



UNIVERSIDAD DON BOSCO
VICERRECTORÍA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

TRABAJO DE GRADUACIÓN

“SUSTITUCIÓN DE CARBÓN POR PELLETS A BASE DE DESECHOS DE ASERRADERO”

PARA OPTAR AL GRADO DE:
MAESTRO EN GESTIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES

ASESOR:
ING. JOSÉ MARIO SORTO

PRESENTADO POR:
CARLOS ATILIO MORAN
CARLOS ALBERTO GUEVARA AYALA
IVÁN DE JESÚS OSORIO

Antiguo Cuscatlán, La Libertad, El Salvador, Centroamérica

Enero 2015

Agradecimientos

En primer lugar agradecer a Dios por iluminar nuestros pasos durante el desarrollo de esta maestría, así como agradecer a nuestros familiares la paciencia que nos han tenido por el tiempo que hemos dedicado para alcanzar nuestro objetivo de superación.

Nuestros agradecimientos también van dirigidos a cada uno de los maestros que hemos tenido, por sus conocimientos impartidos durante nuestra formación.

Agradecemos al personal de la Universidad por sus atenciones recibidas durante los años que ha durado la maestría.

Al director de la maestría por estar a cada momento atento a las necesidades de nuestra cohorte. A nuestro asesor por guiarnos durante el desarrollo de esta investigación en cada una de las diferentes etapas.

Carlos, Iván y Atilio

Dedicación

Dedicamos el contenido de ésta investigación a todos los salvadoreños interesados en la protección del Medio Ambiente, así como a todas aquellas personas e instituciones que con su esfuerzo y sacrificio impulsan en nuestro País el desarrollo de las Energías Renovables.

Carlos, Iván y Atilio

Índice de contenidos

Dedicatoria.....	i
Agradecimientos.....	ii
Índice de contenidos.....	iii
Índice de imágenes.....	vii
Índice de tablas.....	viii
Índice de gráficos.....	ix
1. Introducción.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Situación actual.....	2
1.3 Hipótesis.....	2
2. Objetivos.....	3
2.1 Objetivo general.....	3
2.2 Objetivos específicos.....	3
3. Procesos de producción.....	4
3.1 Carbón.....	4
3.1.1 Usos del carbón.....	4
3.1.1.1 Doméstico.....	4
3.1.1.2 Industrial.....	4
3.1.2 Obtención del carbón.....	5
3.1.2.1 Hornos de tierra.....	6
3.1.2.2 Hornos subterráneos.....	7
3.1.2.3 Hornos de Mampostería.....	8
3.1.2.4 Horno media naranja.....	8
3.1.2.5 Horno brasileño.....	9
3.1.2.6 Horno metálico.....	11
3.1.2.7 Métodos industriales de carbonización.....	11
3.1.2.8 Resumen de los métodos de carbonización.....	13
3.2 Aserrín.....	14
3.2.1 Aserrín como biocombustible.....	14
3.3 Pellets.....	14

3.3.1 Wood pellets.....	15
3.3.2 Materia prima para fabricación de pellets.....	17
3.3.3 Demanda mundial de pellets.....	19
3.3.4 Los estándares industriales y calidad de pellet	23
3.3.5 La durabilidad mecánica del pellet.....	25
3.3.6 Contenido de humedad en pellet terminado.....	26
3.3.7 Ser proveedor de pellet.....	26
3.3.8 El proceso de peletizado paso a paso	27
3.3.8.1 Los procesos básicos.....	27
3.3.8.2 Los principios de la producción.....	28
3.3.8.3 Requisitos de potencia.....	28
3.3.8.4 Ubicación de la planta de producción.....	28
3.3.8.5 El proceso de producción.....	28
3.3.8.6 Reducción de la materia prima.....	28
3.3.8.6.1 Astilladoras mixtas.....	29
3.3.8.6.2 Trituradoras de martillo.....	30
3.3.8.7 Tamaño de la partícula y el efecto sobre la calidad final del pellets.....	31
3.3.8.8 Transporte de material de una máquina a otra.....	31
3.3.8.9 Ciclón separador.....	32
3.3.8.10 Tornillo sin fin o transportadores de cinta.....	32
3.3.8.11 Soluciones para el secado.....	34
3.3.8.11.1 Reducir la humedad utilizando el sol.....	34
3.3.8.11.2 Secado solar a gran escala.....	34
3.3.8.11.3 Secadoras rotativas de leña y aire caliente.....	35
3.3.8.11.4 Fuentes de calor.....	36
3.3.8.12 Acondicionado.....	36
3.3.8.12.1 Porcentaje de humedad.....	36
3.3.8.12.2 Cualidades del ligado.....	37
3.3.8.12.3 Densidad del material.....	37
3.3.8.12.4 Acondicionado con vapor e incrementar nuestra producción.....	37
3.3.8.13 Tolerancias de peletizadora.....	38

