	2224,07	1668,06	1112,04	556,02
+ Valor de salvamento	0	0	0	0	0	0
<b>Flujo neto de efectivo (FNE)</b>	<b>-8340</b>	<b>3213</b>	<b>3012</b>	<b>2810</b>	<b>2608</b>	<b>2407</b>

Fuente: *Baca Urbina Gabriel. Fundamentos de Ingeniería económica; Autor*

### Valor Actual Neto (VAN) y Tasa interna de retorno (TIR).

En el cálculo del VAN se utilizará de TMAR debido a que los resultados con y sin inflación son idénticos.

#### Ecuación 103: Valor Actual Neto (VAN)

$$VAN = -P + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{FNE_n}{(1+i)^n} \quad (103)$$

$$VAN = -8\,340 + \frac{3213}{(1+i)^1} + \frac{3012}{(1+i)^2} + \dots + \frac{2407}{(1+i)^5} = \$ 1\,266,6$$

El TIR es la tasa de interés  $i$  que se obtiene por iteración cuando en VAN es nulo.

$$0 = -P + \frac{FNE_1}{(1+TIR)^1} + \frac{FNE_2}{(1+TIR)^2} + \dots + \frac{FNE_n}{(1+TIR)^n}$$

$$0 = -5141,8 + \frac{3213}{(1+TIR)^1} + \frac{3012}{(1+TIR)^2} + \dots + \frac{2407}{(1+TIR)^5}$$

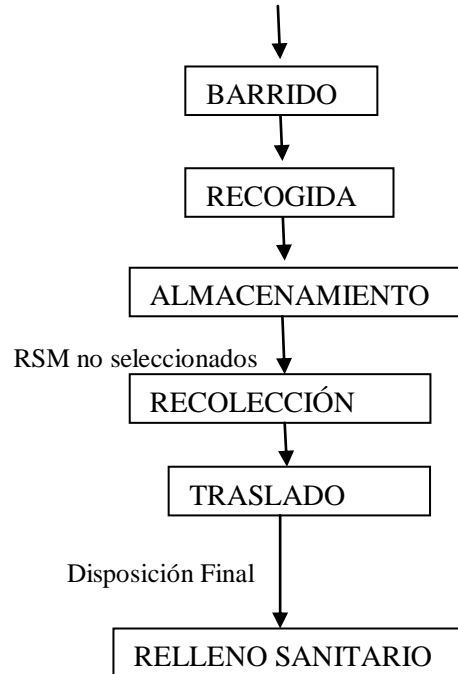
$$TIR = 21,6 \%$$

Debido a que el  $VAN \geq 0$  y la  $TIR \geq TMAR$ , se establece que el proyecto es rentable.

## 6.9. PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN.

### DIAGRAMA DEL PROCESO ACTUAL PARA LOS RSM DE LA EP-EMA

RSM generados por la (Comercialización)

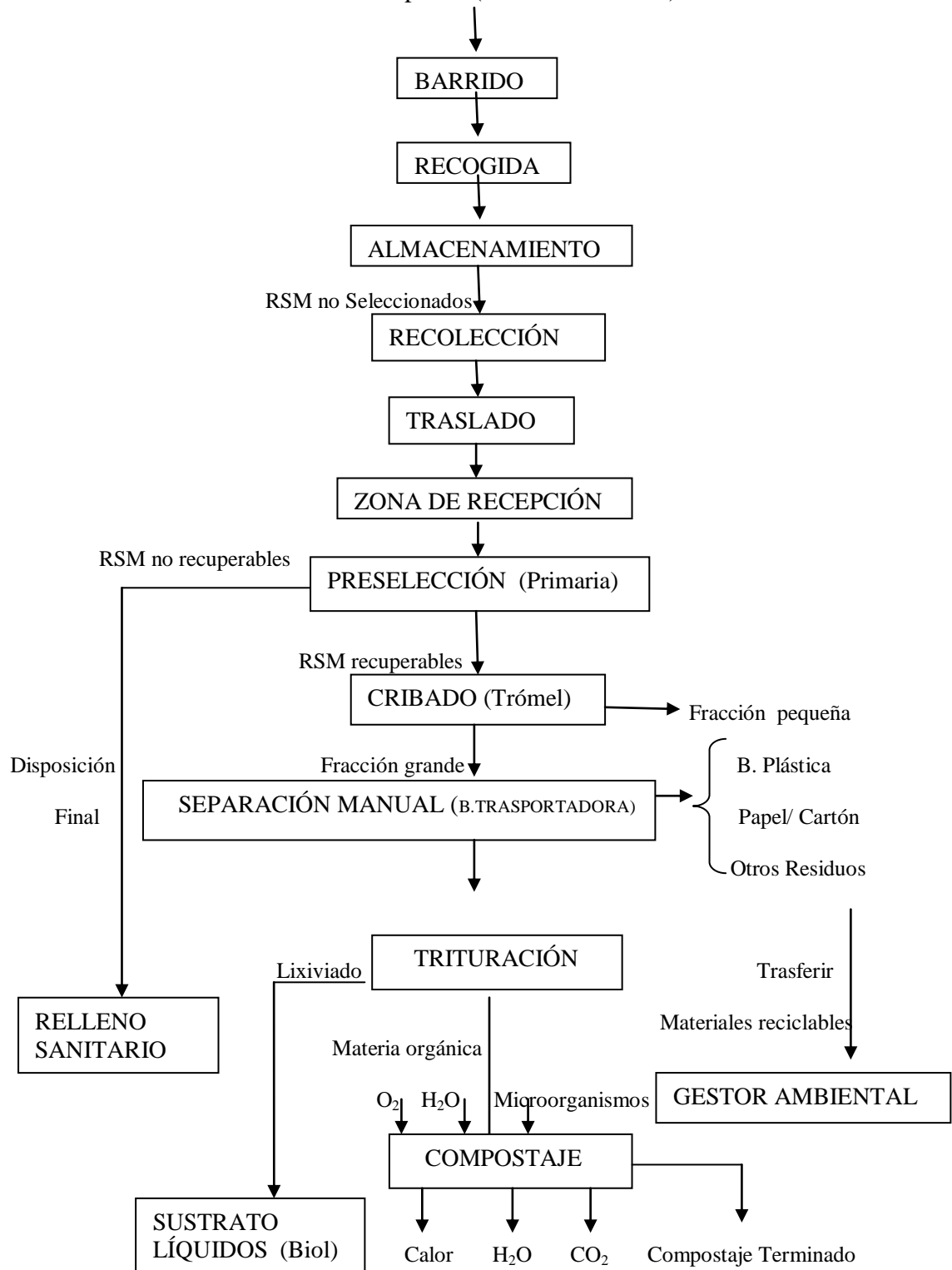


**Figura 6.28. Diagrama de Proceso Actual.**

Fuente: *El Autor*

**DIAGRAMA DEL PROCESO MODIFICADO PARA LOS RSM DE LA EP-EMA**

RSM Generación por la (Comercialización)



**Figura 6.28. Diagrama de Proceso Modificado.**

Fuente: *El Autor*

### 6.9.1 Resultado de las Pruebas de Funcionamiento.

En la presente sección se detallan las pruebas de funcionamiento del equipo triturador de residuos orgánicos, realizadas en las instalaciones de la (EP-EMA). (Véase ANEXO P). Para evaluar el funcionamiento del triturador se recolectaron seis gavetas (ANEXO Q “dimensiones”) de muestras de residuos orgánicos de mayor generación. Las pruebas de funcionamiento del triturador se realizó con materia orgánica ya clasificada en la fuente (Véase la siguiente figura); y la alimentación al triturador se realizó de manera manual por no contar con la disponibilidad de la banda transportadora de selección para dicho propósito. El propósito de la realización de las pruebas de funcionamiento del triturador está orientada en verificar su correcto funcionamiento tales como: el *Rendimiento* del equipo triturador, el *tamaño del producto* a la salida del triturador adecuado para el proceso de bio-degradación y por ultimo observar el *fluir del lixiviado* producto de la elevada cantidad del zumo de las frutas putrescibles.



**Figura 6. 30. Gavetas de Residuos Orgánicos Seleccionados para Triturar.**

Fuente: *El Autor*

En los siguientes cuadros se detallan los resultados.

**Cuadro 6.27. Resultados de las Principales Prueba de Funcionamiento.**

<b>PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL TRITURADOR</b>							
<b>Gavetas</b>	<b>TIPO DE RESIDUO ORGÁNICO DE MAYOR GENERACIÓN</b>	<b>MASA DE LA MUESTRA [kg]</b>	<b>VOLUMEN INICIAL[m3]</b>	<b>DENSIDAD INICIAL[kg/m3]</b>	<b>VOLUMEN FINAL [m3]</b>	<b>DENSIDAD FINAL [kg/m3]</b>	<b>RELACIÓN DE REDUCCIÓN</b>
1	Granos Tiernos	8,165	0,282	234,879	0,059	1122,64	1:5
2	Hierbas	9,072					
3	H. Medicinales	8,165					
4	Frutas	27,669					
5	Cebolla Blanca	4,99					
6	Hortalizas	8,175					
<b>SUMA TOTAL</b>		<b>66,24</b>					

Fuente: *El Autor.*

Existe una notable reducción del volumen en una relación de reducción de 1:5, en consecencial del proceso; a la disminución del volumen aumenta la densidad en la masa triturada (producto) a: 1222,6 [kg/m<sup>3</sup>].

**Cuadro 6.28. Resultado del Rendimiento Másico y Volumétrico del Triturador.**

<b>FLUJO EN MASA Y VOLUMEN DEL TRITURADOR</b>			
Flujo Másico Triturado	[kg/h]	[kg/min]	[kg/s]
	662,4	11,04	0,18
Flujo en Volumen Triturado	[m <sup>3</sup> /h]	[dm <sup>3</sup> /min]	[dm <sup>3</sup> /s]
	2,81	46,83	0,78

Fuente: *El Autor.*

Según la prueba de funcionamiento en forma manual se trituro 66,24 [kg] en 6 [min]; disminuyendo este tiempo en 2,5[*min*] aproximadamente con la alimentación mecánica (Banda Transportadora). Entonces el flujo de generación

de los residuos sólidos orgánicos corresponde al flujo másico de 9707,9 [kg/día] y los cuales serán triturados en *seis horas* por día con un *rendimiento óptimo de triturado de 1 589,76 [kg/h]* con una alimentación de forma mecánica.



**Figura 6.31. Muestra del Tamaño de la Masa Triturada.**

Fuente: *El Autor*

El tamaño de grano (producto) cumple con el tamaño ideal para el *proceso de compostaje biológico aerobio* el cual se encuentra en el rango del tamaño recomendado con un promedio de  $6,4 [cm]$  de la masa triturada.

Se obtuvo una cantidad representativa de *líquido lixiviado* producto del proceso de reducción del tamaño de la masa orgánica, proveniente en mayor cantidad de la fruta de la costa (Mandarina) por su alto contenido de humedad debido a su estado de putrefacción, este tipo de lixiviado es la materia prima para la elaboración de sustratos orgánicos líquidos que sirven como follajes para cultivos enclenques para restituirlos.





**Figura 6.32 Muestra del Líquido Lixiviado Producto del Proceso de Trituración.**

Fuente: *El Autor*

En base a las pruebas de funcionamiento realizadas se establece un correcto funcionamiento del equipo triturador de residuos orgánicos acumulados en la EP-EMA. Debido a que los parámetros determinados cumplen con los requerimientos para aprovechar en su totalidad la fracción orgánica generada, determinada en el estudio y para obtener sustratos orgánicos de buena calidad.

### **6.9.2 Operación y mantenimiento.**

Para una correcta operación del triturador, se presenta los siguientes consejos:

- Encender el equipo triturador con los guardas de seguridad sujetos al equipo.
- Respetar la señal de seguridad incorporada en el tablero eléctrico, ya que para el arranque del triturador existe un pico elevado del amperaje.
- El operario del triturador debe llevar el siguiente equipo de protección personal.
- Mascarilla para proteger de posibles olores emitidos por los residuos orgánicos.
- Indumentaria adecuada para tratar los residuos sólidos orgánicos putrescibles.

- Guantes para proteger las manos durante eventuales averías del equipo triturador.
- No exceder la *capacidad de alimentación* para la que fue diseñada el equipo triturador.
- Realizar una limpieza del triturador después de culminar cada jornada de triturado.
- Al finalizar el proceso de triturado ingresar suficiente cantidad de agua al triturador aún encendido para *lavar sus componentes* fijas y móviles.

El mantenimiento del equipo triturador deberá realizarse de la siguiente manera:

- Revisar periódicamente la lubricación de la chumacera superior, para prevenir que se recaliente o se dañe.
- Realizar un chequeo o mantenimiento preventivo cada seis meses de los rodamientos cónicos del rotor de trituración.
- Colocar grasa de forma generosa en los rodamientos cónicos es ideal utilizar grasa en grado alimenticio (*Tribology Tech-Llube*; food grade grease )
- Revisar quincenalmente el desgaste de la correas de transmisión de potencia.

### **6.9.3 Conclusiones y Recomendaciones.**

#### **6.9.3.1 Conclusiones**

- Con la implantación del proceso unitario de reducción de tamaño se comprueba la reduce el volumen en una relación de reducción 1:5 facilitando su almacenamiento o disposición final.
- El tamaño de la fracción triturada está dentro del rango de 4,6 [cm] óptimo para el proceso biológico de descomposición aerobio.
- El obtener lixiviado resultado del proceso de trituración, el cual es la materia prima para realizar abonos líquidos ideal para los cultivos.

- Con la implementación del equipo triturador para una planta de tratamiento de residuos orgánicos agilizará notablemente el tiempo de biodegradación de la materia orgánica recuperada.
- La fracción orgánica triturada que salga por la descarga será directamente trasladada a las pilas del compostaje o como enmienda para suelos desérticos.

#### **6.9.3.2 Recomendaciones.**

- La materia orgánica que ingrese al triturador debe estar libre de cualquier elemento inorgánico o inerte el cual pondrá en riesgo el correcto funcionamiento del triturador y la calidad de la fracción triturada.
- La alimentación orgánica hacia el triturador debe realizarse mediante la banda transportadora garantizando un flujo continuo y la selección correcta de la materia solo orgánica.
- La recepción de la fracción orgánica triturada descendente deberá transportarse con una banda transportadora facilitando la disposición final.

## MATERIALES DE REFERENCIA

### 1. BIBLIOGRAFÍA

#### LIBROS:

1. DÍAZ L, y JANON C. (2010). *Reciclaje y Tratamiento Biológico de los RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES*. Quito- Ecuador.
2. EUGE A. AVALLONE, THEODORE BAUMEISTER III. (1995). *MANUAL DEL INGENIERO MECÁNICO*. 9 ed. Tomo I.
3. GERE, J. (2002). *Mecánica de Materiales*. Thomson, México.
4. GLYNN J. HENRY y GARY W. HEINKE, (1996) *INGENIERÍA AMBIENTAL*, 2 ed.
5. J.G. BRENNAN, J.R. BUTTERS, N.D. COWELL, A.E.V LILLY, (1998). *Las Operaciones de la ingeniería de los alimentos*. 3 ed. Acribia, S.A. Zaragoza (España).
6. EUGE A. AVALLONE THEODORE BAUMEISTER. *Manual del Ingeniero Mecánico*, 9na Edición, Tabla 6.7.2, Tomo I.
7. ICADE, 1991, *PRODUCCIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS*, Manizales, Colombia.
8. JUAN A. HERNÁNDEZ, (2008). *Tecnología de los Alimentos, Componentes de los alimentos y Procesos*; Volumen I, editorial síntesis. México.
9. MARGARITA SAN ANDRÉS MOJA, SONSOLES DE LA VIÑA FERRER. (2004). *Fundamentos de Química y Física para la Conservación y Restauración*. Edición única. Madrid España.
10. *MANUAL DE ACEROS ESPECIALES BÖHLER DEL ECUADOR S. A.*
11. MOTT, R (2006). *Diseño de Elementos de Máquinas*, 4ª ed. Volumen único, Pearson Educación, México.

12. NAVARRO, P. MORAL, H. GÓMEZ, L. MATAIX, B. Residuos Orgánicos y Agricultura. Universidad de Alicante. Murcia (España).
13. PARDAVÉ, W. (2006). *Reciclado Industrial de Metales*. Eco, Bogotá (Colombia).
14. PERRY, R. (1992). *Manual del Ingeniero Químico*. 5ta edición, Volumen II. McGRAW-WILL. México.
15. RODRÍGUEZ, Francisco. *Ingeniería de la Industria Alimentaria*. Volumen II “Operaciones de procesado de Alimentos”. 2005.
16. RODRÍGUEZ, F. (2005). *Ingeniería de la Industria Alimentaria*. “Operaciones de procesado de Alimentos” Volumen II.
17. SHIGLEY, J.E, (1985 - 2006); “*Diseño en ingeniería Mecánica*”, 4ta y 8va. Ed. México. McGraw-Hill.
18. TCHOBANOGLIOUS G., THEISEN H., Y VIGIL S, (1994). *Gestión Integral de Residuos Sólidos*., Editorialunica, Vol. I Mc Graw Hill, España.
19. WARREN L. McCabe, JULIAN C. Smith, PETER Harriott. (2007). *Operaciones Unitarias en Ingeniería Química*. 7 ed. México: Mc GRAW.

**LINKOGRAFIA:**

20. Evaluación De Los Proyectos De Compostaje En El Ecuador.  
<http://www.evaluacióndelosproyectosdecompostajeenecuador.com/>
21. IMCO Recycling, Inc. <http://www.imcorecycling.com/>
22. Recycling today: The portal to the recycling industry  
<http://www.recyclingtoday.com>
23. Ministerio del Ambiente, *Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos, (PNGIDS)*.<http://www.ambiente.gob.ec>

## **REVISTAS:**

24. EP-EMA. (2011 – 2012). *Sistematización Innovación Del Sistema de Comercialización de Productos a través de uso de Gavetas Reusables para los Comerciantes y Productores en el Mercado Mayorista Ambato.*
25. *Revista Técnica de medio ambiente Residuos, No. 80.* Porta voz de miembros nacionales de medio ambiente. (Septiembre - Octubre 2004). España.

## **DOCUMENTALES:**

26. Análisis de residuos, *Química industrial, Materia orgánica. Residuos sólidos, Humedad, Ácidos.* Demanda Bioquímica de Oxígeno Ingeniero Técnico Industrial / Química Industrial.
27. Baca, G. (2003). *Fundamentos de Ingeniería Económica.* México: McGraw-Hill.
28. Diagnóstico de la situación del (2005). *Manejo de los Residuos Sólidos Municipales en América Latina y el Caribe.* BID, OPS/ OMS.
29. Guía para el *Control y prevención de la contaminación industrial industria procesadora de frutas y hortalizas,* (1998). Santiago- Chile.
30. ICADE, *PRODUCCIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS.* (1991). Manizales, Colombia.
31. Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial. (2007). *Guía para la gestión integral de los residuos sólidos urbanos.*
32. Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud, División de Salud y Ambiente, (2010). *ANÁLISIS SECTORIAL DE RESIDUOS SÓLIDOS, ECUADOR.*
33. OSWALDO GOYES S. (2009). *Proyecto Integral de la Lombricultura,* Ambato-Ecuador.
34. Literal 2.10 y *Texto Unificado de Legislación Secundaria LIBRO VI Anexo 2.*

35. Norma de calidad ambiental para el manejo y disposición final de desechos sólidos no peligrosos, LIBRO VI ANEXO 6, definiciones,
36. SEOÁNEZ, M. (2009). *Tratado de reciclado y recuperación de productos de los residuos*. Ediciones Mundi-Prensa. España.

**TESIS DE GRADO:**

37. BAUTISTA, F. *Gestión de residuos sólidos orgánicos del mercado mayorista de Ambato y su incidencia en la calidad ambiental*. Universidad Técnica de Ambato. Tesis de (2011).
38. CAJAS, D. (2011). *Diseño de un triturador pulverizador de estopa de coco para la producción de sustrato granulado*, Trabajo de grado UPN/tesis, Quito (Ecuador).
39. CUADRADO, R. y RUEDA, J. *Diseño y Construcción de un Molino de Martillos*. [Tesis UPN]. Quito (Ecuador), Mayo 2009.
40. ESTRELLA, J Y FONSECA E. *Repotenciación, Construcción y Pruebas de una Planta de Balanceados de la Comunidad Valle del Anzú de Pastaza*. [Tesis en ESPOCH]. Riobamba (Ecuador), Febrero 2009.
41. LÓPEZ, L. (2011). *Diagnóstico, caracterización y propuesta de tratamiento de los lixiviados generados en el Relleno Sanitario de la ciudad de Ambato*, Trabajo de grado UPN/tesis Quito (Ecuador).
42. TOALOMBO, M.(2012). *Estudio del Proceso De Clasificación de los Desechos Sólidos para Reducir la Contaminación Residual en el Mercado Mayorista de Ambato*, Universidad Técnica de Ambato. Tesis
43. ZAMBRANO, L. (2004). *Diseño de una Máquina Picadora de Rastrojo, para Producción de Abono Orgánico*. Trabajo de grado ESPOL/tesis. Guayaquil.

# **ANEXOS**



# ANEXOS

## ANEXOS A

### A. 1 VISITA AL CENTRO DE RECICLAJE DE RESIDUOS SÓLIDOS ROMERILLO.



**Figura A. 1** Visita al Centro de Reciclaje Romerillo (Machachi).

Fuente: *Autor*.

El centro de reciclaje Romerillo del gobierno autónomo Municipal del cantón Mejía se encuentra ubicada en el sector de Machachi. El proceso de Manejo de Residuos Sólidos del cantón Mejía, se inició en el año 2004 con la implementación de campañas de concientización a la ciudadanía en general, y las instituciones educativas del sector.

El proceso de recolección de los residuos sólidos del cantón Mejía es diferenciada y se lo realiza por días. La realidad de la planta de reciclaje Romerillo es diferente a la del mercado mayorista de Ambato respecto al porcentaje de caracterización de los desechos sólidos.

La Planta aprovecha la generación de residuos sólidos del cantón Mejía, con un tonelaje equivale a 46 ton/día, de las cuales el 60% de los desechos son Inorgánico y el 40% restante corresponde a la materia orgánica.

Para llevar a cabo la clasificación tienen implementado una criba que controla el tamaño o granulometría de los materiales inorgánicos que alimenta a la banda transportadora en la cual los recicladores separan los materiales. En esta sección se recuperan materiales tales como: Cartón, Plástico tipo PET, Chatarra, Vidrio, Papel...etc. Estos materiales recuperados se los comercializa compactados en pacas a un gestor ambiental.

La planta de Reciclaje Romerillo con los residuos Orgánicos o restos de vegetales, frutas y hortalizas...etc. Lo aprovechan por medio de un proceso biológico en la obtención de abono orgánico parecido al humus conocido como *Bocashi* (término del idioma japonés que significa, abono orgánico fermentado), se lo realiza en base a bacterias o microorganismos que producen la descomposición aerobia. En cuanto a los materiales no recuperables se los almacena en contenedores listos para trasladar al Relleno Sanitario.

## **A. 2 VISITAS A LA PLANTA DE RECICLAJE DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL CANTÓN SALCEDO.**

Como un antecedente investigativo se visitó la planta de clasificación y recuperación de residuos sólidos del cantón Salcedo, ubicada en la jurisdicción de la comunidad de San Pedro de Jachaguango al noroccidente de la cabecera cantonal, que fue entregada por el ministerio del ambiente a través del Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos (PNGIDS), en el mes de Enero del 2012 por la ministra del ambiente, Marcela Aguiñaga al GAD Municipal de Salcedo.

Adicionalmente la ministra entregó una picadora de material orgánico, la cual permite un mejor aprovechamiento de este material al disminuir sus dimensiones; y facilitará su aprovechamiento en procesos de compostaje disminuyendo de esta forma la cantidad de material que sería destinado a lugares de disposición final.



