



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

***DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO PARA LA
REDUCCIÓN DE TAMAÑO DE LOS RESIDUOS DE PODA DE
LA ESPOCH.***

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO QUÍMICO

AUTORES: VÍCTOR EDUARDO TOSCANO SALAZAR

FRANKLIN PATRICIO VÁSCONEZ BASANTES

TUTOR: ING. HANNIBAL BRITO

RIOBAMBA – ECUADOR

2015

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

El tribunal de tesis certifica que: Que la investigación y realización del “*DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO PARA LA REDUCCIÓN DE TAMAÑO DE LOS RESIDUOS DE PODA DE LA ESPOCH.*”, la formulación de los señores Víctor Eduardo Toscano Salazar y Franklin Patricio Vásconez Basantes ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizado su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Dra. Nancy Veloz
DECANA FAC. CIENCIAS		
Dr. Marcelo Ramos
DIRECTOR ESC. ING. QUÍMICA		
Ing. Hannibal Brito. PhD.
DIRECTOR DE TESIS		
Ing. Mónica Andrade
COLABORADORA DE TESIS		

COORDINADOR SISBIB ESPOCH		
NOTA DE TESIS	

Nosotros, VÍCTOR EDUARDO TOSCANO SALAZAR Y FRANKLIN PATRICIO VÁSCONEZ BASANTES, somos responsables de las ideas expuestas y propuestas en el presente trabajo de investigación y el patrimonio intelectual de la Memoria de Grado pertenece a la **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

VÍCTOR EDUARDO TOSCANO SALAZAR

FRANKLIN PATRICIO VÁSCONEZ BASANTES

AGRADECIMIENTO

Agradecemos en primera instancia a Dios por guiar nuestro camino en un sentido de éxito y prosperidad lleno de conocimiento y sabiduría, de manera específica por permitirnos generar un trabajo de calidad y excelencia con el cual nos sentimos satisfactoriamente complacidos.

A nuestras familias por ser la motivación y el ánimo de cada día, por confiar en que este día llegaría y nos formaríamos como profesionales de la República del Ecuador, por brindarnos su ayuda y apogeo sin dudar, por estar a nuestro lado en los buenos y malos momentos en el transcurso de nuestra carrera y nuestra vida; por estas y muchas más razones no podemos evitar darles las gracias y expresar el amor infinito que sentimos por ellos.

De carácter especial a nuestros directores, Ingeniero Hannibal Brito e Ingeniera Mónica Andrade, que gracias a su infinita paciencia y su vasto conocimiento, tutelaron este trabajo de forma excelente, mostrando que a más de ser nuestros mentores, pueden ser amigos con los cuales podemos confiar en cualquier instancia.

A nuestros amigos y conocidos, que bien sea de forma directa o indirecta estuvieron ahí, dándonos el aliento necesario para culminar la recta final de nuestra vida estudiantil, brindándonos apoyo y compañía en cada instancia que los necesitábamos, siempre preocupados de nuestro progreso y dispuestos a manifestar la ayuda necesaria para nuestros éxitos.

De corazón agradecemos a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, por permitirnos formarnos como profesionales de elite, por garantizar una educación sin límites; a nuestros profesores que a lo largo de este transcurso de nuestra vida, nos ayudaron a evolucionar, a mejorar nuestras ideas y a formarnos como personas de bien.

Víctor Eduardo Toscano Salazar
Franklin Patricio Vasconez Besantes

DEDICATORIA

A Dios que permitió que este maravilloso momento llegase a mi vida.

Dedico esta Tesis a mí amado abuelito Manuel Salazar, que aunque ya no este entre nosotros, siempre lo llevaré en mi mente y corazón como un hombre sin precedencias, un ejemplo a seguir, una inspiración y el motivo que mi vida este llena de gozo y alegría.

A mi Madre, Ligia Salazar, la cual siempre estuvo ahí para darme su amor y sus consejos, evitándome decaer y generando en mí el hombre que soy ahora.

A mi tío Víctor Salazar, quien con su tenacidad me impulsa a seguir cada día mis sueños y anhelos.

A mis hermanas Michelle y Giselle Toscano, que nunca dudaron de mi capacidad y mi fuerza para alcanzar mis metas trazadas.

A mi novia, Mercy Arteaga, quien a lo largo de este tiempo ha estado ahí más que como una pareja, una amiga guiándome y compartiendo conmigo bellos momentos.

A Galo Sánchez que más que un amigo, se mostró como un padre.

A mis abuelitos, primos y tíos que sin el amor de la familia el éxito no se alcanza por completo

Víctor Eduardo Toscano Salazar

Dedico esta tesis en primer lugar a Dios por regalarme la vida que disfruto en este momento para cumplir mis metas y objetivos de vida.

A mi abuelita, Rosa Bucay por todo su inmenso amor hacia mi persona y por ser mi apoyo incondicional desde que nací hasta mis actuales momentos.

A mi madre, Pastora Basantes por su lucha constante por sacarme adelante a pesar de los problemas, por sus consejos, por todo su amor, afecto y comprensión.

A mis tíos, Alfonso Heredia y Oderay Bucay, que han sido mis segundos padres que han estado conmigo en las buenas y malas con ese constante apoyo de fuerza y superación.

A mis tíos, Ángel Basantes y Carmen Basantes que en mis momentos malos han sido quienes me han apoyado y me han brindado sus valiosos consejos.

A todas mis primas y mi primo Alfonsito, por haberse convertido en mis hermanos que de todo corazón los quiero y son muy importantes en mi vida.

Y a Sandina Cuacés, como muestra de todo el cariño que la tengo.

Franklin Patricio Vásconez Basantes

TABLA DE CONTENIDOS

CONTENIDO	Pp:
PORTADA	
HOJA DE FIRMAS	
HOJA DE RESPONSABILIDAD	
AGRADECIMIENTO	
DEDICATORIA	
TABLA DE ANEXOS	i
TABLA DE CONTENIDOS DE FIGURAS	ii
TABLA DE CONTENIDOS DE TABLAS	iii
ABREVIATURAS	v
RESUMEN	viii
SUMARY	ix
INTRODUCCIÓN	1
Antecedentes	2
Justificación	3
Objetivos	4
General	4
Específicos	4
CAPITULO I	
1. MARCO TEORICO	5
1.1. Madera	5
1.1.1. <i>Propiedades químicas y químicofísicas de la madera.</i>	5
1.1.2. <i>Clasificación de la madera</i>	6
1.1.2.1. <i>Maderas Blandas</i>	6

	Pp.
1.1.2.2. <i>Maderas Ferreas o Rigidas</i>	7
1.1.3. <i>Poda</i>	8
1.1.3.1. <i>Generalidades</i>	8
1.1.3.2. <i>Peso de los residuos de poda</i>	9
1.1.3.3. <i>Principios e importancia</i>	9
1.1.3.4. <i>Métodos de poda</i>	10
1.1.3.5. <i>Época de podar</i>	14
1.1.3.6. <i>Especies a podar</i>	15
1.1.3.7. <i>Especies de hoja caduca</i>	15
1.1.3.8. <i>Especies con hoja persistente</i>	16
1.1.3.9. <i>Forma adecuada de podar</i>	17
1.1.3.10. <i>Bosques productivos</i>	17
1.1.3.11. <i>Aplicaciones de los restos de poda</i>	18
1.1.3.12. <i>Aplicaciones sobresalientes de la utilización de los residuos de poda.</i>	18
1.1.3.12.1. <i>Biomasa</i>	18
1.1.3.12.1.1. <i>Fuentes de biomasa</i>	20
1.1.3.12.1.2. <i>División de la Biomasa según su aplicación</i>	22
1.1.3.12.1.3. <i>Tipos de Biomasa</i>	22
1.1.3.13. <i>Aprovechamiento de residuos de poda de árboles como combustible sólido</i>	23
1.2. <i>Reducción de tamaño</i>	23
1.2.1. <i>Criterios para la desintegración mecánica</i>	24
1.2.2. <i>Importancia en la reducción de tamaño en la industria</i>	25
1.2.3. <i>Equipos para la reducción de tamaño</i>	25
1.2.4. <i>Trituración</i>	27
1.2.4.1. <i>Características</i>	27
1.2.4.2. <i>Tipos de trituración</i>	27

	Pp.
1.2.4.2.1.	<i>Trituración primaria</i> 27
1.2.4.2.2.	<i>Trituración secundaria</i> 28
1.2.4.3.	<i>Etapas de trituración</i> 28
1.2.5.	<i>Trituradores</i> 29
1.2.5.1.	<i>Trituradores de mandíbulas</i> 29
1.2.5.2.	<i>Trituradores giratorios</i> 29
1.2.5.3.	<i>Trituradores de rodillos</i> 30
1.2.6.	<i>Elementos de los equipos de trituración</i> 31
1.2.6.1.	<i>Sistema de alimentación</i> 31
1.2.6.2.	<i>Sistema de corte</i> 32
1.2.6.3.	<i>Cuchillas cortadoras rotatorias</i> 32
1.2.7.	<i>Operación de trabajo</i> 33
1.2.8.	<i>Consumo de energía</i> 34
1.2.9.	<i>Leyes de reducción de tamaño</i> 35
1.2.9.1.	<i>Ley de Rittinger</i> 35
1.2.9.2.	<i>Ley de Bond</i> 36
1.2.9.3.	<i>Ley de Kick</i> 36
1.3.	<i>Diseño y dimensionamiento del equipo</i> 37
1.3.1.	<i>Diseño</i> 37
1.3.2.	<i>Porcentaje de producción de residuos de poda</i> 38
1.3.3.	<i>Porcentaje de número de valores de diámetros de residuos</i> 39
1.3.4.	<i>Calculo del contenido de humedad</i> 39
1.3.5.	<i>Dureza Brinell</i> 40
1.3.6.	<i>Determinación del tamaño muestral</i> 41
1.3.7.	<i>Producción estimada por área</i> 41
1.3.8.	<i>Volumen de la tolva de alimentación</i> 42

	Pp.
1.3.8.1.	<i>Cálculo del área mayor</i> 42
1.3.8.2.	<i>Cálculo del área menor</i> 42
1.3.8.3.	<i>Cálculo del volumen de tolva</i> 42
1.3.9.	<i>Determinación de la potencia y torque</i> 43
1.3.9.1.	<i>Determinación de la energía necesaria para la trituración</i> 43
1.3.9.2.	<i>Determinación de la potencia</i> 44
1.3.9.3.	<i>Determinación del torque</i> 44
1.3.10.	<i>Determinación de la velocidad de las cuchillas</i> 45
1.3.10.1.	<i>Velocidad angular</i> 45
1.3.10.2.	<i>Velocidad lineal</i> 45
1.3.11.	<i>Porcentaje de rendimiento</i> 46
1.3.12.	<i>Eficiencia del equipo</i> 46

CAPITULO II

2.	PARTE EXPERIMENTAL 48
2.1.	Muestreo 48
2.2.	Metodología 48
2.2.1.	<i>Métodos y Técnicas</i> 48
2.2.1.1.	<i>Métodos</i> 48
2.2.1.1.1.	<i>Método Descriptivo</i> 49
2.2.1.2.	<i>Técnicas</i> 49
2.2.1.2.1.	<i>Determinación de la producción estimada por área de residuos de poda</i> 50
2.2.1.2.2.	<i>Determinación del porcentaje de humedad en base húmeda</i> 51
2.2.1.2.3.	<i>Determinación de la dureza</i> 52
2.2.1.2.4.	<i>Determinación del porcentaje de rendimiento de la trituración</i> 53
2.2.1.2.5.	<i>Determinación del porcentaje de retenidos</i> 54
2.3.	Datos de diseño 55

	Pp.
2.3.1. <i>Diagnóstico</i>	55
2.3.2. <i>Datos</i>	61

CAPITULO III

3. DISEÑO	64
3.1. Cálculos	64
3.1.1. <i>Determinación del porcentaje de producción de residuos de poda</i>	64
3.1.2. <i>Determinación del porcentaje de número de valores de diámetros de residuos</i> ...	64
3.1.3. <i>Calculo de humedad</i>	64
3.1.4. <i>Calculo de dureza</i>	65
3.1.5. <i>Determinación del número de muestras de especies</i>	65
3.1.6. <i>Cálculo de la producción estimada por área</i>	65
3.1.7. <i>Cálculo del volumen de tolva de alimentación superior</i>	66
3.1.7.1. <i>Cálculo del área mayor</i>	66
3.1.7.2. <i>Cálculos del área menor</i>	66
3.1.7.3. <i>Cálculo del volumen de tolva</i>	66
3.1.8. <i>Cálculo de la potencia del motor</i>	66
3.1.8.1. <i>Cálculo de la constante de Rittinger</i>	66
3.1.8.2. <i>Cálculo de E</i>	67
3.1.8.3. <i>Cálculo de la potencia</i>	67
3.1.9. <i>Cálculo del torque</i>	67
3.1.10. <i>Cálculo de la velocidad de las cuchillas</i>	67
3.1.10.1. <i>Cálculo de la velocidad angular</i>	67
3.1.10.2. <i>Cálculo de la velocidad lineal</i>	67
3.1.11. <i>Cálculo del rendimiento</i>	68
3.1.12. <i>Eficiencia del Equipo</i>	68

	Pp.
3.2. Resultados	69
3.3. Propuesta	73
3.3.1. <i>Costo por cada kilogramo de residuo de poda triturado</i>	74
3.4. Análisis y discusión de resultados	75
CONCLUSIONES	77
RECOMENDACIONES	78
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

TABLA DE ANEXOS

ANEXO	CONTENIDO
A	ÁREAS ESPOCH.
B	CLASIFICACIÓN DUREZA
C	DUREZA BRINELL
D	DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD
E	EXPERIMENTACIÓN EN UN EQUIPO SIMILAR
F	EQUIPO TRITURADOR EN 3D
G	VISTAS Y COTAS DEL EQUIPO TRITURADOR
H	DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE RETENIDOS
I	COSTOS DE RECURSOS MATERIALES Y HUMANOS

TABLA DE CONTENIDOS DE FIGURAS

FIGURA	CONTENIDO	Pp.
1-1	FORMACIÓN.....	11
2-1	CONSERVACIÓN.....	11
3-1	RALEO.....	12
4-1	ORNAMENTACIÓN.....	12
5-1	PRODUCCIÓN.....	12
6-1	DESPUNTE.....	13
7-1	TIEMPO DE REJUVENECIMIENTO.....	13
8-1	CORTE CORRECTO.....	14
9-1	HOJAS CADUCAS.....	15
10-1	BASES SECAS.....	16
11-1	CHUPONES.....	16
12-1	TRITURADOR GIRATORIO.....	30
13-1	TRITURADORA DE RODILLO.....	31
14-1	CONSUMO ESPECÍFICO DE ENERGÍA EN FUNCIÓN DE LA SEPARACIÓN ENTRE CUCHILLAS.....	33
15-1	TIPOS DE CUCHILLAS.....	33
16-1	CONSUMO DE ENERGIA EN FUNCION DEL TAMAÑO DEL PRODUCTO EN UN EQUIPO DE REDUCCIÓN DE TAMAÑO.....	35
1-3	PRODUCCIÓN DE LOS RESIDUOS DE PODA.....	69
2-3	PORCENTAJE DE VALORES DE DIAMETROS DE LOS RESIDUO DE PODA.....	70
3-3	CURVA GRANULOMETRICA.....	73
4-3	EQUIPO PROPUESTO.....	74

TABLA DE CONTENIDOS DE TABLAS

TABLA	CONTENIDO	Pp.
1-1	TIEMPOS DE PODA.....	15
2-1	APLICACIONES DE LOS RESTOS DE PODA.....	18
3-1	TIPOS DE BIOMASA.....	22
4-1	TIPOS DE MAQUINAS.....	26
1-2	DETERMINACIÓN DE LA PEA DE RESIDUOS DE PODA DE LA ESPOCH.....	50
2-2	DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD DE ESPECIES DE LA ESPOCH.....	51
3-2	DETERMINACIÓN DE LA DUREZA DE ESPECIES DE LA ESPOCH.....	52
4-2	DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE RENDIMIENTO DE LA TRITURACIÓN DE RESIDUOS DE PODA.....	53
5-2	DETERMINACIÓN DE PORCENTAJE DE RETENIDOS.....	54
6-2	NOMBRES DE LAS ESPECIES IDENTIFICADAS EN LA ESPOCH.....	56
7-2	NOMBRES DE LAS ESPECIES DEL ÁREA 1.....	57
8-2	NOMBRES DE LAS ESPECIES DEL ÁREA 2.....	58
9-2	NOMBRES DE LAS ESPECIES DEL ÁREA 3.....	58
10-2	NOMBRES DE LAS ESPECIES DEL ÁREA 4.....	59
11-2	NOMBRES DE LAS ESPECIES DEL ÁREA 5.....	59
12-2	NOMBRES DE LAS ESPECIES DEL ÁREA 6.....	60
13-2	NOMBRES DE LAS ESPECIES DEL ÁREA 7.....	60
14-2	PRODUCCIÓN DE RESIDUOS DE PODA DE LA ESPOCH.....	61
15-2	PORCENTAJE DE NÚMERO DE VALORES DE DIÁMETROS DE RESIDUOS.....	62
16-2	DATOS PARA PORCENTAJE DE HUMEDAD.....	62
17-2	DATOS PARA DUREZA.....	63
18-2	MEDIDAS DE LA TOLVA DE ALIMENTACION.....	63
19-2	DATOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DEL EQUIPO.....	63
1-3	PORCENTAJE DE PRODUCCIÓN DE RESIDUOS DE PODA.....	69
2-3	PORCENTAJE DE NÚMEROS DE VALORES DE DIÁMETROS DE	70

	RESIDUO.....	
3-3	PORCENTAJE DE HUMEDAD DE ESPECIES DE LA ESPOCH.....	71
4-3	GRADO DE DUREZA DE ESPECIES MUESTREADAS EN LA ESPOCH.....	72
5-3	RESULTADOS DEL EQUIPO.....	72
6-3	RESULTADOS DEL PORCENTAJE DE RENDIMIENTO.....	72
7-3	PORCENTAJE DE RETENIDOS.....	72
8-3	PROPUESTA.....	73
9-3	COSTO DE CADA KILOGRAMO TRITURADO.....	74

ABREVIATURAS

# áreas:	Número de áreas.
\$:	Dólares americanos
%:	Porcentaje
%X:	Porcentaje de húmeda (%).
%R:	Porcentaje de rendimiento (%).
A:	Área mayor (m ²)
a:	Espesor mayor (m)
a':	Espesor menor (m)
A':	Área menor
b:	Base mayor (m)
b':	Base menor (m)
cm:	Centímetros
C _p :	Capacidad del equipo (Ton/h)
D:	Diámetro de esfera (mm)
d:	Error máximo permitido
d _m :	Diámetro medio de la impresión (mm).
E:	Energía necesaria para la trituración (HP h/Ton)
F:	Carga de ensayo (Kgf)
g:	Gramos
h:	Altura (m)
h:	Hora
HB:	Dureza Brinell (Kgf/mm ²)
k:	Cte de Rittinger
Kg:	Kilogramos
Kgf:	Kilogramos fuerza
m:	Metros
min:	Minutos
mm:	Milímetros
n:	Número

N:	Tamaño de lote
n:	Velocidad de las cuchillas (rpm)
N°:	Número
Nm:	Newton metro
p:	Probabilidad de éxito
P:	Potencia (HP)
PEA:	Producción estimada por área (Kg/día-área).
P _f :	Peso final de la muestra después de triturado (Kg).
P _h :	Peso húmedo (g).
P _i :	Peso inicial de la muestra (Kg).
p _{lg} :	Pulgada
P _o :	Peso seco en (g).
q:	Probabilidad de fracaso
r:	radio de cuchillas (m)
rad:	Radianes
rev:	Revoluciones
rpm:	Revoluciones por minuto
s:	Segundos
T:	Torque (Nm)
Ton:	Toneladas
v:	Velocidad lineal (m/s)
V _T :	Volumen de la tolva (m ³)
W _T :	Peso total de Residuos de Poda (Kg/día).
Z:	Nivel de confianza
π:	pi (3,1416)
Φ ₁ :	Diámetro de entrada
Φ ₂ :	Diámetro de salida
ω:	Velocidad Angular
%E:	Porcentaje de eficiencia (%)
W _R :	Trabajo requerido (kJ/s)
W _T :	Trabajo teórico (kJ/s)

P_A :	Producción por área (kg/día)
P_{T} :	Producción total (kg/día)
$\% N_D$:	Porcentaje de número de valores de diámetros de residuos (%)
N_V :	Número de valores de diámetros de ramas cortadas
N_{VT} :	Número total de valores de diámetros de ramas cortadas

RESUMEN

Se realizó el diseño y construcción de un equipo triturador de residuos de poda para el aprovechamiento del material triturado en biocompost y minimización de impactos ambientales ocasionados por una mala disposición final. Para el diseño del equipo, se procedió a dividir la institución a ser objeto de estudio (ESPOCH) en 7 áreas en dependencia del recorrido realizado por el personal de mantenimiento, del cual se identificó y se recolectó muestras de especies existentes en cada área, mismas que permitieron caracterizar los residuos a procesar en el equipo en cuanto tiene que ver a la humedad. Luego, del total de especies recolectadas se aplicó un método estadístico que permitió identificar la muestra representativa para pruebas de dureza. Por otro lado, se recolectó datos sobre la producción en peso que genera cada área y los respectivos diámetros de las ramas cortadas que permitieron identificar las condiciones de entrada a la cual va estar expuesto el equipo. Posteriormente, se revisó todas las variables operacionales y de diseño que permitieron optar por el mejor cálculo para la potencia, torque, diámetro máximo de entrada en el conducto lateral, volumen de tolva superior, requeridas para el equipo triturador, partes fundamentales para el logro de una trituración de alto rendimiento acorde a las necesidades planteadas desde un inicio. Como resultado se obtuvo un equipo con un rendimiento porcentual del 92% cuyas características contienen un motor de 13HP, torque de 25Nm, volumen de tova de 0,06 m³, conducto lateral de diámetro de 3 pulgadas, con un sistema de trituración contenido de 20 martillos y 2 cuchillas, que girarán a una velocidad lineal de 56,55 m/s y con una capacidad de 1 tonelada por hora. Se concluye que el producto obtenido puede utilizarse como materia prima para compost, recomendándose que el equipo sea parte de la primera etapa de la línea principal en la producción de biomasa a obtenerse en el compost.