3.3.8.14 Producción de pellet.....	39
3.3.8.14.1 Peletizadoras de plantilla plana.....	39
3.3.8.14.1.1 Ventajas de las peletizadoras con plantilla plana.....	40
3.3.8.14.1.2 Desventajas de las peletizadoras de plantilla plana.....	40
3.3.8.14.2 Peletizadoras anulares.....	40
3.3.8.14.2.1 Ventajas de las peletizadoras anulares.....	41
4. Metodología utilizada.....	42
4.1 Métodos de Investigación.....	42
4.2 Investigación de materiales.....	42
4.2.1 Aserrín.....	42
4.2.2 Carbón.....	42
4.3 Herramientas.....	43
5. Estudio de campo.....	43
5.1 Carbón.....	44
5.1.1 Exportación de carbón.....	47
5.1.2 Método de Parva.....	47
5.1.3 Método de horno de mampostería.....	49
5.1.4 Método de horno metálico.....	50
5.1.5 Mercado informal.....	51
5.1.6 Mercado Formal.....	51
5.1.6.1 Walmart Centroamérica.....	52
5.1.6.2 Grupo Calleja.....	52
5.1.7 Volumen total de carbón comercializado en el país.....	54
5.2 Aserraderos.....	54
6. Proyecto piloto.....	56
6.1 Fabricación de pellets.....	56
6.2 Pruebas de laboratorio.....	62
7. Análisis técnico - económico.....	71
7.1 Descripción y datos del proyecto.....	71
7.1.1 Ubicación proyecto planta productora de pellets.....	71
7.1.2 Datos generales del proyecto.....	73

7.2 Análisis económico.....	74
7.2.1 Inversión inicial.....	74
7.2.1.1 Inversión en maquinaria.....	74
7.2.1.2 Otras Inversiones.....	74
7.2.2 Ingresos.....	75
7.2.2.1 Proyección de venta del producto.....	75
7.2.3 Costos.....	75
7.2.3.1 Costos de operación y mantenimiento.....	75
7.2.3.2 Costos de comercialización.....	75
7.2.4 Flujo de caja libre.....	76
7.2.4.1 Flujo de caja libre del proyecto.....	76
7.2.4.2 Flujo de caja libre del inversionista.....	77
7.2.5 Escenarios.....	77
7.2.5.1 Escenario precio 10 ctvs. de dólar la libra y costos aumentados 10%.....	78
7.2.5.2 Escenario costos aumentados 10% y precio 9 ctvs. de dólar la libra.....	79
8. Conclusiones, recomendaciones y limitaciones.....	81
8.1 Conclusiones.....	81
8.2 Recomendaciones.....	82
8.3 Limitaciones.....	83
9. Glosario.....	85
10. Referencias bibliográficas.....	86
Anexo 1. Tabla Investigaciones de campo aserraderos.....	88
Anexo 2. Análisis de laboratorio.....	93
Anexo 3. Boleta de Investigación Aserrín.....	108
Anexo 4. Listado de aserraderos y ventas de madera.....	109
Anexo 5. Fotografías sitios de producción de carbón sushi corporación S.A. de C.V.....	118
Anexo 6. Comercialización del carbón fuera del país.....	120
Anexo 7. Diagrama de proceso de pellets a nivel industrial.....	123
Anexo 8. Organigrama de una planta completa de polemizado de madera.....	124
Anexo 9. Equipos Industriales para elaboración y procesamiento de pellets.....	126
Anexo 10. Ejemplo de plantas de peletizado.....	134