**Figura A. 2 Visita a la Planta de Clasificación y Recuperación de Residuos Sólidos del Cantón Salcedo.**

Fuente: *Autor.*



**Figura A. 3 Picadora de Residuos Orgánicos de la Planta de Clasificación y Recuperación en el Cantón Salcedo.**

Fuente: *Autor.*

**A. 3 VISITA AL RELLENO SANITARIO DE LA EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL MANCOMUNADA DE ASEO INTEGRAL TUNGURAHUA (EMMAIT-EP).**

El proyecto se dio inicio a partir del 2008 con el apoyo de empresas españolas al contribuir con el aporte económico, posteriormente en noviembre del 2010, los concejos cantonales de Patate y Pelileo aprueban la “**ORDENANZA DE CONSTITUCIÓN DE LA EMPRESA MANCOMUNADA DE ASEO INTEGRAL DE LOS CANTONES PATATE Y PELILEO**” (EMMAIT-EP), e inicia sus actividades el 01 enero del 2011, con la finalidad de que la EMMAIT-EP asuma la responsabilidad exclusiva en dar el servicio del manejo de los residuos sólidos a la población de estos cantones, con el compromiso de manejar y reducir al máximo el impacto ambiental que causa la basura.



**Figura A. 4 Relleno Sanitario de la Mancomunidad de Pelileo & Patate.**

Fuente: *Autor.*



**Figura A. 5 Criba y Banda Transportadora para la Recuperación de Residuos Orgánicos.**

Fuente: *Autor.*

#### **A. 4 VISITA AL MERCADO MAYORISTA DE QUITO CONDICIONES DE INSALUBRIDAD EN TODO LUGAR.**

Se visitó el mercado mayorista de la Ciudad de Quito, el cual cuenta con una gestión de residuos sólidos deplorable sin contar con un sistema de recolección y almacenamiento adecuado de los residuos sólidos, poniendo en riesgo latente de contraer enfermedades infecciosas a los comerciantes y transeúntes del lugar, el hecho es más alarmante respecto las personas pepenadoras que realizan sus labores de recolección de los residuos orgánicos en el lugar de almacenamiento permanente en el mercado, al tener contacto directo con los residuos en mal estado (derrame permanente de lixiviados) poniendo en riesgo su salud al no contar con la indumentaria adecuada para dicho propósito.



**Figura A. 6 Desperdicios Acumulados en las Vías del Mercado.**

Fuente: *Autor.*



**Figura A. 7 Falta de Ordenamiento para la Comercialización.**

Fuente: *Autor.*





**Figura A. 8 Pепенadores sin Ninguna Indumentaria de Seguridad a Expensas de Contraer Enfermedades.**

Fuente: *Autor.*



**Figura A. 9 Sistema y Equipo de Recolección de los Residuos en estado Defectuoso.**

Fuente: *Autor*

### **A. 5 VISITA A LA EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL MERCADO DE PRODUCTORES AGRÍCOLAS “SAN PEDRO DE RIOBAMBA” (EP-EMMPA).**

La EP- EMMPA “San Pedro de Riobamba”, fue creada mediante ordenanza el 15 de abril de 2010, con la visión de incentivar e impulsar la creación de mercados más justos y competitivos fomentando el desarrollo económico local.

El mercado mayorista de Riobamba Ubicado al sur - oriente del centro de la ciudad, tiene plataformas de comercialización con un área útil de la plataforma principal aproximada de 11 hectáreas. La administración del mercado tiene implementado un sistema de identificación por credencial para los comerciantes catastrados y productores, con el propósito de evitar comerciantes foráneos que realizan actividades comerciales en diferentes lugares del mercado, a este tipo de comerciantes reciben sanciones y multas por dicha actuación prohibida de (ambulantes) y por no tener limpio su puesto de comercialización.

El mercado acoge un total aproximado de 1200 comerciantes catastrados, que realizan sus actividades los días de comercialización.



**Figura A. 10 Implementos de Limpieza de la Disposición Temporal de los Residuos.**

Fuente: *Autor.*





**Figura A. 11 Panorama de la Incorrecta Colocación de los Desperdicios en el Tacho.**

Fuente: *Autor.*



**Figura A. 12 Volquetada de Almacenamiento Permanente de los Residuos Generados.**

Fuente: *Autor.*

## **ANEXO B**

### **B.1 CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LA REPÚBLICA.**

Registro Oficial No. 449 del 20 de Octubre de 2008

*Art. 14.-* Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*.

Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

*Art. 32.-* La salud es un derecho que garantiza el Estado, cuya realización se vincula al ejercicio de otros derechos, entre ellos el derecho al agua, la alimentación, la educación, la cultura física, el trabajo, la seguridad social, los ambientes sanos y otros que sustenten el buen vivir.

*Art. 83.-* Son deberes y responsabilidades de las ecuatorianas y los ecuatorianos, sin perjuicio de otros previstos en la Constitución y la ley:

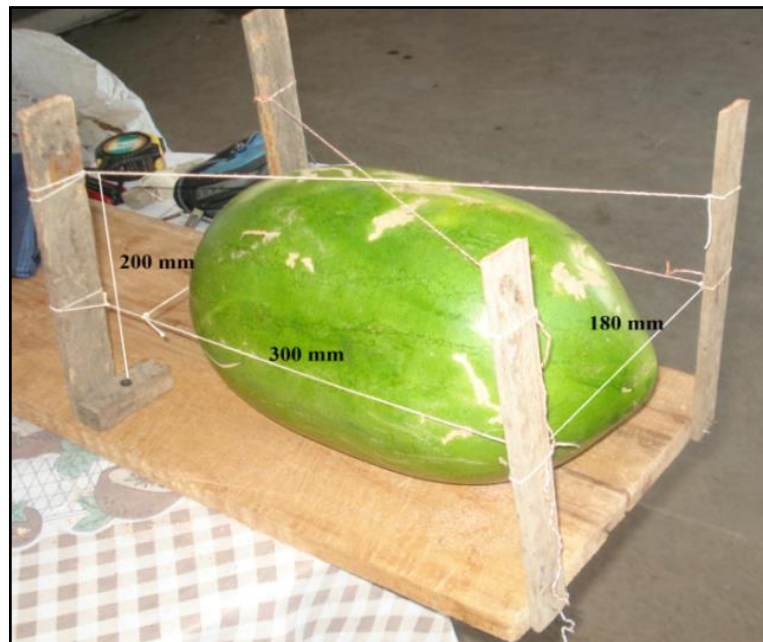
Respetar los derechos de la naturaleza, preservar un ambiente sano y utilizar los recursos naturales de modo racional, sustentable y sostenible.

***Art. 267.-* Los gobiernos parroquiales rurales ejercerán las siguientes competencias, sin perjuicio de las adicionales que determine la ley:**

**Incentivar el desarrollo de actividades productivas comunitarias, la preservación de la biodiversidad y la protección del ambiente.**

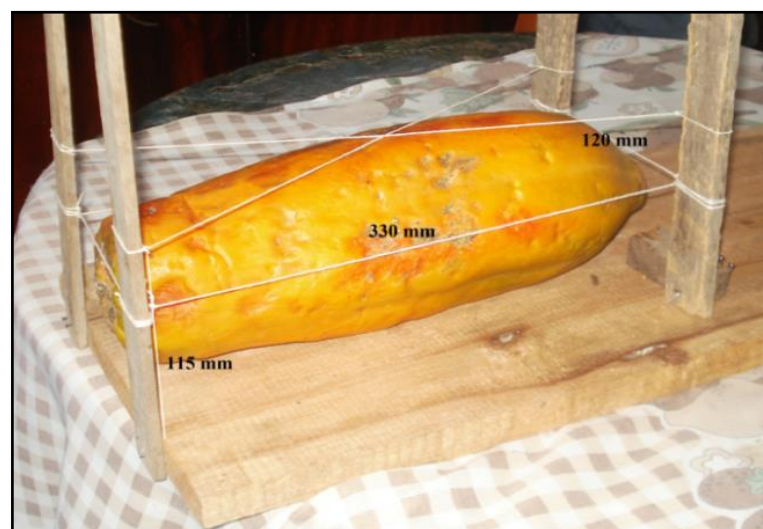
- Publicado en la Edición Especial No. 2 del Registro oficial del 31 de Marzo del 2003
- LIBRO VI: de la calidad ambiental

## ANEXO C



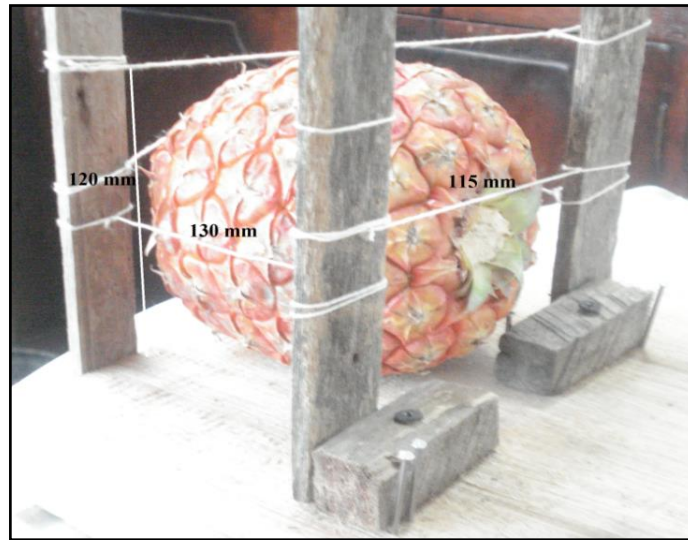
**Figura C. 1 Dimensiones de la SANDIA (Componente).**

Fuente: *El Autor.*



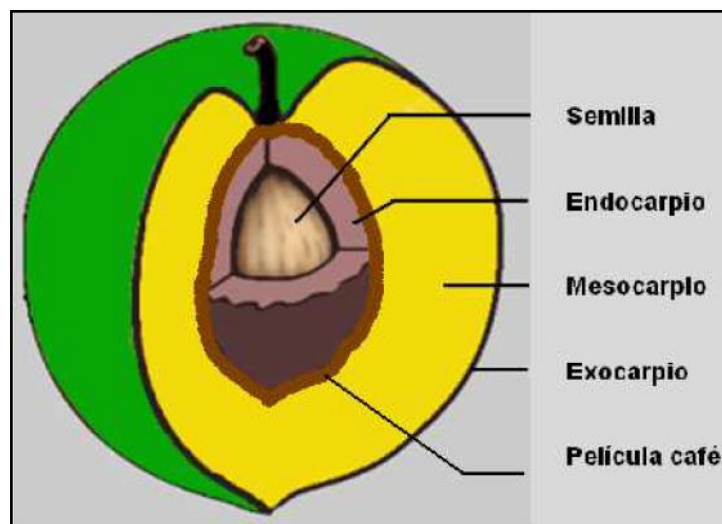
**Figura C. 2 Dimensiones de la PAPAYA (Componente).**

Fuente: *El Autor.*



**Figura C. 3 Dimensiones de la PIÑA (Componente).**

Fuente: *El Autor.*



**Figura C. 4 Partes del fruto del Cocotero.**

Fuente: CAJAS, D. *Diseño de un triturador pulverizador de estopa de coco para la producción de sustrato granulado.* (2011).

ANEXO D

D. 1 ESCALA DE TAMICES NORMALIZADOS TYLER.

Apéndice **18**

Escala de tamices  
normalizados Tyler†

Esta escala de tamices está basada en una abertura de 0,0029 in (0,074 mm) que es la abertura del tamiz patrón de 200 mallas y 0,0021 in (0,0053 cm) de diámetro del hilo, tal como ha sido adoptada por la National Bureau of Standards.

Mallas	Abertura de malla, mm	Abertura aprox. in.	Diámetro del hilo, cm
	26,67	1	0,3759
†	22,43	7/8	0,3429
	18,85	3/4	0,3429
†	15,85	5/8	0,3048
	13,33	1/2	0,2667
†	11,20	7/16	0,2667
	9,423	3/8	0,2336
2 1/2 †	7,925	5/16	0,2235
3	6,680	1/4	0,1778
3 1/2 †	5,613	7/32	0,1651
4	4,699	3/16	0,1651
5 †	3,962	5/32	0,1117
6	3,327	1/8	0,0914
7 †	2,794	7/64	0,0833
8	2,362	3/32	0,0812
9 †	1,981	5/64	0,0838
10	1,651	1/16	0,0889
12 †	1,397		0,0711
14	1,168	3/64	0,0635
16 †	0,991		0,0596
20	0,833	1/32	0,0436
24 †	0,701		0,0358
28	0,589		0,0317
32 †	0,495	1/64	0,0299
35	0,417		0,0309
42 †	0,351		0,0254
48	0,295		0,0233
60 †	0,246		0,0177
65	0,208		0,0182
80 †	0,176		0,0142
100	0,147		0,0106
115 †	0,124		0,0096
150	0,104		0,0066
170 †	0,088		0,0060
200	0,074		0,0053

Para tamaños mayores (de 3 a 1 1/2 in. de abertura)

	3	0,526
	2	0,488
	1 1/2	0,376

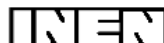
† Estos tamices se incluyen cuando se desea un intervalo de tamizado más estrecho, completando la serie normalizada utilizada habitualmente. Con esta inclusión, la relación de los diámetros de las aberturas entre dos tamices sucesivos es de  $1:\sqrt{2}$  en lugar de  $1:\sqrt{2}$ .

Figura D. 1 Tabla de Tamices Tyler.

Fuente: WARREN. Operaciones Unitarias en Ingeniería Química, 2007.

**ANEXO E**

CDU: 664.2:543.062



AL 02.02-310

<p><b>Norma Técnica Ecuatoriana</b></p>	<p><b>HARINAS DE ORIGEN VEGETAL. DETERMINACION DE LA CONCENTRACION DE ION HIDROGENO</b></p>	<p><b>INEN 526</b> <b>1980-12</b></p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">8-29 y Almagro – Quito-Ecuador – Prohibida la reproducción</p>	<p style="text-align: center;"><b>1. OBJ ETO</b></p> <p>1.1 Esta norma establece el método para determinar la concentración de ion (pH) en las harinas de origen vegetal.</p> <p style="text-align: center;"><b>2. ALCANCE</b></p> <p>2.1 Este método es aplicable a harinas de trigo y pan.</p> <p style="text-align: center;"><b>3. RESUMEN</b></p> <p>3.1 Determinar la concentración de ion hidrógeno (pH) utilizando el potenciómetro.</p> <p style="text-align: center;"><b>4. INSTRUMENTAL</b></p>	
	<p style="text-align: center;"><b>4. INSTRUMENTAL</b></p> <p>4.1 <i>Potenciómetro</i>, con electrodos de vidrio.</p> <p>4.2 <i>Vaso de precipitación</i> de 250 cm<sup>3</sup>.</p> <p>4.3 Piceta.</p> <p style="text-align: center;"><b>5. REACTIVOS</b></p> <p>5.1 <i>Solución estándar</i>, de valores de pH conocidos entre 4,5 y 7,0.</p> <p style="text-align: center;"><b>6. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA</b></p> <p>6.1 Las muestras para el ensayo deben estar acondicionadas en recipientes herméticos, limpios, secos (vidrio, plástico u otro material inoxidable), completamente llenos para evitar que se formen espacios de aire.</p> <p>6.2 La cantidad de muestra de la harina de origen vegetal extraída dentro de un lote determinado debe ser representativa y no debe exponerse al aire mucho tiempo.</p> <p>6.3 Se homogeniza la muestra invirtiendo varias veces el recipiente que lo contiene.</p>	

Ecuatoriano de Normalización, INEN – Casilla 17-01-3999 – Baquerizo Moreno E8-29 y



## 7. PROCEDIMIENTO

7.1 La determinación debe efectuarse por duplicado sobre la misma muestra preparada.

-1-

1980-0084

NTE INEN 526

1980-12

7.2 Comprobar el correcto funcionamiento del potenciómetro.

7.3 Pesar, con aproximación al 0,1 mg, 10 g de muestra preparada y colocar en el vaso de precipitación, añadir 100 cm<sup>3</sup> de agua destilada, recientemente hervida y enfiada, y agitar suavemente hasta que las partículas queden uniformemente suspendidas.

7.4 Continuar la agitación durante 30 minutos a 25°C, de modo que las partículas de almidón se mantengan en suspensión, y dejar en reposo para que el líquido se decante.

7.5 Determinar el pH por lectura directa, introduciendo los electrodos del potenciómetro en el vaso de precipitación con la muestra, cuidando que éstos no toquen las paredes del recipiente ni las partículas sólidas.

## 8. ERRORES DE MÉTODO

8.1 La diferencia entre los resultados de una determinación efectuada por duplicado no debe exceder de 0,1 unidades de pH; en caso contrario, debe repetirse la determinación.

## 9. INFORME DE RESULTADOS

9.1 Como resultado final, debe reportarse la media aritmética de los dos resultados obtenidos de la determinación.

9.2 En el informe de resultados, deben indicarse el método usado y el resultado obtenido. Debe mencionarse, además, cualquier condición no especificada en esta norma o considerada como opcional, así como cualquier circunstancia que pueda haber influido sobre el resultado.

9.3 Deben incluirse todos los detalles para la completa identificación de la muestra.

**ANEXO F**



**EP- EMPRESA MUNICIPAL  
MERCADO MAYORISTA AMBATO**

**ENCUESTA DE DIAGNÓSTICO DE LA LIMPIEZA DE LA EP-EMA**

**1.- Califique la limpieza del Mercado Mayorista.**

- a. Muy buena.
- b. Buena.
- c. Regular.
- d. Mala.

**2.- ¿Qué hace Ud. con la basura que produce?**

- a. Botar en el contenedor cercano.
- b. Botar en el suelo.

Otras:.....

**3.- ¿Separa la basura para luego volverla a utilizar?**

SI  NO

¿Por qué?.....

**4.- ¿Cree Ud. que existe contaminación en el Mercado?**

SI  NO

- a. Basura acumulada.
- b. Malos olores.
- c. Animales ambulantes (perros, ratas).
- d. Por los carros.

**5.- ¿Por qué se produce la acumulación de basura en el Mercado?**

- a. Por la falta de colaboración de los usuarios para tener limpios sus puestos.
- b. Por la comodidad y falta de cultura de los transeuntes y comerciantes.
- c. Por la lejanía de los contenedores.



**6.- ¿Qué se debería hacer con la basura del Mercado?**

- a. Hacer abono con los residuos verdes.
- b. Separar para vender los plásticos y cartones.
- c. Transportar todo al botadero (Relleno sanitario).

**7.- ¿Está conforme con las actividades de limpieza en el Mercado?**

SI  NO

¿Por qué?.....

**8.- ¿Cómo se mejoraría la limpieza del Mercado?**

- a. Colocando toda la basura en los contenedores.
- b. Incrementando el personal de limpieza.
- c. Reorganizando los horarios de limpieza y recolección
- d. Beneficiando de alguna manera a la nave más limpia.

**9.- ¿Cree usted, que la ubicación de contenedores esta correcta y son suficientes para almacenar toda la basura de cada día?**

SI  NO

¿Por qué?.....

**10.- ¿Colaboraría Ud. de alguna manera para volver a utilizar la basura del Mercado?**

SI  NO

- a. Clasificando y depositando la basura según los contenedores verdes y azules.
- b. No contaminando la basura para facilitar su recuperación.
- c. Colaborando con posibles campañas de separación de la basura.

¿Por qué?.....

**Sugerencias:**.....  
.....

ANEXO G. 1

Tabla 8 (continuación) -- Prestaciones de las Correas Trapezoiales OLEOSTATIC PIRELLI		Sección A																										
Veloc. lin. m/seg.	N.º de Pul. Min.	PRESTACION BASE																										
		Dímetros primitivos de la polea menor																										
		65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150									
200	0.15	0.18	0.21	0.23	0.26	0.29	0.32	0.35	0.38	0.41	0.44	0.47	0.49	0.52	0.55	0.58	0.61	0.64	1.02	1.06	1.12	1.19	1.27	1.39	1.58	1.95	3.39	
400	0.24	0.30	0.36	0.41	0.47	0.52	0.58	0.63	0.68	0.74	0.79	0.85	0.90	0.95	1.00	1.06	1.11	1.16	1.05	1.11	1.18	1.26	1.38	1.57	1.91	3.38	6.14	
600	0.32	0.41	0.49	0.57	0.65	0.73	0.80	0.88	0.96	1.04	1.12	1.19	1.27	1.34	1.42	1.50	1.57	1.65	0.00	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04
800	0.39	0.50	0.60	0.71	0.81	0.91	1.01	1.12	1.22	1.32	1.42	1.52	1.61	1.71	1.81	1.91	2.00	2.10	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.06	0.07	0.07	
950	0.44	0.56	0.68	0.81	0.93	1.04	1.16	1.28	1.40	1.52	1.63	1.75	1.86	1.97	2.09	2.20	2.31	2.42	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.06	0.07	0.07	
1000	0.45	0.58	0.71	0.84	0.96	1.09	1.21	1.33	1.46	1.58	1.70	1.82	1.94	2.06	2.13	2.29	2.41	2.53	0.01	0.03	0.05	0.06	0.07	0.09	0.09	0.10	0.11	
1160	0.50	0.64	0.79	0.93	1.08	1.22	1.36	1.50	1.64	1.78	1.92	2.05	2.19	2.32	2.46	2.59	2.72	2.85	0.02	0.04	0.07	0.08	0.10	0.11	0.12	0.14	0.15	
1200	0.51	0.65	0.81	0.96	1.10	1.25	1.40	1.54	1.68	1.83	1.97	2.11	2.25	2.39	2.52	2.66	2.79	2.93	0.02	0.05	0.08	0.10	0.12	0.14	0.15	0.16	0.17	
1400	0.53	0.73	0.90	1.07	1.24	1.41	1.57	1.74	1.90	2.06	2.22	2.38	2.54	2.69	2.85	3.00	3.16	3.31	0.02	0.06	0.10	0.12	0.14	0.16	0.17	0.18	0.18	
1425	0.56	0.74	0.91	1.08	1.25	1.42	1.59	1.76	1.93	2.09	2.25	2.41	2.57	2.73	2.89	3.04	3.20	3.35	0.02	0.06	0.10	0.12	0.14	0.16	0.17	0.18	0.20	
1500	0.59	0.79	0.98	1.17	1.36	1.55	1.74	1.92	2.10	2.28	2.46	2.64	2.81	2.98	3.16	3.32	3.49	3.66	0.02	0.07	0.10	0.12	0.15	0.17	0.19	0.21	0.23	
1750	0.63	0.83	1.04	1.25	1.45	1.65	1.85	2.05	2.24	2.44	2.63	2.82	3.00	3.19	3.37	3.55	3.73	3.90	0.03	0.08	0.12	0.15	0.18	0.20	0.22	0.24	0.26	
1800	0.63	0.85	1.08	1.27	1.48	1.69	1.89	2.09	2.29	2.49	2.68	2.83	3.07	3.25	3.44	3.62	3.80	3.98	0.03	0.09	0.13	0.17	0.20	0.23	0.25	0.27	0.29	
																			0.04	0.10	0.14	0.18	0.22	0.25	0.27	0.30	0.32	
																			0.04	0.10	0.15	0.19	0.22	0.26	0.28	0.31	0.33	

Figura G.1 Determinación del factor  $P_b$  y  $P_d$  Para la Banda de Sección A

Fuente: Catálogos de Correas Trapezoiales OLEOSTATIC PIRELLI.

ANEXO G.2

Tabla 6. — Factores de corrección  $C_x$  para arcos de contacto inferiores a 180°.

Arco de contacto sobre la polea menor	168	160	175	170	165	160	155	150	145	140	135	130	125	120	115	110	105	100	90
Transmisión trap./trap.	1	0,99	0,98	0,96	0,95	0,93	0,92	0,90	0,89	0,87	0,86	0,84	0,82	0,80	0,78	0,76	0,74	0,69	
Transmisión trap./plana	0,75	0,76	0,77	0,79	0,80	0,81	0,82	0,83	0,84	0,85	0,86	0,84	0,82	0,80	0,78	0,76	0,74	0,69	

$C_x = 0,84$

Banda 42

Tabla 7. — Factores de corrección  $C_i$  en función del tipo de correa.