Palabras claves: <TRITURADOR> <PODA> <RESIDUOS> <IMPACTO AMBIENTAL>
<HUMEDAD> <DUREZA> <DIAMETRO> <DISEÑO> <RENDIMIENTO> <POWER>
<TORQUE> <VOLUMEN> <CAPACIDAD> <COMPOST> <BIOMASA>

SUMMARY

The design and construction of a crushed pruning waste equipment was made for the use of crushed material in biocompost and minimization of environmental impacts caused by a bad final disposal. For the equipment design, we proceeded to divide the institution to be studied (ESPOCH) in 7 areas depending on the distance traveled by the maintenance staff, of which one was identified and samples of species collected in each area, same allowing to characterize the waste to be processed on the equipment as it relates to moisture. Then from the total species collected a statistical method was applied which allowed to identify the representative samples for hardness tests. On the other hand, production data by weight was collected that generates each area and the respective diameters of cut branches which identified the entry conditions to which the equipment will be exposed. Subsequently, all design and operational variables were reviewed that allowed to choose for the best estimate for power, torque, maximum diameter of entry into the lateral canal, upper hopper volume, crusher equipment required for fundamental parts to achieve a crushing high performance according to the needs arising from the beginning. As a result gets an equipment with a percent yield of 92% which characteristics contain a 13HP engine, torque of 25 Nm, total volume of 0,06 m³, lateral canal with diameter of 3 inches, with a crushing system containing 20 hammers and two knives which rotate at a linear speed of 56,55 m/s and with a capacity of 1 ton per hour. It concludes that the product obtained can be used as raw materials for compost, recommending that the equipment is part of the first stage of the main line in the production of biomass obtained in the compost.

Keyword: <CRUSHED> < PRUNNING > < WASTE > < ENVIRONMENTAL IMPACTS >
<MOISTURE > < HARDNESS > < DIAMETER > < DESIGN > <YIELD> <POTENCIA>
<TORQUE> <VOLUME> <CAPACITY> <COMPOST> <BIOMASS>

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de Tesis tiene como bases fundamentales la evaluación del criterio de reducción de tamaño, mediante el diseño y construcción de una Trituradora de residuos de Poda, por medio del cual, se forjará una conciencia en la reutilización de materiales orgánicos como beneficio del cuidado ambiental en la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO. Por otro lado se ha identificado los constituyentes de la Poda, para efectuar las acciones ante una pre-trituración y una post-trituración.

La problemática surge por la mala manipulación de los restos generados luego de la poda en las distintas áreas verdes de la institución, puesto que como no se tienen estudios definidos de la cantidad que se produce en cada zona es difícil determinar el tratamiento que se puede dar a estos. Además como consecuencia de la enorme concepción de estos residuos fue necesario realizar distintos estudios, en los cuales, se involucran la cantidad que se generaba en cada facultad (como en este caso se ha dividido las zonas de trabajo), así como el tipo de especies que se hallaron, indicando a su vez las características que estas poseían (humedad, dureza, etc.).

Como Ingenieros Químicos tenemos la misión de mejorar e innovar frecuentemente distintos sistemas de producción, involucrando en estos hechos la utilización de diversas operaciones unitarias con el fin de dar ayuda al medio y a la comunidad en que se vive. En este caso con el diseño y construcción del Equipo de Reducción de Tamaño encaminado a los residuos generados en la Poda, produciremos material eficiente para producir biomasa, con la finalidad de una ayuda al suelo y a los diversos sectores laborales. Además de ser materia prima para el compostaje.

El trabajo del triturador consiste en la producción de 1 tonelada-hora, con alimentación directa por la tolva y con una potencia de trabajo de 13 HP.

La recuperación de agentes beneficiarios para el medio, se basará en los cuidados de la materia triturada que salga del equipo, evitando pérdidas, generando una adecuada eficiencia de trabajo y manifestado los distintos resultados de producción.

El primer capítulo (fundamento teórico), habla sobre la poda y los tipos de residuos que se generan, se muestra en que consiste la operación de reducción de tamaño así como la importancia que esta posee dentro de la elaboración de este tema de Tesis, indicando los parámetros a evaluar tanto del equipo, como del material a triturar.

El segundo capítulo, corresponde a la parte experimental, donde se indica el muestreo realizado, la metodología, métodos y técnicas que se emplearan en el transcurso del trabajo. Así también se enuncia los datos del diseño del equipo de Reducción de Tamaño.

El tercer capítulo, que trata del diseño, genera la manifestación de ideas en el sentido los cálculos realizados, la determinación de los distintos parámetros analizados (humedad, dureza, tipo de especie, zona de muestreo, tipo de muestro.) y la presentación de los análisis y resultados finales. El cuarto capítulo, muestra la finalidad del trabajo, en el cual, se indica las conclusiones y recomendaciones que garantizan el cumplimiento de un trabajo eficiente y bien estructurado.

Antecedentes

Los residuos de la poda son considerados como elementos de alto potencial energético, pero el desconocimiento en esta área provoca la falta de estudios y usos que se pueden dar a los mismos para el cuidado del medio.

Como se conoce, cualquier tipo de desecho orgánico produce o emana gases con efecto invernadero, que conllevan a la presencia del calentamiento global y cambios bruscos de clima, es por esta razón, se debe dar importancia al manejo de este tipo de elementos, así como darle una buena disposición tanto dentro como fuera de la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

La ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO lleva a cabo frecuentemente un manteniendo adecuado (realizando la poda) de las distintas áreas verdes, con el propósito de mejorar la calidad de crecimiento, dar un mejor aspecto ornamental y prevenir la caída de ramas que puedan atentar con la integridad de las personas que transitan por la institución; los mismos que son clasificados directamente como material de desecho, existiendo un total desconocimiento por parte del personal encargado de los beneficios que estos podrían involucrar dentro de la institución, dándoles una adecuada utilización dentro de los distintos campos.

En si hay 2 departamentos en la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO que se encargan de estudiar la flora y su cuidado, dentro de los cuales tenemos; el Departamento de Mantenimiento a cargo del Ing. Larrea, quien es el encargado de planificar el proceso de poda en las distintas áreas de la institución. El segundo departamento se halla en la Facultad de Recursos Naturales, en la Escuela de Ingeniería Forestal, a cargo del Ing. Eduardo Ceballos, quien está directamente relacionado con un proyecto de Tesis de la tipología de flora presente en la institución. Aunque se realizan estudios generales de la flora en la institución, estos no son enfocados a los residuos o desperdicios que se generan luego de su mantenimiento (poda). Sin conocer la cantidad generada de dichos residuos en cada área, es difícil que la gente o personal que labora en la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO tome conciencia y medidas de un buen almacenamiento y manejo los mismos.

Debida a la falta de conocimiento esto residuos son expulsados fuera de la institución, sin tener ninguna finalidad y sin buscar un método de tratamiento, es decir que presenta una mala disposición final en cuanto a cómo se debe trabajar correctamente con estos residuos.

Los residuos generados de poda contienen exclusivamente: pedazos de ramas, hojas cortadas de árboles y arbustos existentes en la zona verde del campus.

Justificación

La excesiva generación de residuos de poda dentro de la institución ha generado preocupación del que hacer con los mismos y con el fin de evitar diversos impactos ambientales se ha fomentado la idea del diseño y construcción de una trituradora de poda, destinado al laboratorio de Operaciones Unitarias, para la elaboración de distintas prácticas de reducción de tamaño y la obtención de material para compostaje.

Muchos estudios han revelado que el almacenamiento inadecuado de la materia orgánica cortada de los árboles y arbusto después de la poda generan problemas ambientales. Por esta razón y el por el constate cambio climático, se ha procedido a generar un tratamiento adecuado para los residuos de poda, con la finalidad de minimizar dichos problemas para el cuidado del ambiente y generar subproductos con aportes energéticos de quien lo utilice, así también se busca solucionar de una forma rentable, práctica y viable el uso de los residuos de poda del campus de la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

Un tratamiento a los residuos de poda dentro de la institución, puede ser un proceso de compostaje, cuya fase clave está en la reducción del tamaño del material a utilizar. Como Ingenieros Químicos procedentes de la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO contamos con un vasto conocimiento de las diversas operaciones unitarias de reducción de tamaño, los cuales se ha puesto en práctica para dar solución de dicho problema. Por el cual, la inexistencia de un estudio y construcción de un equipo de reducción de tamaño, acorde a las necesidades de la institución, permite llevar a cabo un proyecto de solución de tratamiento de residuos de poda.

Dentro de las principales características del equipo se tomaran en cuenta las medidas de seguridad de trabajo, la cantidad de producción que se puede obtener en un tiempo establecido, el tipo de material con el cual está destinado a trabajar (residuos de poda, es decir, ramas), eficiencia y la potencia del motor.

Objetivos

General

Realizar el diseño y construcción de un equipo para la reducción de tamaño de los residuos de poda de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Específicos

- Determinar la producción general de residuos de poda por área de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Identificar las variables que se involucran en el diseño y construcción del equipo.
- Realizar los cálculos de ingeniería necesarios para el dimensionamiento del equipo.
- Realizar la validación del equipo.

CAPITULO 1

1. MARCO TEORICO

1.1. Madera

“La madera es aquella sustancia que se encuentra en el interior del tronco de cualquier árbol, propiamente se ubica bajo su corteza. Esta ha sido utilizada por cerca de mil años como material de construcción y combustible, puesto que al ser un organismo vivo está diseñado por estructuras fibrilares compuestas, que contienen distintos nutrientes y capacidades que abarcan las necesidades que requiere el hombre para la construcción y usos energéticos. Siendo un elemento vegetal que ha estado desde principios de los tiempos este fue uno de los principales materiales usado por el hombre”¹.

1.1.1. Propiedades químicas y químico-físicas de la madera.

“El estudio para el uso de la madera parte desde la composición química que esta posee, con la finalidad de mostrar el tipo de sustancia que secreta de la misma, así como los componentes de la cual está formada.

Iniciando desde su estructura química que la componente, se establece de una forma global la combinación de los elementos carbono, hidrogeno y oxígeno. Enunciando las sustancias que secreta se nombra:

- Los extraíbles
- Los componentes de la pared celular, estos últimos comprenden la lignina, celulosa y hemicelulosa (Hans, B. y Anders, R., 1995).

Se distingue a cada uno de los componentes de la madera, por la diversidad existente en sus estructuras químicas. En si se tiene la siguiente clasificación:

- Vegetales leñosos:
- Lignina, entre 25 y 35 % (maderas blandas); entre 17 y 25 % (maderas duras).

¹ Madera. <http://www.arqhys.com/contenidos/madera-tipos.html>

- Celulosa, entre 40 y 45 %, prácticamente igual tanto para maderas duras que para maderas blandas).
- Hemicelulosa, 20 % (maderas blandas), entre 15 y 35 % (maderas duras).

Uno de los principales elementos de los troncos de los árboles es la lignina cuya propiedad se basa en generar cohesión dentro del organismo del árbol, generando la dureza y rigidez necesarias a los haces de fibras celulósicas. La falta de esta sustancia evitaría que los arboles alcancen tanta altura, como los que se ven comúnmente.

La estructura de la madera que más contiene lignina, contiene cerca de un 75%, y se trata de la pared secundaria, esta confiere a la madera su gran resistencia, dureza e impermeabilidad. Estas propiedades permiten desarrollar diversas aplicaciones para la obtención de carbón activado, como es la regulación de la gasificación y la creación de poros.

A modo de resumen, podemos añadir que en las coníferas la relación lignina-hemicelulosa-celulosa es de 30:20:50 % en masa y en las latifolias la relación es en igual orden, de 20:30:50 (Díaz, A., 1986)².

1.1.2. Clasificación de la madera

1.1.2.1. Maderas Blandas

“Se distingue principalmente dentro de este grupo a las coníferas, sus características físicas por lo general muestran una figura alta, espigada y en punta. El desarrollo biológico de este tipo de maderas, muestra un breve crecimiento, con escasa densidad y con fácil cultivo en bosques particulares. Debido a su baja densidad sus troncos suelen ser rectos y largos con baja resistencia y de fácil manejo al momento de trabajar. En el sentido laboral, su valor es menor que el de las maderas duras y su uso va destinado prácticamente a la construcción, ebanistería y a la fabricación de papel y tableros de fibra.

Pino Oregón: Es una de las maderas más blandas y se utiliza mayormente en la carpintería.

Pino de Hoja Larga: Es una madera resinosa, que posee una coloración agradable y en los primeros años fue utilizada como sustento para la elaboración de muebles confeccionados hacia las diversas iglesias.

² Propiedades Químicas y Quimicofiscas de la madera. <http://www.monografias.com/trabajos15/transformacion-madera/transformacion-madera.shtml>

Tejo: Este tipo de madera muestra una dificultad al trabajar debido a la estructura de su anillo, pese a esto es muy utilizada para realizar mueblería, arcos y puertas, gracias a su atractivo color.

1.1.2.2. Maderas Ferreas o Rigidas

Las principales diferencias con las maderas blandas, es que estas son de lento crecimiento, su densidad es mayor y su precios es mucho mayor, normalmente las maderas duras son muy poco utilizadas con fines comerciales y cuentan con una mayor gana de colores, granos y veteados, estas se hallan distribuidas por todos los lugares del mundo.

Este tipo de madera se divide según su resistencia en:

- a) Medianas (una dureza accesible para trabajar).
- b) Altas (una dureza que presenta dificultades para laborar).
- c) Muy altas (una dureza con índices altos de dificultad para su utilización).

Fresno: Este tipo de madera es frecuentemente utilizada para la construcción de mangos de herramientas, carpintería e instrumentos para la agricultura, pose un color rojizo oscuro y es de grano recto.

Balsa: Su manipulación es sencilla y se utiliza más en la construcción de bosquejos y prototipos, posee una textura agradable para el trabajo gracias a su ligereza.

Haya americana: Generalmente se emplea en la carpintería (acoplado y bastimento de muebles arqueados), muestra una estructura firme, fina y lisa

Boj: Es una de las maderas más pesadas de un color muy distinguido y atractivo para quien labora con ella, se emplea para la decoración y acabados de muebles.

Bubinga: Es empleada para la elaboración y acabado de muebles, se caracteriza por tener un grano rojizo e irregular.

Nogal blanco americano: Gracias a su textura es una de las maderas más empleadas en la carpintería y la confección de muebles.

Castaño: Se caracteriza por su grano en espiral y sirve para la fabricación de ataúdes y marcos de ventanas principalmente.

Teca: Su color pardo es el principal atractivo para trabajar con ella. Aunque debido a la carencia y desaparición de este tipo de madera está bajo protección y no se puede usar y mucho menos exportar.

Cerezo: En sí este tipo de madera es de las apreciadas por su fina y relevante textura, presenta un color rosa agradable a la vista y se ve mucho en los diseños de interiores.

Tilo: Un aspecto que denota este tipo de madera es la decoloración al contacto con el aire, se emplea en la construcción de instrumentos musicales y de juguetes.

Roble: La tornería, acabados exteriores y entablados son unos de los usos que más se le da a este tipo de madera.

Sicomoro: Esta especie frecuentemente es empleada para la construcción de elementos de cocina, gracias a su lisa y fina textura.

Olmo: Es de las pocas maderas que se emplea en la elaboración de techos³.

1.1.3. Poda

1.1.3.1. Generalidades

“El podar es la técnica o método que se lleva a cabo para igualar, cortar o generar una mejor presentación de un árbol o arbusto. La poda de cada organismo forestal o vegetativo es realizada con mucho cuidado y de manera correcta puesta que esta en sí ayuda de forma directa al rendimiento del crecimiento del árbol y del fruto; así, es una práctica agrícola común. En la parte forestal se utiliza el cuidado de los árboles para tener maderos más rectos y con ramificaciones bien controladas, generando así una mejor calidad.

³ Clasificación de la madera. <http://blog.briconatur.com/clasificacion-de-las-maderas-maderas-blandas-y-maderas-duras>

Mientras que en el sector urbano esta práctica es implementada con la finalidad de prevenir la caída de las ramas, y en si establecen un tamaño general de los arboles presentes, para que no existan molestas en el trayecto de su crecimiento.

Una de las maneras más utilizadas para generar formas artificiales en el sector forestal es la utilización de la jardinería en sentido de la buena realización de la poda. Esta por lo regular es realizada en ciertos periodos de tiempo garantizando el buen crecimiento de las zonas verdes y dando un aumento del valor ornamental de las mismas. Si por la frecuencia realizada, esta se la hace mal o de forma inadecuada, puede ocasionar disminución de la vida de los árboles, así mismo desgasta de forma regular su crecimiento, dureza e incluso la absorción de nutrientes”⁴.

1.1.3.2. Peso de los residuos de poda

“Peso verde:

Es el peso que posee la madera que recién ha sido talada, cortada o podada, en si muestra saturación de agua en sus paredes celulares.

Peso normal:

Es el peso que comúnmente se ve o se nota en los árboles y arbustos antes de ser cortados, comprendido en los valores de 12 a 18% de humedad.

Peso seco:

Es el peso que se adquiere luego que la madera ha sido puesta a secar, por lo general esto se realiza en una estufa a 105° aproximadamente y por un tiempo de 24 horas”⁵.

1.1.3.3. Principios e importancia

“La poda tiene suma importancia tanto en el campo industrial como en el ambiental, puesto que esta se encarga de la eliminación del crecimiento inadecuado de plantas leñosas, en si se encarga de reducir el tamaño de la vegetación de forma adecuada y evitando un desgaste innecesario de las

⁴ Poda. <http://www.boletinagrario.com/ap-6.podar,1073.html>

⁵ Peso de los residuos de Poda. http://www2.montes.upm.es/Dptos/DptoEconomia/das_ord_val/Dasometria/Presentaciones/Tema4.pdf

zonas verdes. Podar es una técnica de cuidado a la naturaleza, evitando su destrucción y favoreciendo mejora a su crecimiento, mediante el empleo de principios de arreglo y perfilado.

Debido a la contaminación actual que se presenta en las zonas urbanas y rurales es importante tener un adecuado cuidado a la vegetación que se torna en el medio, es por eso que existen varias razones por las cuales se debe proceder a realizar un buen trabajo cuando se realiza una poda. Sea por motivos de salud o doctrinas estéticas, este tipo de labor debe llevarse acabo de la mejor manera, para el beneficio de la vegetación. En si podar es el arte de compactar árboles, arbustos o cualquier especie vegetal. Los aspectos más importantes a evaluar por los cuales ser debe generar una buena poda es para dar a los arboles un buen soporte de carga destinado a sus frutos y/o flores; ya que de esta manera se garantiza un buen equilibrio de la estructura vegetativa. Una poda eficiente permite controlar el crecimiento adecuado de una especie, así como su calidad y tiempo de producción. Un mal trabajo de corte manifiesta en la planta una excesiva concentración de energías para crecer y ninguna en sentido de producción.