Índice de imágenes

Imagen 1. Preparación horno de fosa.....	7
Imagen 2. Horno de mampostería.....	8
Imagen 3. Horno de media naranja.....	9
Imagen 4. Horno Brasileño.....	10
Imagen 5. Producción tradicional de carbón vegetal mejorada: Horno de ladrillo de tipo brasileño en Cuba	10
Imagen 6. Horno industrial para elaborar carbón	12
Imagen 7. Proceso de fabricación	12
Imagen 8. Comparativa de tipos de carbonización.....	13
Imagen 9. Wood pellets.....	15
Imagen 10. Aserrín.....	18
Imagen 11. Planta industrial productora de Pellets	21
Imagen 12. Dimensiones de un pellet	25
Imagen 13. Esta es la vista interna de la trituradora mixta de la malla que define el diámetro y textura final del material triturado.....	29
Imagen 14. Trituradora.....	30
Imagen 15. Trituradora de martillo	31
Imagen 16. Ciclón.....	32
Imagen 17. Tornillo sin fin.....	33
Imagen 18. Orificio de salida del tornillo sin fin	33
Imagen 19. Secador por sistema de tuberías	35
Imagen 20. Secadora rotativa	36
Imagen 21. Acondicionador – mezclador de una planta de pellets que incorporan dos peletizadoras de plantilla plana F550	38
Imagen 22. Plantilla anular	39
Imagen 23. Plantilla plana.....	39
Imagen 24. Comparativa Peletizadoras	40
Imagen 25. Sistema de peletizado con plantilla anular.	41
Imagen 26. Entrevista con productor de carbón en Ciudad Rosario de Mora	44
Imagen 27. Construcción de la base partiendo de un círculo trazado en el terreno.....	48
Imagen 28. Entramado de madera formando una pila	48
Imagen 29. Parva ya finalizada lista para el proceso de quema	48
Imagen 30. Serie de hornos a los cuales se abastece desde la parte de enfrente	49

Imagen 31. Vista interior del horno donde se puede apreciar la leña	49
Imagen 32. En las fotografías de arriba se puede apreciar a los hornos durante los procesos de producción de carbón.....	49
Imagen 33. Se muestra el cilindro y cono cuyas partes conforman el horno metálico para la producción de carbón.....	50
Imagen 34. Vista general de la disposición de los hornos así como la leña con la cual se abastecen.	50
Imagen 35. Diferentes formas de embalaje del carbón en los principales mercados de San Salvador	51
Imagen 36. Estructura de distribución wallmart	52
Imagen 37. Estructura de distribución grupo calleja.....	53
Imagen 38. Máquina peleterera.....	56
Imagen 39. Vista general de máquina peletizadora ED 150	57
Imagen 40. Placa de datos de máquina peletizadora	57
Imagen 41. Muestras de aserrín secado al sol	58
Imagen 42. Carga de materia prima a la máquina.....	59
Imagen 43. Matriz Fija de Maquina Peletizadora.....	59
Imagen 44. Pellets Fabricados con distintos clases de desechos de Madera.....	60
Imagen 45. Vista de matriz perforada y rodillos	60
Imagen 46. Ajuste de la presión de los rodillos fijos	61
Imagen 47. Máquina procesando Pellets	61
Imagen 48. Plano de ubicación planta peletizadora	73

Índice de tablas

Tabla 1. Características físicas de los pellets a partir de desechos de madera	16
Tabla 2. Descripción General de los mercados de pellets en todo el mundo	23
Tabla 3. Estándares en España - DIN y DIN PLUS.....	24
Tabla 4. Detalles producción de carbón Rosario de Mora.....	45
Tabla 5. Datos carbón del CNE.....	46
Tabla 6. Volumen comercialización informal carbón.....	51
Tabla 7. Volumen comercializado de carbón por Departamentos	53
Tabla 8. Volumen producido de aserrín producido por Departamentos	55
Tabla 9. Resultados de análisis a materia prima y pellets Finales.....	63
Tabla 10. % Promedios de humedad de pellets.....	64
Tabla 11. % Promedios de humedad del aserrín.	64

Tabla 12. % Promedios de ceniza pellets	65
Tabla 13. % Promedio de ceniza del aserrín	66
Tabla 14. Poder calorífico de los pellets	66
Tabla 15. Poder calorífico del aserrín	67
Tabla 16. Resultados de pellets mezcla de aserrines	68
Tabla 17. Porcentaje de aceptación del coeficiente de variación respecto a la media	69
Tabla 18. Validación estadísticas de los resultados obtenidos.....	70
Tabla 19. Determinación localización planta piloto peleas	72
Tabla 20. Determinación localización planta piloto peleas	72
Tabla 21. Determinación localización planta piloto peleas	73
Tabla 22. Inversión inicial proyecto planta peletizadora	74
Tabla 23. Otras inversiones.....	74
Tabla 24. Proyección de venta pellets.....	75
Tabla 25. Costos de operación y mantenimiento	75
Tabla 26. Costos de comercialización.....	75
Tabla 27. Flujo de caja libre del proyecto.....	76
Tabla 28. Flujo de caja libre del inversionista	77
Tabla 29. Flujo de caja libre escenario 1 precio pellets 10 ctvs. de dólar la libra y costos aumentados 10%	78
Tabla 30. Flujo de caja libre escenario 2 costos aumentados en un 10% precio 9 ctvs. de dólar la libra	79