	16	24	28	35	42	48	53	66	75	81	90	105	128	144	180	240	330	420	540	720	
Z	0,80	0,83	0,86	0,92	0,95	0,98	1,00														
A		0,82	0,87	0,90	0,93	0,95	1,00	1,02	1,04	1,06	1,10	1,14	1,17	1,23							
B			0,81	0,85	0,88	0,90	0,94	0,97	0,98	1,00	1,04	1,08	1,11	1,16	1,22	1,28					
C					0,80	0,84	0,87	0,89	0,91	0,94	0,98	1,03	1,05	1,11	1,19	1,24					
D											0,87	0,93	0,94	1,00	1,07	1,12	1,18	1,24			
E													0,91	0,96	1,03	1,09	1,14	1,21			
F															0,87	0,97	1,03	1,06	1,09		

Figura G. 2 Determinación de los factores  $c_j$  y  $c_i$

Fuente: *Catálogos de Correas Trapeciales OLEOSTATIC PIRELL*

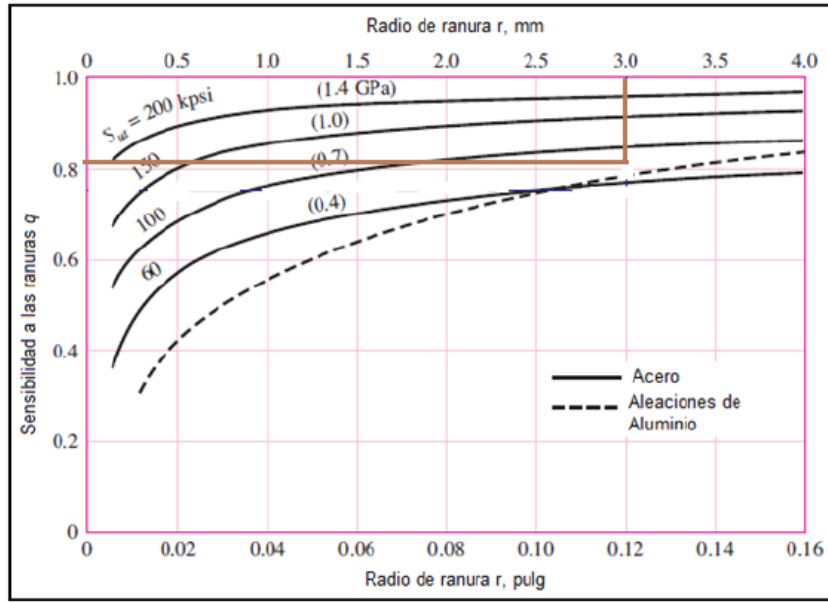
ANEXO G.3

TABLE 4—SERVICE FACTORS								
<p>THE CORRECT SERVICE FACTOR IS DETERMINED BY:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>The extent and frequency of peak loads.</li> <li>The number of operating hours per year, broken down into average hours per day of continuous service.</li> <li>The proper service category, (intermittent, normal or continuous). Select the one that most closely approximates your application conditions.</li> </ol>				<p>INTERMITTENT SERVICE—SERVICE FACTOR 1.0 TO 1.5</p> <p>a Light Duty—Not more than 6 hours per day.</p> <p>b Never exceeding rated load.</p> <p>NORMAL SERVICE—SERVICE FACTOR 1.1 TO 1.6</p> <p>a Daily service 6 to 16 hours per day.</p> <p>b Where occasional starting or peak load does not exceed 200% of the full load.</p> <p>CONTINUOUS SERVICE—SERVICE FACTOR 1.2 TO 1.8</p> <p>a Where starting or peak load is in excess of 200% of the full load or where starting or peak loads and overloads occur frequently.</p> <p>b Continuous service 16 to 24 hours per day.</p>				
TYPICAL SERVICE FACTORS								
DRIVEN MACHINE TYPES			DRIVER TYPES					
<p>Driven Machine Types noted below are representative samples only. Select a category most closely approximating your application from those listed below.</p> <p>IF IDLERS ARE USED, ADD THE FOLLOWING TO THE SERVICE FACTOR.</p> <p>Idler on slack side (inside) None                      Idler on slack side (outside) 0.1                      Idler on tight side (inside) 0.1                      Idler on tight side (outside) 0.2</p>			<p>ELECTRIC MOTORS:</p> <p>AC Normal Torque Squirrel Cage and Synchronous                      AC Split Phase                      DC Shunt Wound                      Internal Combustion Engines</p>		<p>ELECTRIC MOTORS:</p> <p>AC Hi-Torque                      AC Hi-Slip                      AC Repulsion-Induction                      AC Single Phase Series Wound                      AC Slip Ring                      DC Compound Wound</p>			
			INTERMITTENT SERVICE	NORMAL SERVICE	CONTINUOUS SERVICE	INTERMITTENT SERVICE	NORMAL SERVICE	CONTINUOUS SERVICE
<p>Agitators for Liquids                      Blowers and Exhausters                      Centrifugal Pumps and Compressors                      Fans up to 10 HP                      Light Duty Conveyors</p>			1.0	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
<p>Belt Conveyors For Sand, Grain, etc.                      Dough Mixers                      Fans Over 10 HP                      Generators                      Line Shafts                      Laundry Machinery                      Machine Tools                      Punches-Presses-Shears                      Printing Machinery                      Positive Displacement Rotary Pumps                      Revolving and Vibrating Screens</p>			1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4
<p>Brick Machinery                      Bucket Elevators                      Exciters                      Piston Compressors                      Conveyors (Drag-Pan-Screw)                      Hammer Mills                      Paper Mill Beaters                      Piston Pumps                      Positive Displacement Blowers                      Pulverizers                      Saw Mill and Woodworking Machinery                      Textile Machinery</p>			1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6
<p>Crushers (Gyratory-Jaw-Roll)                      Mills (Ball-Rod-Tube)                      Hoists                      Rubber Calenders-Extruders-Mills</p>			1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8
<p>Chokable Equipment</p>			2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
<p>FOR A GOOD COMMERCIAL DRIVE SELECTION, USE CONTINUOUS SERVICE FACTOR</p>								

Figura G. 3 Factores de Servicio Para Diversos Tipos de Máquinas.

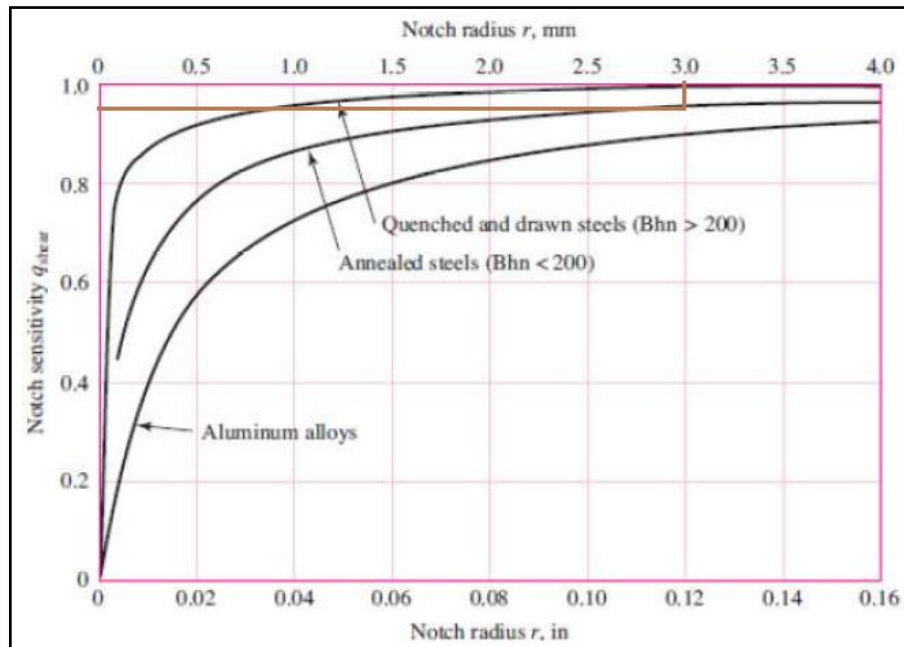
Fuente: CATÁLOGO DE BANDAS MARTIN (52\*40085\*2); p. D-94

**ANEXO G.4**



**Figura G.4 Sensibilidad a la Ranura para Materiales sometidos a cargas Flexionantes.**

Fuente: SHIGLEY, J.E; *Diseño en Ingeniería Mecánica*. 8va, ed. p. 287.



**Figura G.4.1 Sensibilidad a las Ranura para Materiales en Torsión**

Fuente: SHIGLEY, J.E; *Diseño en Ingeniería Mecánica*. 8va, ed. p. 288.



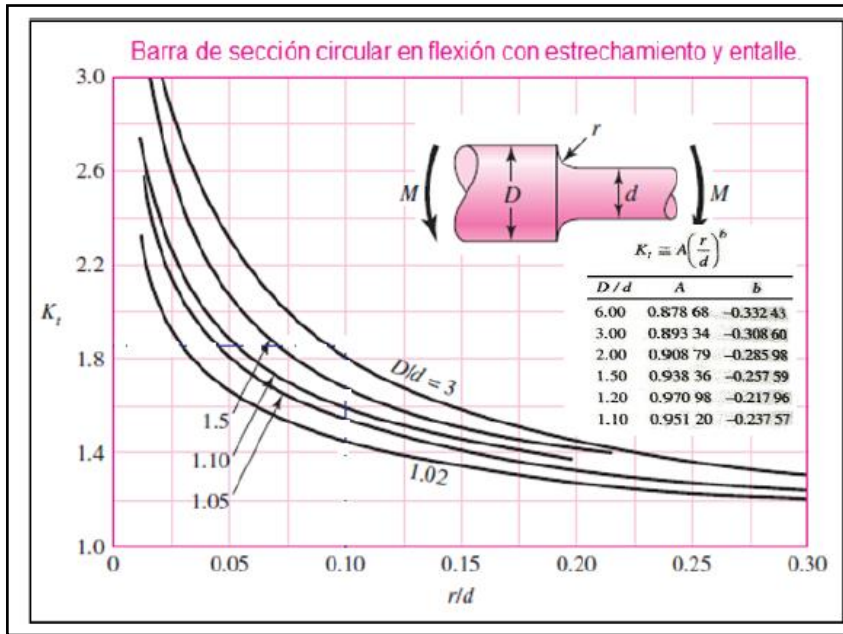


Figura G.4.2 Factores Teóricos de Concentración de Esfuerzos para una Barra de Sección Circular en Flexión con Estrechamiento y Entalle ( $k_{tf}$ )

Fuente: SHIGLEY, J.E; *Diseño en Ingeniería Mecánica*. 8va, ed. p. 1008

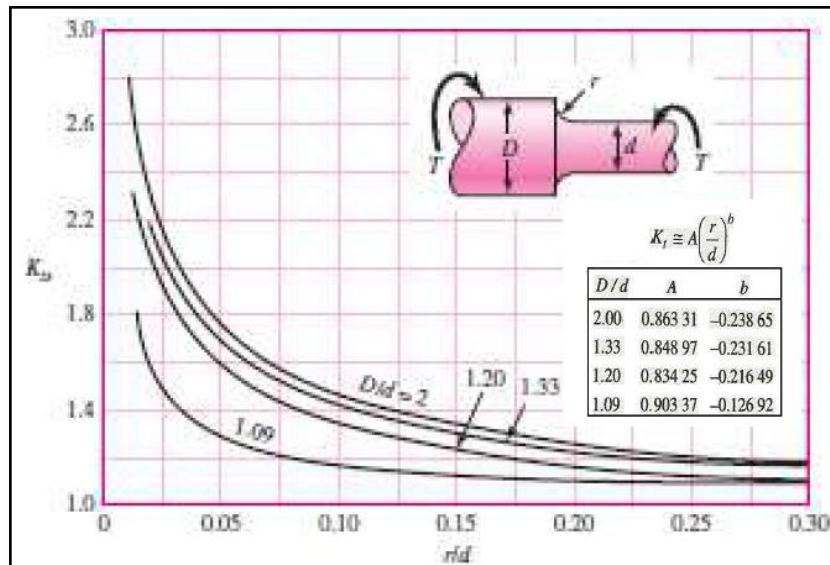


Figura G.4.3 Factores Teóricos de Concentración de Esfuerzos para una Barra de Sección Circular en Torsión con Estrechamiento y Entalle ( $k_{tt}$ )

Fuente: SHIGLEY, J.E; *Diseño en Ingeniería Mecánica*. 8va, ed. p. 1008

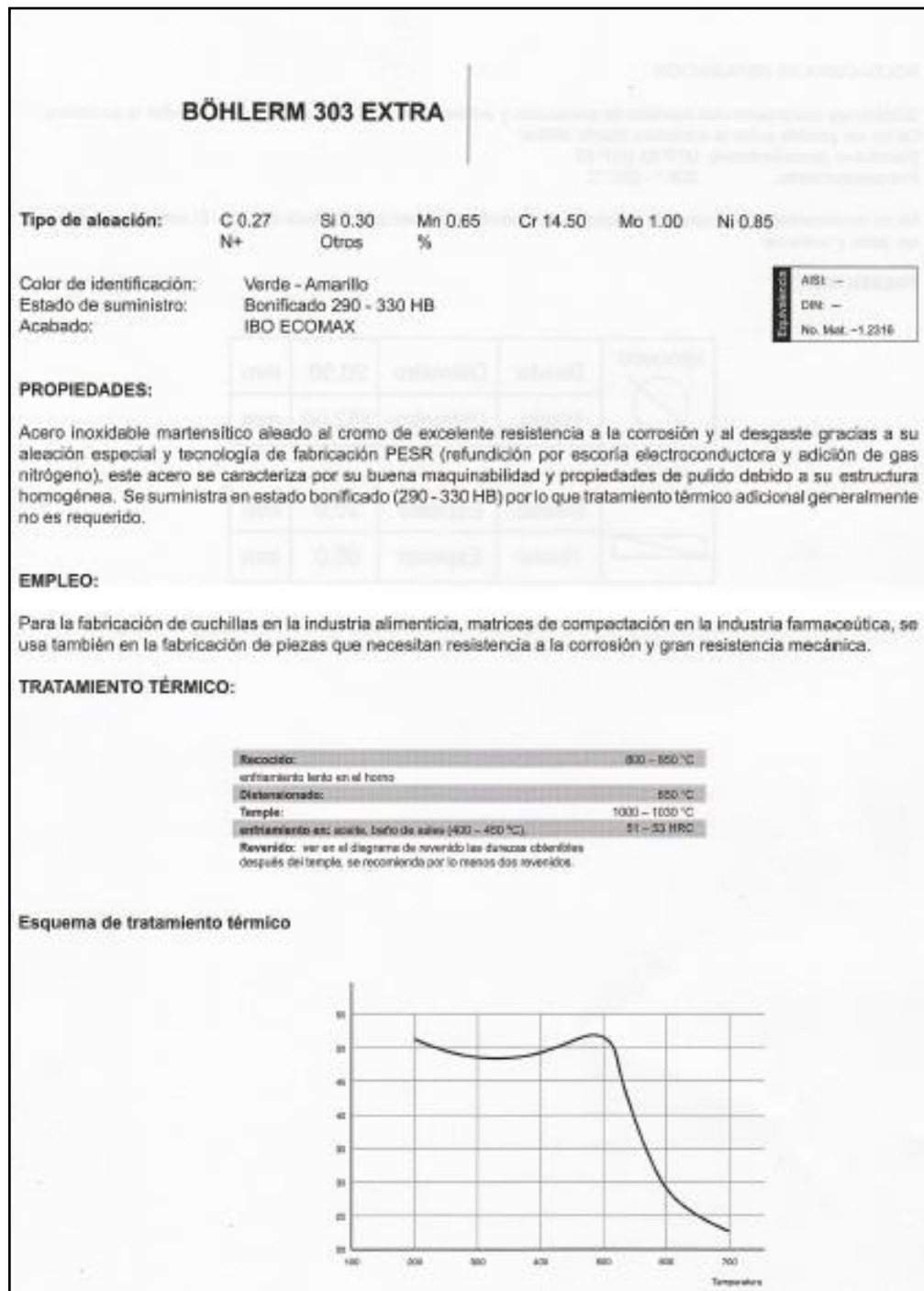
## ANEXO H

Inch Dimensions for Some Standard Square- and Rectangular-Key Applications  Source: Joseph E. Shigley, "Unthreaded Fasteners," Chap. 24 in Joseph E. Shigley, Charles R. Mischke, and Thomas H. Brown, Jr. (eds.), <i>Standard Handbook of Machine Design</i> , 3rd ed., McGraw-Hill, New York, 2004.	Shaft Diameter		Key Size		Keyway Depth
	Over	To (Incl.)	w	h	
	$\frac{5}{16}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{3}{32}$	$\frac{3}{32}$	$\frac{3}{64}$
	$\frac{7}{16}$	$\frac{9}{16}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{3}{32}$	$\frac{3}{64}$
			$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{16}$
	$\frac{9}{16}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{16}$
			$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{32}$
	$\frac{7}{8}$	$1\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{32}$
			$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$
	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{3}{8}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$
			$\frac{5}{16}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{5}{32}$
	$1\frac{3}{8}$	$1\frac{3}{4}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$
			$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{16}$
	$1\frac{3}{4}$	$2\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{16}$
			$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$
	$2\frac{1}{4}$	$2\frac{3}{4}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{7}{32}$
			$\frac{5}{8}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{5}{16}$
	$2\frac{3}{4}$	$3\frac{1}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$
			$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{8}$

**Figura H.1 Dimensiones en Pulgadas de algunas Chavetas Estándar.**

Fuente: SHIGLEY, J.E; *Diseño en Ingeniería Mecánica*. 8va, ed. p. 397

## ANEXO I











**Figura I.1 Hoja Técnica del Acero para la Construcción de los Martillos.**

Fuente: *Manual de Aceros Especiales BÖHLER, Quito Enero 2011. 2da. Edición.*



## ANEXO J

**Table 8-9**  
SAE Specifications for Steel Bolts

SAE Grade No.	Size Range Inclusive, in	Minimum Proof Strength,* kpsi	Minimum Tensile Strength,* kpsi	Minimum Yield Strength,* kpsi	Material	Head Marking
1	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	33	60	36	Low or medium carbon	
2	$\frac{1}{4}$ - $\frac{3}{4}$	55	74	57	Low or medium carbon	
	$\frac{7}{8}$ - $1\frac{1}{2}$	33	60	36		
4	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	65	115	100	Medium carbon, cold-drawn	
5	$\frac{1}{4}$ -1	85	120	92	Medium carbon, Q&T	
	$1\frac{1}{8}$ - $1\frac{1}{2}$	74	105	81		
5.2	$\frac{1}{4}$ -1	85	120	92	Low-carbon martensite, Q&T	
7	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	105	133	115	Medium-carbon alloy, Q&T	
8	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	120	150	130	Medium-carbon alloy, Q&T	
8.2	$\frac{1}{4}$ -1	120	150	130	Low-carbon martensite, Q&T	

**Figura J. Especificaciones SAE para Pernos de Acero**

Fuente: SHIGLEY, J.E; *Diseño en Ingeniería Mecánica*. 8va, ed. p. 418

**ANEXO K**

**Pernos de cabeza hexagonal inoxidable 304 - hilo grueso**

d Diámetro	Acero Inoxidable 18 - 8 (lb - pulg)	d Diámetro	Acero Inoxidable 18 - 8 (lb - pie)	d Diámetro	Acero Inoxidable 18 - 8 (lb - pie)
#2-56	12.5	1/4" - 20	6.3	3/4" - 10	127.5
#2-64	3.0	1/4" - 28	7.8	3/4" - 16	124.2
#3-48	3.9	5/16" - 18	11.0	7/8" - 9	194.0
#3-56	4.4	5/16" - 24	11.8	7/8" - 14	193.2
#4-40	5.2	3/8" - 16	19.7	1" - 8	286.7
#4-48	6.6	3/8" - 24	21.6	1" - 14	259.2
#5-40	7.7	7/16" - 14	31.3	1.1/8" - 7	413.0
#5-44	9.4	7/16" - 20	33.3	1.1/8" - 12	390.0
#6-32	9.6	1/2" - 13	43.1	1.1/4" - 7	523.0
#6-40	12.1	1/2" - 20	45.1	1.1/4" - 12	480.0
#8-32	19.8	9/16" - 12	56.8	1.1/2" - 6	888.0
#8-36	22.0	9/16" - 18	62.7	1.1/2" - 12	703.0
#10-24	22.8	5/8" - 11	92.5		
#10-32	31.7	5/8" - 18	103.7		



**Figura K. Especificaciones de Pernos Inoxidables 304 – Hilo grueso.**

Fuente: *Catalogo General Iván Bohman C.A. Quito – 2013.*

ANEXO M

**Table 8-2**  
Diameters and Area of Unified Screw Threads UNC and UNF\*

Size Designation	Nominal Major Diameter in	Coarse Series—UNC			Fine Series—UNF		
		Threads per Inch <i>N</i>	Tensile-Stress Area <i>A<sub>t</sub></i> , in <sup>2</sup>	Minor-Diameter Area <i>A<sub>r</sub></i> , in <sup>2</sup>	Threads per Inch <i>N</i>	Tensile-Stress Area <i>A<sub>t</sub></i> , in <sup>2</sup>	Minor-Diameter Area <i>A<sub>r</sub></i> , in <sup>2</sup>
0	0.0600				80	0.001 80	0.001 51
1	0.0730	64	0.002 63	0.002 18	72	0.002 78	0.002 37
2	0.0860	56	0.003 70	0.003 10	64	0.003 94	0.003 39
3	0.0990	48	0.004 87	0.004 06	56	0.005 23	0.004 51
4	0.1120	40	0.006 04	0.004 96	48	0.006 61	0.005 66
5	0.1250	40	0.007 96	0.006 72	44	0.008 80	0.007 16
6	0.1380	32	0.009 09	0.007 45	40	0.010 15	0.008 74
8	0.1640	32	0.014 0	0.011 96	36	0.014 74	0.012 85
10	0.1900	24	0.017 5	0.014 50	32	0.020 0	0.017 5
12	0.2160	24	0.024 2	0.020 6	28	0.025 8	0.022 6
$\frac{1}{4}$	0.2500	20	0.031 8	0.026 9	28	0.036 4	0.032 6
$\frac{5}{16}$	0.3125	18	0.052 4	0.045 4	24	0.058 0	0.052 4
$\frac{3}{8}$	0.3750	16	0.077 5	0.067 8	24	0.087 8	0.080 9
$\frac{7}{16}$	0.4375	14	0.106 3	0.093 3	20	0.118 7	0.109 0
$\frac{1}{2}$	0.5000	13	0.141 9	0.125 7	20	0.159 9	0.148 6
$\frac{9}{16}$	0.5625	12	0.182	0.162	18	0.203	0.189
$\frac{5}{8}$	0.6250	11	0.226	0.202	18	0.256	0.240
$\frac{3}{4}$	0.7500	10	0.334	0.302	16	0.373	0.351
$\frac{7}{8}$	0.8750	9	0.462	0.419	14	0.509	0.480
1	1.0000	8	0.606	0.551	12	0.663	0.625
$1\frac{1}{4}$	1.2500	7	0.969	0.890	12	1.073	1.024
$1\frac{1}{2}$	1.5000	6	1.405	1.294	12	1.581	1.521

Figura M. Datos de Roscas UNE y UNF.

Fuente: SHIGLEY, J.E; *Diseño en Ingeniería Mecánica*. 8va, ed. p.399.