Básicamente se trata de suprimir las áreas enfermas, deterioradas y dañadas que puedan retener el crecimiento de la planta. Esto se realiza generalmente ya que puede afectar la recepción de la luz solar, con lo que evita que la planta adquiera todos los nutrientes necesarios para continua prosperidad.

Al tratar de la importación de los restos generados en la poda, se puede hablar de varios sectores en los cuales sobresale su necesidad:

- Sector Agrícola, donde comúnmente este tipo de residuos pueden ser utilizado como biomasa, para aumentar la calidad de los cultivos.
- Sector Industrial (plantas químicas o tratamiento de suelos), básicamente aquí los restos de poda suelen ser utilizados de forma distinta, en si los métodos más hablados son; el biocombustible por su alto rendimiento energético (mas dirigido en empresas grandes en el continente Europeo) y para la biorremediación de suelos, que gracias a su elevado contenido de nutrientes, puede devolver la vida a suelos que han sido dañados por las diversas pruebas químicas que el hombre ha realizado.

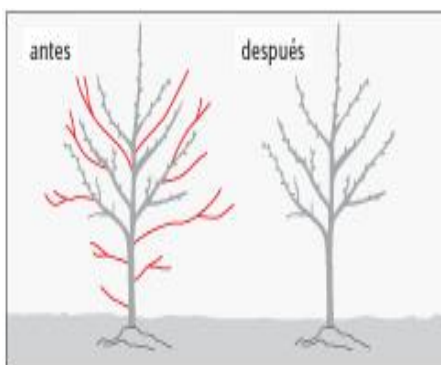
1.1.3.4. Métodos de poda

El objetivo de los distintos tipos de poda que se pueda realizar, basan sus técnicas en las características, necesidades o requerimientos que el árbol o arbusto necesiten.

De formación:

Es generado con el fin de dar un correcto desarrollo de la planta, desde sus inicios, para que su ramificación sea la adecuada y bien equilibrada.

Figura 1-1: Formación

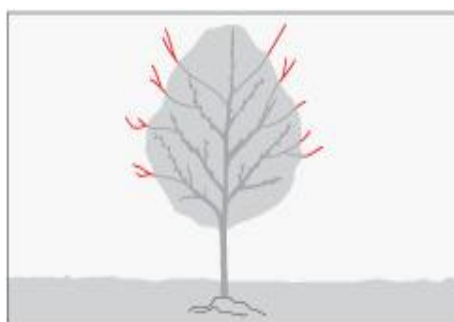


Fuente: Hagaloustedmismo.com

De conservación o reestructuración:

Se trata de conservar una adecuada medida en el transcurso de su formación, aquí se trata de eliminar las ramas secas, evitando el deterioro y envejecimiento prematuro del árbol o arbusto.

Figura 2-1: Conservación

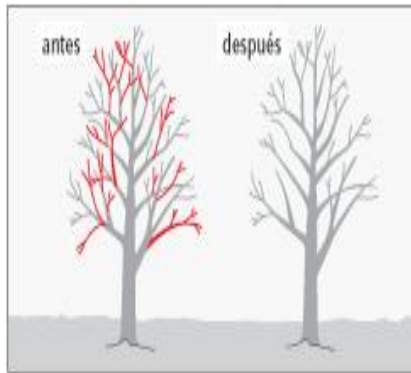


Fuente: Hagaloustedmismo.com

De raleo:

Es el corte que se realiza a las ramas superiores que evitan la introducción de la luz solar llegue al interior del árbol.

Figura 3-1: Raleo

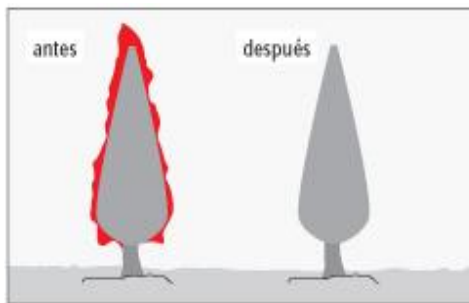


Fuente: Hagaloustedmismo.com

Ornamentación:

Es básicamente el cuidado de la apariencia que se debe brindar una especie.

Figura 4-1: Ornamentación

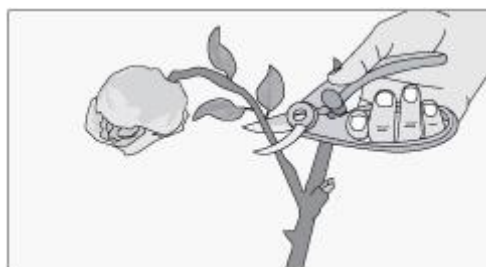


Fuente: Hagaloustedmismo.com

Producción:

Es el corte que normalmente se da para el cuidado de la producción de la flor o de fruto de una especie.

Figura 5-1: Producción



Fuente: Hagaloustedmismo.com

Despunte:

Es la regulación de las hojas o ramas sobresalidas, ayudando a que haya más fluidez de la luz solar y dando una mejor presentación.

Figura 6-1: Despunte

Fuente: Hagaloustedmismo.com.cl

Restauración:

Es el rescate que se le da a diversos arbusto y/o árboles, eliminando partes viejas o deterioradas. Esto se debe realizar de forma continua y constante hasta que la especie adquiera una fuerza vital estable.

Figura 7-1: Tiempo de rejuvenecimiento

Fuente: Hagaloustedmismo.com.cl

1.1.3.5. *Época de podar*

El tiempo que comúnmente es tomado para la poda es entre mayo a agosto.

Pero en si el momento dependerá de la climatología de cada zona, donde el comportamiento del crecimiento de la planta puede variar por las sequias o heladas que se puedan presentar.

Es fundamental realizar la poda en el tiempo y climas adecuados ya esto puede alterar el crecimiento de la especie.

La época o tiempo de poda puede retrasarse o acelerarse dependiendo de la climatología por la que esté pasando la zona en las que se va a realizar el trabajo.

Figura 8-1: Corte correcto



Fuente: Hagaloustedmismo.com.cl

- Nunca se debe realizar la poda en temporada de primavera ya que se interrumpe la producción floral y puede acortar la vida de la especie en un futuro.
- La mayoría de podaje se debe realizar cuando las hojas comienzan a caer y se presentan zonas dañadas.
- La poda mayormente se debe realizar en la temporada de verano, con lo que brinda un apoyo de crecimiento y favorece a la formación de ramas sin daños.

Tabla 1-1: Tiempos de poda

Mes	Zonas
Mayo	Costeras y con escasas de heladas
Julio	Con leves escalas de heladas
Agosto	Sureñas con climas moderados
Noviembre	Norteñas con propensas helada

Fuente: TOSCANO, V./VASCONEZ, F., ESPOCH, 2015

1.1.3.6. *Especies a podar*

En el mayor de los casos la poda se realiza por el cuidado vital de la especie, eliminando partes dañadas o caducas, aunque también es fundamental darle una apariencia agradable y compacta, sobre todo en campus institucionales, empresas y parques. Es importante seleccionar la especie a tratar y analizar el corte o trabajo al que va ser expuesta.

1.1.3.7. *Especies de hoja caduca*

Es una poda que se realiza a las especies que ya no cuentan con hojas para que la próxima producción sea eficaz y con garantía de un nuevo crecimiento. El efecto de este tipo de corte denota en la temporada de primavera.

Figura 9-1: Hojas caducas



Fuente: Hagaloustedmismo.com.cl

- Si se desea eliminar este tipo de hojas en temporada de invierno se debe realizar con mucha precisión ya que muchas especies almacenan energía en sus hojas y ramas, con que se puede provocar la deterioración de las especie.
- Las técnicas a utilizar en el podaje depende del tiempo climatológico y del tipo de especie.
- Una buena poda amplía la vida de un arbusto.

Figura 10-1: Bases secas



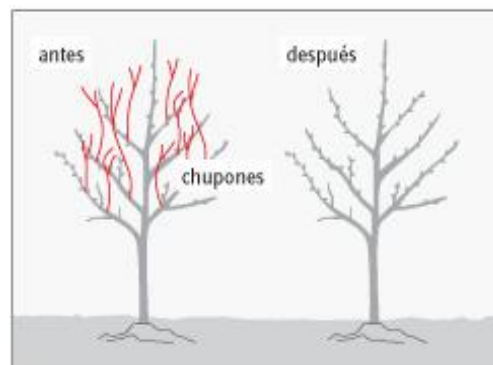
Fuente: Hagaloustedmismo.com

1.1.3.8. *Especies con hoja persistente*

Más que una poda lo que se realiza a estas hojas es una igualación y mantención para evitar la exaltación inadecuada de ramas. Este tipo de corte evita la contaminación de la especie.

A más de los cortes realizados, se debe mostrar un cuidado adecuado para que su crecimiento aunque lento, sea seguro.

Figura 11-1: Chupones



Fuente: Hagaloustedmismo

- Cuando se muestra una resequeidad en la base, se debe realizar una poda inmediata ya que esto indica que la raíz no está adquiriendo suficiente agua.
- Para evitar que las ramas se desplomen por el peso, cuando han adquirido un tamaño excesivo, se realiza un corte para regular su crecimiento.
- Otro método que favorece el crecimiento de una especie es la realización de una limpieza delicada después de cada podaje.

1.1.3.9. Forma adecuada de podar

- Seleccionar la especie con la cual se va a trabajar.
- Tomar en cuenta mucho la técnica y procedimiento que se va aplicar (con la finalidad de garantizar un crecimiento adecuado).
- Si la poda es solo estética, se debe realizar con mucho cuidado, evitando que el corte produzca falencias en la recepción de nutrientes de la especie”⁶.

1.1.3.10. Bosques productivos

“Debido a la desaparición y escases de muchas especies en el transcurso de los últimos años se ha procedido a dividir las zonas de donde se puede adquirir madera, evitando dañar bosques con especies protegidas.

El primer tipo de bosques son conocidos como bosques nativos no renovables, ya que son de muy poco aprovechamiento y prácticamente sirven más para el cuidado de ejemplares irrecuperables.

El segundo tipo de bosques son conocidos como bosques nativos renovables, son yacimientos en los cuales existen diversos tipos de especies jóvenes que se lograron recuperar luego de un accidente o daños que sufrió dicha zona.

Otro tipo de bosques se refieren a los sembradíos boscosos o forestales, de donde se adquiere la madera para diversos trabajos y formación de productos de usos diarios”⁷.

⁶ Principios e importancia de la Poda. <http://www.hagaloustedmismo.cl/component/hum/proyecto/338/poda-sus-principios-e-importancia.html>

⁷ Bosques productivos. Sp-chile-potencial-biomasa-forestal.pdf

1.1.3.11. Aplicaciones de los restos de poda

Tabla 2-1: Aplicaciones de los restos de poda

USOS	DESCRIPCIÓN
<i>Compostaje</i>	Descomposición controlada de residuos vegetales o animales. Se obtiene un producto final llamado compost se usa como bioabono para los suelos.
<i>Producción de biocombustibles</i>	Producción de carbón vegetal, Ethanol, metano.
<i>Acondicionadores de suelo (Material picado)</i>	Aplicación de material vegetal picado en la base de los árboles. Favorece retención de humedad, infiltración.
<i>Producción de hongos comestibles</i>	Sustrato para la producción de Setas comestibles
<i>Recuperación de suelos degradados</i>	Los residuos vegetales contribuyen a recuperar suelos degradados por deforestación, minería, monocultivo etc.
<i>Mobiliarios urbanos</i>	La madera puede ser transformada en parques, sillas, escaleras, plazoletas de los espacios públicos.

Fuente: TOSCANOS V. /VASCONEZ F., ESPOCH. 2015

1.1.3.12. Aplicaciones sobresalientes de la utilización de los residuos de poda.

1.1.3.12.1. Biomasa

“Uno de los principales productos energéticos que se destaca dentro de la implementación de energías renovables en el campo industrial, es la utilización de la biomasa, que viniendo hacer un gran conjunto de materias de diversa estructuración y con características muy diferentes, se sitúa como uno de los principales elementos de utilización dentro de una empresa.

La biomasa es toda aquella materia orgánica de origen vegetal o animal, incluyendo residuos y desechos también orgánicos que pueden ser aprovechados energéticamente. Destaca como una alternativa de energía renovable muy utilizada a nivel industrial y doméstico.

Dentro de los elementos que constituyen parte de la biomasa podemos incluir, por ejemplo, los residuos agroforestales, residuos de jardinería, combustibles líquidos derivados de productos agrícolas, desechos de origen animal o humano, cultivos destinados a la producción en sí de biomasa, etc.

La biomasa se presenta como una fuente energética que puede llegar a tener gran repercusión desde el punto de vista energético y ambiental, así como también para el surgir socioeconómico de las zonas rurales y países en vías de desarrollo, reduciendo el abastecimiento exterior de combustibles fósiles para el abastecimiento interno.

Las instalaciones que producen energía con biomasa se abastecen de una amplia gama de biocombustibles, principalmente sólidos, como: huesos de aceituna, cáscaras de frutos secos (tanto agrícolas, almendra; como forestales, piñón) y por supuesto los residuos de montes y de las industrias forestales (desde cortezas, cardos y paja hasta astillas, pasando por costeros y serrines).

Esta energía puede utilizarse para calefacción y producción de agua caliente en el sector doméstico, producción de calor para procesos industriales y generación de electricidad, haciendo a la biomasa un potencial sustituto de los combustibles fósiles para la producción de energía.

La combustión de biomasa no contribuye al aumento del efecto invernadero porque el carbono que se libera forma parte de la atmósfera actual (utilizado por las plantas en la fotosíntesis) y no del subsuelo, capturado en épocas remotas precisamente como el gas o el petróleo.

La energía que contiene la biomasa es energía solar almacenada a través de la fotosíntesis, debido a que las plantas transforman la energía radiante del sol en energía química, y parte de esta energía queda almacenada en forma de materia orgánica.

El uso de la biomasa como recurso energético supone distintas ventajas medioambientales entre las que figuran:

- Disminución de las emisiones de azufre y de partículas
- Emisiones reducidas de contaminantes como CO, HC y NOX.
- Ciclo neutro de CO₂, sin contribución al efecto invernadero.
- Reducción del mantenimiento y de peligros derivados del escape de gases tóxicos y combustibles en las casas.
- Reducción de riesgos de incendios forestales y de plagas de insectos.

- Aprovechamiento de residuos agrícolas, evitando su quema en el terreno.
- Posibilidad de utilización de tierras de barbecho con cultivos energéticos.
- Independencia de las fluctuaciones de los precios de los combustibles provenientes del exterior (no son combustibles importados).
- Mejora socioeconómica de las áreas rurales”⁸.

1.1.3.12.1.1. Fuentes de biomasa

“Este tipo de fuentes comúnmente proceden de diversos residuos orgánicos, como restos agrícolas, poda de árboles, entre otros. Son de gran importancia para el cuidado del medio por su alto contenido energético, básicamente estos elementos están considerándose como futuros sustitutos de las energías fomentadas por el petróleo. Este tipo de restos suelen proceder de empresas grandes, así como de casa de cualquier persona.

- ***Plantaciones energéticas***

Son campos verdes de extensas plantaciones forestales con el único propósito de generar energía mediante biomasa. Son plantas de crecimiento rápido cuyas facultades son aprovechadas en su máxima capacidad, por ejemplo, las plantas pueden ser podadas varias veces durante el crecimiento y así extender la capacidad de cosecha de la plantación. El mantenimiento de estas plantas no es costoso y su cultivo se realiza en tierras de bajo valor productivo, destinando estas a la producción agrícola.

También los cultivos agrícolas pueden utilizarse para la producción de energía, como la caña de azúcar, maíz, sorgo, trigo, palma de aceite, girasol, soya, algas, etc.

- ***Residuos forestales***

Los residuos forestales son una gran fuente de biomasa poco explotada. En la producción de madera, solo un 20% es aprovechado para producir madera, mientras que las cortezas, ramas, raíces, astillas, aserrín, virutas y demás, que representan la mayor parte del árbol, son desechados como residuos “inservibles” debido al alto costo de transporte para su evacuación.

⁸ Biomasa.

http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Calor_y_Frio_Renovables_Biomasa_11012012_global_v2_09570f12.pdf

Actualmente muchas industrias utilizan esta forma de biomasa en la producción de vapor mediante sistemas de combustión directa. También las comunidades aledañas la utilizan como una fuente de energía para el desarrollo de sus actividades. Aun así, gran parte de estos residuos son desaprovechados.

- ***Desechos agrícolas***

La actividad agrícola genera una cantidad considerable de desechos, que al igual que en la industria forestal son dejados en el campo. Aunque el reciclaje de un porcentaje estos desechos es necesario para proteger el suelo de la erosión debido a los nutrientes que proveen, un porcentaje aún mayor puede destinarse a generar energía a partir de las diversas plantaciones.

Otro tipo de fuente de biomasa que se produce en gran cantidad, como el estiércol de los animales, que son esparcidos en los campos con la doble finalidad de aprovechar sus nutrientes en el suelo y deshacerse de estos desechos. Sin embargo cuando hay una cantidad excesiva de dichos desechos se produce una sobrefertilización del suelo y las cuencas hidrográficas aledañas pueden ser contaminadas.

- ***Desechos urbanos***

Las ciudades generan gran cantidad de biomasa en varias formas como: residuos alimenticios, papel, carbón, aguas negras, etc. La falta de sistemas de tratamiento de residuos y el alto costo de sistemas de recolección de los mismos produce contaminación del medio ambiente y de las cuencas hidrográficas.

La basura orgánica en descomposición produce compuestos volátiles (gases) que contribuyen al efecto invernadero, sin embargo estos compuestos orgánicos pueden ser utilizados en la producción de biomasa y energía limpia”⁹.

- ***Desecho industrial forestal***

“Es un sector que produce biomasa a partir de los productos y subproductos generados por actividades industriales forestales y agrícolas”¹⁰.

⁹ Fuentes de Biomasa. <http://www.monografias.com/trabajos48/biomasa/biomasa2.shtml>

¹⁰ Fuentes de Biomasa. http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Calor_y_Frio_Renovables_Biomasa_11012012_global_v2_09570f12.pdf

1.1.3.12.1.2. División de la Biomasa según su aplicación

Biomasa Térmica

“Empleada para el suministro de calor para calefacción o en procesos industriales. Estos provienen mayormente de las industrias agrícolas, forestales y de cultivos leñosos como: huesos de aceitunas y cascaras de frutos secos, astillas, virutas, leña, etc.

Biomasa Eléctrica

Empleada para generación de energía eléctrica tanto de forma exclusiva como mediante sistemas de cogeneración o sistemas de co-combustión.”¹¹.

1.1.3.12.1.3. Tipos de Biomasa

“Los recursos que nos permiten la obtención de biomasa son representados por las diversas situaciones económicas y por las posibilidades de convertirlos en la misma. La biomasa según su estado físico se puede determinar como:”¹²

Tabla 3-1: Tipos de biomasa

Recursos	Residuos	Características
Residuos Forestales	Restos de aserraderos: Aserrín y astillas.	Sólidos suspendidos, Humedad Relativa >50%
	Restos de carpintería: Aserrín, trozos, astillas.	Sólidos suspendidos sólidos, Humedad Relativa; 30-45%
	Restos de plantación: Ramas, cortezas y raíces.	Sólidos, HR >50%

Fuente: URBAEZ H., Tipos de Biomasa, Monografias.com, 2015

¹¹ Aplicación de la biomasa.

http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Calor_y_Frio_Renovables_Biomasa_11012012_global_v2_09570f12.pdf

¹² Tipos de Biomasa. <http://www.monografias.com/trabajos48/biomasa/biomasa2.shtml>

1.1.3.13. Aprovechamiento de residuos de poda de árboles como combustible sólido

“La biomasa es una fuente renovable de energía la cual ha sido usada ya durante muchos años .Los combustibles de biomasa tienen un contenido insignificante de azufre y por lo tanto no contribuyen a las emisiones de dióxido de azufre que causan la lluvia ácida de esta manera no interviene en forma negativa al ambiente .La combustión de la biomasa produce generalmente menos ceniza que la combustión del carbón, y la ceniza producida se puede utilizar como complemento del suelo en granjas para reciclar compuestos tales como fósforo y potasio.