Índice de gráficos

Gráfico 1. Cantidad de CO ₂ dejada de emitir al usar peleas	17
Gráfico 2. Proyección consumo mundial de pellets.....	20
Gráfico 3. Proyección producción mundial de pellets.....	21
Gráfico 4. Consumo carbón por departamentos	54
Gráfico 5. Producción aserrín por departamentos	55
Gráfico 6. % De humedad de pellets.....	64
Gráfico 7. % De humedad del aserrín	65
Gráfico 8. % De ceniza de los pellets.....	65
Gráfico 9. % De ceniza del Aserrín.	66
Gráfico 10. Poder calorífico de los pellets	67

Gráfico 11. Poder calorífico de los pellets	67
Gráfico 12. Comparativo poder calorífico pellets	68

1. Introducción

La presente investigación tiene por objetivo estudiar el carbón vegetal, sus métodos de producción, diversos usos, consumo, y su incidencia en el deterioro ambiental. Asimismo, se propone brindar un paliativo a éste impacto a través del uso de residuos de madera (aserrín y viruta), que resultan del corte, cepillado y aserrado de la madera, dichos trabajos son realizados en aserraderos y carpinterías en nuestro país. Nuestro propósito es elaborar pellets con este insumo a través de medios mecánicos.

Creemos que el uso de pellets a nivel doméstico permitiría disminuir el consumo de carbón. Esta técnica es manejada en diferentes países, como España, Austria, Camerún, Alemania, donde se ha convertido en una opción para reciclaje. Es importante señalar que los pellets, además de ser un combustible que sirve para generar calor en cocinas artesanales, parrillas para asados, hornos y calderas, son un producto ecológico y renovable; es decir, son una alternativa viable y barata contra los combustibles que dañan el ambiente, tales como la leña y el carbón.

Ahora bien, es fundamental traer a luz que los pellets se elaboran a partir de aserrín compactado, por lo que son considerados como residuos inservibles. Un dato interesante sobre este material es que no se utiliza ningún tipo de aglomerante en su elaboración, pues la humedad y la propia lignina de la madera funcionan como pegamento natural. Entre las ventajas de la utilización de los pellets se pueden mencionar: produce mayor poder calorífico; posee baja humedad; es de alta densidad; ocupa menos espacio; es de fácil manipulación; no produce olores ni humo ni chispas; y produce menos porcentaje de cenizas.

1.1 Antecedentes

Se han realizado estudios sobre la explotación de leña para fines de cocción, así como para la obtención de carbón, y se ha analizado lo que esto representa en la deforestación del país. Ejemplo de este tipo de investigaciones es el proyecto “Caracterización del consumo de leña y carbón vegetal en El Salvador”, realizado por el Departamento de Ciencias Energéticas y Fluídicas de la Universidad Centroamericana José Simeón Cañas.

Por otro lado, actualmente la empresa Bioenergías de Cuscatlán comercializa la llamada leña ecológica (Eco flama), que es un producto elaborado a partir de la mezcla de aserrín con papel periódico. Dicho proyecto es fruto del apoyo obtenido a través de Alianza en Energía y Ambiente con Centroamérica (AEA). Las briquetas así elaboradas son comercializadas en el mercado nacional.

1.2 Situación actual

El recurso forestal provee el 43 % de toda la energía que es consumida a escala nacional, debido a que el 63 % de la población a nivel rural, utiliza la leña como fuente de energía¹. Según la FAO, en un estudio realizado en el país en el año 2006, la cobertura forestal

¹Marielos Alfaro: Informe subregional Centroamérica y México. www.fao.org

era de 9.6 % del territorio nacional; en este estudio se incluyeron todas las especies forestales existentes, dentro de las cuales pueden mencionarse: bosques de Coníferas, especies Latifolias, Manglares en las zonas costeras y todas las demás plantaciones forestales existentes en el país, incluyendo la cobertura del cultivo del café y los árboles de sombra, tales como pepetos, robles, cedros, conacaste y otras especies forestales esenciales y necesarios para el desarrollo del cultivo del cafeto.

Por otra parte, la subida de los precios del gas propano es otro factor importante que incrementa la destrucción masiva de los recursos forestales por la depredación ocasionada para cubrir necesidades energéticas. Asimismo, la deforestación para producir carbón se suma a la ya decaída situación de los recursos naturales en el país.

Por lo anterior, se ha tomado la decisión de contribuir y ser parte de la solución a través de esta investigación, brindando resultados que permitan establecer lo que sería una línea base de la problemática así como una propuesta de solución, la cual no necesariamente es total, pero permite allanar el camino a una solución integral.