ANEXO N

Table A-31 Dimensions of Hexagonal Nuts	Nominal Size, in	Width W	Height H		
			Regular Hexagonal	Thick or Slotted	JAM
	$\frac{1}{4}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{7}{32}$	$\frac{9}{32}$	$\frac{5}{32}$
	$\frac{5}{16}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{17}{64}$	$\frac{21}{64}$	$\frac{3}{16}$
	$\frac{3}{8}$	$\frac{9}{16}$	$\frac{21}{64}$	$\frac{13}{32}$	$\frac{7}{32}$
	$\frac{7}{16}$	$\frac{11}{16}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{29}{64}$	$\frac{1}{4}$
	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{9}{16}$	$\frac{5}{16}$
	$\frac{9}{16}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{31}{64}$	$\frac{39}{64}$	$\frac{5}{16}$
	$\frac{5}{8}$	$\frac{15}{16}$	$\frac{35}{64}$	$\frac{23}{32}$	$\frac{3}{8}$
	$\frac{3}{4}$	$1\frac{1}{8}$	$\frac{41}{64}$	$\frac{13}{16}$	$\frac{27}{64}$
	$\frac{7}{8}$	$1\frac{5}{16}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{29}{32}$	$\frac{31}{64}$
	1	$1\frac{1}{2}$	$\frac{55}{64}$	1	$\frac{35}{64}$
	$1\frac{1}{8}$	$1\frac{11}{16}$	$\frac{31}{32}$	$1\frac{5}{32}$	$\frac{39}{64}$
	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{7}{8}$	$1\frac{1}{16}$	$1\frac{1}{4}$	$\frac{23}{32}$
	$1\frac{3}{8}$	$2\frac{1}{16}$	$1\frac{11}{64}$	$1\frac{3}{8}$	$\frac{25}{32}$
	$1\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{4}$	$1\frac{9}{32}$	$1\frac{1}{2}$	$\frac{27}{32}$

Figura N. Datos de Roscas UNE y UNF.

Fuente: SHIGLEY, J.E; Diseño en Ingeniería Mecánica. 8va, ed. p.1035

ANEXO O

**Table 8-2**  
Diameters and Area of Unified Screw Threads UNC and UNF\*

Size Designation	Nominal Major Diameter in	Coarse Series—UNC			Fine Series—UNF		
		Threads per Inch N	Tensile-Stress Area $A_t$ , in <sup>2</sup>	Minor-Diameter Area $A_n$ , in <sup>2</sup>	Threads per Inch N	Tensile-Stress Area $A_t$ , in <sup>2</sup>	Minor-Diameter Area $A_n$ , in <sup>2</sup>
0	0.0600				80	0.001 80	0.001 51
1	0.0730	64	0.002 63	0.002 18	72	0.002 78	0.002 37
2	0.0860	56	0.003 70	0.003 10	64	0.003 94	0.003 39
3	0.0990	48	0.004 87	0.004 06	56	0.005 23	0.004 51
4	0.1120	40	0.006 04	0.004 96	48	0.006 61	0.005 66
5	0.1250	40	0.007 96	0.006 72	44	0.008 80	0.007 16
6	0.1380	32	0.009 09	0.007 45	40	0.010 15	0.008 74
8	0.1640	32	0.014 0	0.011 96	36	0.014 74	0.012 85
10	0.1900	24	0.017 5	0.014 50	32	0.020 0	0.017 5
12	0.2160	24	0.024 2	0.020 6	28	0.025 8	0.022 6
$\frac{1}{4}$	0.2500	20	0.031 8	0.026 9	28	0.036 4	0.032 6
$\frac{5}{16}$	0.3125	18	0.052 4	0.045 4	24	0.058 0	0.052 4
$\frac{3}{8}$	0.3750	16	0.077 5	0.067 8	24	0.087 8	0.080 9
$\frac{7}{16}$	0.4375	14	0.106 3	0.093 3	20	0.118 7	0.109 0
$\frac{1}{2}$	0.5000	13	0.141 9	0.125 7	20	0.159 9	0.148 6
$\frac{5}{8}$	0.5625	12	0.182	0.162	18	0.203	0.189
$\frac{3}{4}$	0.6250	11	0.226	0.202	18	0.256	0.240
$\frac{7}{8}$	0.7500	10	0.334	0.302	16	0.373	0.351
1	0.8750	9	0.462	0.419	14	0.509	0.480
1	1.0000	8	0.606	0.551	12	0.663	0.625
$1\frac{1}{4}$	1.2500	7	0.969	0.890	12	1.073	1.024
$1\frac{1}{2}$	1.5000	6	1.405	1.294	12	1.581	1.521

Figura O. Datos de Roscas UNE y UNF.

Fuente: SHIGLEY, J.E; *Diseño en Ingeniería Mecánica*. 8va, ed. p.399

## ANEXO P



**Figura O.1. Pruebas de Funcionamiento del Triturador en la EP-EMA.**

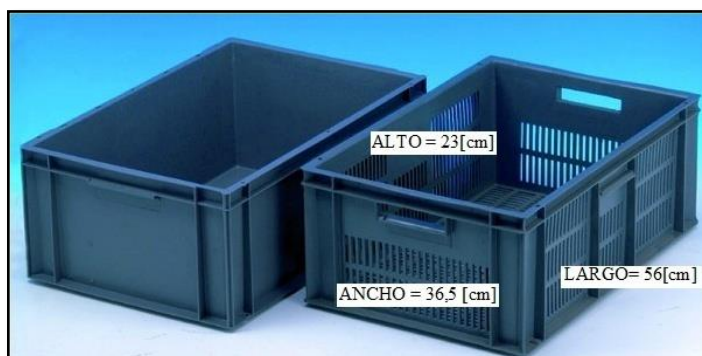
Fuente: *El Autor*



**Figura O.2. Principales Invitados de Izda. A Dere. Ec. Hernán Pico (Gerente General de la EP-EMA), Tecno. Gerardo Carcelén (Electricista de la EP-EMA), Ing. Alex Mayorga (Tutor), Egdo. Diego Arias (El Autor).**

Fuente: *El Autor*.

## ANEXO Q



**Figura Q.1 Principales Dimensionamiento de la Gaveta Utilizadas para la Determinación Del Volumen Inicial y Final.**

Fuente: *El Autor*



**Figura Q.2 Triturador de Residuos Sólidos Orgánicos.**

Fuente: *El Autor*



## ANEXO R



REPORTE N°:	1	HOJA	1	DE	1	ÁREA:		FECHA:	03/10/2013
UBICACIÓN:						EQUIPO:			
MOTOR:	MARCA:				SERIAL:	VENTILADOR			
	MODEL:				HZ:	MARCA:			
	RPM:	1870			VOLT:	MODEL N°:			
	HP:	Kw:				SERIAL N°:			

PUNTO	POSICIÓN	VALORES MM/S		CAMBIO %
		ACTUAL	ANTERIOR	
MOTOR	1 H	5,62		#,DIV/0!
MOTOR	1 V	4,23		#,DIV/0!
MOTOR	1 A	9,13		#,DIV/0!
MOTOR	2 H	3,56		#,DIV/0!
MOTOR	2 V	2,59		#,DIV/0!
MOTOR	2 A	8,45		#,DIV/0!
CHUMACERA	3 H	3,21		#,DIV/0!
CHUMACERA	3 V	2,54		#,DIV/0!
CHUMACERA	3 A	3,17		#,DIV/0!



**OBSERVACIONES:** Vibraciones dentro de los rangos permisibles de tolerancia según la norma establecida por la ISO

Después de realizado el balanceo dinámico en sitio.

**COMENDACIONES:** Seguir evaluando su comportamiento y tendencia.

Ing. David Pastuña MANTENIMIENTO PREDICTIVO DEL ECUADOR CALIFICADOR	
---	--

**Figura Q.2 Balanceo Dinámico en Sitio.**

Fuente: Ing. David Pastuña D. (Gerente Técnico)



## ANEXO S

	0,995	0,990	0,975	0,950	0,900	0,750	0,500	0,250	0,100	0,050	0,025	0,010	0,005
1	0,000	0,000	0,001	0,004	0,016	0,102	0,455	1,323	2,706	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,010	0,020	0,051	0,103	0,211	0,575	1,386	2,773	4,605	5,991	7,378	9,210	10,597
3	0,072	0,115	0,216	0,352	0,584	1,213	2,366	4,108	6,251	7,815	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	1,064	1,923	3,357	5,385	7,779	9,488	11,143	13,277	14,860
5	0,412	0,554	0,831	1,145	1,610	2,675	4,351	6,626	9,236	11,070	12,833	15,086	16,750
6	0,676	0,872	1,237	1,635	2,204	3,455	5,348	7,841	10,645	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,690	2,167	2,833	4,255	6,346	9,037	12,017	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,646	2,180	2,733	3,490	5,071	7,344	10,219	13,362	15,507	17,535	20,090	21,955
9	1,735	2,088	2,700	3,325	4,168	5,899	8,343	11,389	14,684	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,940	4,865	6,737	9,342	12,549	15,987	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	5,578	7,584	10,341	13,701	17,275	19,675	21,920	24,725	26,757
12	3,074	3,571	4,404	5,226	6,304	8,438	11,340	14,845	18,549	21,026	23,337	26,217	28,300

**Figura S. Distribución Chi Cuadrado**

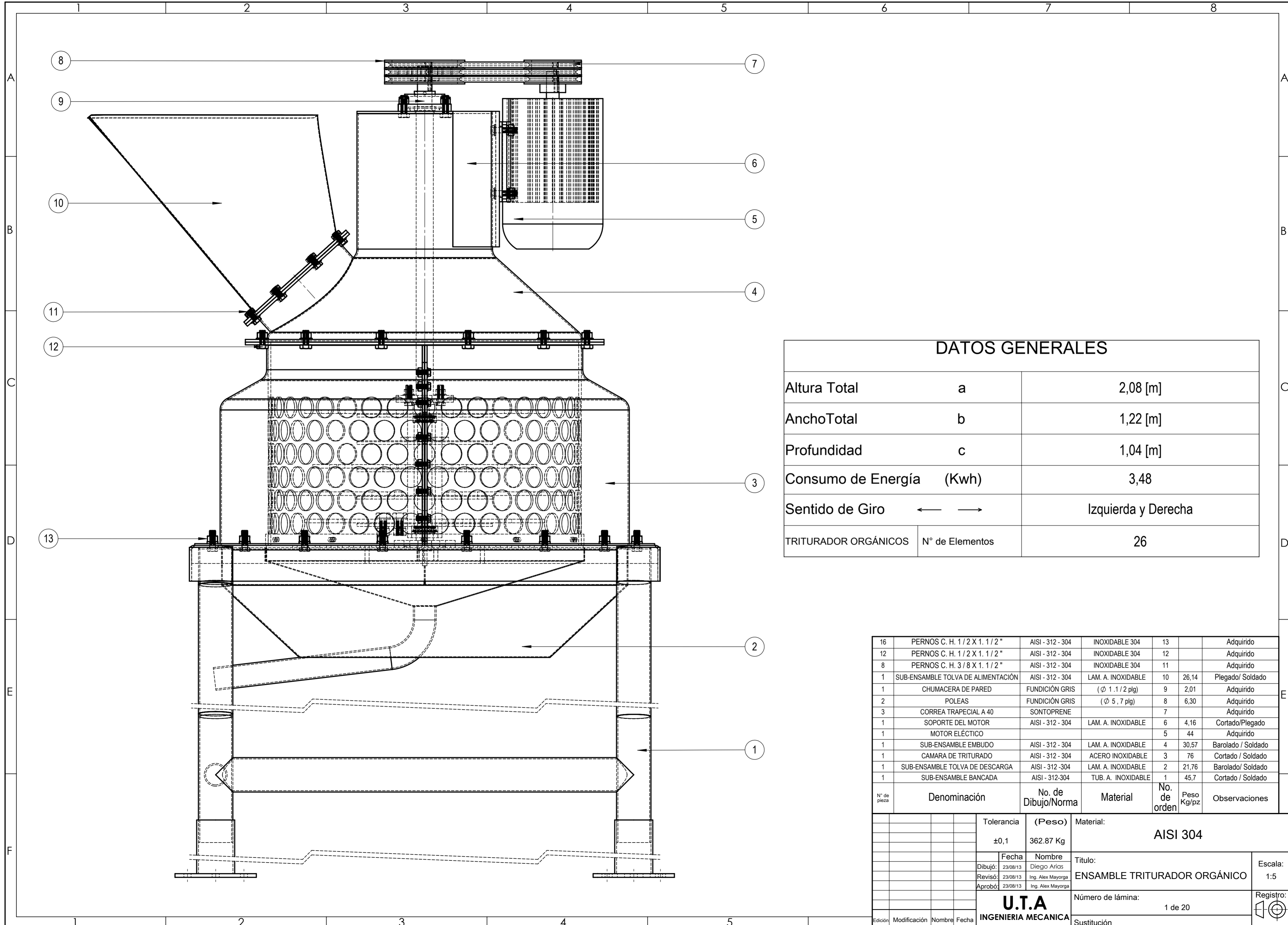
Fuente: *Documental Prueba de Hipótesis con Chi Cuadrado Empleando Excel y Winstats*

## ANEXO O

CARACTERÍSTICAS DEL TRITURADOR DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS		
1.	Tipo:	<b>Triturador Para Residuos Sólidos Orgánicos.</b>
2.	Cuerpo de la máquina:	Chapa de Acero Inoxidable AISI 304 de 2,3,4,6 y 8 [mm]
3.	Eje Porta Martillos:	Eje de 3 [pulg] en Acero Inoxidable AISI 304, Vertical.
4.	Martillos de Impacto:	Acero Inoxidable BÖHLER M 303 LAM. 275 x 75 x 8 [mm].
5.	Criba de Regulación:	Cuenta con regulación de tamaño del producto triturado de $d = 46$ [mm].
6.	Motor Eléctrico:	Motor eléctrico de 7,5 [Hp], triásico, 220 [V].
7.	Tablero:	Tablero eléctrico con arranque directo a derechas e izquierdas, con contactores de control y potencia, relé térmico, pulsante con luz piloto de marcha y paro y botonera de paro de emergencia.
8.	Tipo de Poleas:	Poleas robustas de Hierro Fundido de Tres Canales.
9.	Estructura:	Estructura soportante del cuerpo de la máquina. En tubo circular de diámetro 3 [pulg] en Acero Inoxidable AISI 304.
10.	Tolva de Entrada:	Fabricado en chapa de Acero Inoxidable AISI 304 de 2 [mm].
11.	Tolva de Salida:	Fabricado en chapa de Acero Inoxidable AISI 304 de 2 [mm].
12.	Protecciones:	Cuenta con las protecciones suficientes y necesarias para las personas que trabajen con este equipo.
13.	Vida Útil:	Más de 10 años.
14.	Tolva de drenaje de Lixiviado:	Cuenta con una tolva de recolección del líquido lixiviado con su respectivo tubo de drenaje con acople rápido.
15.	Garantía Técnica:	18 meses efectivos, a partir del momento en el que se realicen las pruebas de campo en su lugar de funcionamiento, con su aprobación y puesta en marcha del triturador de residuos orgánicos.
16.	Rendimiento:	662 [kg/h].
17.	Capacidad de la Tolva:	31 [dm <sup>3</sup> ].
18.	Volumen de Ambiente de Triturado:	0,16 [m <sup>3</sup> ].
19.	Procedencia:	Latacunga – Ecuador.
20.	Estado:	Nuevo.
21.	Año de Fabricación:	2013.
COSTO		8340,28 Dólares Americanos.

**Figura O. Hoja Técnica del Equipo Triturador**

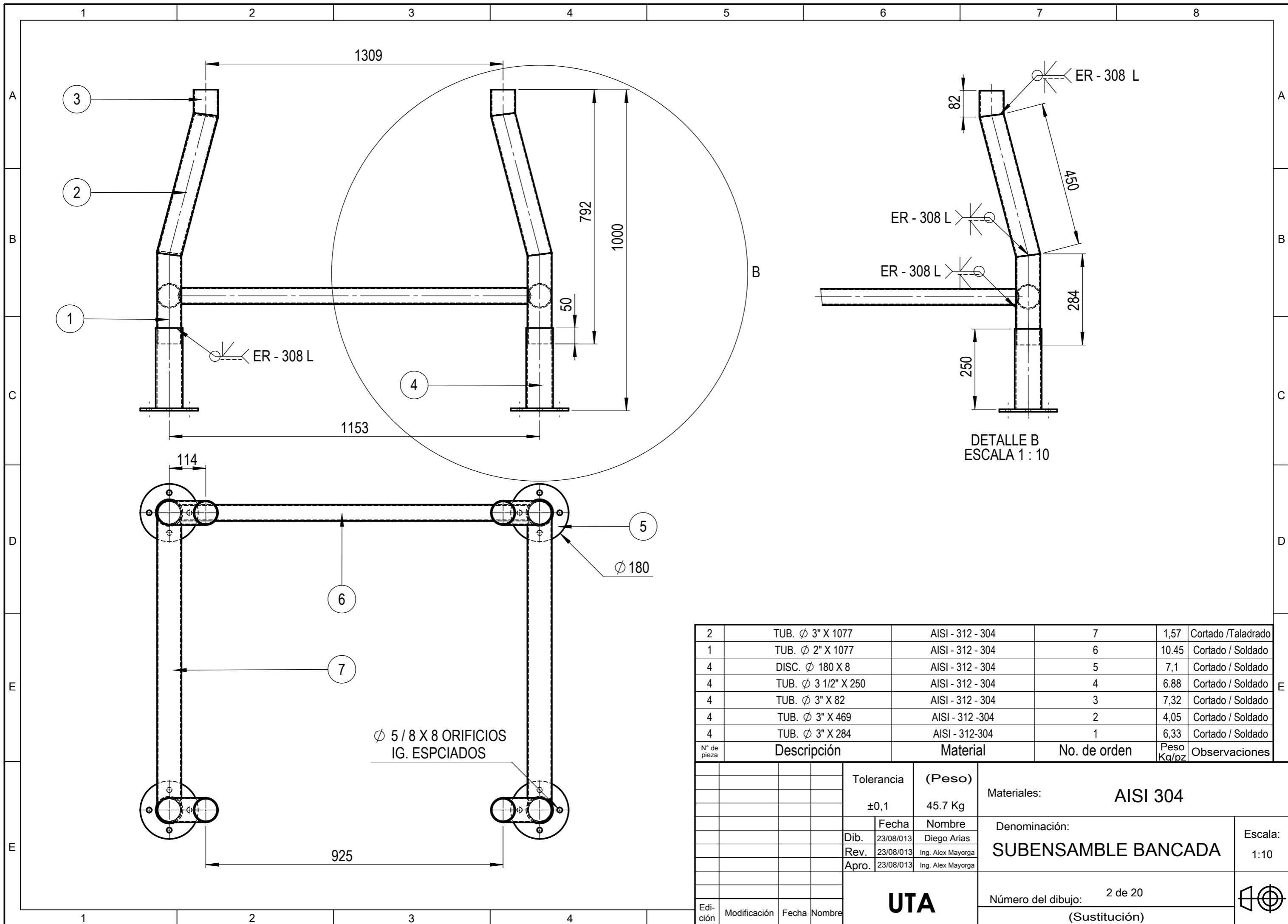
Fuente: *El Autor*



DATOS GENERALES		
Altura Total	a	2,08 [m]
Ancho Total	b	1,22 [m]
Profundidad	c	1,04 [m]
Consumo de Energía (Kwh)		3,48
Sentido de Giro	← →	Izquierda y Derecha
TRITURADOR ORGÁNICOS	N° de Elementos	26

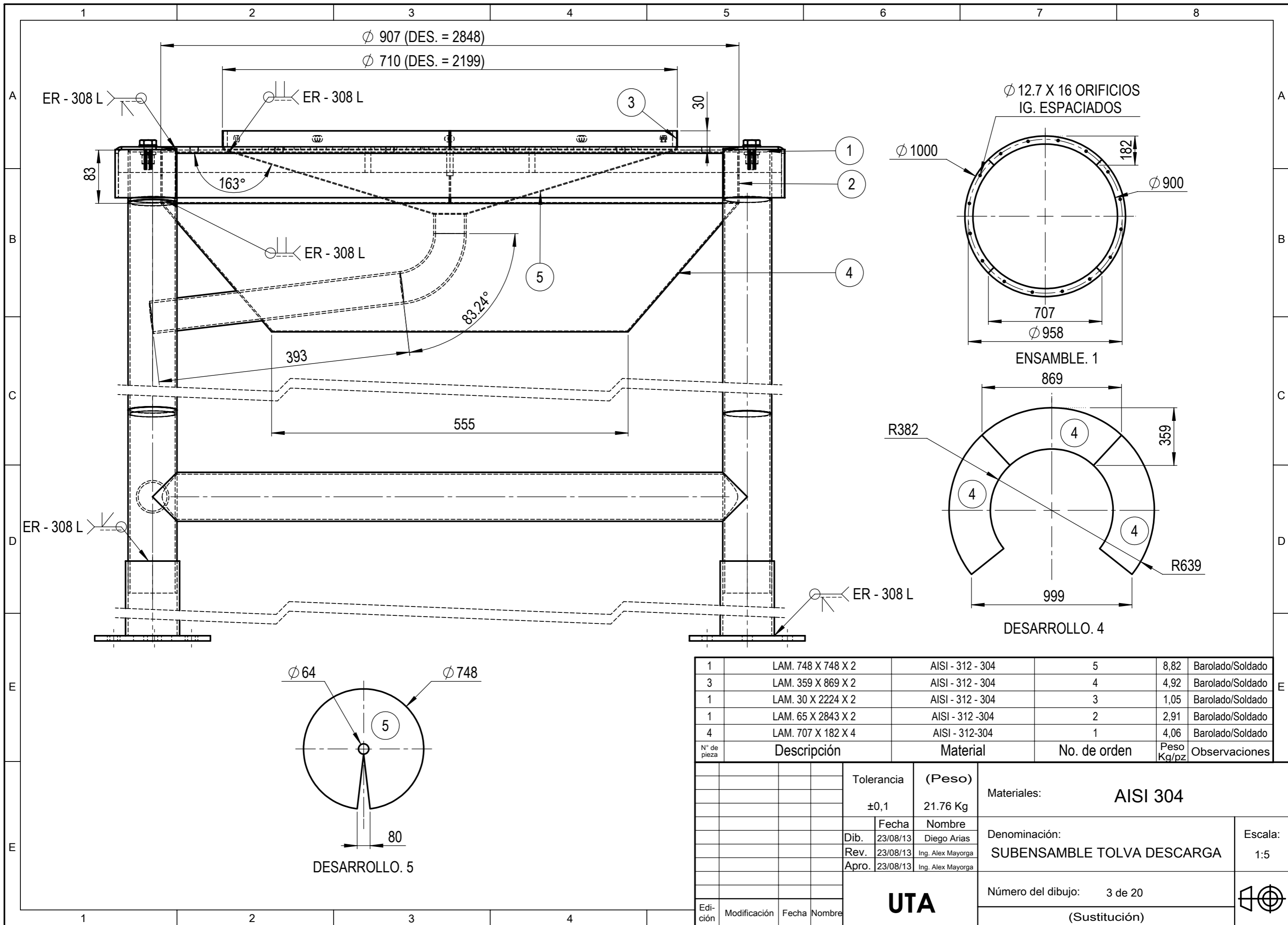
16	PERNOS C. H. 1 / 2 X 1. 1 / 2 "	AISI - 312 - 304	INOXIDABLE 304	13		Adquirido
12	PERNOS C. H. 1 / 2 X 1. 1 / 2 "	AISI - 312 - 304	INOXIDABLE 304	12		Adquirido
8	PERNOS C. H. 3 / 8 X 1. 1 / 2 "	AISI - 312 - 304	INOXIDABLE 304	11		Adquirido
1	SUB-ENSAMBLE TOLVA DE ALIMENTACIÓN	AISI - 312 - 304	LAM. A. INOXIDABLE	10	26,14	Plegado/ Soldado
1	CHUMACERA DE PARED	FUNDICIÓN GRIS	( Ø 1.1 / 2 plg)	9	2,01	Adquirido
2	POLEAS	FUNDICIÓN GRIS	( Ø 5 , 7 plg)	8	6,30	Adquirido
3	CORREA TRAPEZIAL A 40	SONTOPRENE		7		Adquirido
1	SOPORTE DEL MOTOR	AISI - 312 - 304	LAM. A. INOXIDABLE	6	4,16	Cortado/Plegado
1	MOTOR ELÉCTICO			5	44	Adquirido
1	SUB-ENSAMBLE EMBUDO	AISI - 312 - 304	LAM. A. INOXIDABLE	4	30,57	Barolado / Soldado
1	CAMARA DE TRITURADO	AISI - 312 - 304	ACERO INOXIDABLE	3	76	Cortado / Soldado
1	SUB-ENSAMBLE TOLVA DE DESCARGA	AISI - 312 - 304	LAM. A. INOXIDABLE	2	21,76	Barolado/ Soldado
1	SUB-ENSAMBLE BANCADA	AISI - 312-304	TUB. A. INOXIDABLE	1	45,7	Cortado / Soldado
N° de pieza	Denominación	No. de Dibujo/Norma	Material	No. de orden	Peso Kg/pz	Observaciones