La conversión de residuos agrícolas, de la silvicultura, y la basura sólida municipal para la producción energética es un uso eficaz de los residuos que a su vez reduce significativamente el problema de la disposición de basura, particularmente en áreas municipales.

La biomasa es un recurso doméstico, que no está afectado por incrementos o alteraciones de precio a nivel mundial o por las contrariedades producidas por las fuentes de combustibles importados. En países en vías de desarrollo en particular, el uso de biocombustibles líquidos, tales como biodiesel y etanol, reduce las presiones económicas causadas por la importación de productos de petróleo.

La biomasa residual presenta altas ventajas para su total aprovechamiento energético ya que se produce de una forma continua como consecuencia de la actividad humana y su coste es reducido. Con todos los beneficios medioambientales y económicos de quemar los residuos biomásicos en una caldera, tras varias pruebas que se han demostrado de distintas biomásas, entre las que se encuentra la recogida de restos de jardines, evaluando costes y rendimientos son muy satisfactorios”¹³.

1.2. Reducción de tamaño

“La reducción del tamaño de la materia a usarse es aquella que mediante la trituración se logra disminuir partículas con gran forma o tamaño, para obtener elementos más pequeños o de menor diámetro más fáciles de usar. Esta metodología se emplea mediante diversos procedimientos y según la necesidad que se requiera. Uno de los ejemplos más claros se demuestra al desintegrar elementos de un mineral grande a tamaños más pequeños y de fácil manejo, así mismo diversos productos químicos son reducidos hasta quedar prácticamente hecho polvo. Los productos que serán comerciados con frecuencia deben cumplir ciertas medidas de tamaño e incluso formas definidas. La depreciación de la dimensión de las partículas en ocasiones aumenta la potencialidad de los

¹³ Combustible sólido por restos de poda. <http://www.agronline.es/hemeroteca-articulos-aprovechamiento-residuos-poda-arboles-alineacion-como-biocombustible-solido/1/889.html>

sólidos, con lo que son fácilmente manipulados y separados por métodos mecánicos, esto también ayuda mucho a la disposición final, así como para facilitar el depósito de desperdicios.

Existen varias formas en las que se puede triturar un sólido, pero por lo general se emplean 4 tipos de máquinas, los cuales son:

- **De Corte**

Son equipos que principalmente se utiliza para generar partículas con dimensiones definidas poco finas.

- **De Impacto**

Los equipos de impacto suelen dar productos medios y/o finos según los mecanismos que posea.

- **De Rozamiento**

Equipos como un cascanueces, un martillo, una lima y un par de tijeras son usados para el acto.

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

- **De Compresión**

En sí, los equipos de compresión son utilizados frecuentemente para la disminución del tamaño de partículas de sólidos duros a elementos poco finos.

1.2.1. Criterios para la desintegración mecánica

La operación unitaria de reducción de tamaño es también conocida como desintegración mecánica, debido a la maquinaria o equipos que son utilizados para la realización de este tipo de trabajo, dentro de los cuales tenemos molinos y trituradores; cualquiera de estos 2 deben cumplir con los siguientes criterios para obtener un trabajo eficaz y soluble.

- Contar con una amplia capacidad de eficiencia laboral.
- Contar con un bajo consumo de energía al realizar el proceso.
- Tener medidas específicas a la salida de un producto, según las necesidades que se desee.

- Funcionar sin la necesidad de pausas o atascamientos.

El método usual para estudiar el funcionamiento del equipo de proceso consiste en establecer una operación ideal como un estándar, y comparar las características de un equipo real con las de la unidad ideal, de modo que sea apreciable la diferencia establecida entre las dos. Al aplicar este régimen a cualquier equipo de reducción de tamaño, se debe denotar una amplia diferencia entre dichas unidades, pese a esto no queda claro cuáles son todas las diferencias existentes. Gracias a las diversas ecuaciones establecidas es como se logra comprender el funcionamiento correcto de cualquier equipo”¹⁴.

1.2.2. Importancia en la reducción de tamaño en la industria

“La reducción de tamaño de los desecho en las industrias son efectuados por las siguientes razones:

- Aumento de la velocidad de calentamiento o de enfriamiento, la velocidad de extracción de un soluto deseado, etc.
- Se pueden obtener partículas de un tamaño determinado cumpliendo con un requerimiento específico del alimento, como ejemplo la azúcar.
- Facilita la extracción de un constituyente deseado que se encuentre dentro de la estructura del sólido, como la obtención de harina a partir de granos.
- Así se cumplen los estándares que poseen algunas fábricas con respecto al tamaño y forma e las partículas.
- Si el tamaño de partículas de los productos a mezclarse es homogéneo y de tamaño más pequeño que el original, la mezcla se realiza más eficaz y rápida”¹⁵.

1.2.3. Equipos para la reducción de tamaño

“Las maquinarias usadas para la trituración suelen compartir una funcionalidad similar, pero con usos específicos, y suelen ser:

- Trituradores.- Son los encargados de convertir cuerpos grandes en pequeños, mediante el fraccionamiento de su estructura sólida, generalmente son utilizados en trabajos pesados y de largos tiempos de realización.

¹⁴ Reducción de tamaño. MCCABE, W. Operaciones Unitarias en Ingeniería Química.,6 ed. México., Mc Graw., 2002

¹⁵ Importancia de la reducción de tamaño en la industria. <http://www.monografias.com/trabajos55/analisis-volumetrico/analisis-volumetrico.shtml>

- Molinos.- Ya una vez que un cuerpo ha sido triturado, este tipo equipo se encarga de reducirlo a polvo.
- Cortadoras.- Basan su trabajo en la regulación de las dimensiones de diversos cuerpos, pueden ser utilizados tanto en sentido horizontal, como en sentido vertical.

Estos equipos permiten la facilidad de manipulación de cuerpos grandes, ya que una vez que los han comprimido, su transporte, uso y disposición final se hace más factible. Muchos de estos equipos son indispensables en diversas industrias, como es de alimentos, maderas, entre otros. Otra clasificación que se puede dar a los equipos de reducción de tamaño se basa por las dimensiones que pueden fragmentar, así entonces a los elementos que trituraran cuerpos con grandes magnitudes se les llama crusher, mientras que los que están destinados a trabajar con cuerpos de menores dimensiones se les conoce como mills. Otra variación entre crushers y mills, es que costos de adquisición y de consumo de energía¹⁶.

Tabla 4-1: Tipos de maquinas

Maquina	Tipo de Producto					Tamaño de Partícula			
	1	2	3	4	5	a	B	c	d
Rebanadoras			x	x	x	x			
Formadoras de Cubos			x	x	x	x			
Ralladoras				x	x	x	X		
Cortadoras de Taza			x	x	x		X	X	
Preplastadora	x			x	x		X		
Molino de Martillo	x	x		x	x		X	X	
Molino de Impacto Fino	x				x		X	X	x
Molino Clasificador	x				x				x
Molino de Chorro de Aire	x	x			x				x
Molino de Bola		x							x
Molino de Disco	x							X	x
Molino de Rodillo	x			x	x			X	x
Formadores de Pulpa				x				X	x

1: blando, quebradizo, cristalino; 2: duro, abrasivo; 3: elástico, resistente, cortable; 4: fibroso; 5: termolabil, graso. a: grumos granujientos; b: particular groseras; c: semifinos a finos; d: finos a ultrafinos

Fuente: Análisis Volumétrico de Equipos.

¹⁶ Equipos para la reducción de tamaño. <http://www.criba.edu.ar/cinetica/solidos/Capitulo9.pdf>

1.2.4. Trituración

“Este proceso consiste en romper partículas de gran tamaño con la finalidad de obtener unas de menor diámetro. Este tipo de procesos de reducción de materiales por lo general comprende un tamaño de alimentación de un centímetro, donde se denota una diferenciación de 2 tipos de trituración; primaria y secundaria.

1.2.4.1. Características

Trituración es el término que se da a la fragmentación de cualquier tipo de materia usando técnicas y metodologías específicas. Además esta operación unitaria se encarga de la obtención de un residuo homogéneo del material tratado. Cada producto obtenido de una trituración tendrá un destino específico para darle un nuevo uso y solventar algún tipo de necesidad requerida.

1.2.4.2. Tipos de trituración

1.2.4.2.1. Trituración primaria

Este tipo de trituración por lo general da un producto comprendido entre 6 a 8 pulgadas. Una vez hecha la trituración, el producto obtenido es pasado por un tamiz, con el objetivo de separar partículas que no posean una textura bastante fina.

Por lo general este tipo de operación se lleva a cabo en quebrantadoras giratorias o de mandíbulas.

Quebrantadoras giratorias.- Son máquinas que están constituidas por una forma cónica en la parte superior (tolva de alimentación) la cual está destinada para el ingreso del material a desintegrar, así mismo tiene un orificio de salida (cabina de salida de material) por el cual sale el material triturado.

La estructura de interna se basa en 2 cuchillas colocadas una frente a otra y una disposición de martillos entre estas. La operación se efectúa por el giro constante y veloz de estos elementos.

Quebrantadoras de mandíbulas.- Como su nombre mismo lo indica se hallan constituidas por 2 mandíbulas de acero y por un asa móvil y una fija cuyo movimiento es como el funcionamiento de un culombio y similar al de las quebrantadoras giratorias.

1.2.4.2.2. Trituración secundaria

Este tipo de trituración forma productos comprendidos entre 3 y 2 pulgadas, y ya con este tipo de medida es más fácil brindar cualquier tipo de trato de molienda. En su mayoría los equipos que se suelen ocupar aquí son de tipo cónico. El procedimiento es similar a la trituración primera, únicamente varía en el tamaño a la salida y a la velocidad en la que trabaja.

1.2.4.3. Etapas de trituración

Muchas veces el proceso de trituración no se efectúa en un solo equipo sino en un sistema en serie con lo cual se va pasando de una maquina a otra, cumpliendo procedimientos de trituración primaria y secundaria e incluso llegando a una cuaternaria.

Se toma también muy en cuenta que el material producido de una trituración está destinado a ser comercializado, con lo que debe cumplir con los requerimientos solicitados por el cliente para esto se muestra de una forma simple los pasos o etapas que debe seguir una trituración.

- Conocer el material que se va a tratar.
- Disponer del o de los equipos a utilizar en el procedimiento (puesto que puede ser una o más trituraciones).
- Realizar pruebas granulométricas con la finalidad de obtener un buen porcentaje del material triturado.

Trituración en el procesamiento material

- *Trituración superfina* : el material entra con un tamaño entre 50 a 25 milímetros y sale a 6 milímetros indicando un porcentaje de 60%.
- *Trituración fina* : el material entra con un tamaño entre 100 a 25 milímetros y sale con un valor de 25 a 5 milímetros.
- *Trituración mediana* : el material entra con un tamaño entre 400 a 125 milímetros y sale con un valor de entre 100 a 25 milímetros.
- *Trituración gruesa* : el material entra con un tamaño entre 600 a 1500 milímetros y sale con un valor de entre 250 a 125 milímetros¹⁷.

¹⁷ Trituración. <http://proindustriales.blogspot.com/2013/05/trituracion.html>

1.2.5. Trituradores

“Los trituradores son equipos o elementos industriales destinados a la reducción de tamaño de grandes cantidades de sólidos o materia de extensa contextura, generalmente son de baja velocidad.

1.2.5.1. Trituradores de mandíbulas

En un triturador de mandíbulas la alimentación se introduce entre dos mandíbulas, colocadas para formar una V abierta en la parte superior. Una de las mandíbulas, que recibe el nombre de yunque, es fija, está situada en posición casi vertical y no se mueve; la otra, la mandíbula oscilante lo hace de manera reciprocante en un plano horizontal, y forma un ángulo de 20° a 30° con la mandíbula fija. Está accionada por una excéntrica, de forma que aplica una gran fuerza de compresión a los pedazos capturados entre las mandíbulas. Las caras de las mandíbulas son planas o ligeramente combadas; pueden tener ranuras en forma de hendiduras horizontales. Los pedazos grandes capturados entre las partes superiores de las mandíbulas se rompen, descienden hacia el espacio más estrecho inferior y son triturados en el siguiente movimiento de cierre de las mandíbulas. Después de una reducción suficiente, descienden al fondo de la máquina. Las mandíbulas abren y cierran a razón de 250 a 400 veces por minuto. Algunas máquinas con una abertura de alimentación de 1.8 por 2.4 m (72 por 96 in.) pueden aceptar rocas con un diámetro de 1.8 m (6 ft) y triturar 1 200 toneladas/h a un tamaño de producto máximo de 250 mm (10 in.). Los trituradores secundarios más pequeños reducen el tamaño de la partícula de una alimentación pretriturada de 6 a 50 mm (1/4 a 2 in.) a velocidades mucho más bajas de tratamiento.

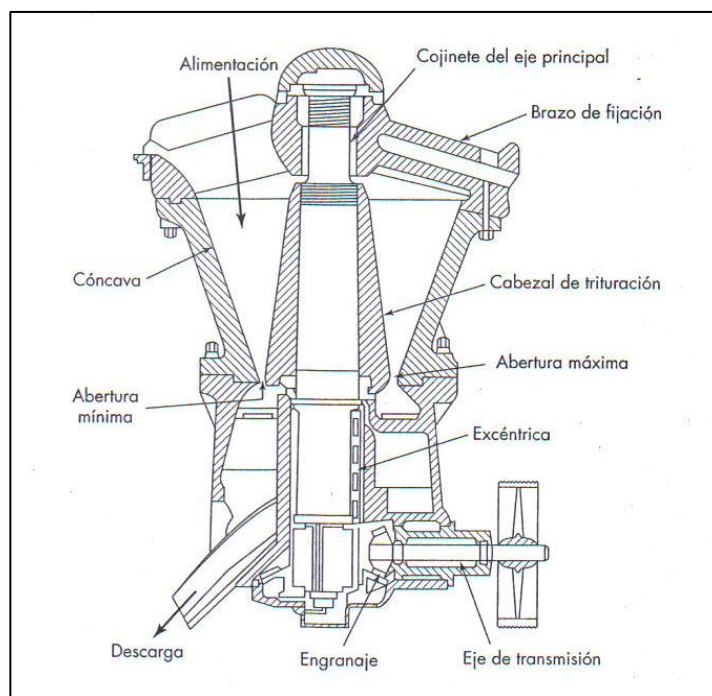
1.2.5.2. Trituradores giratorios

Un triturador giratorio puede considerarse como un triturador de mandíbula con mandíbulas circulares, entre las cuales el material es triturado en algún punto en todo momento. Un cabezal cónico de trituración gira en el interior de una coraza en forma de embudo abierta en la parte superior (Tal como se observa en la figura 12). El cabezal triturador está acoplado a un eje pesado pivotado en la parte superior de la máquina. Una excéntrica maneja el extremo inferior del eje. Por tanto, en cualquier punto de la periferia de la coraza, el fondo del cabezal de trituración se mueve hacia dentro y hacia fuera de la pared estacionaria. Los sólidos capturados en el espacio en forma de V entre el cabezal y la coraza se van rompiendo sucesivamente hasta que salen por el fondo. El

cabezal de trituración es libre de girar sobre el eje y gira muy lento a causa de la fricción con el material que se tritura.

La velocidad típica de un cabezal de trituración es por lo general de 125 a 425 revoluciones por minuto. Debido a que alguna de las partes del cabezal de trituración está actuando en todo momento, la descarga de un triturador giratorio es continua en lugar de intermitente, como sucede en el caso de un triturador de mandíbula. La carga sobre el motor es casi uniforme; se requiere menos mantenimiento que en un triturador de mandíbulas; y la potencia requerida por tonelada de material triturado es menor. Los trituradores giratorios más grandes tratan hasta 4 500 toneladas/h. La capacidad de un triturador giratorio varía con la instalación de las mandíbulas, la resistencia de impacto de la alimentación y la velocidad de giro de la máquina. La capacidad es casi independiente de la resistencia a la compresión del material que se tritura.

Figura 12-1: Tritrador Giratorio



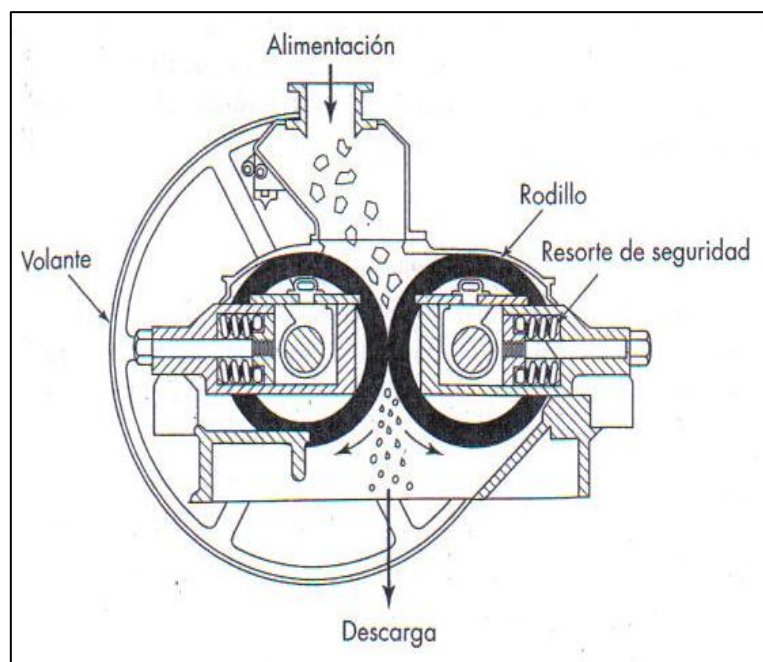
Fuente: MCCABE, W. Operaciones Unitarias en Ingeniería Química

1.2.5.3. Trituradores de rodillos

Los rodillos metálicos de superficie lisa que giran sobre ejes horizontales en paralelo, son los elementos activos del triturador de rodillos lisos ilustrado en la figura 13. Las partículas de la

alimentación quedan capturadas entre los rodillos, se rompen por compresión y caen por la parte inferior. Estos rodillos giran uno hacia otro con la misma velocidad. Los rodillos tienen superficies relativamente estrechas y de gran diámetro, de forma que pueden "morder" pedazos moderadamente grandes. Los rodillos típicos tienen un diámetro de 600 mm (24 in.) con una longitud de 300 mm (12 in.) hasta un diámetro de 2 000 mm (78 in.) con una longitud de 941 mm (36 in.). El intervalo de velocidad de giro de los rodillos es de 50 a 300 rpm. Los trituradores de rodillos lisos son trituradores secundarios con tamaños de alimentación de 12 a 75 mm (1/2 a 3 in.) y de productos entre 12 mm (1/2in.) y aproximadamente 1 mm¹⁸.

Figura 13-1: Triturador de rodillo



Fuente: MCCABE, W. Operaciones Unitarias en Ingeniería Química

1.2.6. Elementos de los equipos de trituración

1.2.6.1. Sistema de alimentación

¹⁸ Trituradores. MCCABE, W. Operaciones Unitarias en Ingeniería Química.,6 ed. México., Mc Graw., 2002

El sistema de alimentación se halla construido por acero inoxidable y está compuesto por una tolva de alimentación que se encarga de cubrir la cabina de corte (donde se hallan las cuchillas y los martillos), esta básicamente permite facilidad de ingreso de las ramas y cuenta con una capa de plástico para la protección del usuario encargado de colocar el material a la entrada. Otro elemento de alimentación es un conducto que se halla en la parte lateral, por el cual se va a introducir troncos y ramas de mayor espesor.

1.2.6.2. *Sistema de corte*

La trituradora para la reducción de tamaño de los restos de poda está equipada con 20 martillos con una longitud 7,5 cm y un espesor de 6 mm así mismo el equipo cuenta 2 cuchillas de longitud 8 cm y de espesor 6mm, abarcando un diámetro de corte de 30 cm. Dichos instrumentos se encargan de fraccionar todo material que ingrese al equipo, siempre y cuando no se exceda la introducción de material y provoque atascamientos. Se ha determinado que este tipo de trituradora es excelente para el tratamiento de residuos orgánicos.