1.3 Hipótesis

Como parte de la solución ante el problema de la deforestación, proponemos el reciclaje de los desechos de aserraderos con la fabricación de pellets como fuente de energía para cocinas a base de leña.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Desarrollar una investigación que tenga como finalidad la sustitución gradual del carbón utilizado para fines domésticos, por pellets fabricados a partir de desechos que son resultado de procesos en los aserraderos.

2.2 Objetivos específicos

- * Investigar la producción y comercialización de carbón vegetal a fin de determinar qué cantidad podría ser sustituida por pellets.
- * Estimar el volumen de desechos de los aserraderos principales en el país, con la finalidad de conocer la materia prima con que se podría contar para la fabricación de pellets
- * Implementar proyecto piloto de producción de pellets
- * Realizar un análisis técnico - económico para determinar la factibilidad del proyecto desde dicho punto de vista

3. Procesos de producción

3.1 El carbón

El carbón vegetal es un material combustible sólido, frágil y poroso con un alto contenido en carbono (del orden del 80%). Se produce por calentamiento de madera y residuos vegetales, hasta temperaturas que oscilan entre 400 y 700 °C, en ausencia de aire.

El poder calorífico del carbón vegetal oscila entre 29.000 y 35.000 kJ/kg , y es muy superior al de la madera, que oscila entre 12.000 y 21.000 kJ/kg. Debido a su poder calorífico antes mencionado tiene variedad en sus usos que se detallan a continuación:

3.1.1 Usos del Carbón

3.1.1.1 Doméstico

Su aplicación más común es de tipo doméstico para generar calor y así cocinar, por lo general para asados, aunque es usado para cocina en general.

3.1.1.2 Industrial

La aplicación del uso del carbón en la industria de la metalurgia del hierro es una de las más antiguas que se conoce, y esto se debe a que las temperaturas que el carbón vegetal alcanza son lo suficientemente altas para fundir los minerales; esto no se logra con la madera, porque tiene un poder calorífico bajo en comparación con el carbón, y no logra alcanzar las temperaturas requeridas que el carbón vegetal sí cumple. Además, el carbono contenido en el carbón vegetal actúa como reductor de los óxidos del metal que forman los minerales, de tal manera que si se aplica técnicas especiales, puede lograrse que un cierto porcentaje de carbono pueda alearse con el hierro, dando paso así a la creación del acero, lo cual fue importante para el desarrollo de armamento y herramientas más resistentes al impacto y oxidación.

Además, el carbón vegetal resulta más barato y sencillo de producir, por lo que a pesar de ser un absorbente relativamente de baja eficiencia, se puede utilizar en determinadas aplicaciones que no necesitan de una gran capacidad de absorción, como por ejemplo, para absorber moléculas de tamaño relativamente grandes que se encuentren en un rango menor a 50nm, una de las aplicaciones de este tipo es la clarificación de bebidas alcohólicas como el vino, cerveza y whisky.

Por otra parte, la pólvora negra es uno de los explosivos más usados, desde explosivo para minería hasta detonante para armamento militar. Se compone de un 75 % de salitre (nitrato de potasio), un 12 % de azufre y un 13 % de carbón vegetal². Estos ingredientes al

²Trabajo de graduación: Evaluación de la calidad del carbón vegetal producido en hornos de retorta y hornos metálicos portátiles en el salvador. UCA.

quemarse producen un gas que tiende a ocupar un volumen 400 veces mayor que la mezcla original, produciendo una fuerte presión en las paredes del recipiente que los contiene.

3.1.2 Obtención del carbón

El carbón vegetal es un producto sólido, frágil y poroso que contiene un alto porcentaje de carbono de un orden del 80 %, este es producido por el calentamiento de la madera o residuos de vegetales en ausencia de aire. La temperatura con la cual se forma el carbón se encuentra entre 400 a 700 °C, este proceso se denomina pirólisis o carbonización, en dicho proceso se obtienen gases y aceites que son producidos por el calentamiento del material vegetal. Como materia prima para obtener carbón vegetal de uso comercial se utiliza en la actualidad varias fuentes que se detallan a continuación:

- * Desechos de árboles y leña

- * Desechos residuales de la industria de la madera.

- * Desechos orgánicos (basura)

Los carbones fabricados de desechos de árboles y leña son trozos más o menos sólidos de carbón que se pueden envasar y comercializar directamente, mientras que los obtenidos de desechos residuales de la industria de la madera hay que aglutinarlos en briquetas, ya que quedan muy desmenuzados. Estas briquetas son muy comunes en el mercado y en general son de peor calidad en cuanto a valor calórico que los trozos de carbón naturales.