Tolerancia		(Peso)	Material:
±0,1		362.87 Kg	AISI 304
Fecha	Nombre	Título:	
Dibujó: 23/08/13	Diego Arias	ENSAMBLE TRITURADOR ORGÁNICO	
Revisó: 23/08/13	Ing. Alex Mayorga	Escala: 1:5	
Aprobó: 23/08/13	Ing. Alex Mayorga	Registro:	
U.T.A		Número de lámina:	1 de 20
INGENIERIA MECANICA		Sustitución	



N° de pieza	Descripción	Material	No. de orden	Peso Kg/pz	Observaciones
2	TUB. $\phi$ 3" X 1077	AISI - 312 - 304	7	1,57	Cortado / Taladrado
1	TUB. $\phi$ 2" X 1077	AISI - 312 - 304	6	10.45	Cortado / Soldado
4	DISC. $\phi$ 180 X 8	AISI - 312 - 304	5	7,1	Cortado / Soldado
4	TUB. $\phi$ 3 1/2" X 250	AISI - 312 - 304	4	6.88	Cortado / Soldado
4	TUB. $\phi$ 3" X 82	AISI - 312 - 304	3	7,32	Cortado / Soldado
4	TUB. $\phi$ 3" X 469	AISI - 312 - 304	2	4,05	Cortado / Soldado
4	TUB. $\phi$ 3" X 284	AISI - 312-304	1	6,33	Cortado / Soldado

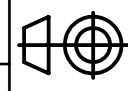
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				$\pm 0,1$	45.7 Kg	AISI 304	
					Fecha	Nombre	Denominación: <b>SUBENSAMBLE BANCADA</b>
				Dib.	23/08/013	Diego Arias	
				Rev.	23/08/013	Ing. Alex Mayorga	
				Apro.	23/08/013	Ing. Alex Mayorga	Escala: 1:10
				<b>UTA</b>		Número del dibujo: 2 de 20	
						(Sustitución)	

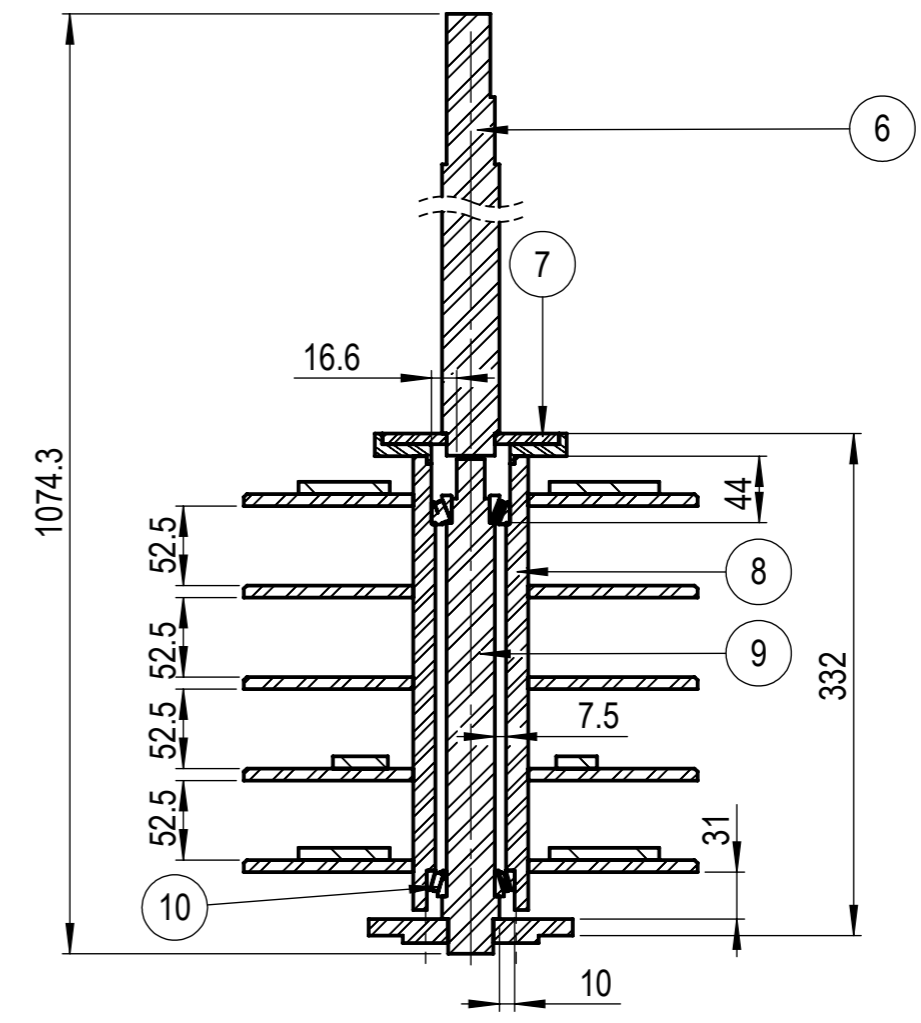
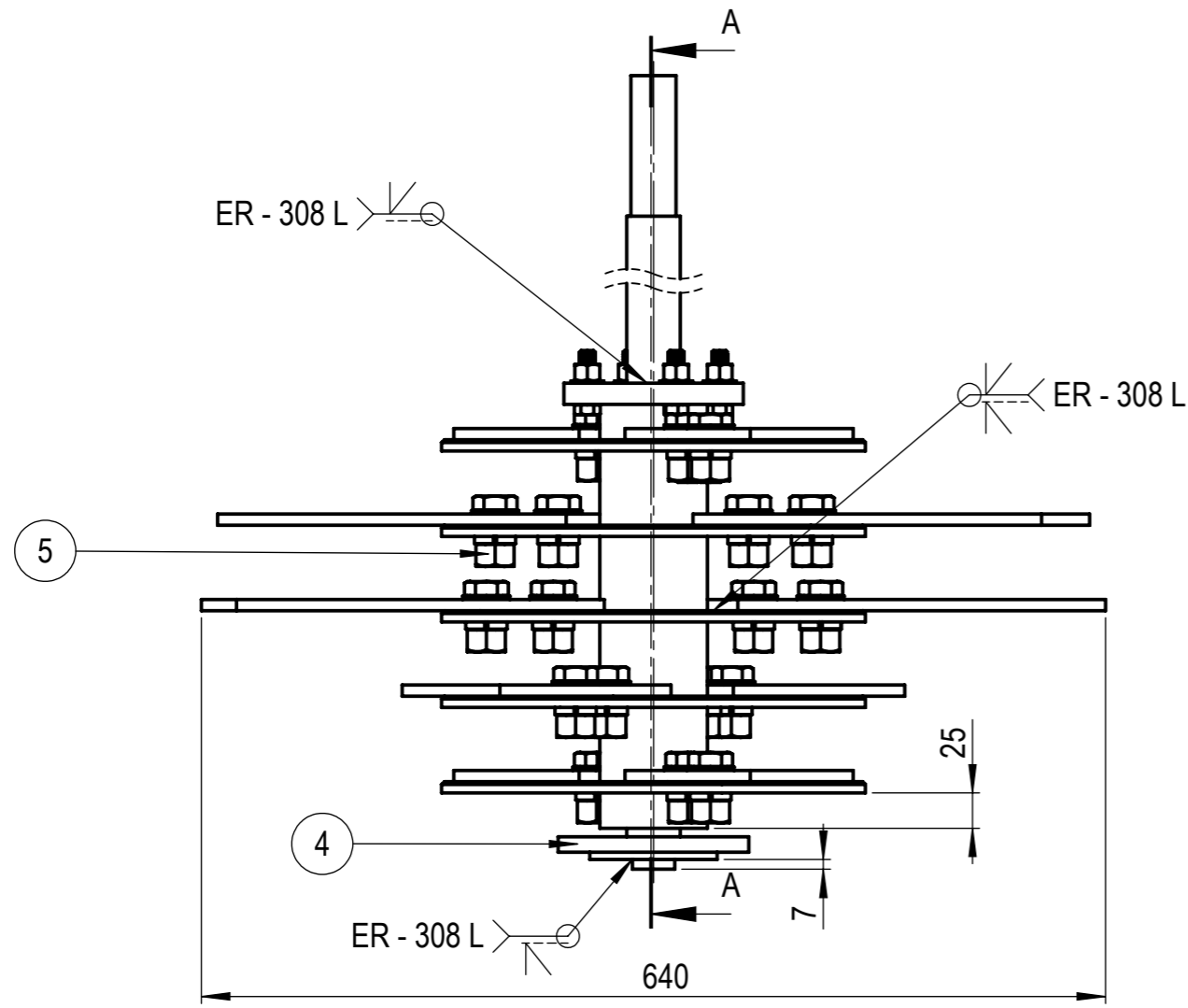


N° de pieza	Descripción	Material	No. de orden	Peso Kg/pz	Observaciones
1	LAM. 748 X 748 X 2	AISI - 312 - 304	5	8,82	Barolado/Soldado
3	LAM. 359 X 869 X 2	AISI - 312 - 304	4	4,92	Barolado/Soldado
1	LAM. 30 X 2224 X 2	AISI - 312 - 304	3	1,05	Barolado/Soldado
1	LAM. 65 X 2843 X 2	AISI - 312 - 304	2	2,91	Barolado/Soldado
4	LAM. 707 X 182 X 4	AISI - 312-304	1	4,06	Barolado/Soldado

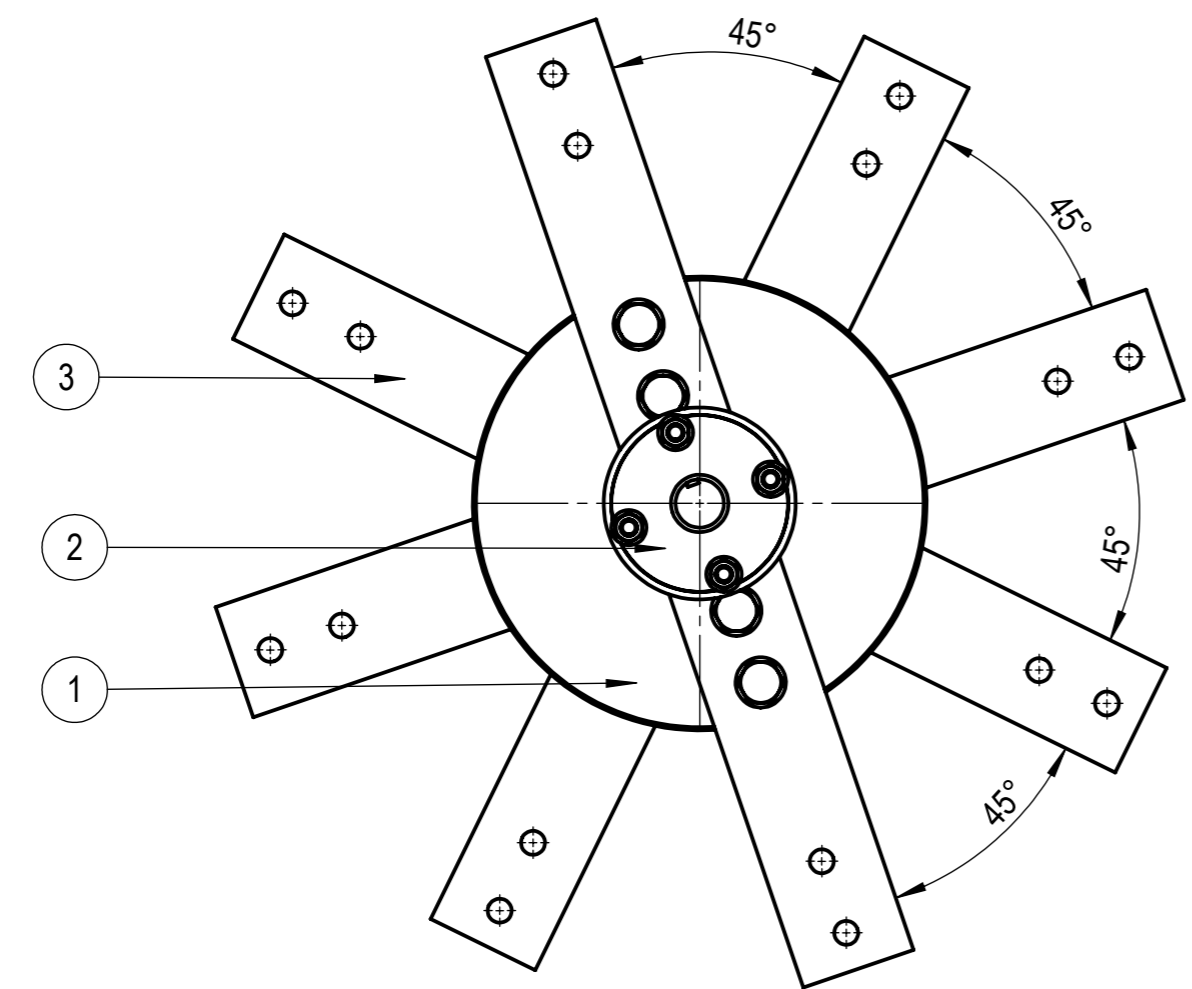
Tolerancia		(Peso)		Materiales: <b>AISI 304</b>	
±0,1		21.76 Kg			
Fecha		Nombre		Denominación: <b>SUBENSAMBLE TOLVA DESCARGA</b>	
Dib. 23/08/13		Diego Arias			
Rev. 23/08/13		Ing. Alex Mayorga			
Apro. 23/08/13		Ing. Alex Mayorga		Escala: 1:5	
Edición		Nombre			
Modificación		Fecha		Número del dibujo: 3 de 20	
				(Sustitución)	

**UTA**



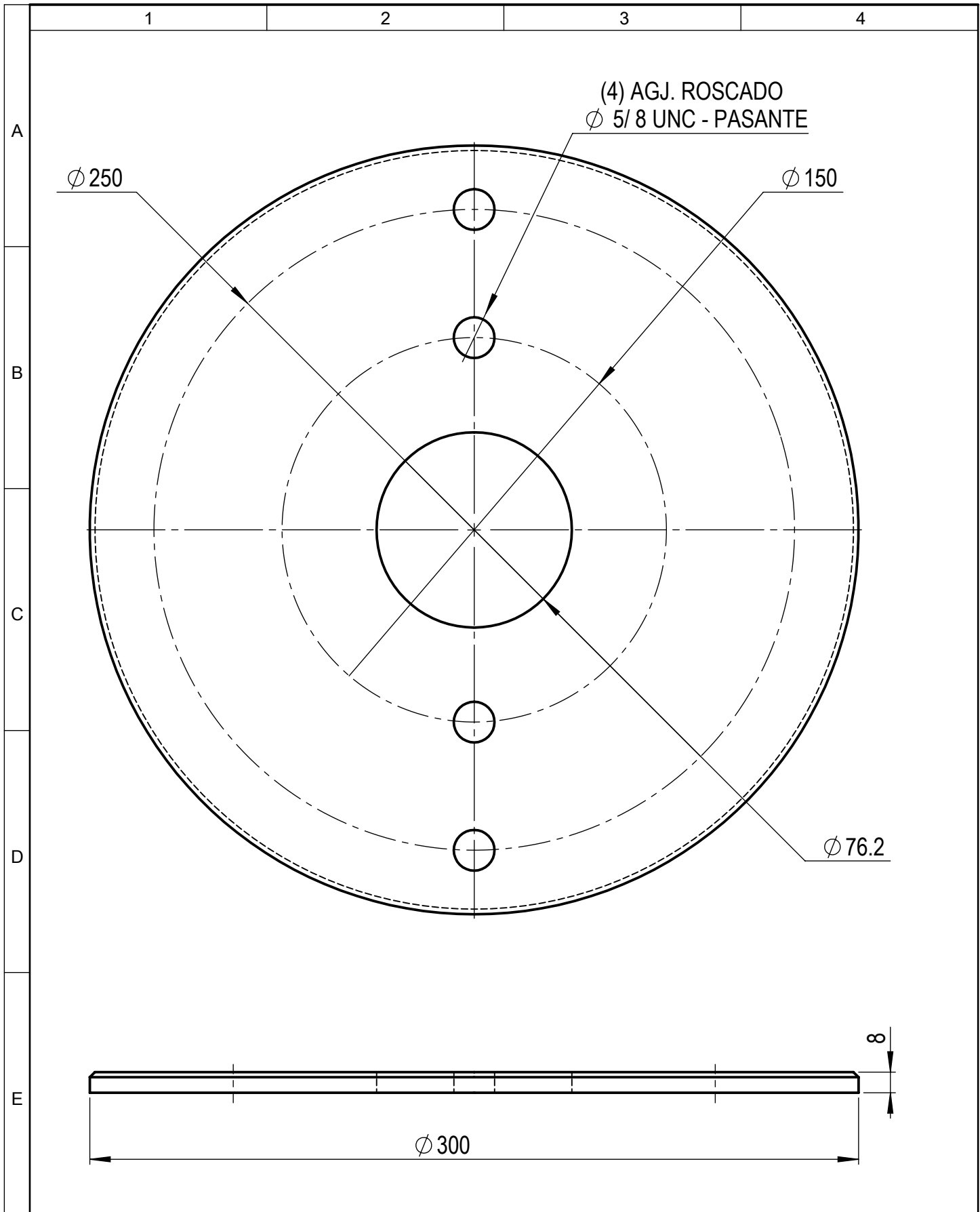


SECCIÓN A-A  
ESCALA 1 : 5

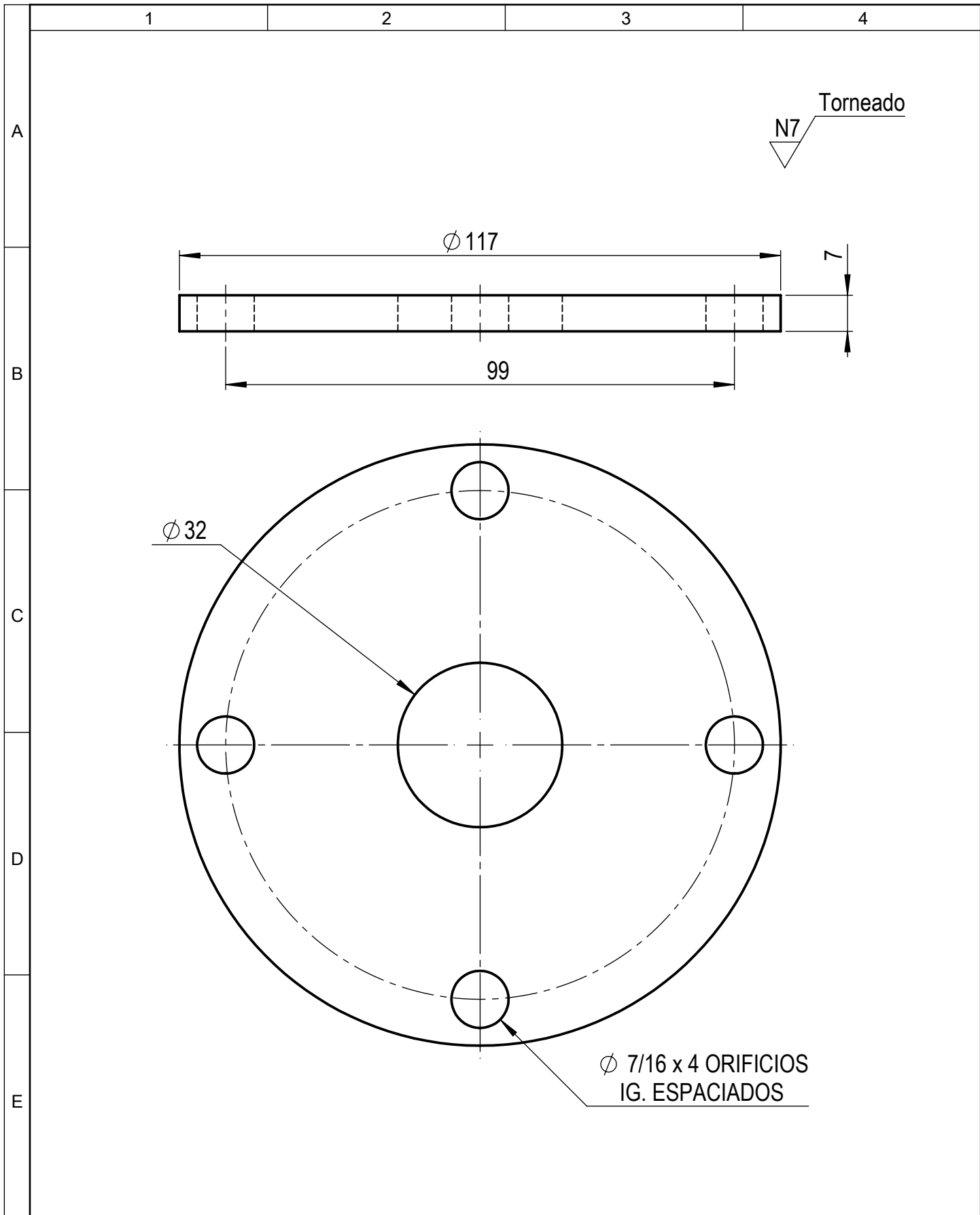


N° de pieza	Denominación	Material	No. de orden	Peso Kg/pz	Observaciones
2	RODAMIENTO DE RODILLO CONICO		10		Adquirido
1	EJE FIJO	AISI 304 (EJE = $\phi$ 1. 1/2 plg)	9	1,97	Torneado
1	BOCIN SISTEMA DE CORTE	AISI - 312 -304	8	6,43	Torneado
1	BRIDA SUPERIOR "A"	AISI - 312 -304	7	0,77	Torneado/Taladrado
1	EJE DE LA BRIDA	AISI 304 (EJE = $\phi$ 1. 1/2 plg)	6	6,42	Torneado
20	PERNOS C. H. 5 / 8" X 1. 1 / 2"	INOXIDABLE 304	5	6,42	Adquirido
1	DISCO DE SOPORTE PLACA BASE	AISI - 312 -304	4	1,37	Torneado
10	MARTILLO INOXIDABLE	M 303 EXTRA	3	1,30	Fresado/Taladrado
1	BRIDA SUPERIOR "B"	AISI - 312 -304	2	0,53	Torneado/Taladrado
5	DISCO PORTA MARTILLOS	AISI - 312 -304	1	4,16	Torneado/Taladrado

Tolerancia		(Peso)		Materiales: AISI 304	
±0,1		20,98			
Fecha		Nombre		Denominación: CAMARA DE TRITURADO	
Dib. 23/08/13		Diego Arias			
Rev. 23/08/13		Ing. Alex Mayorga			
Apro. 23/08/13		Ing. Alex Mayorga		Escala: 1:5	
<div style="text-align: center; font-weight: bold; font-size: 1.2em;">UTA</div>				Número del dibujo: 4 de 20	
				(Sustitución)	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales:		AISI 304	
				±0,1	4,16 Kg				
				Fecha	Nombre	Denominación:		Escala:	
				Dib. 23/08/13	Diego Arias	DISCO PORTA MARTILLOS		1:2	
				Rev. 23/08/13	Ing. Alex Mayorga				
				Apro. 23/08/13	Ing. Alex Mayorga				
				<b>UTA</b>		Número del dibujo: 5 de 20			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)			