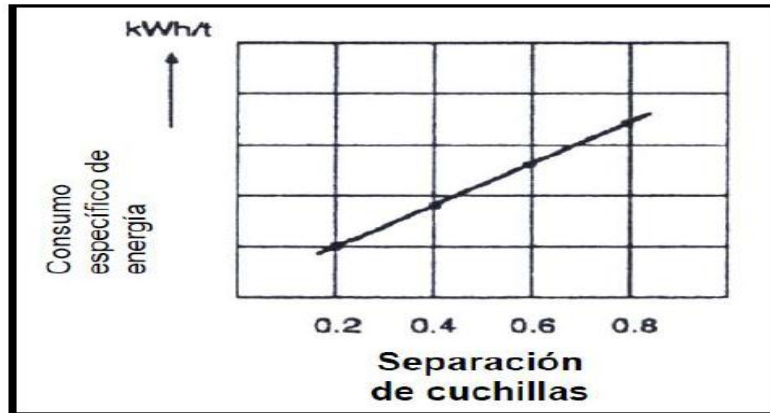
1.2.6.3. *Cuchillas cortadoras rotatorias*

“Este tipo de cuchillas son las que comúnmente se utilizan en la desintegración de residuos orgánicos, puesto que se encargan de desfragmentar en su gran mayoría cualquier tipo de cuerpo que ingrese en el equipo. Estas se encuentran básicamente a la entrada del conducto lateral de alimentación y son más empleadas para la desintegración de elementos de gran diámetro.

Mientras mejor se hallen ubicadas las cuchillas mayor será su precisión de corte, con lo que se evitará atascamientos y mejorará la fluidez del proceso, facilitando así su vez la rapidez con la que se pueda realizar el trabajo. En si la función de las cuchillas rotatorias consiste en cortar en pedazos pequeños los elementos forestales que ingresen, para que los martillos se encarguen de realizar una fácil trituración.

Entre mejor sea la cuchilla mejor será la calidad del producto a la salida y menor serán los costos de operación. En si la separación que deben tener las cuchillas se muestran en la figura 14.

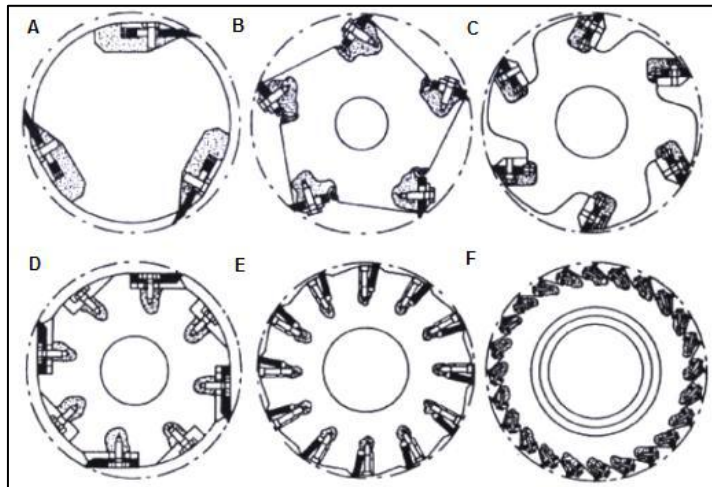
Figura 14-1: Consumo específico de energía en función de la separación entre cuchillas.



Fuente: MCCABE, W. Operaciones Unitarias en Ingeniería Química

Otras posiciones que pueden tener las cuchillas se representan en la figura 15-1, donde se ven los diversos ángulos y formas que pueden tener¹⁹.

Figura 15-1: Tipos de Cuchillas



Fuente: MCCABE, W. Operaciones Unitarias en Ingeniería Química

1.2.7. Operación de trabajo

“Al hablar de la operación de trabajo de un equipo de reducción de tamaño, es necesario conocer los parámetros de funcionalidad, así como de los elementos de los cuales está compuesto. Los puntos a continuación indican las formas adecuadas de trabajo de un triturador:

¹⁹ Cuchillas. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3218/1/96T00222.pdf>

- Es indispensable conocer el tamaño al cual entra el material a triturar (de acuerdo a la dimensión de la tolva de alimentación), así como la velocidad con que es introducido al equipo.
- La cantidad a la salida, cuando el producto ha alcanzado el tamaño requerido, así como la velocidad a la que sale.
- El tiempo que toma el material en desintegrarse.
- Conocimiento del tipo de material del que está construido el equipo, su eficiencia y la potencia con la cual opera.

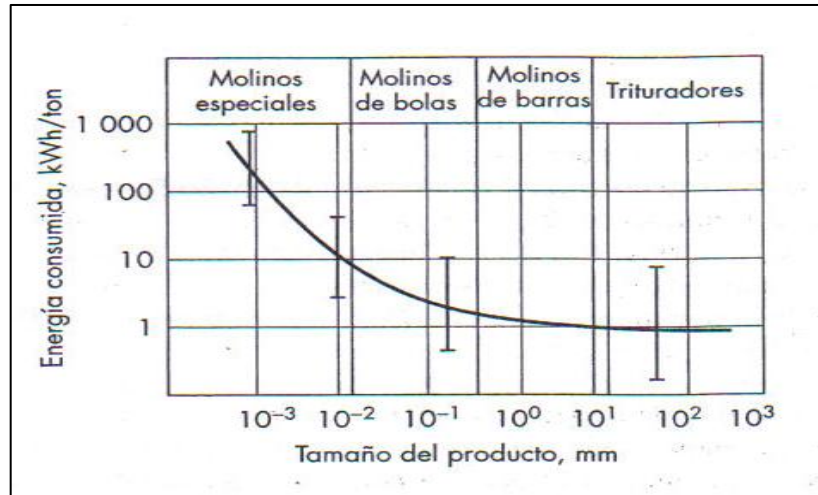
Otro aspecto fundamental en cuestión de la operación de trabajo es el efecto que el equipo pueda causar al medio (siendo favorable o perjudicial, según su uso).

1.2.8. Consumo de energía

Enormes cantidades de energía se consumen en las operaciones de reducción de tamaño, en especial para la manufactura de cemento, carbón triturado, roca y pizarra; y en la preparación de minerales para la fabricación de acero y cobre. La reducción de tamaño es probablemente la más ineficiente de todas las operaciones unitarias: arriba del 99% de la energía va a la operación del equipo, produciendo calor y ruido indeseables, dejando menos de 1% para la creación de una superficie nueva. A medida que los procesos desarrollados requieren de partículas cada vez más finas como alimentación para un horno o reactor, hay un incremento en el consumo total de energía; la reducción a tamaños muy finos es mucho más costosa en energía que una simple trituración para los productos relativamente más gruesos. Esto se ilustra en la figura 16-1, la cual muestra cantidades típicas de energía consumida por unidad de masa de producto por los diversos tipos de equipo de reducción de tamaño²⁰.

²⁰ Consumo de energía. MCCABE, W. Operaciones Unitarias en Ingeniería Química.,6 ed. México., Mc Graw., 2002

Figura 16-1: Consumo de energía en función del tamaño del producto en un equipo de reducción de tamaño.



Fuente: MCCABE, W. Operaciones Unitarias en Ingeniería Química

1.2.9. Leyes de reducción de tamaño

1.2.9.1. Ley de Rittinger:

La ley de Rittinger se define como el trabajo requerido, para la reducción de tamaño de un cuerpo sólido, esto se representa con la formación de nuevas superficies a partir de la ruptura de una estructura más grande. Dentro de este tipo de operación interviene la aplicación de una fuerza de colaterales que producen el rompimiento completo de cualquier material. De forma matemática la Ley de Rittinger se describe de la siguiente manera:

$$W = f(\phi)$$

Ecuación 1

$$\frac{dW}{d\phi} = K(1/\phi)$$

$$W = K[(1/\phi_f) - (1/\phi_i)]$$

Ecuación 2

Dónde:

W: Potencia del Motor (Hp).

K: Constante del Molino ($\frac{HP \cdot h \cdot mm}{Ton}$).

ϕ_i : Diámetro de la partícula antes de la molienda (mm).

ϕf : Diámetro de la partícula después de la molienda (mm).

1.2.9.2. Ley de Bond

Según Bond la potencia necesaria para la operación de reducción de tamaño de un cuerpo esta descrito como: el trabajo requerido para desintegrar alimentaciones de gran tamaño sea proporcional a la raíz cuadrada al volumen de la superficie del equipo. Su ecuación matemática se representa de la siguiente manera:

$$P/T = Kb/\phi p$$

Ecuación 3

1.2.9.3. Ley de Kick

Los diversos estudios realizados por este autor, dieron a conocer que la potencia necesaria para desintegrar un cuerpo, se basa en la variación geométrica de un cuerpo, netamente es el cambio que se produce en su masa y/o volumen, debido al trabajo absorbido al instante del choque con los elementos de corte. De esta manera se estable de forma matemática la siguiente ecuación:

$$W = B \log Li/Lf$$

Ecuación 4

La Ley de Kick, demuestra que no hace falta cambiar el tipo o la medida de energía para desintegrar solidos desde 1 a 0,5 cm que desde 0,5 a 0,25cm; que desde 0,01 a 0,005 cm y así sucesivamente.

La constante B depende del aparato, de la clase de materia que desintegra y aun de la forma en que se efectúa la operación.

Matemáticamente, las expresiones de las leyes de Rittinger y de Kick tienen parentesco. En efecto: Como el trabajo necesario para la reducción de las dimensiones lineales de una partícula es tanto mayor cuanto mayor sea la reducción, supongamos que aquel sea función de una potencia, x, de L, entonces:

$$dw/dL = -k(1/L^x)$$

Ecuación 5

Si $x = 1$, al integrar para el intervalo de tamaños L_1 y L_2 se obtiene la expresión de Kick:

$$W = k \log(L1/L2)$$

Ecuación 6

Si $x = 2$, la integración conduce a la expresión de Rittinger:

$$W = k ((1/L2) - (1/L1))$$

Ecuación 7

En la realidad ocurre que la Ley de Rittinger se cumple mejor que la de Kick en los molinos finos; por el contrario esta última se adapta mejor a los hechos en la desintegración de partículas gruesas.

1.3. Diseño y dimensionamiento del equipo

1.3.1. Diseño

“Diseñar un equipo es ajustar propiedades básicas de acuerdo a los requerimientos necesarios para cumplir un trabajo requerido.

El diseño de un equipo de desintegración mecánica se fundamenta en la estructura de la cual está conformado (material de construcción), los diversos criterios de funcionamiento (principio, fundamentos y relaciones), la capacidad de trabajo, el tipo y cantidad de energía que usa durante la marcha de trabajo, el tamaño del producto a la salida y la comparación entre los valores reales e ideales.

El objetivo de la trituración y molienda es producir pequeñas partículas a partir de otras más grandes. Las partículas más pequeñas son deseables por su fácil manipulación, su accesible disposición y su cómodo transporte.

Contrariamente a un triturador o molino ideal, una unidad real no da lugar a un producto uniforme, con independencia de que la alimentación sea o no de tamaño uniforme. El producto siempre consta de una mezcla de partículas, con tamaño variable desde un máximo definido hasta un mínimo submicroscópico. Algunas máquinas, especialmente en el caso de molinos, están diseñadas para controlar el tamaño de las partículas más grandes en sus productos, pero en cambio las más finas no están bajo control. En algunos tipos de molinos los finos se reducen a un mínimo, pero no se eliminan totalmente. Si la alimentación es homogénea, tanto por lo que se refiere al tamaño de las partículas como a su estructura física y química, las formas de las distintas partículas de los

productos pueden ser bastante uniformes; en caso contrario, las proporciones de los granos en los distintos tamaños de un solo producto pueden variar considerablemente.

La relación de diámetros entre las partículas más grandes y más pequeñas en un material triturado es del orden de 10^4 . Debido a esta enorme variación de tamaños de las partículas individuales, las relaciones que son adecuadas para tamaños uniformes han de modificarse cuando se aplican a tales mezclas. Por ejemplo, el término “tamaño medio” carece de sentido mientras no se defina el método utilizado para promediar y, se pueden calcular varios tamaños medios diferentes.

Excepto que sean alisadas por abrasión después de la trituración, las partículas trituradas se parecen a poliedros, con caras casi planas y bordes y picos escarpados. Las partículas pueden ser compactas, con longitud, anchura y espesor aproximadamente iguales, o bien tener forma de láminas o agujas. Para granos compactos, la dimensión mayor, o diámetro aparente, generalmente se toma para caracterizar el tamaño de la partícula. Para partículas con forma de láminas o agujas, deberán especificarse dos dimensiones para caracterizar su tamaño”²¹.

1.3.2. Porcentaje de producción de residuos de poda

Es el porcentaje de residuos presentes en un área establecida.

$$\%RP = \frac{P_A}{Pr_T}$$

Ecuación 8

Dónde:

%RP: Porcentaje de producción de residuos de poda

P_A: Producción por área (kg/día)

Pr_T: Producción total (kg/día)

Este tipo de porcentaje puede ser utilizado en distintas áreas, donde, involucren poda de campos forestales, comúnmente esto suele ser empleado para medir los restos que se generan en parques ecológicos, instituciones e incluso en universidades.

²¹ Diseño. . MCCABE, W. Operaciones Unitarias en Ingeniería Química.,6 ed. México., Mc Graw., 2002

1.3.3. Porcentaje de número de valores de diámetros de residuos

Es la evaluación de diámetros de especies forestales presentes en un muestreo, en un sitio o área definida, y dependiente de la especie pueden variar en cuanto su grosor.

$$\%N_D = \frac{N_V}{N_{VT}}$$

Ecuación 9

Dónde:

%N_D: Porcentaje de número de valores de diámetros de residuos

N_V: Número de valores de diámetros de residuos

N_{VT}: Número de valores de diámetros totales

Frecuentemente este tipo de porcentaje es utilizado para determinar la alimentación que puede poseer equipos de reducción de tamaño, y son muy comunes en aserraderos, plantas de elaboración de compost, entre otras.

1.3.4. Calculo del contenido de humedad

“Grado de humedad del árbol apeado, desramado y secado al aire (comprendido entre el 12 y el 18%).

$$\%X = \frac{P_h - P_o}{P_h}$$

Ecuación 10

Donde:

%X: Porcentaje de húmeda (%).

P_h: Peso húmedo (g).

P_o: Peso seco en (g).

Métodos para su determinación

- Secado en estufa
- Conductividad eléctrica
- Radiación o resonancia magnética nuclear

Factores que pueden afectar la humedad

- La especie
- La edad, que influye en la proporción de duramen
- La época del año en la que el árbol ha sido cortado
- Las condiciones de almacenamiento en el caso de árboles apeados
- Factores topográficos (altitud) y ecológicos (estación), incluso el grado de dominancia del árbol dentro de la masa²².

El contenido de humedad cuenta con distintas aplicaciones dentro del medio actual, puesto que indica el estado en el que se pueden encontrar las materias primas, el lugar de almacenamiento y el medio de transporte que se debe utilizar. Frecuentemente el contenido de humedad es empleado en la elaboración de conservas de alimentos deshidratados, en la ebanistería, entre otros.

1.3.5. Dureza Brinell

“Es el cociente obtenido de dividir la carga de ensayo F, expresada en kilogramos fuerza, por el área de impresión, expresada en milímetros cuadrados, considerando la superficie de ésta como un casquete esférico de una esfera de diámetro D.”²³ El mismo permite definir las características de los residuos de poda a la cual el equipo debe estar presto a triturar sin complicaciones.

$$HB = \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

Ecuación 11

Dónde:

HB: Dureza Brinell (Kgf/mm²)

D: Diámetro de esfera (mm)

F: Carga de ensayo (Kgf)

d: Diámetro medio de la impresión.

²² Humedad. http://www2.montes.upm.es/Dptos/DptoEconomia/das_ord_val/Dasometria/Presentaciones/Tema4.pdf

²³ Dureza. <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.0123.1984.pdf>

Las pruebas de dureza comúnmente son empleadas para ver la resistencia que posee un material, mediante la aplicación de una carga, dichos ensayos son utilizados en empresas que realizan tejados para casas, para la mineralogía e incluso en la carpintería.

1.3.6. Determinación del tamaño muestral

La determinación del tamaño muestral es una técnica de selección, indica las zonas más representativas que muestren en el todo poblacional, en donde, va a realiza diversos estudios y recolección datos para una investigación, trabajo, entre otros.

$$n = \frac{z^2(p*q)N}{N*d^2+z^2(p*q)} \quad \text{Ecuación 12}$$

Dónde:

- p:** Probabilidad de éxito
- q:** Probabilidad de fracaso
- d:** Error máximo permitido
- n:** Tamaño de lote
- z:** Nivel de confianza

Este tipo de estudio es muy utilizado en el sector meteorológico, en análisis estadísticos y en campañas de protección ambiental.

1.3.7. Producción estimada por área

La producción estimada por área es el cálculo de la cantidad promedio en peso que se espera genere en una zona establecida. Indica el flujo de entrada que recibe el equipo durante su operación.

$$PEA = \frac{Pr_T}{\# \text{áreas}} \quad \text{Ecuación 13}$$

Dónde:

- PEA:** Producción estimada por área, (Kg/día-área).
- Pr_T:** Peso total de Residuos de Poda, (Kg/día).
- # áreas:** Número de áreas.

Similar a la producción per capita, este tipo de análisis se emplea para la determinación de residuos que genera un objeto y/o cosa (en este caso árboles). Este se puede utilizar en instituciones con amplios campos verdes, en escuelas, colegios y parques ecológicos.

1.3.8. Volumen de la tolva de alimentación

Para el diseño de una tolva de alimentación, es preciso conocer el volumen del cual va a estar conformado, para esto se determinan las áreas que constituyen un equipo (con dimensiones de largo y ancho) y la altura que va a poseer. El producto multiplicado de estas 3 dimensiones, da el volumen necesario para la construcción de cualquier tipo de equipo.

1.3.8.1. Cálculo del área mayor

$$A = a * b$$

Ecuación 14

Dónde:

A: Área mayor, (m²).

a: Largo, (m)

b: Ancho, (m)

1.3.8.2. Cálculo del área menor

$$A' = a' * b'$$

Ecuación 15

Dónde:

A': Área menor, (m²).

a: Largo, (m)

b: Ancho, (m)

1.3.8.3. Cálculo del volumen de tolva

$$V_T = \frac{h}{3} (A + A' + \sqrt{A * A'})$$

Ecuación 16

Dónde:

V_t: Volumen total, (m³).

h: Altura (m),

A: Área mayor, (m²)

A': Área menor, (m²)

Conocer el volumen de alimentación es una de las pautas fundamentales para el diseño de cualquier tipo de maquinaria, en general se aplica para la construcción de tolvas graneleras (para minerales), tolvas cementeras, tolvas de inyección de plásticos, tolvas de equipos de reducción de tamaño, entre otros.

1.3.9. Determinación de la potencia y torque

Para conocer el adecuado funcionamiento de un equipo, se toma siempre en cuenta cuales son las capacidades del motor, que este se halle en óptimas condiciones y que cumpla con las expectativas anheladas, para lo cual es preciso conocer con que tanta fuerza y potencia puede laborar en un cierto periodo de tiempo.

Prácticamente se evalúa el giro de los elementos de la cabina de desintegración. La potencia de las cuchillas se mide por el número de vueltas que dan en un minuto, mientras que el torque representa la fuerza con la que el motor ejerce dicho funcionamiento, este dependerá en sí, de la fuerza de compresión del combustible empleado.

1.3.9.1. Determinación de la energía necesaria para la trituración

$$E = k\left(\frac{1}{\phi_2} - \frac{1}{\phi_1}\right)$$

Ecuación 17

Dónde:

E: Energía, (Hp h/Ton)

K: Constante de Rittenger, (Hp h/Ton).

Φ2: Diámetro del material de entrada, (mm).

Φ1: Diámetro del material de salida, (mm).

1.3.9.2. Determinación de la potencia

$$P = ExCp$$

Ecuación 18

Dónde:

P: Potencia, (Hp).

E: Energía necesaria para la reducción de tamaño, (Hp h/Ton).

Cp: Capacidad del equipo, (Kg/h).

Las industrias actuales realizan diversos estudios al escoger un equipo de trabajo, sobre todo la energía necesaria para su funcionamiento y como la potencia que este posee. Este tipo de análisis por lo general son realizados, en máquinas trituradoras de material forestal, en molinos de granos, bandas transportadoras, motores de vehículos, en si en cualquier artefacto, equipo o maquinaria que requiera una fuerza para realizar su trabajo.

1.3.9.3. Determinación del torque

Cuando se aplica una fuerza en algún punto de un cuerpo rígido, dicho cuerpo tiende a realizar un movimiento de rotación en torno a algún eje.

Ahora bien, la propiedad de la fuerza aplicada para hacer girar al cuerpo se mide con una magnitud física que llamamos torque o momento de la fuerza.

Entonces, se llama torque o momento de una fuerza a la capacidad de dicha fuerza para producir un giro o rotación alrededor de un punto.