En el proceso de la carbonización se dan 3 fases de cambios químicos:

- * La deshidratación de la madera se produce hasta alcanzar los 170°C donde se destilan algunos gases y se degrada la madera.
- * Cuando el proceso de producción de carbón alcanza los 270 °C, se desprenden gases, constituidos en su mayor parte por CO₂ y CO, en esta fase se observa también el desprendimiento de líquidos acuosos.
- * En esta fase se alcanza la mayor temperatura del proceso, la que usualmente es cercana a los 600 °C. A esta temperatura ocurre la carbonización, observándose el desprendimiento de sustancias volátiles en abundancia. Cuando cesa la liberación de sustancias volátiles el carbón vegetal se encuentre listo.

Este proceso de calentamiento de la madera es primero endotérmico y luego de alrededor de 250 a 300 °C se vuelve exotérmico y comienza a generar calor propio hasta que la carbonización se ha completado. De este proceso de descomposición queda un residuo sólido de color negro y con un entramado muy fino compuesto en su mayoría de carbono amorfo y productos no volátiles que posteriormente se convertirá en cenizas. De esta forma durante el proceso de carbonización se producen dos fracciones que son carbón fijo (carbón) y gases.

El rendimiento del proceso de carbonización puede variar por diversas razones, por ejemplo, dependerá del tipo de madera a carbonizar, de su contenido de humedad, de las condiciones ambientales, del tipo de horno y de los parámetros de tiempo y temperatura de operación del horno. Normalmente para un horno tipo retorta se espera un rendimiento del 83%, para un horno cilíndrico metálico un rendimiento máximo del 31% y para el método tradicional de parvas un rendimiento máximo del 16%³.

Es deseable que la humedad de la madera o leña sea la menor posible para que el proceso de carbonización no requiera mucho consumo de combustible y que el proceso se desarrolle en el tiempo óptimo, usualmente la humedad no debe superar del 20%. Cuando la humedad sobrepasa este valor es recomendable que se proceda a un secado de la madera, que puede realizarse simplemente dejando la madera al aire y al sol.

Para la obtención del carbón vegetal, los productores crean una barrera física que aisle la madera del exterior, con el fin de evitar que el oxígeno entre en contacto con la madera caliente y esta se incendie. Esta barrera puede ser creada por diversos métodos utilizando capas protectoras de tierra o ladrillo, una fosa en el suelo, paredes de cemento armado o metal. A continuación se presentan los métodos usualmente utilizados para el proceso de carbonización.

Métodos tradicionales de carbonización:

3.1.2.1 Hornos de tierra

La producción de carbón vegetal por medio de esta técnica es de las más antiguas. La ventaja que presenta este método es su sencillez. Dentro de las desventajas están la contaminación que sufre el carbón por la mezcla con tierra.

Los tipos de horno se diferencian entre sí por la manera de llevar a cabo la carbonización (ascendente o descendente) así como por el acomodo que se lleva a cabo de la leña (vertical u horizontal).

Uno de los principales motivos de su uso es lo relacionado con sus costos, ya que únicamente se necesitan herramientas básicas (palas, hachas, rastrillos) para su implementación.

La capacidad de producción es de 6 a 18 metros cúbicos de leña a carbonizar. Del tamaño del material a carbonizar depende en gran medida el tiempo necesario para obtener el carbón, variando este entre ocho a 13 días. El rendimiento alcanzado oscila entre el 10% y 20%.

³Trabajo de graduación: Evaluación de la calidad del carbón vegetal producido en hornos de retorta y hornos metálicos portátiles en el salvador. UCA.

3.1.2.2 Hornos subterráneos

Existe una variedad de hornos subterráneos, desde los más sencillos hasta los más sofisticados, los cuales controlan el flujo de gases por orificios y tubos. Las ventajas del sistema son que la fosa puede utilizarse varias veces, teniéndose que proteger únicamente la parte superior de la entrada del aire. Dentro de sus desventajas están que en invierno fácilmente entra el agua a la fosa, Además su rendimiento es bajo. Al igual que los hornos de tierra los costos son mínimos y se utiliza igual herramientas.

La capacidad es variable pero es común encontrar con capacidades máximas de 20 metros cúbicos. El tiempo de carbonización es menor que el necesitado en los hornos de tierra, pero es más tardado el tiempo de enfriamiento. De esta clase existen tres tipos principales, los cuales se diferencian entre sí por el flujo de los gases. El rendimiento oscila entre el 10 y 15 %.