A  
B  
C  
D  
E

1 2 3 4

N7 Torneo

$\phi 117$

99

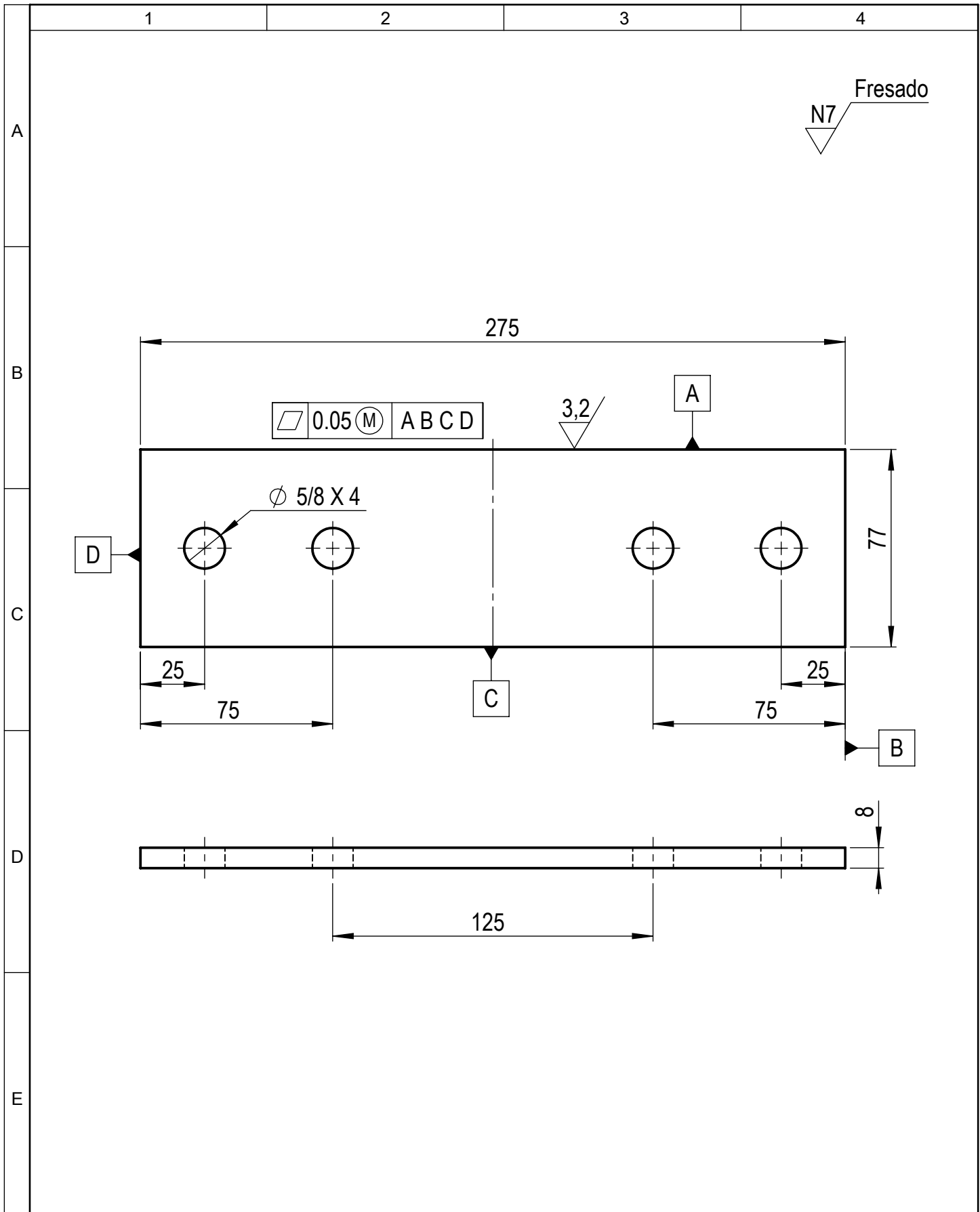
7

$\phi 32$

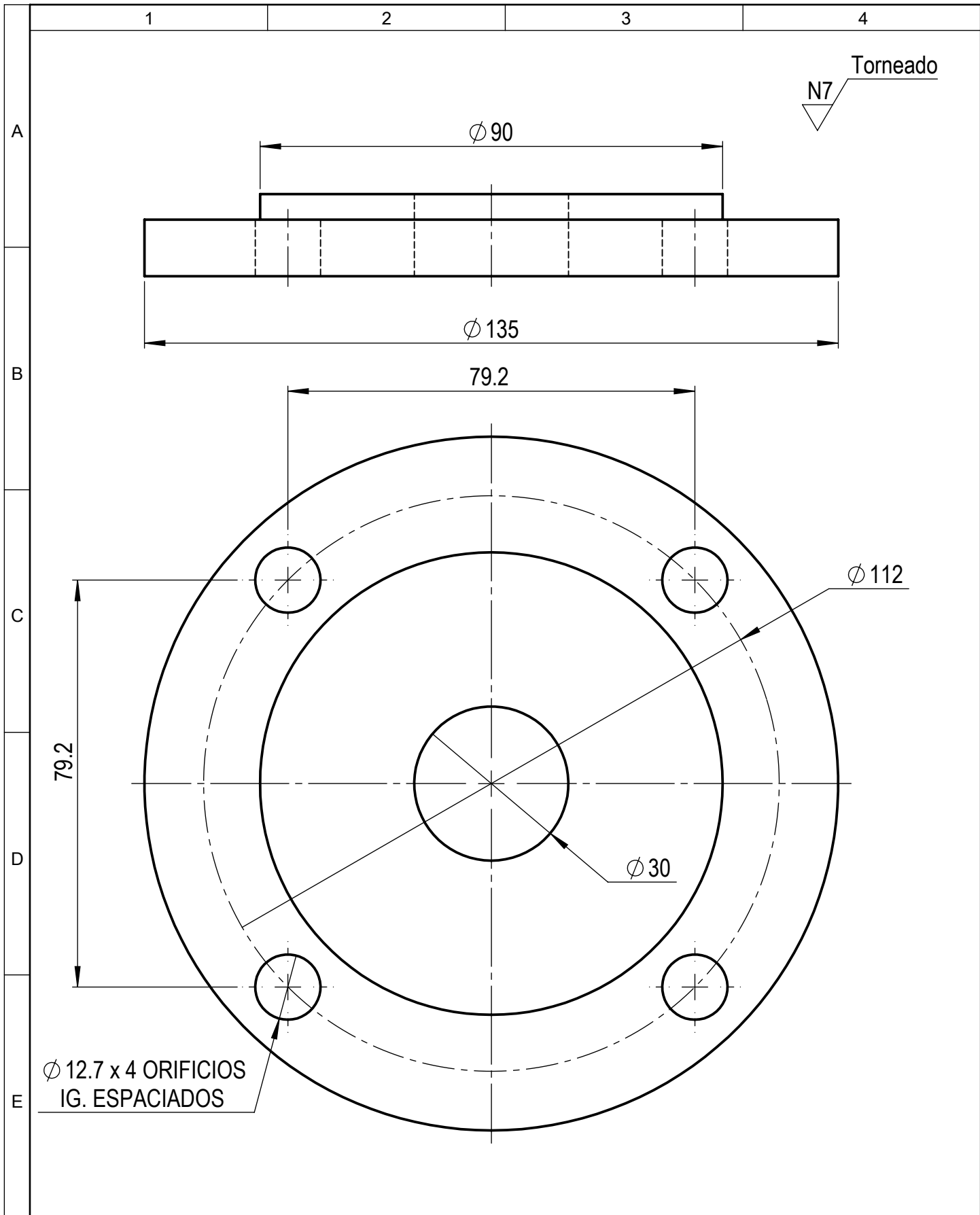
$\phi 7/16 \times 4$  ORIFICIOS  
IG. ESPACIADOS

				Tolerancia	(Peso)	Materiales:		AISI 304			
				$\pm 0,1$	0,53 Kg	Denominación:		BRIDA SUPERIOR "B"			
				Fecha	Nombre	Escala:		1:1			
				Dib. 23/08/13	Diego Arias	Número del dibujo:		6 de 20			
				Rev. 23/08/13	Ing. Alex Mayorga	UTA		(Sustitución)			
				Apro. 23/08/13	Ing. Alex Mayorga						
Edición	Modificación	Fecha	Nombre								





				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,1	1,26 Kg	BOHLER M 303 EXTRA	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
			Dib.	23/08/13	Diego Arias		
			Rev.	23/08/13	Ing. Alex Mayorga		
				Apro.	23/08/13	Ing. Alex Mayorga	1:2
				<b>UTA</b>		Número del dibujo:	7 de 20
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales:			
				$\pm 0,1$	1,3 Kg	AISI 304			
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:		
			Dib.	23/08/13	Diego Arias			DISCO DE SOPORTE PLACA BASE	1:1
			Rev.	23/08/13	Ing. Alex Mayorga				
				Apro.	23/08/13	Ing. Alex Mayorga			
				<b>UTA</b>		Número del dibujo:	8 de 20		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)			

1

2

3

4

Torneado  
N7

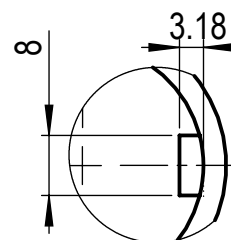
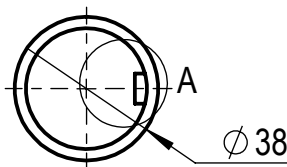
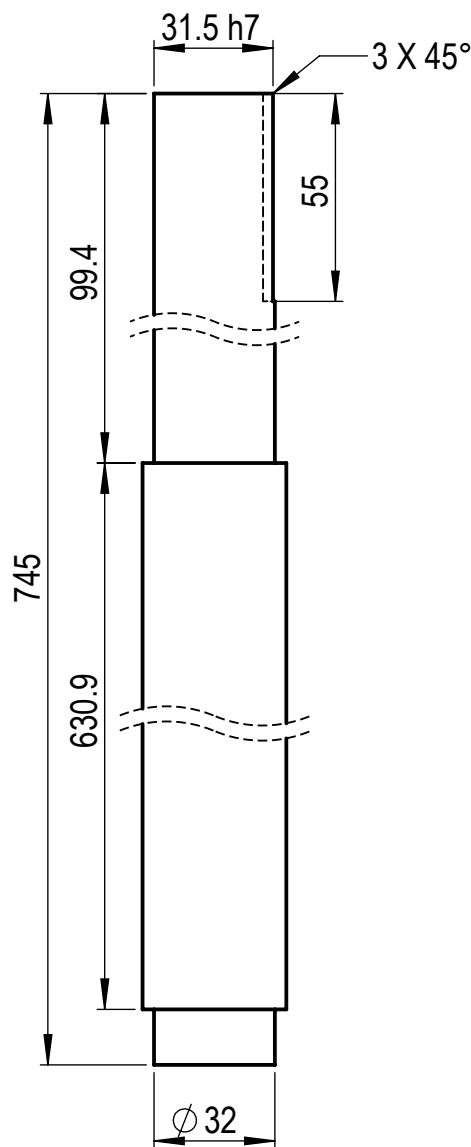
A

B

C

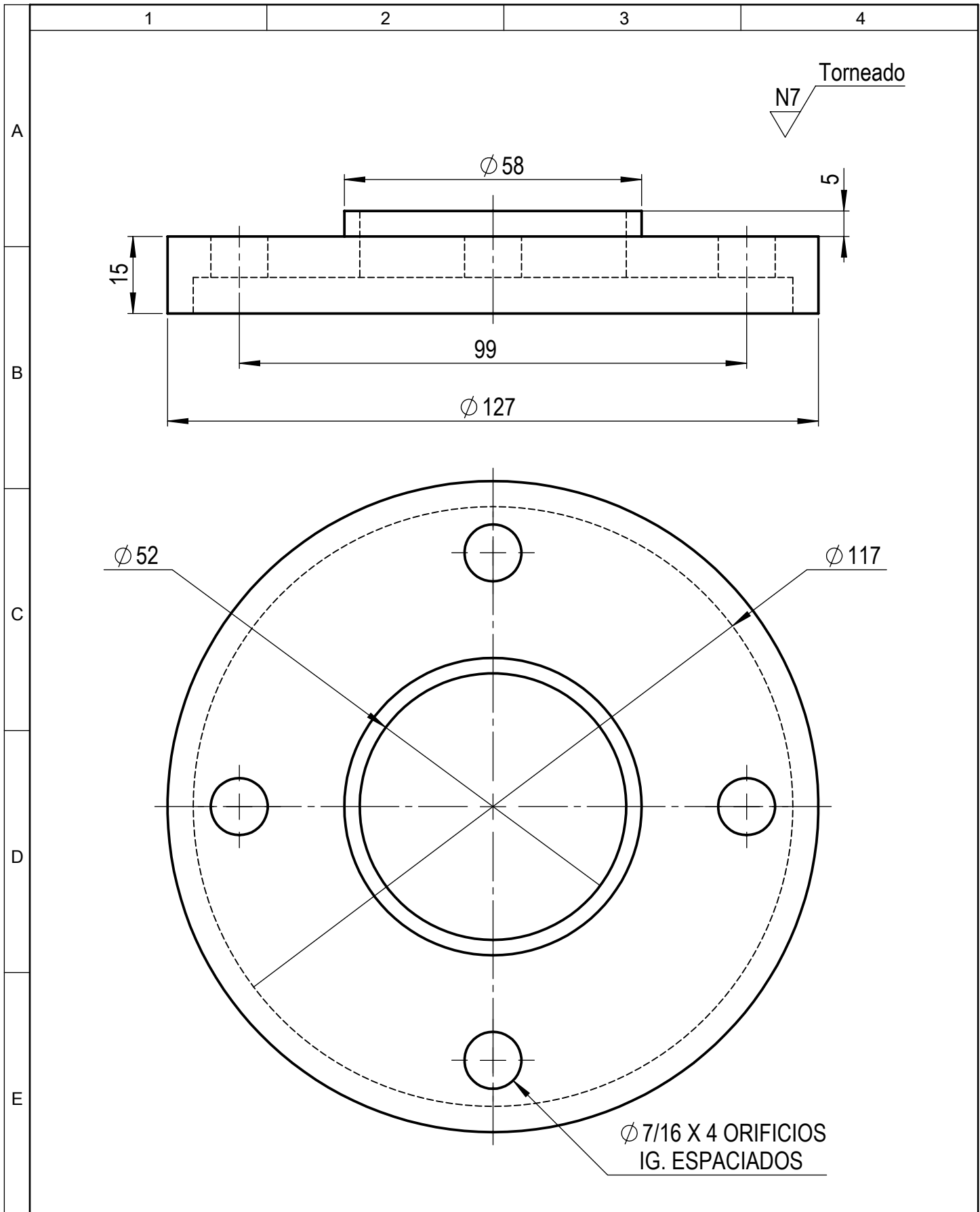
D

E

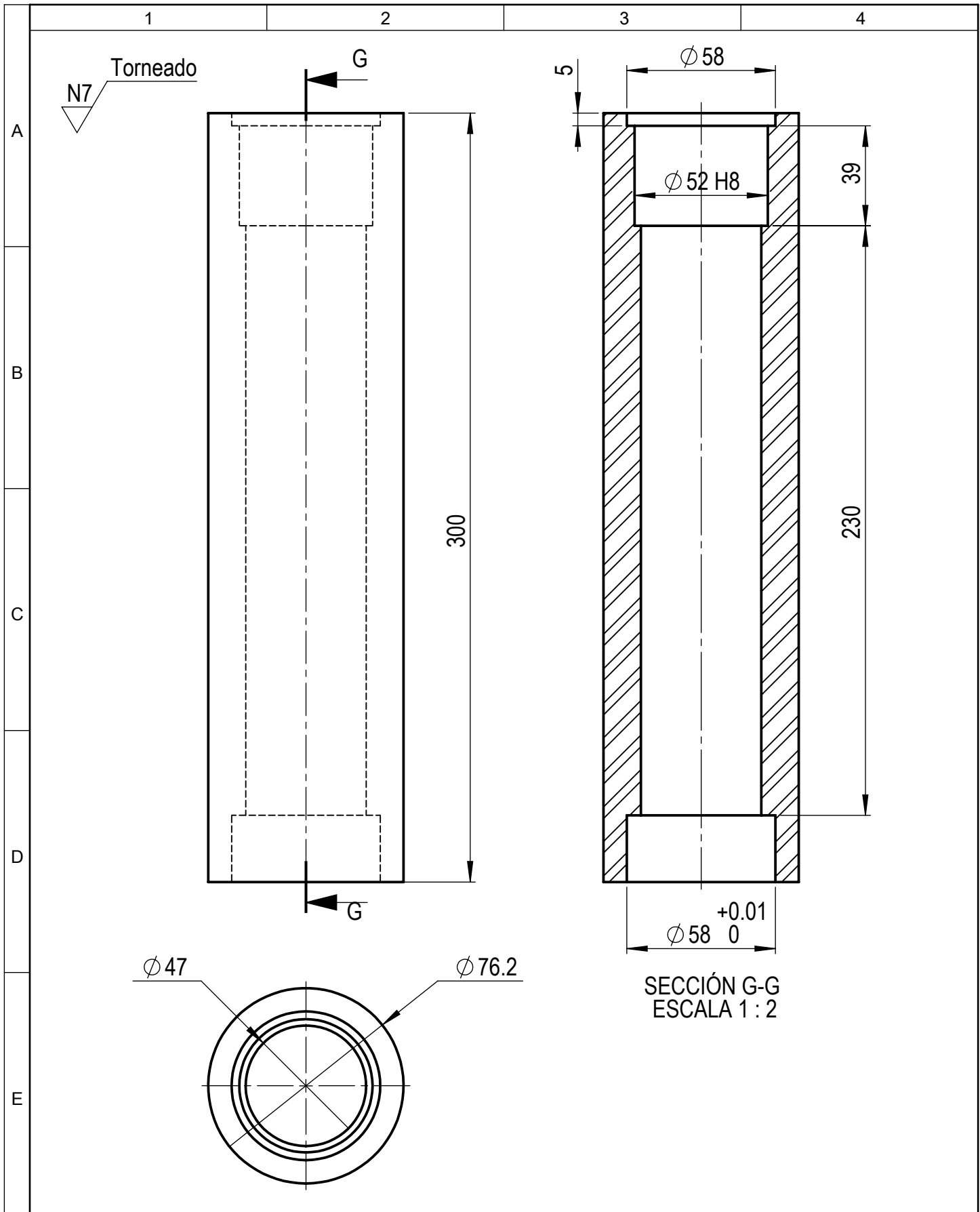


DETALLE A  
ESCALA 1 : 1

				Tolerancia	(Peso)	Materiales:		AISI 304	
				$\pm 0,1$	6,4 Kg				
				Fecha	Nombre	Denominación:		Escala:	
				Dib. 23/08/13	Diego Arias	EJE DE LA BRIDA		1: 2	
				Rev. 23/08/13	Ing. Alex Mayorga				
				Apro. 23/08/13	Ing. Alex Mayorga				
				<b>UTA</b>		Número del dibujo: 9 de 20			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)			

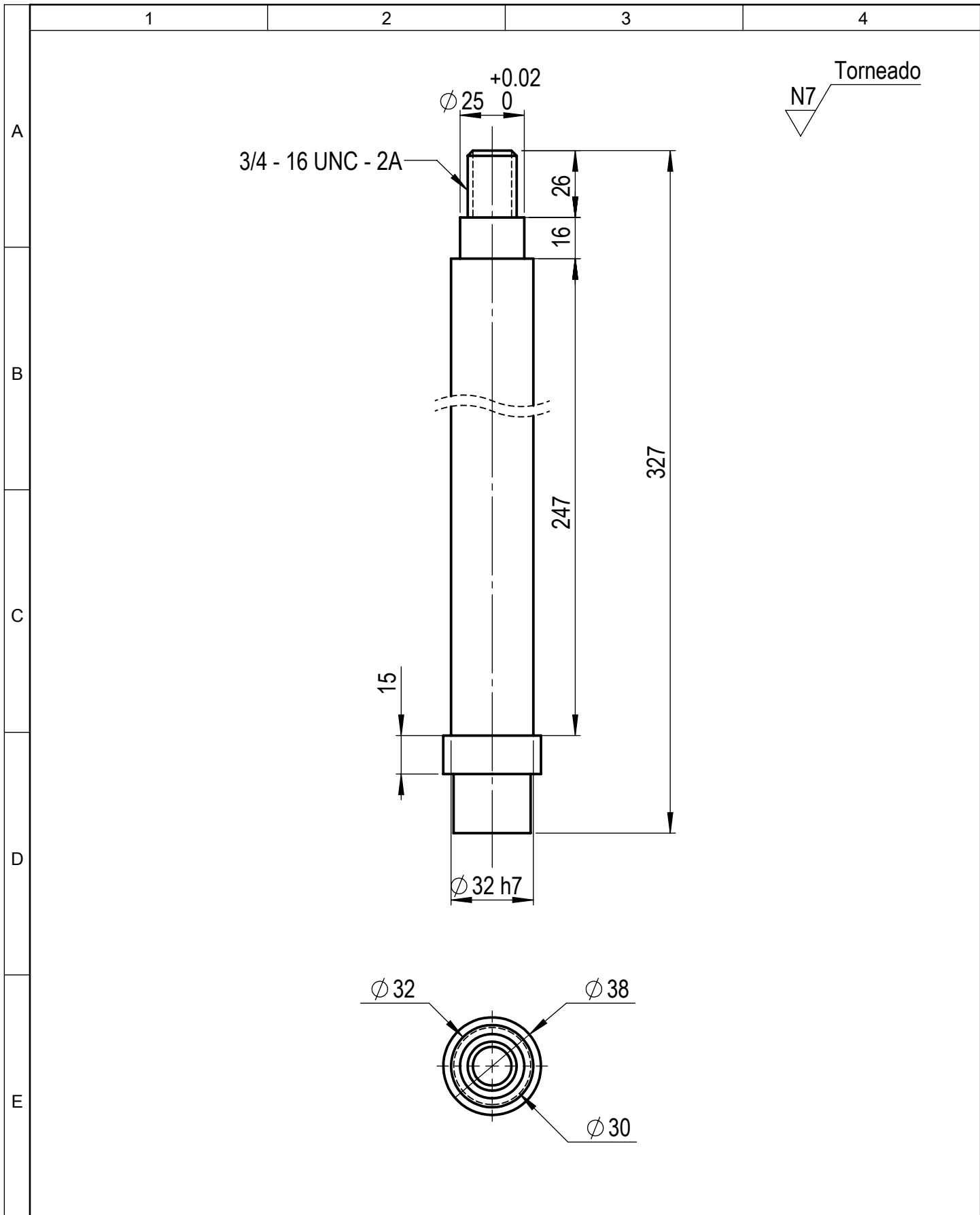


				Tolerancia	(Peso)	Materiales:		AISI 304	
				$\pm 0,1$	0,77 Kg				
				Fecha	Nombre	Denominación:		Escala:	
				Dib. 23/08/13	Diego Arias	BRIDA SUPERIOR "A"		1:1	
				Rev. 23/08/13	Ing. Alex Mayorga				
				Apro. 23/08/13	Ing. Alex Mayorga				
				<b>UTA</b>		Número del dibujo: 10 de 20			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)			