En el caso específico de una fuerza que produce un giro o una rotación, muchos prefieren usar el nombre torque y no momento, porque este último lo emplean para referirse al momento lineal de una fuerza.

$$T = \left(\frac{17124P}{n} \right)$$

Ecuación 19

Dónde:

T: Torque, (Nm).

P: Potencia del motor, (Hp).

n: Velocidad de las cuchillas, (rpm).

Puesto que el torque está relacionado directamente con la fuerza, las aplicaciones que este posee, son muy comunes, sobretodo en la industria automotriz, industria petrolera y en diversas funciones aeroespaciales, de aviación y militares.

1.3.10. Determinación de la velocidad de las cuchillas

Se especifica cómo el movimiento continuo de un objeto en relación al paso de un tiempo, variando por la fuerza o magnitud que se utilice. Para conocer mejor el tipo de velocidad a emplear dentro de un triturador, tenemos las siguientes:

1.3.10.1. Velocidad angular

Se conoce así al movimiento oscilatorio que toma la cuchilla al momento de realizar un corte, esto mide la distancia que se recorre sobre un radio, en un cierto periodo de tiempo.

$$w = \frac{rev}{min} \times \frac{1min}{60s} \times \frac{2\pi rad}{rev}$$

Ecuación 20

Dónde:

w: Velocidad angular (rad/s).

min: Minutos.

s: Segundos.

rev: Revoluciones.

La velocidad angular se observa frecuente en la industria mecánica, al hablar de giro y dirección de un volante, así mismo en el diseño de un giroscopio e incluso en los sistemas de máquinas de vapor y turbinas.

1.3.10.2. Velocidad lineal

Marca la rapidez con la cual la cuchilla puede cambiar de dirección, mostrando un sentido vectorial, sin precedencia de algún cambio de velocidad.

$$v = wr$$

Ecuación 21

Dónde:

- v:** Velocidad lineal (m/s)
- w:** Velocidad angular (rad/s)
- r:** Radio, (m).

Este tipo de velocidad suelen ser muy apreciados en el movimiento de las ruedas de diferentes vehículos, en parques de diversiones en la ruleta rusa, entre otros más.

1.3.11. Porcentaje de rendimiento

Se determina a la cantidad de materia prima que ingresa a un equipo, en relación al total de producto de salida, en sí, este porcentaje analiza la productividad que genera una máquina.

$$\%R = \frac{P_i}{P_f} * 100$$

Ecuación 22

Donde:

- %R:** Porcentaje de rendimiento (%).
- P_i:** Peso inicial de la muestra (Kg).
- P_f:** Peso final de la muestra después de triturado (Kg).

La utilización del % de rendimiento se efectúa en todo proceso químico e industrial que cumpla o realice un equipo.

1.3.12. Eficiencia del equipo

La eficiencia o rendimiento de un proceso o de un dispositivo es la relación entre la energía útil y la energía invertida.

$$\%E = \frac{W_R}{W_T}$$

Ecuación 23

Donde:

%E: Porcentaje de eficiencia (%)

W_R: Trabajo requerido (kJ/s)

W_T: Trabajo teórico (kJ/s)

Parcialmente es utilizada en la prueba de calidad de cualquier tipo de equipo o maquinaria con la finalidad de establecer el trabajo que puede generar dentro de un proceso industrial.

CAPITULO II

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1. Muestreo

Para llevar a cabo el análisis de la producción diaria de residuos de poda que genera la institución se dividió la misma en 7 zonas (ANEXO I) de acuerdo al trabajo rotativo que realiza el personal de mantenimiento, del cual se recolectaron datos de producción en peso y diámetros de ramas cortadas, en un período de 3 días por cada área, tomando pesos del total del trabajo realizado en el día, y midiendo diámetros, aplicando un método de muestreo simple al azar, aplicados a 27 muestras.

Para la identificación de especies y toma de muestras para pruebas de humedad se recorrió la institución educativa en un período de 2 días en aquellos lugares donde existen plantas ornamentales y árboles, aplicando un método de muestreo simple al azar y recolectando una muestra por cada especie identificada.

Una vez identificadas las especies totales existentes en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, para la recolección de muestras para pruebas de dureza, se aplicó un método de muestreo estadístico para poblaciones finitas dando como resultado la recolección de 9 muestras de especies representativas, recolectándose en un período de un día.

2.2. Metodología

2.2.1. Métodos y Técnicas

2.2.1.1. Métodos

El presente proyecto se basa en métodos teóricos, fundamentados en la consulta en fuentes bibliográficas de conceptos, variables y condiciones de proceso; y en lo experimental la determinación de las características del equipo y materia prima que permitieron el desarrollo del diseño del equipo.

2.2.1.1.1. Método Descriptivo

A partir de la recolección de datos de producción en peso, diámetros de ramas cortadas, así como también la simulación del proceso en un equipo de similares características, se obtuvo las condiciones de entrada y salida, a la cual, debe trabajar el equipo, es decir, el diámetro de entrada y salida esperada, el flujo de residuos diarios de poda que va a recibir, y las condiciones que facilitaron su operación, como ejemplo: facilidad de limpieza al finalizar el trabajo, capacidad de alimentación de ramas sin esfuerzo en el conducto lateral, mayor espacio para acumulación en la descarga y disminución de material fino o particulado que es arrojada por la tolva superior.

Los mismos permitieron obtener las variables necesarias para el diseño del equipo en las condiciones actuales de la institución, y variables de operación que permitan el mejor rendimiento y eficiencia del equipo.

2.2.1.2. Técnicas

Se utilizaron técnicas de recolección de información tales como:

- ✓ Observación
- ✓ Simulación

2.2.1.2.1. Determinación de la producción estimada por área de residuos de poda

Tabla 1-2: Determinación de la pea de residuos de poda de la ESPOCH

FUNDAMENTO	MATERIALES	TÉCNICA	CÁLCULO
<p>La cantidad de producción estimada por área de residuos de poda (Kg/día-área), muestra la cantidad de residuos de poda generado por día en un área establecida.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Sacos o costales. • Equipo de Protección Personal (guantes, mascarilla, lentes de protección). • Cámara. • Balanza. • Cuaderno. • Lápiz. 	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar las áreas a muestrear. • Determinar las especies existentes. • Conocer los días que se realiza la poda en cada una de las zonas establecidas. • Realizar el pesaje por día, cumpliendo las normas de seguridad. • Constar un apunte seguido de cada pesaje, así como cualquier anomalía en el transcurso del tiempo de muestreo. • Relacionar mediante cálculos la cantidad de restos de poda que se genera, según los días que pasan, así como en las zonas que se trabaja. 	$PEA = \frac{Pr_T}{\# \text{ áreas}}$ <p>Dónde:</p> <ul style="list-style-type: none"> • PEA: Producción estimada por área (Kg/día-área). • Pr_T: Peso total de Residuos de Poda (Kg/día). <p># áreas: Número de áreas.</p>

Fuente: TOSCANO V. / VÁSCONEZ F., ESPOCH, 2015

2.2.1.2.2. *Determinación del porcentaje de humedad en base húmeda*

Tabla 2-2: Determinación del porcentaje de humedad de especies de la ESPOCH

FUNDAMENTO	MATERIALES	TÉCNICA	CÁLCULO
<p>El cálculo del porcentaje de humedad (%H) demuestra la cantidad de agua presente en la rama ya cortada una vez que esta haya sido secada en la estufa.</p> <p>El interés de conocer el %H de un árbol, es dar las características de diseño al equipo, para que este no presente molestias cuando se trabaje con ramas o tallos muy húmedos y saber con qué tipo de material va a ser construida las cuchillas de trituración.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Muestras de ramas o tallos (4 cm de largo). • Marcador o esfero (para señalar cada muestra). • Guantes. • Regla. • Papel Aluminio. • Pinzas para tubo de ensayo. • Estufa. • Desecador. • Balanza analítica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Preparar la muestra de cada una de las especies recolectadas en la ESPOCH (31 especies). • Señalar cada una de las muestra, bien sea con un número o una inicial, para referenciar cada especie. • Pesar cada una de las muestras (peso húmedo). • Colocar papel aluminio en una bandeja de la estufa. • Encender la estufa y dejar que su temperatura se estabilice a 103+-3°C (según la norma INEN 1160- 1984). • Una vez que la estufa ha tomado la temperatura requerida, procedemos a colocar las muestras en la estufa por un periodo de 20 h (según la norma 1160-1984). • Ya transcurrido el tiempo establecido, sacar las muestras y se proceder a medir su peso hasta obtener peso constante. • Para finalizar ya una vez tomado el peso final, se realiza el cálculo y se obtiene el %H de cada especie evaluada. 	$\%X = \frac{P_h - P_o}{P_h}$ <p>Dónde:</p> <ul style="list-style-type: none"> • %X: Porcentaje de húmeda (%). • P_h: Peso húmedo (g). • P_o: Peso seco (g).

Fuente: INEN 1160 (1984), Determinación del contenido de humedad.

2.2.1.2.3. *Determinación de la dureza*

Tabla 3-2: Determinación de la dureza de especies de la ESPOCH

FUNDAMENTO	MATERIALES	TÉCNICA	CÁLCULO
<p>La dureza es la oposición que ofrecen los materiales a alteraciones como la penetración, la abrasión, el rayado, la cortadura, las deformaciones permanentes. El resultado obtenido aplicando la Dureza Brinell permite clasificar las especies en muy duras, duras, semiduras y blandas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Probetas de las especies. • Tiza. • Máquina universal. 	<ul style="list-style-type: none"> • Preparar las probetas de cada una de las especies recolectadas (9 especies). • Pintar con tiza la esfera de indentador. • Colocar la esfera de indentador en la máquina universal. • Colocar las probetas en la máquina universal y encenderla. • Aplicar a la muestra una fuerza de 100 kgf en un periodo de 30 segundos (según norma ASTM D143-94). • Medir el diámetro de penetración marcada con la tiza. • Realizar el cálculo correspondiente para obtener el dato de dureza brinell. 	$HB = \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$ <p>Dónde:</p> <ul style="list-style-type: none"> • HB: Dureza Brinell (Kgf/mm²) • D: Diámetro de esfera (mm) • F: Carga de ensayo (Kgf) • d: diámetro medio de la impresión.

Fuente: ASTM D143 (1994). Standard Methods of Testing Small Clear Specimens of Timber.

2.2.1.2.4. Determinación del porcentaje de rendimiento de la trituración

Tabla 4-2: Determinación del porcentaje de rendimiento de la trituración de residuos de poda

FUNDAMENTO	MATERIALES	TÉCNICA	CÁLCULO
<p>El objetivo de la operación de trituración es disminuir el tamaño de la alimentación a un producto de tamaño pequeño.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Residuos de poda. • Equipo de protección personal. • Triturador. • Balanza. • Cronometro. • Sacos o costales. • Brocha grande para la limpieza. 	<ul style="list-style-type: none"> • Preparar material de residuos de poda que no excedan de las 3 pulgadas de diámetro. • Pesar el material de residuos de poda. • Utilizar el equipo de protección personal. • Ubicar en la salida un saco que permita la recolección de material triturado. • Encender el equipo. • Colocar el material verde en la tolva superior y los troncos en el conducto lateral. • Tomar el tiempo que se demora en triturar. • Una vez terminado el proceso de trituración, apagar el equipo y pesar el producto obtenido. • Efectuar la limpieza del interior de la cámara de trituración con la ayuda de una brocha grande. 	$\%R = \frac{P_f}{P_i} * 100$ <p>Dónde:</p> <ul style="list-style-type: none"> • %R: Porcentaje de rendimiento (%). • P_i: Peso inicial de la muestra (Kg). • P_f: Peso final de la muestra después de triturado (Kg).

Fuente: BRITO H., Técnica Guía Laboratorio Operaciones Unitarias, ESPOCH, 2014

2.2.1.2.5. *Determinación del porcentaje de retenidos*

Tabla 5-2: Determinación de porcentaje de retenidos

FUNDAMENTO	MATERIALES	TÉCNICA	CÁLCULO
<p>En el análisis granulométrico representa el peso retenido en cada tamiz con respecto al peso total de la muestra.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tamices • Balanza mecánica • Funda de plástico • Papel • Lápiz 	<ul style="list-style-type: none"> • Pesar una muestra de 300 g • Colocar la muestra en el primer tamiz de luz de malla grande • Tamizar la muestra • Pesar la muestra retenida en el tamiz • Recoger la muestra tamizada y colocarla en el siguiente tamiz según el orden de luz de malla • Repetir el proceso antes mencionado con todos los tamices a disposición • Recolectar datos 	$\%R = \frac{P_R}{P_T}$ <p>Dónde:</p> <ul style="list-style-type: none"> • %R: Porcentaje de Retenidos • P_R: Peso Retenido en el tamiz • P_T: Peso Total de la muestra.

Fuente: TOSCANO V. / VÁSCONEZ F., ESPOCH, 2015

2.3. Datos de diseño

2.3.1. Diagnóstico

Mediante un acompañamiento diario al personal que se dedica a la poda se estableció que su trabajo se concentra en 7 áreas de la superficie total de la institución educativa, teniendo mayor énfasis en aquellas donde se concentra la mayor cantidad de árboles y plantas que sirven de ornato a la institución.

La recolección de residuos de poda en las diferentes áreas pre establecidas (ANEXO I) en un período de tres días por cada zona, estableció que la producción de residuos diarios que generan las distintas áreas es de 142,7 kg/día para el área 1; 96,2 kg/día para el área 2; 103,6 kg/día para el área 3; 55 kg/día para el área 4; 138,3 kg/día para el área 5 y 135 kg/día para el área 7; salvo el área 6 que por ser un área en pleno inicio de infraestructura física, sus plantas y árboles ornamentales se encuentran en fase de crecimiento inicial. Se encontró también que el número de diámetros de ramas cortadas que más se genera están en el rango de 0 a 3 pulgadas con un número de 230 ramas y que en el rango de 3 a 5 pulgadas resultan en 15 las ramas que contiene dicho diámetro.

Se identificó también que la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo cuenta con un total de 31 especies de árboles, y que de su total cuenta con 24 especies el área 1, 16 especies el área 2, 12 especies el área 3, 12 especies el área 4, 14 especies el área 5, 6 especies el área 6 y 20 especies el área 7. Observando que el área que contiene mayor número de especies es el área 1, correspondiente al sector de recursos naturales. Y que en detalle con su respectiva clasificación taxonómica se presenta a continuación.

Tabla 6-2: Nombres de las especies identificadas en la ESPOCH

N°	NOMBRE DE ESPECIE	FAMILIA	GENERO	CLASE	NOMBRE CIENTIFICO
1	Eucalipto	Myrtacea	Eucalytus	Magnoliopsida	Eucalyptus globulus
2	Pino	Pinaceae	Pinus	Pinopsida	Pinus radiata
3	Cholán	Bignoniaceas	Tacoma	Magnoliopsida	Tacoma stans L.
4	Capulí	Solanacea	Physalis	Dicotiledonea	Physalis peruviana
5	Acacia	Fabaceas	Acacia	Magnoliopsida	Acacia melanoxilum
6	Molle	Anacardiaceas	Schinus	Magnoliopsida	Schinus molle
7	Supirroza	Verbenaceas	Lantana	Magnoliopsida	Lantana rugulosa
8	Cucarda	Malvaceas	Hibiscus	Magnoliopsida	Hibiscus roseus
9	Geranio	Geraniaceas	Pelargonium	Rosopsida	Pelargonium peltatum
10	Arupo	Oleaceas	Chionanthus	Magnoliopsida	Chionanthus Linociera P.
11	Falso tilo	Caprifoleaceas	Sambucus	Magnoliopsida	Sambucus spp
12	Retamo aliso	Fabaceae	Teline	Magnoliopsida	Teline monspesulanus
13	Romerillo	Podocarpaceas	Podocarpus	Pinopsida	Podocarpus spp
14	Salix babilónica	Salicaceae	Salix	Magnoliopsida	Salix babylonican L.
15	Palma	Palmaceas	Ynesa	Liliopsida	Ynesa colenda
16	Lechero rojo	Euforbiacea	Euphorbia	Magnoliopsida	Euphorbia laurifolia
17	Morera	Moraceas	Morus	Magnoliopsida	Morus alba
18	Álamo	Salicaceas	Populus	Magnoliopsida	Populus alba
19	Cepillo	Myrtaceae	Callistemon	Maynoliopsida	Callistemon citrinus
20	Fresno	Bignoniaceas	Tacoma	Magnoliopsida	Tacoma stans
21	Azahares de novia	Oleaceae	Ligustrum	Magnoliopsida	Ligustrum japonicum
22	Higuerón	Moracear	Ficus	Magnoliopsida	Ficus luschnathiana
23	Yagual	Rosaceas	Polylepis	Magnoliopsida	Polylepis incana
24	Quishuar	Scrophulariaceae	Buddleja	Magnoliopsida	Buddleja incana
25	Arrayan	Mirtaceas	Myrcianthes	Magnoliopsida	Mycianthes spp
26	Ciprés	Cupraceas	Cupressus	Pinopsida	Cupresus macrocarpa
27	Nogal	Juglandaceas	Juglans	Magnoliopsida	Juglans neotropica
28	Guarango	Cesalpinaceas	Caesalpinia	Magnoliopsida	Caesalpinia espinosa
29	Lupina	Fabaceae	Lupinus	Magnoliopsida	Lupinus pubencens
30	Mata palo	Moraceas	Ficus	Magnoliopsida	Ficus paraensis
31	Níspero	Rosaceas	Eriobotrya	Magnoliopsida	Eriobotrya japonica

Fuente: LOJAN, L. El verdor de los Andes., 1 ed. Ecuador., Luz de America., 1992

Tabla 7-2: Nombres de las especies del área 1

AREA: 1	
N°	NOMBRE DE ESPECIE*
1	Eucalipto
2	Pino
3	Cholán
4	Capulí
5	Acacia
6	Ciprés
7	Molle
8	Supirroza
9	Cucarda
10	Arrayan
11	Geranio
12	Arupo
13	Falso tilo
14	Retamo aliso
15	Romerillo
16	Salix babilónica
17	Lupino
18	Palma
19	Lechero rojo
20	Morera
21	Álamo
22	Cepillo
23	Fresno
24	Azares de novia

* Taxonomía: Tabla 6-2

Fuente: TOSCANO V. / VÁSCONEZ F., ESPOCH, 2015

Tabla 8-2: Nombres de las especies del área 2

AREA: 2	
N°	NOMBRE DE ESPECIE*
1	Pino
2	Supirroza
3	Cholan
4	Acacia
5	Higuerón
6	Yagual
7	Arrayan
8	Quishuar
9	Capulí
10	Fresno
11	Morera
12	Álamo
13	Ciprés
14	Cepillo
15	Romerillo
16	Palma

* Taxonomía: Tabla 6-2

Fuente: TOSCANO V. / VÁSCONEZ F., ESPOCH, 2015

Tabla 9-2: Nombres de las especies del área 3

AREA: 3	
N°	NOMBRE DE ESPECIE*
1	Álamo
2	Ciprés
3	Capulí
4	Molle
5	Cepillo
6	Nogal
7	Fresno
8	Cucarda
9	Acacia
10	Aliso
11	Eucalipto
12	Quishuar

* Taxonomía: Tabla 6-2

Fuente: TOSCANO V. / VÁSCONEZ F., ESPOCH, 2015

Tabla 10-2: Nombres de las especies del área 4

AREA: 4	
N°	NOMBRE DE ESPECIE*
1	Cepillo
2	Acacia
3	Supirroza
4	Palma
5	Álamo
6	Guarango
7	Lupina
8	Pino
9	Cucarda
10	Quishuar
11	Cholan
12	Fresno

* Taxonomía: Tabla 6-2

Fuente: TOSCANO V. / VÁSCONEZ F., ESPOCH, 2015

Tabla 11-2: Nombres de las especies del área 5

AREA: 5	
N°	NOMBRE DE ESPECIE*
1	Guarango
2	Eucalipto
3	Palma
4	Molle
5	Cholan
6	Cucarda
7	Azchares de novia
8	Fresno
9	Cepillo
10	Supirroza
11	Capulí
12	Higuerón
13	Acacia
14	Falso tilo

* Taxonomía: Tabla 6-2

Fuente: TOSCANO V. / VÁSCONEZ F., ESPOCH, 2015

Tabla 12-2: Nombres de las especies del área 6

AREA: 6	
N°	NOMBRE DE ESPECIE*
1	Acacia
2	Mata palo
3	Álamo
4	Cepillo
5	Palma
6	Acacia Botón de oro

* Taxonomía: Tabla 6-2

Fuente: TOSCANO V. / VÁSCONEZ F., ESPOCH, 2015

Tabla 13-2: Nombres de las especies del área 7

AREA: 7	
N°	NOMBRE DE ESPECIE*
1	Pino
2	Eucalipto
3	Molle
4	Acacia
5	Cepillo
6	Falso tilo
7	Álamo
8	Capulí
9	Níspero
10	Nogal
11	Cucarda
12	Palma
13	Cholan
14	Guarango
15	Salix babilónica
16	Fresno
17	Supirroza
18	Geranio
19	Lechero rojo
20	Arupo

* Taxonomía: Tabla 6-2

Fuente: TOSCANO V. / VÁSCONEZ F., ESPOCH, 2015

Se encontró de la misma manera que los porcentajes de humedad están comprendidos entre 34,29% y 75,19% y que sus grados de dureza se encuentran clasificados por semiduros y blandos, todo esto con la ayuda de la determinación experimental de humedad y dureza de las muestras recolectadas. Y operando un equipo de similares características en el que se utilizó los mismos residuos de poda a procesar, se pudo observar como necesidad la facilidad de limpieza al finalizar el trabajo, capacidad de alimentación de ramas sin esfuerzo en el conducto lateral, mayor espacio para acumulación en la descarga y disminución de material fino o particulado arrojado por la tolva superior.