Imagen 1. Preparación horno de fosa

Fuente: Manual para la producción de carbón vegetal con métodos tradicionales

Los hornos subterráneos son conocidos según la siguiente clasificación:

- * Horno subterráneo con una chimenea
- * Horno subterráneo con dos chimeneas
- * Horno subterráneo con varias chimeneas

3.1.2.3 Hornos de Mampostería

Los hornos de mampostería tienen un funcionamiento similar a los de tierra y subterráneos, solamente que en vez de tierra, hierba o lámina se tiene una pared de adobe o ladrillo, lo que los vuelve más eficientes que los otros. El control de aire se realiza por medio de agujeros que se abren y cierran. La carbonización puede ser ascendente o descendente. Los que tienen chimeneas hacen que se produzca un flujo forzado de los gases, resultando de ello una disminución del tiempo de carbonización. Se obtiene una mejor calidad de carbón, debido a que está libre de impurezas, siendo más homogéneo. Este tipo de hornos tienen una vida útil de varios años. Este tipo de horno es fijo y las distancias para transportar la leña al sitio tiende a aumentar durante la producción.

La capacidad de estos hornos varía desde los 3 metros hasta los 50 cincuenta metros cúbicos. El rendimiento de estos tipos de horno es de alrededor del 25 %

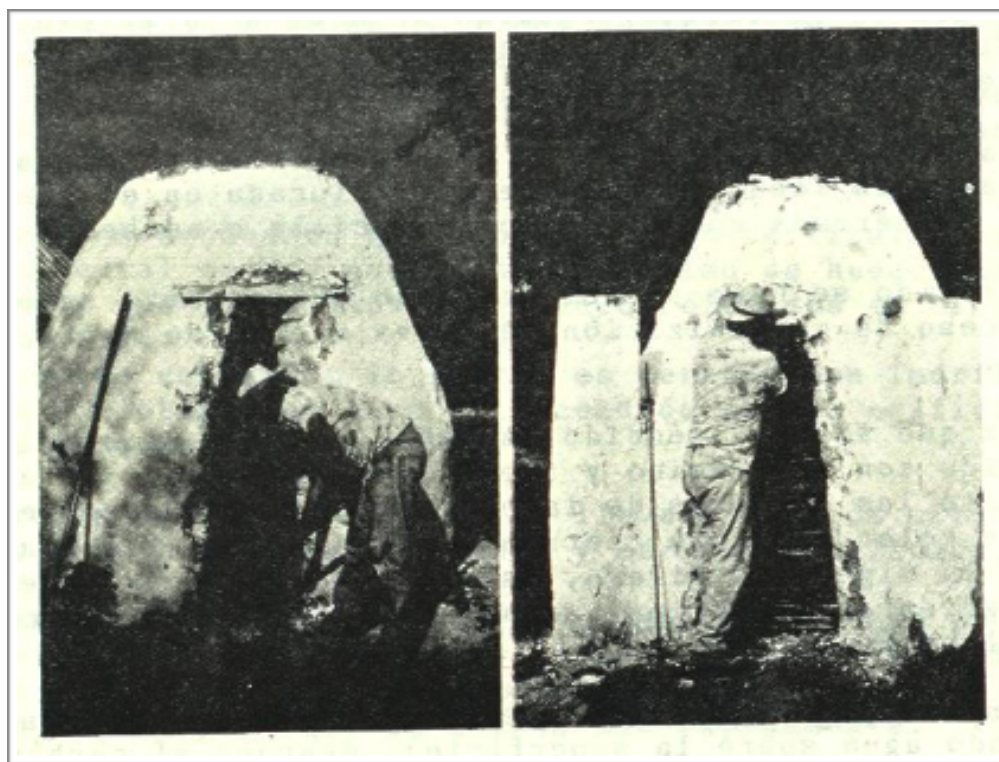


Imagen 2. Horno de mampostería

Fuente: Manual para la producción de carbón vegetal con métodos tradicionales

3.1.2.4 Horno media naranja

Su construcción es similar a la anterior con dimensiones de siete metros en la base así como dos puertas para la carga y descarga, con una altura de uno punto sesenta metros y doce orificios en la parte inferior que sirven para la entrada y salida de aire. También se deja un orificio en la parte superior para el encendido. El proceso de carbonización termina cuando sale humo azul por los orificios de la base. Se cierran todos los orificios y luego se le baña la superficie con agua para enfriarlo más rápidamente.

El tiempo promedio de carbonización es de quince días, produciendo entre nueve y diez toneladas de carbón por ciclo.