SECCIÓN G-G  
ESCALA 1 : 2

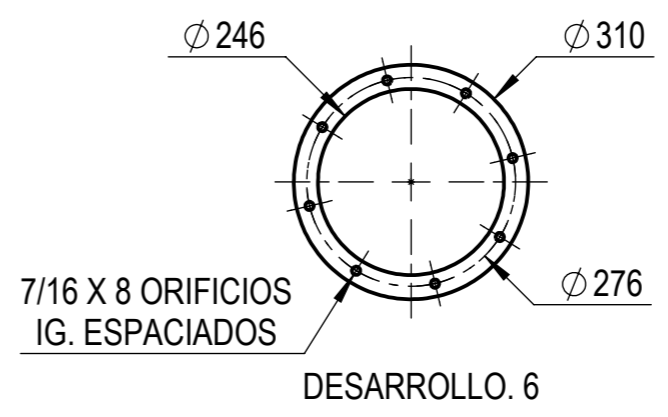
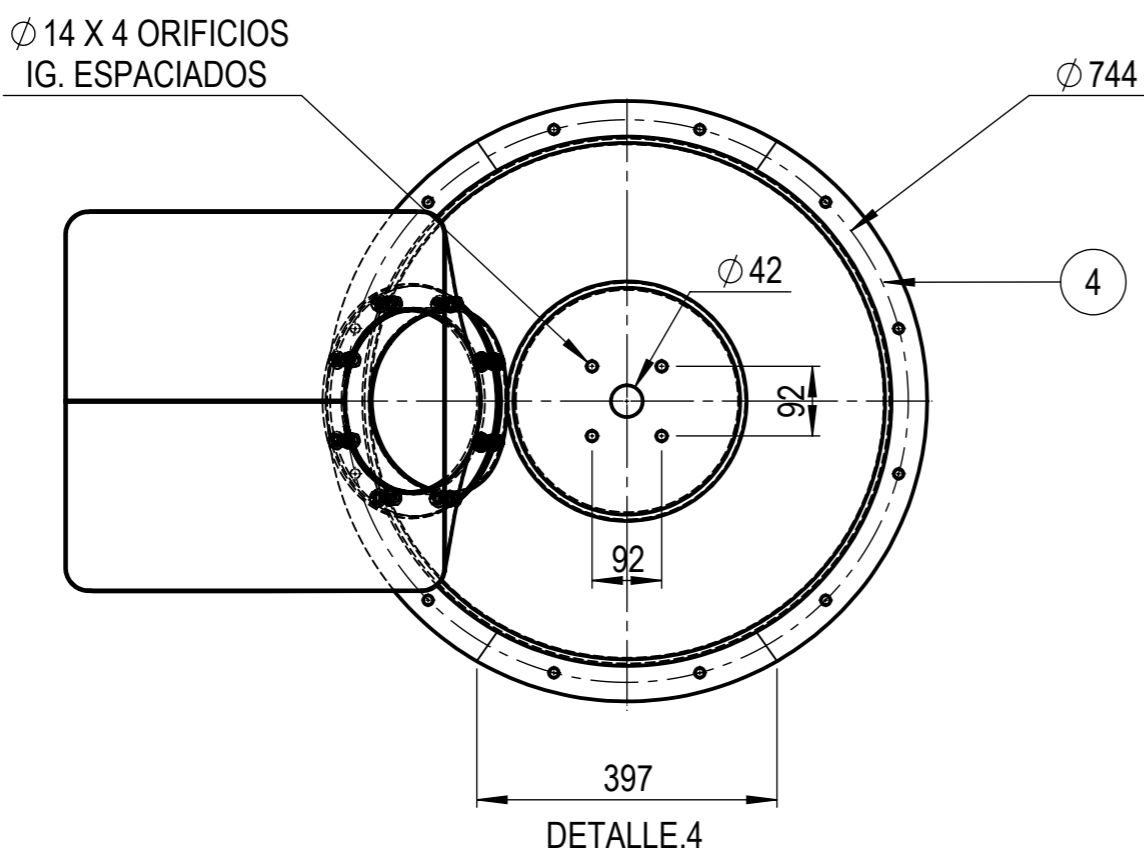
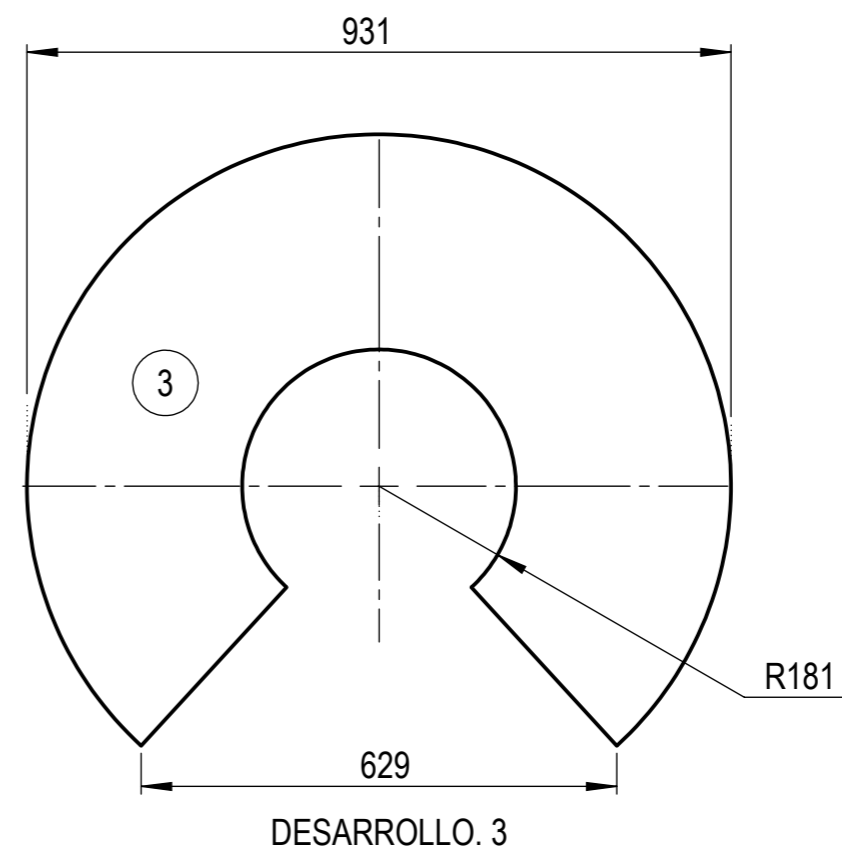
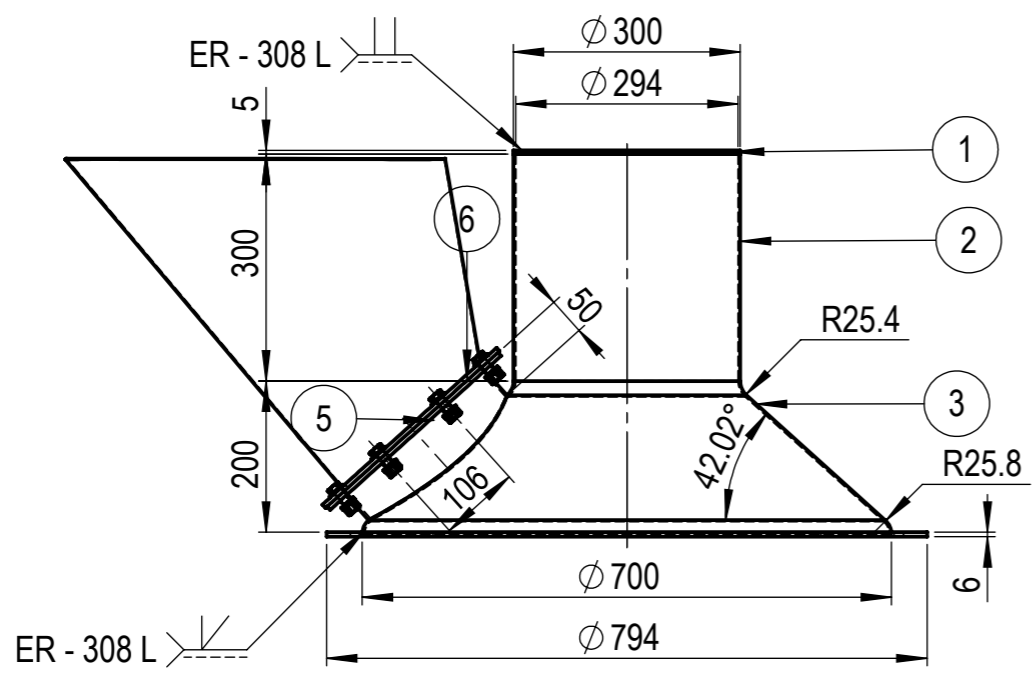
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,1	6,4 Kg	AISI 304	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
			Dib.	23/08/13	Diego Arias		
			Rev.	23/08/13	Ing. Alex Mayorga		
				Apro.	23/08/13	Ing. Alex Mayorga	1:2
				<b>UTA</b>		Número del dibujo:	11 de 20
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



A  
B  
C  
D  
E

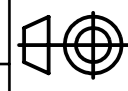
1 2 3 4

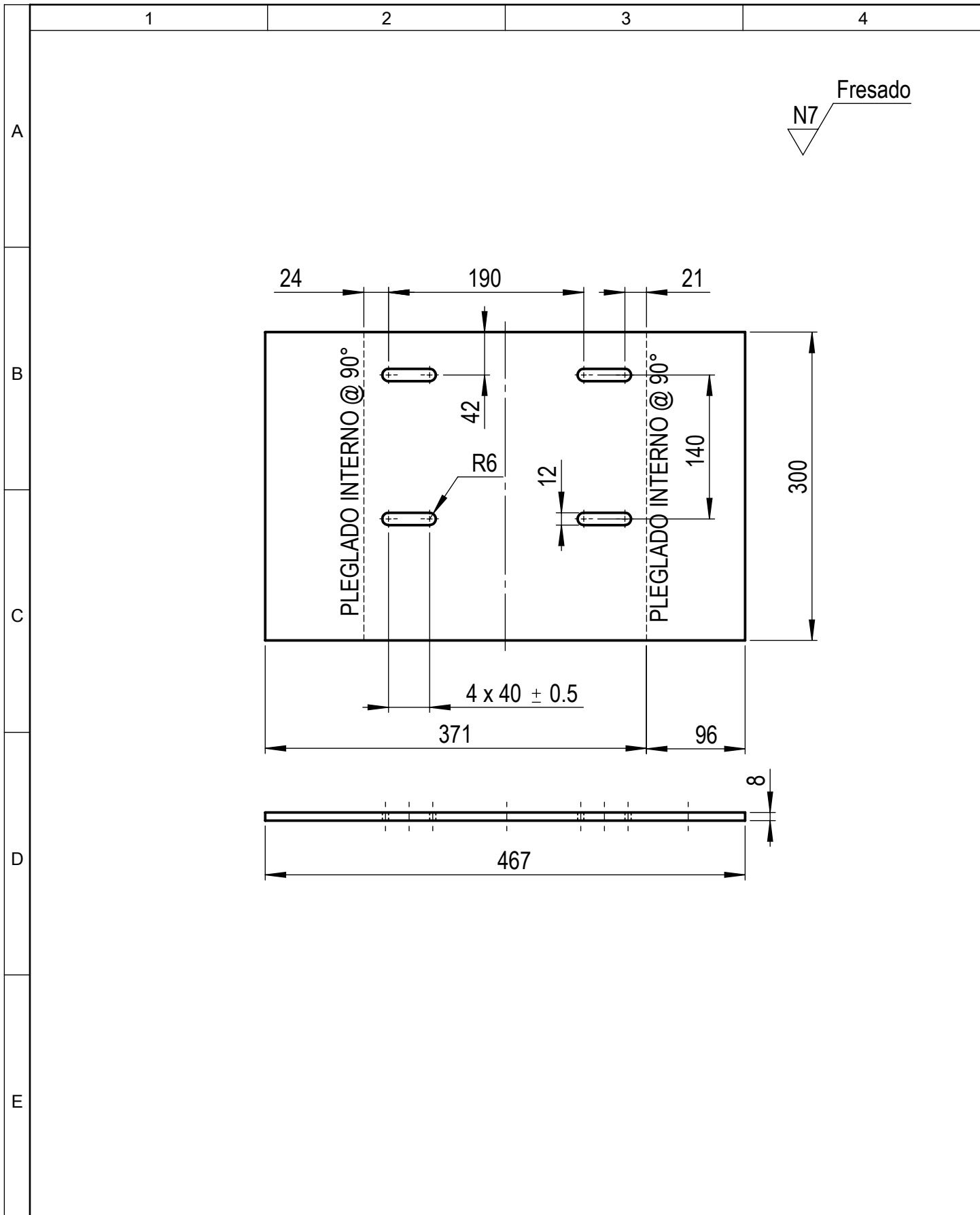
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:		AISI 304	
				±0,1	1,97 Kg				
				Fecha	Nombre	Denominación:		Escala:	
				Dib. 23/08/13	Diego Arias	EJE FIJO		1:2	
				Rev. 23/08/13	Ing. Alex Mayorga				
				Apro. 23/08/13	Ing. Alex Mayorga				
				<b>UTA</b>		Número del dibujo: 12 de 20			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)			



N° de pieza	Descripción	Material	No. de orden	Peso Kg/pz	Observaciones
2	LAM. 310 X 310 X 6	AISI - 312 - 304	6	4,54	Cortado / Soldado
1	LAM. 50 X 763 X 3	AISI - 312 - 304	5	7,1	Barolado
1	LAM. 96 X 397 X 6	AISI - 312 - 304	4	6,88	Cortado / Soldado
1	LAM. 809 X 931 X 3	AISI - 312 - 304	3	17,81	Barolado
1	LAM. 301 X 933 X 3	AISI - 312 - 304	2	6,64	Barolado
1	LAM. 294 X 294 X 5	AISI - 312-304	1	3,41	Cortado / Soldado

Tolerancia		(Peso)		Materiales:	
±0,1		50,92 Kg		AISI 304	
Fecha		Nombre		Denominación:	
Dib. 23/08/13		Diego Arias		SUB ENSAMBLE EMBUDO	
Rev. 23/08/13		Ing. Alex Mayorga		Escala:	
Apro. 23/08/13		Ing. Alex Mayorga		1:10	
<b>UTA</b>				Número del dibujo: 13 de 20	
				(Sustitución)	





				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,1	8,81 Kg	AISI 304	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
			Dib.	23/08/13	Diego Arias		
			Rev.	23/08/13	Ing. Alex Mayorga		
				Apro.	23/08/13	Ing. Alex Mayorga	1:5
				<b>UTA</b>		Número del dibujo:	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

**SOPORTE DEL MOTOR**

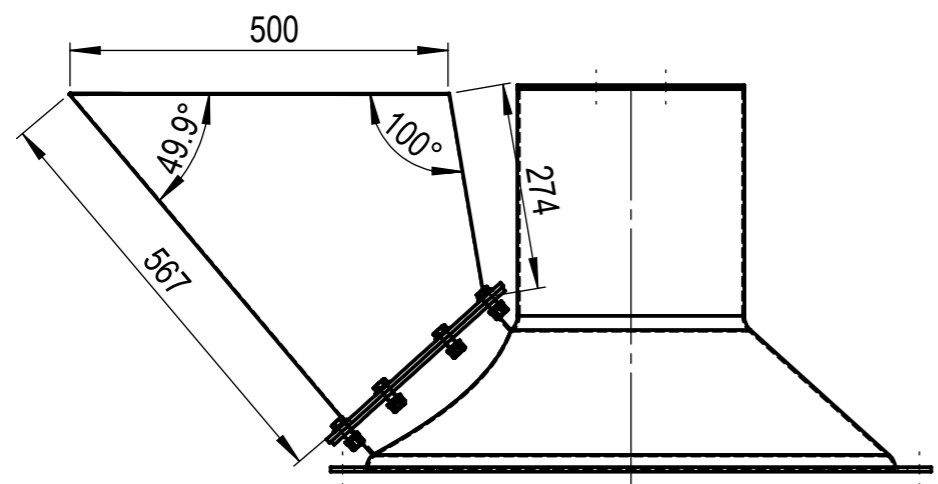
**UTA**

Número del dibujo: 14 de 20

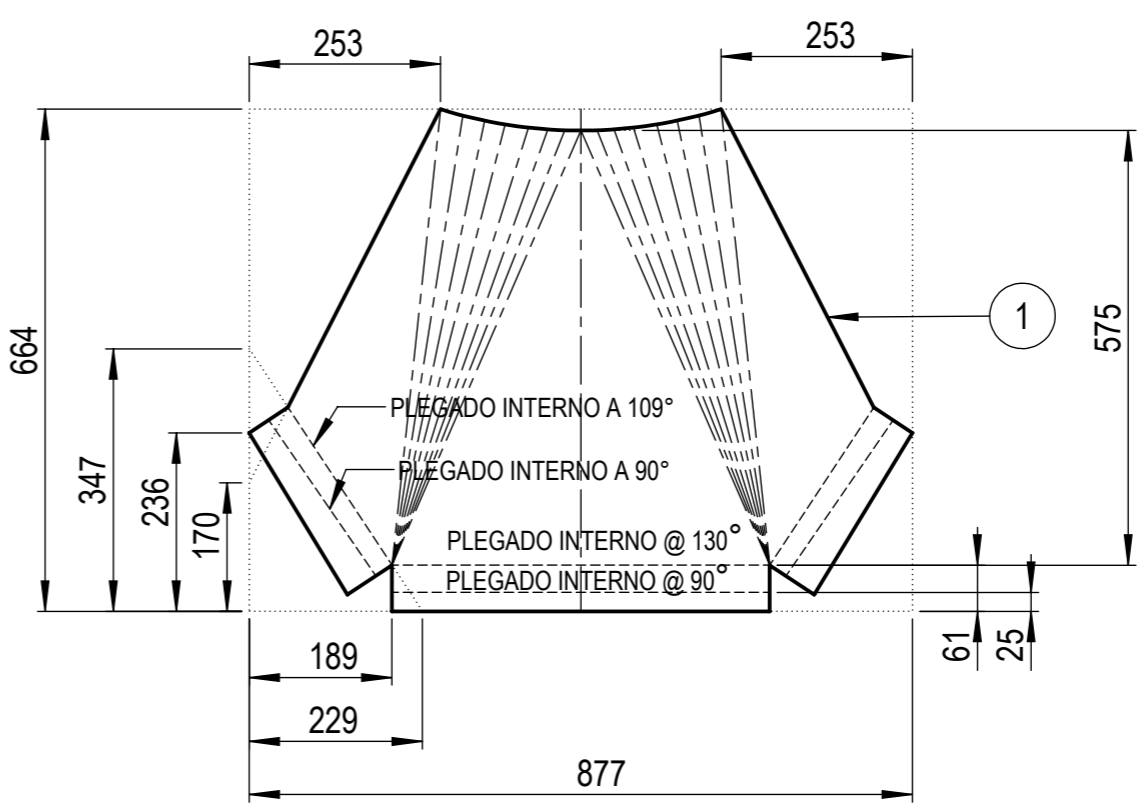
(Sustitución)



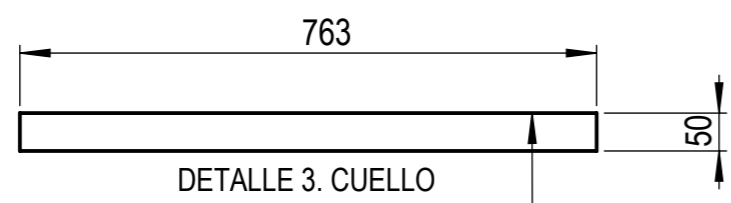




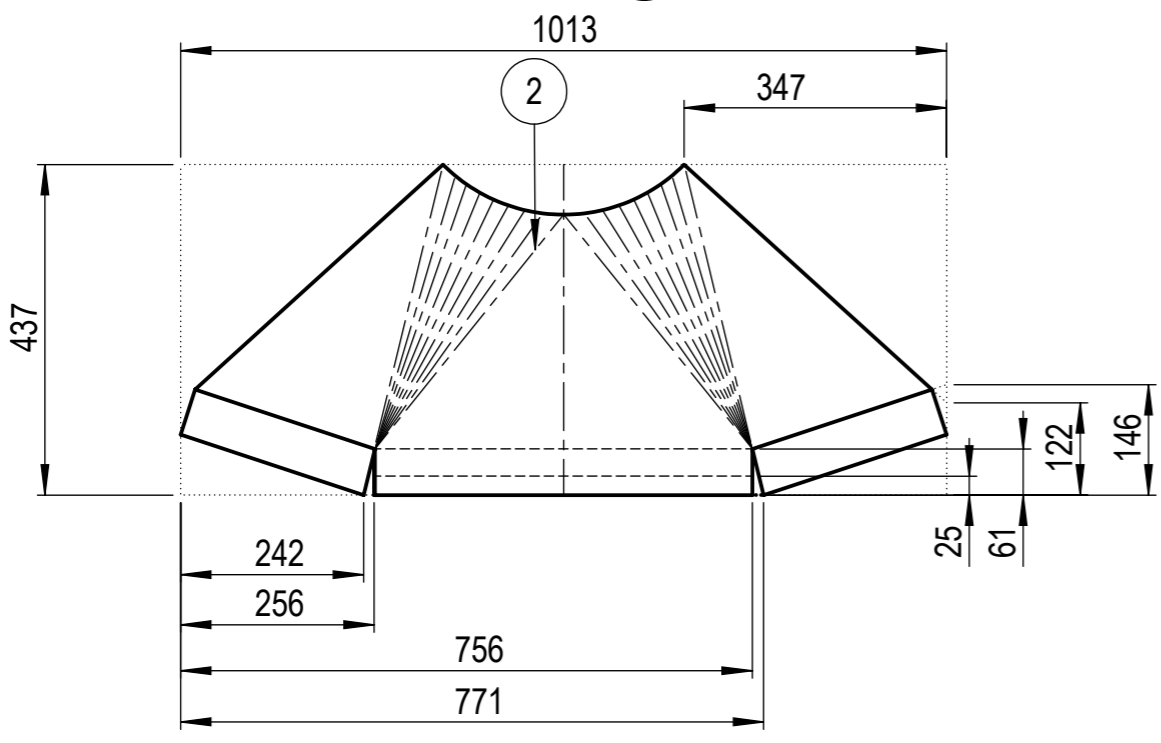
VISTA LATERAL



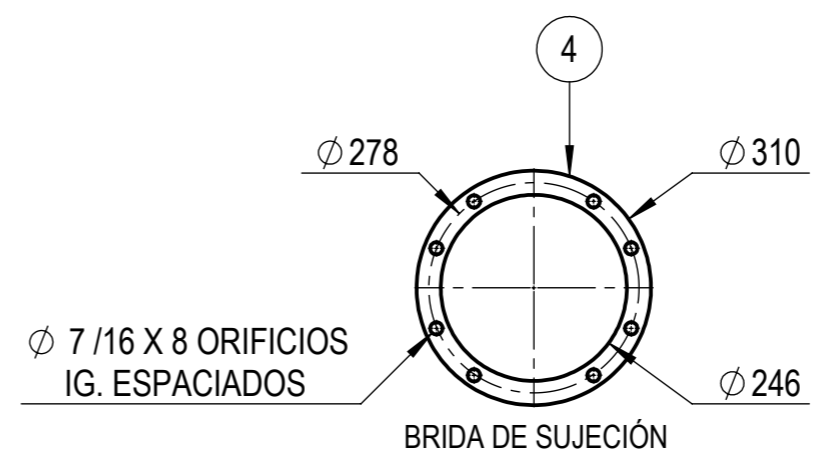
DESARROLLO FRONTAL



DETALLE 3. CUELLO



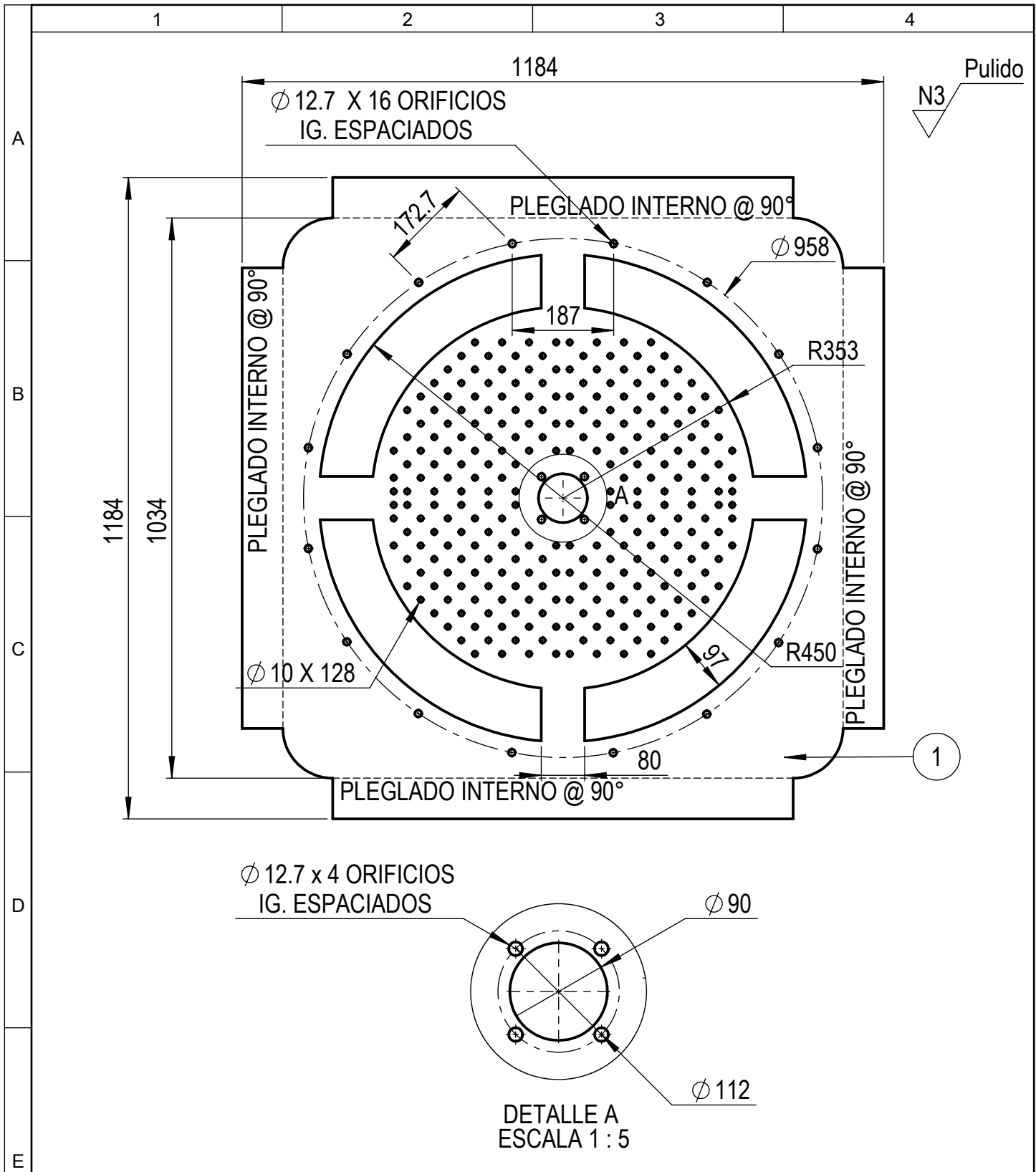
DESARROLLO POSTERIOR



BRIDA DE SUJECIÓN

N° de pieza	Descripción	Material	No. de orden	Peso Kg/pz	Observaciones
2	LAM. 310 X 310 X 6	AISI - 312 - 304	4	4,54	Cortado / Plegado
1	LAM. 50 X 763 X 3	AISI - 312 - 304	3	0,90	Cortado / Plegado
1	LAM. 437 X 1013 X 2	AISI - 312 - 304	2	6,98	Cortado / Plegado
1	LAM. 664 X 877 X 2	AISI - 312-304	1	9,18	Cortado / Plegado