2.3.2. Datos

Tabla 14-2: Producción de residuos de poda de la ESPOCH

AREA	PROD. POR AREA (kg/día)
1	142,7
2	96,2
3	103,6
4	55,0
5	138,3
7	135,0

Fuente: TOSCANO V. / VÁSCONEZ F., ESPOCH, 2015

Tabla 15-2: Porcentaje de número de valores de diámetros de residuos

N°	DIÁMETROS (pulg)	n VALORES
1	0 - 3	230
2	3 - 4	14
3	4 - 5	1

Fuente: TOSCANO V. / VÁSCONEZ F., ESPOCH, 2015

Tabla 16-2: Datos para porcentaje de humedad

# MUESTRA	ESPECIE	PESO INICIAL (g)	PESO FINAL (g)
1	Arupo	4,002	2,015
2	Molle	5,114	2,854
3	Salix babilónica	3,481	1,794
4	Acacia	4,107	2,617
5	Capulí	2,276	1,425
6	Cepillo	5,703	3,644
7	Yagual	8,832	4,032
8	Guarango	5,016	2,860
9	Quishuar	3,521	1,735
10	Azchares de novia	6,236	3,644
11	Higuerón	5,141	1,950
12	Retamo Aliso	6,059	3,000
13	Falso Tilo	3,233	1,734
14	Mata palo	11,783	7,127
15	Cholan	2,806	1,098
16	Níspero	5,416	2,660
17	Arrayan	1,785	1,173
18	Álamo	1,729	0,791
19	Supirrosas	2,144	0,777
20	Nogal	9,504	3,964
21	Morera	8,366	4,730
22	Ciprés	1,860	0,959
23	Fresno	4,388	2,127
24	Lupino	6,093	3,112
25	Cucarda	14,033	7,060
26	Romerillo	5,984	2,914
27	Geranio	3,506	0,870
28	Pino	5,252	2,381
29	Lechero rojo	3,593	1,024
30	Eucalipto	5,410	2,827
31	Palma	9,420	4,438

Fuente: TOSCANO V. / VÁSCONEZ F., ESPOCH, 2015

Tabla 17-2: Datos para dureza

N°	ESPECIE	F (kgf)	D (mm)	d (mm)
1	Capulí	100	10	5,93
2	Acacia			5,95
3	fresno			5,72
4	Pino			5,55
5	Eucalipto			5,73
6	Cepillos			5,53
7	Tilo			5,70
8	Arupo			6,23
9	Cholan			6,53

Fuente: TOSCANO V. / VÁSCONEZ F., ESPOCH, 2015

Tabla 18-2: Medidas de la tolva de alimentación

Base	Ancho (m)	Largo (m)	Altura (m)
Superior	0,36	0,43	0,70
Inferior	0,14	0,18	

Fuente: TOSCANO V. / VÁSCONEZ F., ESPOCH, 2015

Tabla 19-2: Datos para el dimensionamiento del equipo

N°	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	INDICADOR
1	Velocidad máxima	3600 rpm
2	Capacidad del equipo	1 Ton/h
3	Número de martillos	20
4	Número de cuchillas	2
5	Diámetro de disco de corte	30 cm
6	Anchura de las cuchillas	25 cm
7	Longitud de las cuchillas	8 cm
8	Espesor de las cuchillas	0.6 cm

Fuente: TOSCANO V. / VÁSCONEZ F., ESPOCH, 2015

CAPITULO III

3. DISEÑO

3.1. Cálculos

3.1.1. *Determinación del porcentaje de producción de residuos de poda*

Para el área 1:

De la ecuación 8

$$\begin{aligned}\%RP &= \frac{P_A}{Pr_T} \\ \%RP &= \frac{142,7}{670,67} \\ \%RP &= 0,2127 \approx 21\%\end{aligned}$$

3.1.2. *Determinación del porcentaje de número de valores de diámetros de residuos*

Para diámetros comprendidos entre 0 a 3 pulgadas:

De la ecuación 9

$$\begin{aligned}\%N_D &= \frac{N_V}{N_{VT}} \\ \%N_D &= \frac{230}{245} \\ \%N_D &= 0,9388 \approx 93,9\%\end{aligned}$$

3.1.3. *Calculo de humedad*

Para el Arupo:

De la ecuación 10

$$\%X = \frac{P_h - P_o}{P_h}$$

$$\%X = \frac{4,002 - 2,015}{4,002}$$

$$\%X = 0,4965 \approx 49,65\%$$

3.1.4. *Calculo de dureza*

Para el Arupo:

De la ecuación 11

$$HB = \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

$$HB = \frac{2 * 100}{\pi * 10 * (10 - \sqrt{10^2 - 6,23^2})}$$

$$HB = 2,93 \frac{kgf}{mm^2}$$

3.1.5. *Determinación del número de muestras de especies*

De la ecuación 12

$$n = \frac{z^2(p * q)N}{N * d^2 + z^2(p * q)}$$

$$n = \frac{1,65^2(0,95 * 0,05)31}{31 * 0,1^2 + 1,65^2(0,95 * 0,05)}$$

$$n = 9,13 \approx 9 \text{ muestras}$$

3.1.6. *Cálculo de la producción estimada por área*

De la ecuación 13

$$PEA = \frac{Pr_T}{\# \text{ áreas}}$$

$$PEA = \frac{670,67}{7}$$

$$PEA = 95,81 \frac{Kg}{día}$$

3.1.7. Cálculo del volumen de tolva de alimentación superior

3.1.7.1. Cálculo del área mayor

De la ecuación 14

$$A = a * b$$
$$A = 0,36 * 0,43$$
$$A = 0,16m^2$$

3.1.7.2. Cálculos del área menor

De la ecuación 15

$$A' = a' * b'$$
$$A' = 0,14 * 0,18$$
$$A' = 0,03m^2$$

3.1.7.3. Cálculo del volumen de tolva

De la ecuación 16

$$V_T = \frac{h}{3}(A + A' + \sqrt{A * A'})$$
$$V_T = \frac{0,70}{3}(0,16 + 0,03 + \sqrt{0,16 * 0,03})$$
$$V_T = 0,06m^3$$

3.1.8. Cálculo de la potencia del motor

3.1.8.1. Cálculo de la constante de Rittinger

De la ecuación 7

$$k = \frac{P}{Cp \left(\frac{1}{\phi_2} - \frac{1}{\phi_1} \right)}$$
$$k = \frac{8}{0,60 \left(\frac{1}{19} - \frac{1}{76} \right)}$$
$$k = 337,78 \frac{HP \text{ h mm}}{Ton}$$

3.1.8.2. Cálculo de E

De la ecuación 17

$$E = k \left(\frac{1}{\phi_2} - \frac{1}{\phi_1} \right)$$
$$E = 337,78 \left(\frac{1}{20} - \frac{1}{76,20} \right)$$
$$E = 12,46 \frac{HP h}{Ton}$$

3.1.8.3. Cálculo de la potencia

De la ecuación 18

$$P = Cp * E$$
$$P = 1 * 12,5$$
$$P = 12,5HP \approx 13HP$$

3.1.9. Cálculo del torque

De la ecuación 19

$$T = \frac{7124P}{n}$$
$$T = \frac{7124 (13)}{3600}$$
$$T = 25Nm$$

3.1.10. Cálculo de la velocidad de las cuchillas

3.1.10.1. Cálculo de la velocidad angular

De la ecuación 20

$$\omega = 3600 \frac{rev}{min} * \frac{2\pi rad}{1rev} * \frac{1min}{60s}$$
$$\omega = 376,99 \frac{rad}{s}$$

3.1.10.2. Cálculo de la velocidad lineal

De la ecuación 21

$$v = \omega * r$$
$$v = 376,99 * 0,15$$
$$v = 56,55 \frac{m}{s}$$

3.1.11. Cálculo del rendimiento

De la ecuación 22

$$\%R = \frac{P_f}{P_i}$$
$$\%R = \frac{6,0}{6,5}$$
$$\%R = 0,923 \approx 92,3\%$$

3.1.12. Eficiencia del Equipo

De la ecuación 23

$$\%E = \frac{W_R}{W_T}$$
$$\%E = \frac{9,32}{9,69}$$
$$\%E = 0,9618 \approx 96,18\%$$

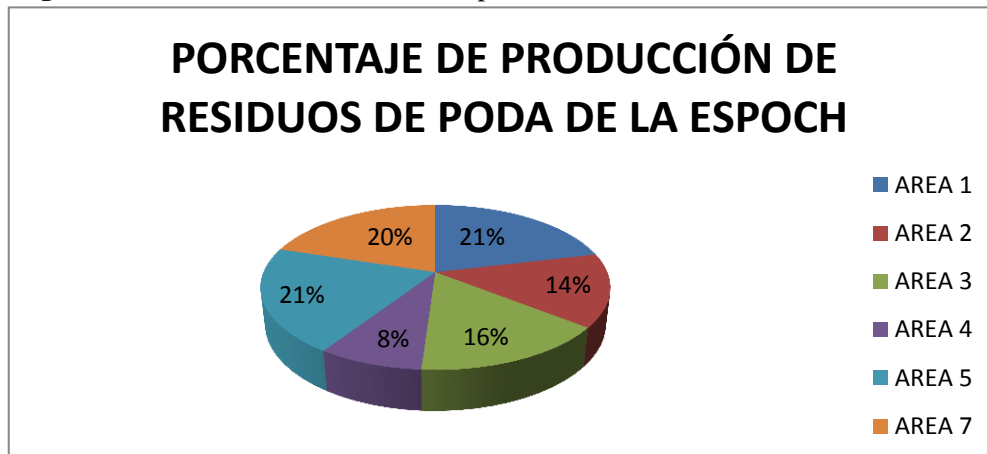
3.2. Resultados

Tabla 1-3: Porcentaje de producción de residuos de poda

AREA	PORCENTAJE (%)
1	21
2	14
3	15
4	8
5	21
7	20
TOTAL	100

Fuente: TOSCANO V. / VÁSCONEZ F., ESPOCH, 2015

Figura 1-3: Producción de residuos de poda de la ESPOCH



Fuente: TOSCANO V. / VÁSCONEZ F., ESPOCH, 2015

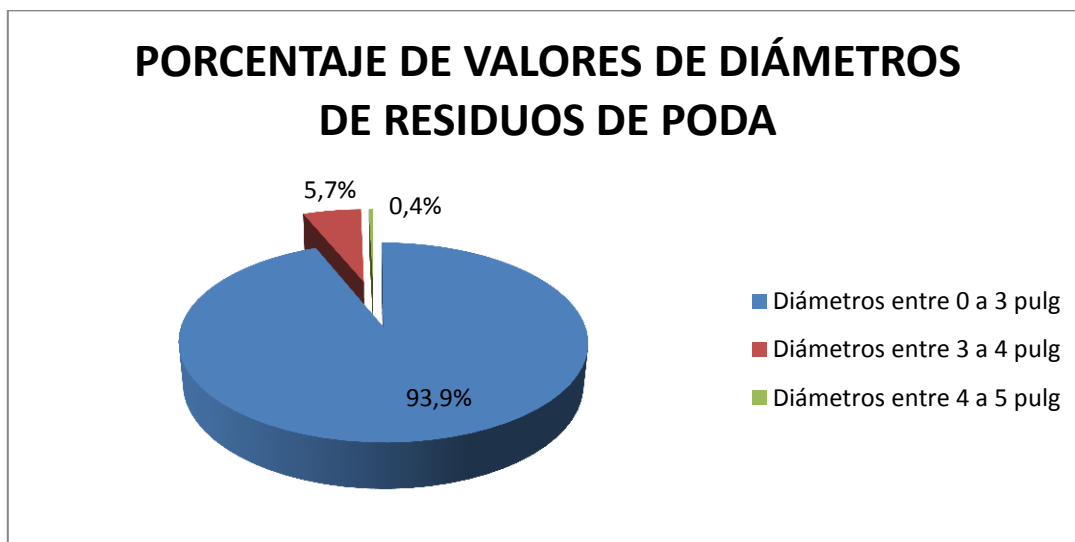
Las áreas que más generan residuos de poda en kilogramos por día son las áreas 1 y 5, y la que menos genera es el área 4.

Tabla 2-3: Porcentaje de números de valores de diámetros de residuos

N°	DIÁMETROS (pulg)	PORCENTAJE (%)
1	0 – 3	93,9
2	3 – 4	5,7
3	4 – 5	0,4

Fuente: TOSCANO V. / VÁSCONEZ F., ESPOCH, 2015

Figura 2-3: Porcentaje de valores de diámetros de residuos de poda



Fuente: TOSCANO V. / VÁSCONEZ F., ESPOCH, 2015

El rango de diámetros que más se genera esta entre 0 a 3 pulgadas con un porcentaje de 93,9% y el porcentaje restante representa un valor pequeño con un rango entre 3 a 5 pulgadas.

Tabla 3-3: Porcentaje de humedad de especies de la ESPOCH

MUESTRA	ESPECIE	% HUMEDAD
1	Arupo	49,65
2	Molle	44,19
3	Salix babilónica	48,46
4	Acacia	36,28
5	Capulí	37,39
6	Cepillo	36,10
7	Yagual	54,35
8	Guarango	42,98
9	Quishuar	50,72
10	Azchares de novia	41,57
11	Higuerón	62,07
12	Retamo Aliso	50,49
13	Falso Tilo	46,37
14	Mata palo	39,51
15	Cholan	60,87
16	Níspero	50,89
17	Arrayan	34,29
18	Álamo	54,25
19	Supirrosas	63,76
20	Nogal	58,29
21	Morera	43,46
22	Ciprés Consultar	48,44
23	Fresno	51,53
24	Lupino	48,92
25	Cucarda	49,69
26	Romerillo	51,30
27	Geranio	75,19
28	Pino	54,66
29	Lechero rojo	71,50
30	Eucalipto	47,77
31	Palma	52,89

Fuente: TOSCANO V. / VÁSCONEZ F., ESPOCH, 2015

Tabla 4-3: Grado de dureza de especies muestreadas en la ESPOCH

N°	ESPECIE	DUREZA* (kgf/mm2)	DUREZA (kgf/cm2)	RANGO DE CLASIFICACIÓN (kgf/cm2)	CLASIFICACIÓN
1	Capulí	3,27	327,43	300-450	SEMIDURA
2	Acacia	3,24	324,35		SEMIDURA
3	fresno	3,55	354,64		SEM DURA
4	Pino	3,79	378,60		SEMIDURA
5	Eucalipto	3,53	353,49		SEMIDURA
6	Cepillos	3,82	382,38		SEMIDURA
7	Tilo	3,57	356,94		SEMIDURA
8	Arupo	2,93	292,86	0-300	BLANDA
9	Cholan	2,63	262,84		BLANDA

* Dureza Brinell

** Anexo A

Fuente: TOSCANO V. / VÁSCONEZ F., ESPOCH, 2015

Tabla 5-3: Resultados del equipo

V_T (m ³)	P (HP)	T (Nm)	ω (rad/s)	v (m/s)
0,06	13	25	376,99	56,55

Fuente: TOSCANO V. / VÁSCONEZ F., ESPOCH, 2015

Tabla 6-3: Resultados del porcentaje de rendimiento y eficiencia

MUESTRA	P _i (Kg)	P _f (Kg)	V (rpm)	T (min)	%R	%E
Residuos de Poda	6,5	6	3600	18	92,3	96,18

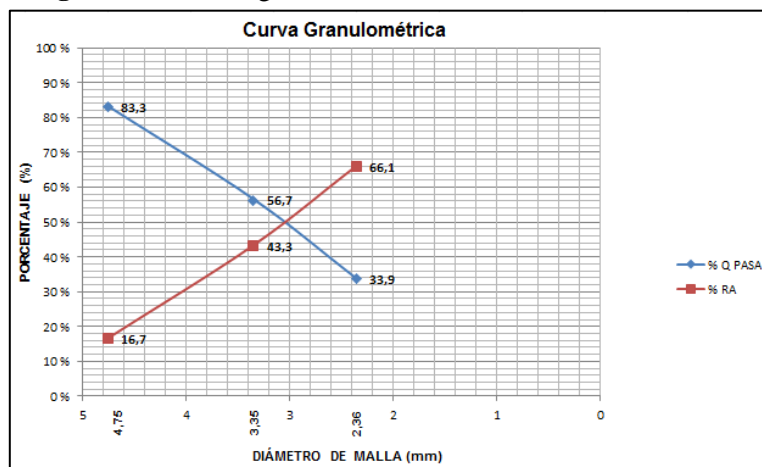
Fuente: TOSCANO V. / VÁSCONEZ F., ESPOCH, 2015

Tabla 7-3: Porcentaje de retenidos

Malla (mm)	P _R (g)	P _T (g)	%R	%RA	%Q PASA
4,75	50	300	16,7	16,7	83,3
3,35	80		26,7	43,4	56,6
2,36	68,2		22,7	66,1	33,9
	101,8		33,9	100	0

Fuente: TOSCANO V. / VÁSCONEZ F., ESPOCH, 2015

Figura 3-3: Curva granulométrica



Fuente: TOSCANO V. / VÁSQUEZ F., ESPOCH, 2015

En el 50% de porcentaje que pasa y porcentaje de retenidos acumulados se obtiene un diámetro de 3,05mm.