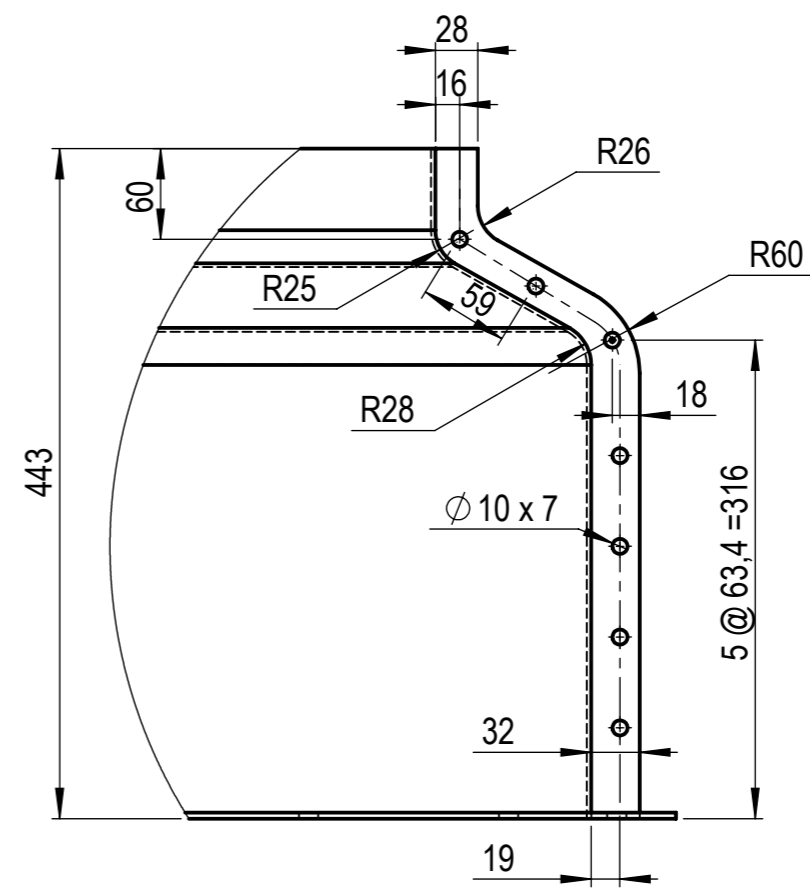
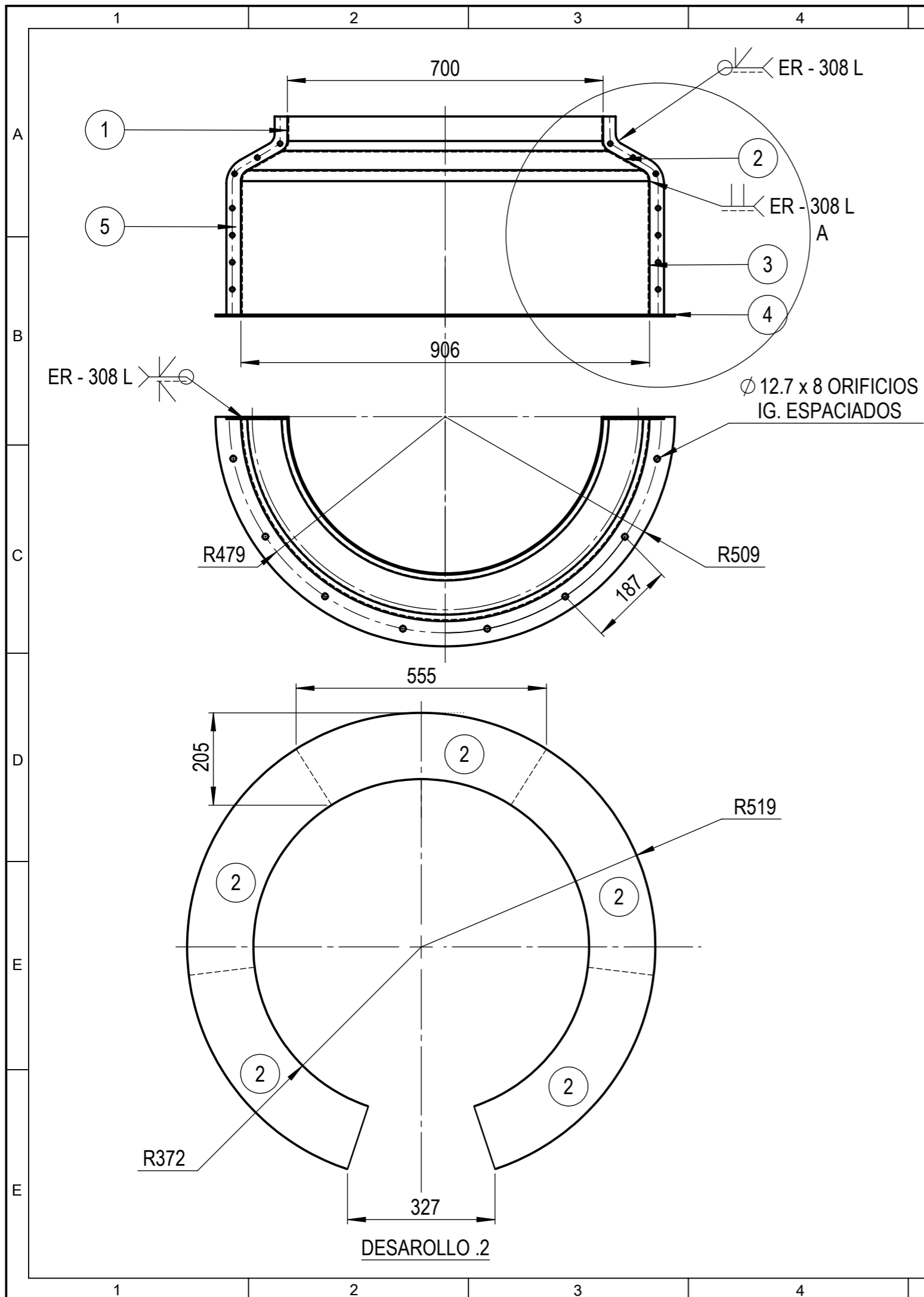
Tolerancia		(Peso)	Materiales: <b>AISI 304</b>								
±0,1		26.14 Kg									
Fecha		Nombre	Denominación: <b>SUBENSAMBLE TOLVA DE ALIMENTACIÓN</b>								
Dib.	23/08/13	Diego Arias									
Rev.	23/08/13	Ing. Alex Mayorga									
Apro.		23/08/13	Ing. Alex Mayorga								
Edición		Modificación		Fecha		Nombre		<b>UTA</b>		Número del dibujo: 15 de 20	
										(Sustitución)	



1	LAM. 1 184 X 1184 X 6	AISI - 304	1	66.28	Plegado
N° de pieza	Descripción	Material	No. del orden	Peso Kg/pz	Observaciones

				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	AISI - 304
				±0,1	66,28 Kg		
				Fecha	Nombre	Denominación:	PLACA BASE
				Dib. 23/08/13	Diego Arias		
				Rev. 23/08/13	Ing. Alex Mayorga		
				Apro. 23/08/13	Ing. Alex Mayorga	Número del dibujo:	16 de 20
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	<b>UTA</b>			



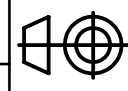


DETALLE A  
ESCALA 1 : 5

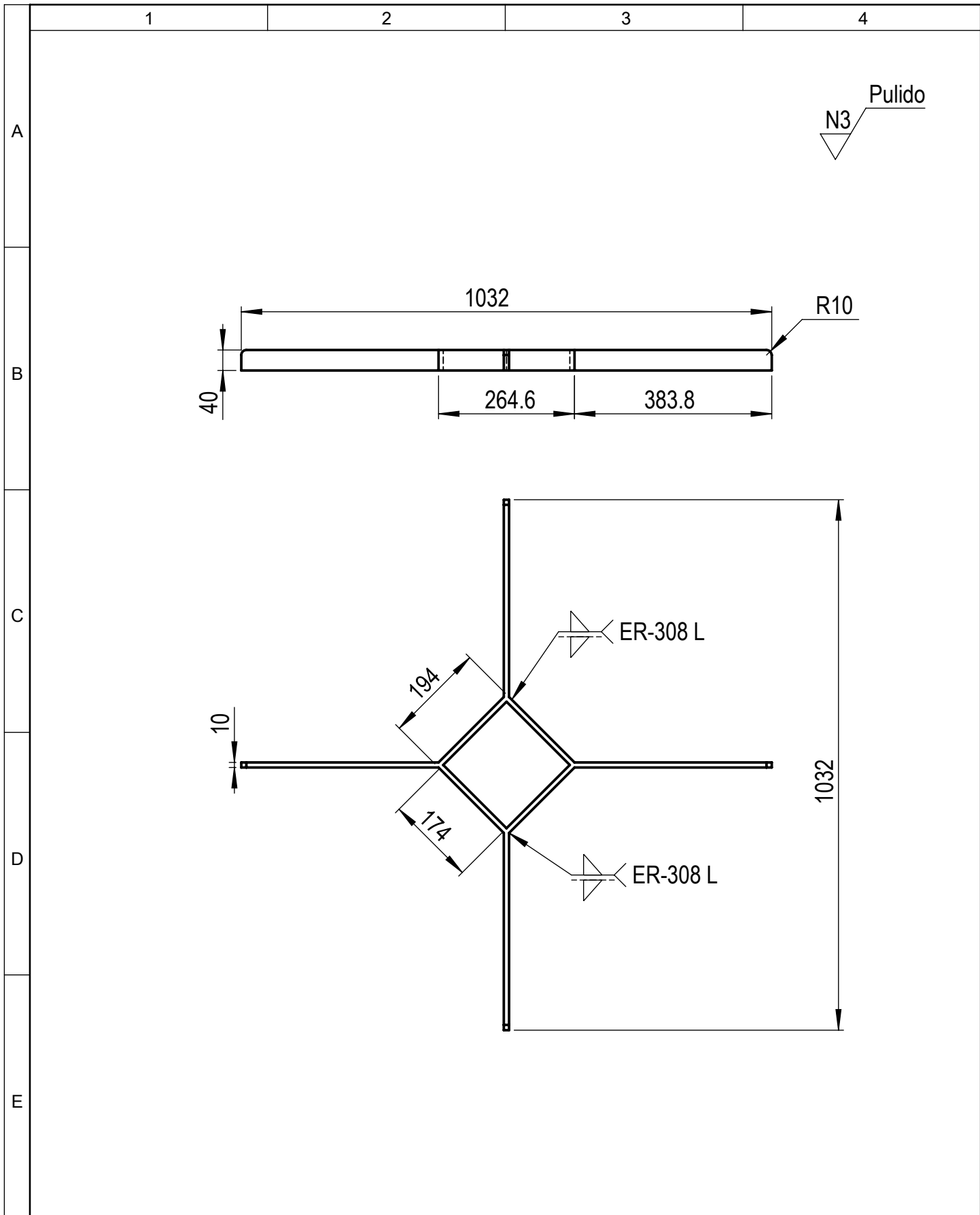
N° de pieza	Descripción	Material	No. de orden	Peso Kg/pz	Observaciones
4	LAM. 32X 443 X 5	AISI - 312-304	5	0,56	Rolado
6	LAM. 120 X 508 X 4	AISI - 312 -304	4	1,92	Cortado
1	LAM. 298 X 2837 X 3	AISI - 312 - 304	3	19,99	Rolado
5	LAM. 205 X 555 X 3	AISI - 312 - 304	2	2,69	Rolado
1	LAM. 57 X 2190 X 3	AISI - 312 - 304	1	2,95	Rolado

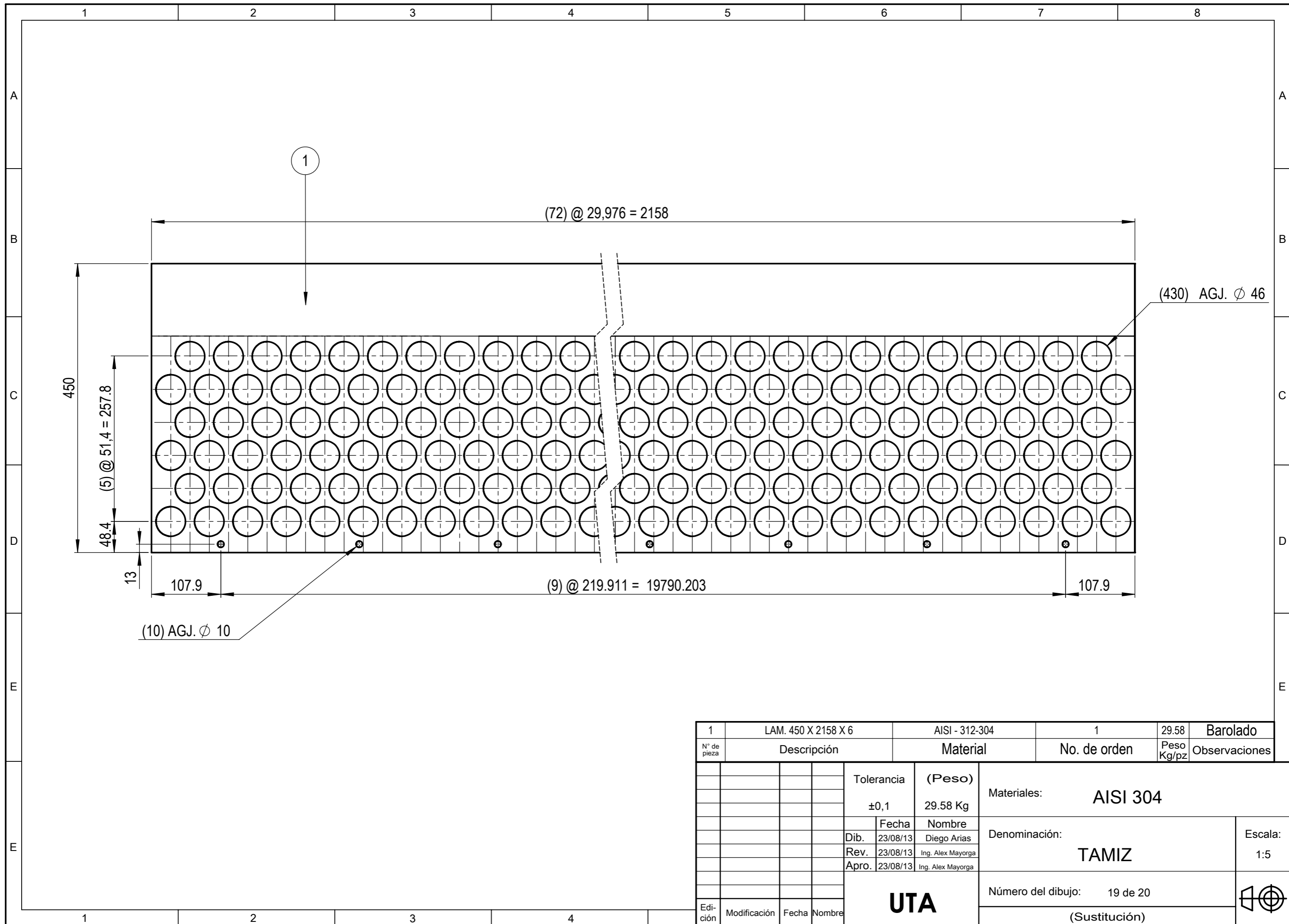
Tolerancia		(Peso)		Materiales: <b>AISI 304</b>	
±0,1		19,93 Kg			
Fecha		Nombre		Denominación: <b>SUB ENSAMBLE CARCASA EXTERNA</b>	
Dib.	23/08/12	Diego Arias			
Rev.	23/08/12	Ing. Alex Mayorga			
Apro.	23/08/12	Ing. Alex Mayorga			
Edición		Modificación		Número del dibujo: 17 de 20	
				(Sustitución)	



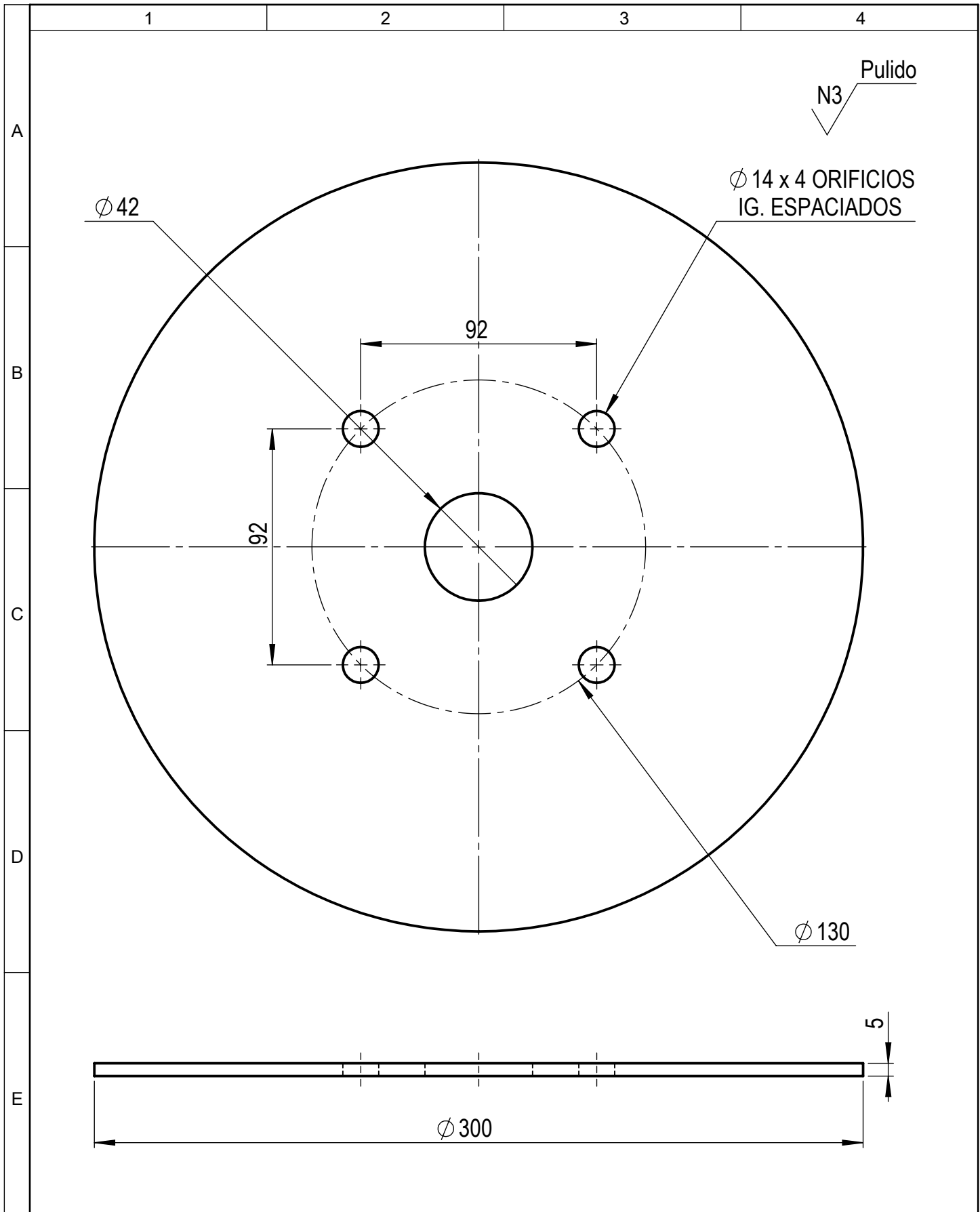
Escala:  
1:10



				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,1	7,23 Kg	AISI 304	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
			Dib.	23/08/13	Diego Arias		
			Rev.	23/08/13	Ing. Alex Mayorga		
				Apro.	23/08/13	Ing. Alex Mayorga	1:10
				<b>UTA</b>		Número del dibujo:	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



1	LAM. 450 X 2158 X 6	AISI - 312-304	1	29.58	Barolado
N° de pieza	Descripción	Material	No. de orden	Peso Kg/pz	Observaciones
		Tolerancia ±0,1	(Peso) 29.58 Kg	Materiales: AISI 304	
		Fecha	Nombre	Denominación: TAMIZ	
		Dib. 23/08/13	Diego Arias	Escala: 1:5	
		Rev. 23/08/13	Ing. Alex Mayorga		
		Apro. 23/08/13	Ing. Alex Mayorga		
		<b>UTA</b>		Número del dibujo: 19 de 20	
Edición	Modificación			Fecha	Nombre



				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,1	2,74 Kg	AISI 304	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
			Dib.	23/08/13	Diego Arias		
			Rev.	23/08/13	Ing. Alex Mayorga		
				Apro.	23/08/13	Ing. Alex Mayorga	1:2
				<b>UTA</b>		Número del dibujo:	20 de 20
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	