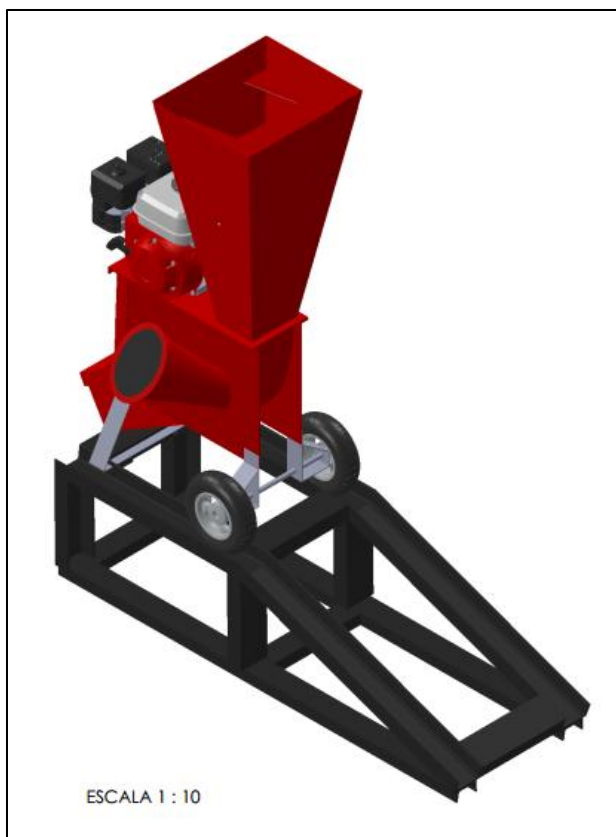
3.3. Propuesta

Tabla 8-3: Propuesta

N°	ESPECIFICACIÓN	VARIABLE	DIMENSIÓN	UNIDAD
1	Tolva	Altura	0,70	m
2		Ancho (base inferior)	0,14	m
3		Largo (base inferior)	0,18	m
4		Ancho (base superior)	0,36	m
5		Largo (base superior)	0,43	m
6	Motor	Potencia	13	HP
7	Malla	Diámetro	20	mm
8	Conducto lateral	Diámetro	76	mm
9	Cuchillas	Cantidad	2	
10		Anchura	25	cm
11		Longitud	8	cm
12		Espesor	6	mm
13	Martillos	Cantidad	20	
14		Anchura	7,5	cm
15		Longitud	3,2	cm
16	Disco de Corte	Espesor	6	mm
17		Diámetro	30	cm
18		Espesor	6	mm

Fuente: TOSCANO V. / VÁSQUEZ F., ESPOCH, 2015

Figura 4-3: Equipo propuesto



Fuente: TOSCANO V. / VÁSCONEZ F., ESPOCH, 2015

3.3.1. Costo por cada kilogramo de residuo de poda triturado

Tabla 9-3: Costo de cada kilogramo triturado

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD (\$)	TOTAL (\$)
Transporte	gal	0,11	1,48	0,16
Consumo de Gasolina del motor del triturador	gal	0,06	1,48	0,09
Tiempo de mano de obra durante la operación	min	18	0,037	0,66
Subtotal				0,91
Total (\$/kg)				0,15

Fuente: TOSCANO V. / VÁSCONEZ F., ESPOCH, 2015

3.4. Análisis y discusión de resultados

- A partir de la recolección de datos de producción en peso de residuos de poda en las áreas establecidas, se encuentra que las zonas que más generan son las áreas 1 y 5 con un 21% en ambos casos, esto debido a la alta concentración de árboles y plantas ornamentales existentes en las mismas.
- Mediante el cálculo de la producción estimada por área se calcula que se generará en promedio 95,81 kg/día, el cual indica el flujo de entrada diario que recibirá el equipo y por consiguiente el mismo estará en la capacidad de triturar completamente dicha cantidad ya que tiene una capacidad máxima de 1 Tonelada por hora.
- De la recolección de datos de diámetros de ramas cortadas se establece que el 93,9% comprenden valores entre 0 a 3 pulgadas, razón por la cual, la medida de entrada del equipo tendrá un valor máximo de 3 pulgadas cubriendo de esta manera un rango alto de diámetros que se generan.
- Por medio del desarrollo experimental de humedad y dureza se obtuvieron porcentajes de humedad comprendidos entre 34,29% y 75,19% y grados de dureza caracterizados por semiduros y blandos, lo que indica que, se trabajará con materia prima húmeda y dureza en grado moderado, razón por la cual se diseñó el equipo tomando en cuenta condiciones máximas que permitan un correcto funcionamiento del mismo.
- Las características diseñadas del triturador comprenden: un motor de 13 HP y torque de 25Nm, lo que significa que será capaz de triturar bajo características de humedad de entre 34,29% y 75,19% y dureza caracterizados entre blandos y semiduros sin ningún inconveniente durante su operación.
- El rendimiento es del 92,31%, lo que indica que, se producen 6 Kg de producto final por cada 6,5 Kg de alimentación, con una pérdida de 0,5Kg. Este alto rendimiento se ve reflejado ya que el equipo cuenta con nuevo diseño evitando en lo posible ocasionar pérdidas por las paredes del equipo y por las entradas de materia prima que sale en forma de material particulado durante el proceso.
- La eficiencia es del 96,18%, lo que significa que se tiene un bajo desperdicio de energía en la operación del equipo, esto debido a la correcta selección de la potencia del motor teórico para nuestro proceso.
- A partir de los resultados obtenidos del análisis granulométrico realizado al producto, encontramos que el 16,7 % de la muestra es retenido en una luz de malla de 4,75 mm, el 26,7%

retenido en 3,35 mm, el 22,7% retenido en 2,36mm y el 33,9% representa el resto de la muestra, lo que significa un producto casi homogéneo y de diámetros no mayores a 20 mm.

- La relación que guarda el volumen de tolva con respecto a la potencia de 13 HP, es que se necesita un volumen pequeño para no entorpecer el correcto funcionamiento del motor, es decir que, a mayor volumen el esfuerzo del motor será alto, ocasionando deficiencias hasta inclusive un ahogamiento del motor, que del lado contrario, con cantidades razonables el motor podrá triturar con buena eficiencia y sin producirse ahogamientos.

CONCLUSIONES

- La producción estimada por área en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en cuanto a residuos de poda se refiere será de 95,81 kg/día.
- Las variables que se involucran en el diseño del equipo son: la producción en peso de residuos de poda de 95,81 kg/día; diámetro de ramas cortadas para estimar el diámetro máximo de entrada valorado en 3 pulgadas.
- A partir de los cálculos de diseño se estableció un triturador que permita una entrada máxima de 3 pulgadas de diámetro; motor de 13 HP con torque de 25Nm; con un volumen de tolva de 0,06m³; con un sistema de trituración de matillos y cuchillas cuya velocidad angular y lineal de esta última sea de 376,99 rad/s y 56,55 m/s respectivamente.
- Al realizar la validación del equipo se determinó el rendimiento del 92,31% lo que indica que se producen 6 Kg de producto final con una alimentación de 6,5 Kg, y pérdidas de 0,5Kg.

RECOMENDACIONES

- Establecer una alimentación adecuada para evitar que las ramas que atasquen o que se produzcan pérdidas durante el proceso.
- La persona que este encargada de la alimentación del equipo debe estar atenta en todo momento, pues como es un equipo con cuchillas de arrastre, una leve distracción puede generar un accidente.
- Para un mejor rendimiento de trabajo por parte del equipo, evitar colocar ramas con longitudes superiores a 160 cm y con diámetros mayores a 3 plg.
- De prioridad la introducción de ramas grandes en el equipo va destinado al conducto lateral, puesto que ahí es donde se encuentran las 2 cuchillas, evitando obstrucciones en los martillos.
- Cumplir con los parámetros de seguridad establecidos durante el proceso, así mismo, contar con el equipo de seguridad personal al momento de manipular el equipo (mascarilla, topones de oído, gafas de protección y guantes).
- El mantenimiento del equipo, es decir, la limpieza, cuidado de los accesorios, entre otros, se debe realizar de forma meticulosa, asegurándose que el proceso haya terminado y que el equipo se encuentre totalmente apagado.

BIBLIOGRAFÍA

APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE PODA DE ÁRBOLES DE ALINEACIÓN COMO BIOCOMBUSTIBLE SÓLIDO. Agroline. 2009

<http://www.agronline.es/hemeroteca-articulos-aprovechamiento-residuos-poda-arboles-alineacion-como-biocombustible-solido/1/889.html>

27/01/2015

BRICOLAJE: CLASIFICACIÓN DE LA MADERA. Briconatur. 2013

<http://blog.briconatur.com/clasificacion-de-las-maderas-maderas-blandas-y-maderas-duras>.

06/01/2015

CHILE: Comisión Nacional de Energía. Potencial de generación de energía por residuos del manejo forestal en Chile: Potencial de biomasa forestal, Chile. Proyectos de energías renovables no convencionales en Chile. 2008, pp. 11

<Sp-chile-potencial-biomasa-forestal.pdf>.

17/01/2015

DANIEL E. ROBERTI PÉREZ. La Operación Unitaria de Reducción de Tamaño, Lara-Venezuela. Daniel E. Roberti Pérez. 2008, parte 2

<http://www.monografias.com/trabajos55/analisis-volumetrico/analisisvolumetrico.shtml>.

20/12/2014

ESPAÑA: Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Área tecnológica: Biomasa y residuos: Mapa tecnológico: calor y frío renovable. (Observatorio Tecnológico de la Energía), España. IDAE. 26 de enero 2012, pp. 25

http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Calor_y_Frio_Renovables_Biomasa_11012012_global_v2_09570f12.pdf

04/02/2015

FRANCISCO MÁRQUEZ MONTESINO. Transformación térmica de la madera, Pinar del Rio-Cuba. Francisco Márquez Montesino. 2009

<http://www.monografias.com/trabajos15/transformacion-madera/transformacion-madera.shtml>.

06/01/2015

FREIRE C., Luis M., & GONZÁLES M., Cristian J. _Diseño y construcción de un equipo Triturador de botellas plásticas tipo pet (tesis) (Ing. Quim.). Escuela Superior Politécnica de CHimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ingeniería Química. Riobamba-Ecuador. 2013, pp. 38

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3218/1/96T00222.pdf>.

23/01/2015

FUERZA DE TORQUE. Profesor en línea. 2012

http://www.profesorenlinea.cl/fisica/Fuerzas_Torque_momento.html.

16/01/2015

MCCABE, W. Operaciones Unitarias en Ingeniería Química.,6 ed. México., Mc Graw-Hill., 2000, pp. 240, 232, 234-235

PODA. USDA. 2012

<http://www.boletinagrario.com/ap-6,podar,1073.html>
27/02/2014

PODA: SUS PRINCIPIOS E IMPORTANCIA. Hagaloustedmismo. 2014

<http://www.hagaloustedmismo.cl/component/hum/proyecto/338/poda-sus-principios-e-importancia.html>
17/01/2015

REYES Alejano. Medición de árboles apeados. Peso de la poda. Mexico. 2011, pp. 3,8

http://www2.montes.upm.es/Dptos/DptoEconomia/das_ord_val/Dasometria/Presentaciones/Tema4.pdf
23/12/2014

TIPOS Y CLASIFICACION DE LA MADERA. Arqhys. 2013

<http://www.arqhys.com/contenidos/madera-tipos.html>
06/01/2015

TRITURACIÓN. Nilson Ramírez. 2011

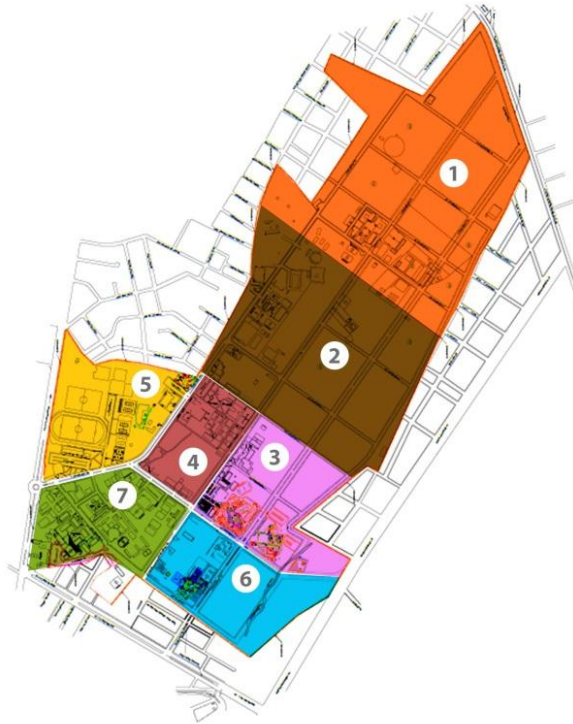
<http://proindustriales.com/2013/05/trituracion.html>
28/12/2014

URBÁEZ MENDEZ, Carlos Luis., et al. Biomasa: alternativa sustentable para la producción de Biogas, Pinar del Río-Cuba. Universidad de Pinar del Río. 2010, parte 2

<http://www.monografias.com/trabajos48/biomasa/biomasa2.shtml>
30/01/2015

ANEXOS

Anexo A: ÁREAS ESPOCH



a

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	<p style="text-align: center;">ESPOCH</p> <p style="text-align: center;">TOSCANO SALAZAR VICTOR EDUARDO</p> <p style="text-align: center;">VÁSCONEZ BASANTES FRANKLIN PATRICIO</p>	ÁREAS ESPOCH		
<p>a. Áreas divididas de la ESPOCH</p>	<p>CERTIFICADO <input type="checkbox"/></p> <p>APROBADO <input type="checkbox"/></p> <p>POR APROBAR <input type="checkbox"/></p> <p>POR CALIFICAR <input type="checkbox"/></p> <p>POR VERIFICAR <input type="checkbox"/></p> <p>POR ELIMINAR <input type="checkbox"/></p> <p>INFORMACIÓN <input type="checkbox"/></p>			ESCALA:	LÁMINA
			A ₄	1	2015/03/11

Anexo B: CLASIFICACIÓN DUREZA

CLASIFICACIÓN	DUREZA kg/cm ²
Muy duras	mayor a 600
Duras	de 450 a 600
Semi duras	de 300a 450
Blandas	menor a 300

Fuente: (Hinojosa H y Zavala P 1992)

a

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH TOSCANO SALAZAR VICTOR EDUARDO VÁSCONEZ BASANTES FRANKLIN PATRICIO	CLASIFICACIÓN DUREZA								
a. Clasificación de la dureza brinell	CERTIFICADO <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR <input type="checkbox"/> POR ELIMINAR <input type="checkbox"/> INFORMACIÓN <input type="checkbox"/>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>ESCALA:</th> <th>LÁMINA</th> <th>FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A₄</td> <td>2</td> <td>2015/03/11</td> </tr> </tbody> </table>	ESCALA:	LÁMINA	FECHA	A ₄	2	2015/03/11		
ESCALA:	LÁMINA	FECHA									
A ₄	2	2015/03/11									

Anexo C: DUREZA BRINELL



a



b

NOTAS		CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH					
a. Máquina universal b. Aplicación de fuerza		CERTIFICADO <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR <input type="checkbox"/> POR ELIMINAR <input type="checkbox"/> INFORMACIÓN <input type="checkbox"/>	TOSCANO SALAZAR VICTOR EDUARDO VÁSCONEZ BASANTES FRANKLIN PATRICIO			DUREZA BRINELL		
			ESCALA: A ₄	LÁMINA 3	FECHA 2015/03/11			

Anexo D: DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD



a



b



c

NOTAS

- a. Peso de la muestra
- b. Muestras en la estufa
- c. Desecador

CATEGORÍA DEL DIAGRAMA

CERTIFICADO
 APROBADO
 POR APROBAR
 POR CALIFICAR
 POR VERIFICAR
 POR ELIMINAR
 INFORMACIÓN

ESPOCH

TOSCANO SALAZAR VICTOR EDUARDO
 VÁSCONEZ BASANTES FRANKLIN PATRICIO

DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD

ESCALA:	LÁMINA	FECHA
A ₄	4	2015/03/11

Anexo E: EXPERIMENTACIÓN EN EQUIPO DE SIMILARES CARACTERÍSTICAS



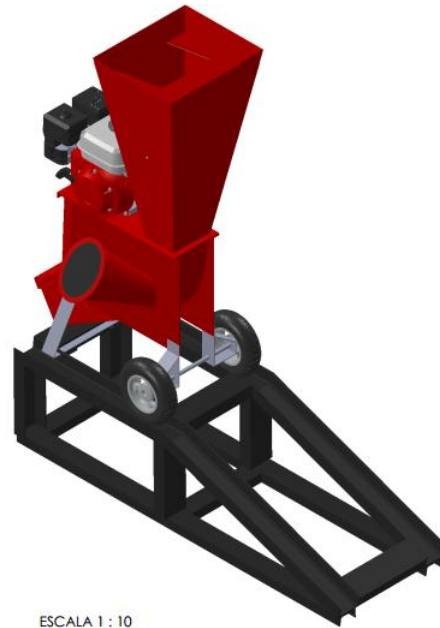
a



b

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	EXPERIMENTACIÓN EN EQUIPO DE SIMILARES CARACTERÍSTICAS		
a. Equipo triturador b. Trituración	CERTIFICADO <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR <input type="checkbox"/> POR ELIMINAR <input type="checkbox"/> INFORMACIÓN <input type="checkbox"/>	TOSCANO SALAZAR VICTOR EDUARDO VÁSCONEZ BASANTES FRANKLIN PATRICIO			
			ESCALA: A ₄	LÁMINA 5	FECHA 2015/03/11

Anexo F: EQUIPO TRITURADOR EN 3 DIMENSIONES

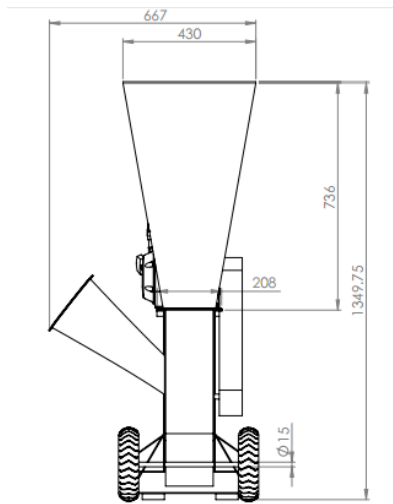


ESCALA 1 : 10

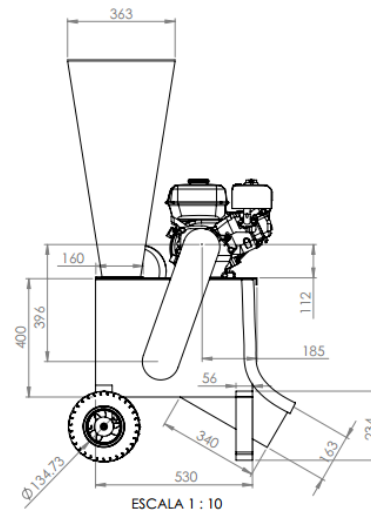
a

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH TOSCANO SALAZAR VICTOR EDUARDO VÁSCONEZ BASANTES FRANKLIN PATRICIO	EQUIPO TRITURADOR EN 3 DIMENSIONES		
a. Equipo triturador de residuos de poda	CERTIFICADO <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR <input type="checkbox"/> POR ELIMINAR <input type="checkbox"/> INFORMACIÓN <input type="checkbox"/>		ESCALA:	LÁMINA	FECHA
		1:10	6	2015/03/11	

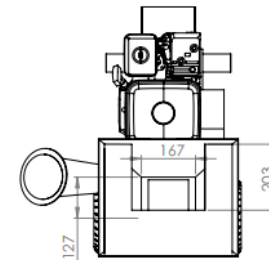
Anexo G: VISTAS Y COTAS DEL EQUIPO TRITURADOR



a



b



c

NOTAS

- a. Vista frontal
- b. Vista lateral
- c. Vista superior

CATEGORÍA DEL DIAGRAMA

CERTIFICADO

APROBADO

POR APROBAR

POR CALIFICAR

POR VERIFICAR

POR ELIMINAR

INFORMACIÓN

ESPOCH

TOSCANO SALAZAR VICTOR EDUARDO
 VÁSCONEZ BASANTES FRANKLIN PATRICIO

VISTAS Y COTAS DEL EQUIPO TRITURADOR

ESCALA:	LÁMINA	FECHA
A ₄	7	2015/03/11

Anexo H: DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE RETENIDOS



a



b

NOTAS		CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH			DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE RETENIDOS		
a. Peso de la muestra b. Tamizado		CERTIFICADO <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR <input type="checkbox"/> POR ELIMINAR <input type="checkbox"/> INFORMACIÓN <input type="checkbox"/>	ESPOCH TOSCANO SALAZAR VICTOR EDUARDO VÁSCONEZ BASANTES FRANKLIN PATRICIO			DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE RETENIDOS		
			ESCALA:	LÁMINA	FECHA			
			A ₄	8	2015/03/11			

Anexo I: COSTOS DE RECURSOS MATERIALES Y HUMANOS

DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD (\$)	TOTAL (\$)
Chasis estructural general	1	400	400
Motor a gasolina 13HP	1	680	680
Llantas	2	20	40
Sistema de trituración interna (martillos y cuchillas)	1	400	400
Polea	2	25	50
Banda de transmisión	1	10	10
Cubierta de banda de transmisión	1	100	100
Cauchos anti retorno	1	10	10
Anti retorno superior	1	30	30
Tornillos y pernos	55	0,50	24,50
Malla	2	100	200
Rampa	1	200	200
TOTAL			2144,50

a

DENOMINACION	COSTO (\$)
Mano de obra para la construcción del equipo	775,50

b

ACTIVIDAD	TOTAL (\$)
Recursos materiales	2144,50
Recursos Humanos	775,50
Total	2920

c

NOTAS		CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH		COSTOS DE RECURSOS MATERIALES Y HUMANOS		
a. Recursos Materiales b. Recurso Humano c. Costo Total		CERTIFICADO <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR <input type="checkbox"/> POR ELIMINAR <input type="checkbox"/> INFORMACIÓN <input type="checkbox"/>	TOSCANO SALAZAR VICTOR EDUARDO VÁSCONEZ BASANTES FRANKLIN PATRICIO	COSTOS DE RECURSOS MATERIALES Y HUMANOS			
				ESCALA:	LÁMINA	FECHA	
				A ₄	8	2015/03/11	