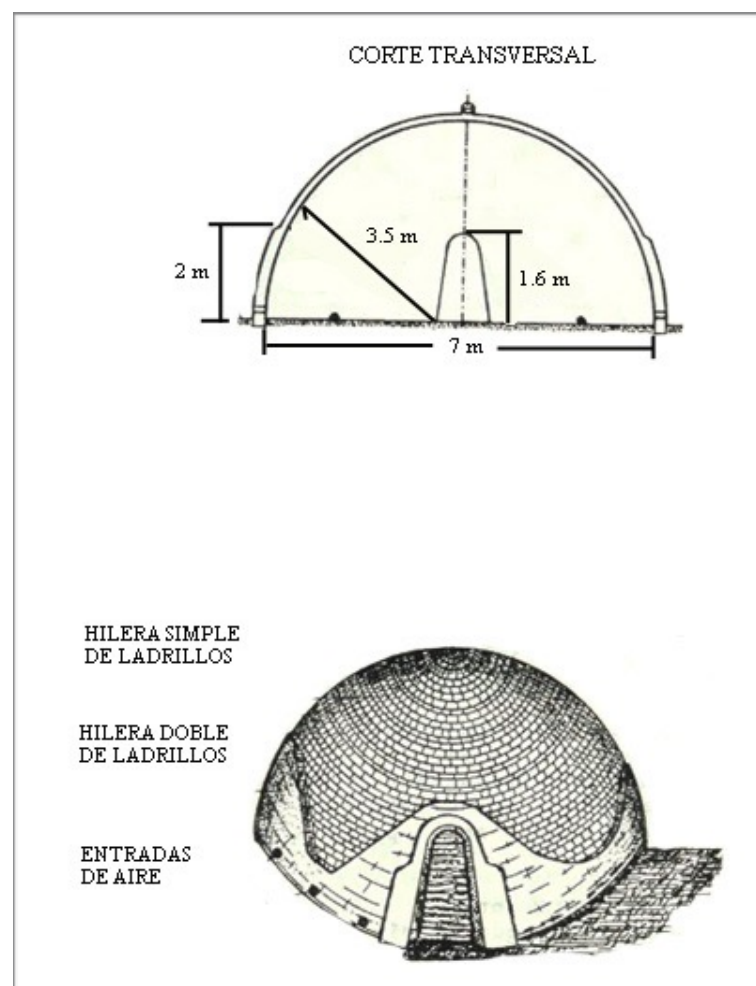
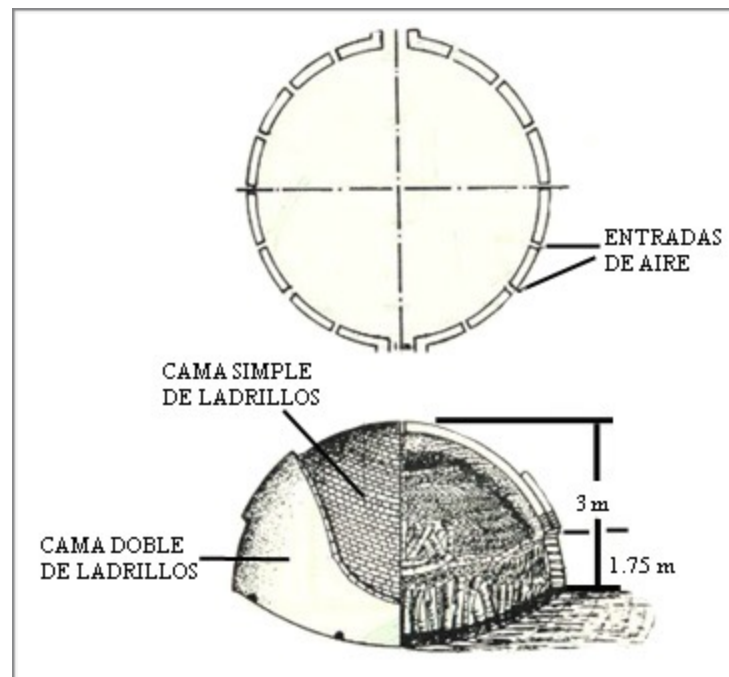


Imagen 3. Horno de media naranja

Fuente: Manual para la producción de carbón vegetal con métodos tradicionales

3.1.2.5 Horno brasileño

El horno es construido con ladrillos o adobe con dimensiones de cinco metros de base y tres metros de alto, teniéndose dos puertas y seis chimeneas, así como en la parte superior un orificio en la cúpula. Se dejan cuatro hileras de orificios que hacen un total de cincuenta. En este tipo de hornos se coloca la leña en forma vertical y cuando comienza la bóveda en forma horizontal. Los leños más

gruesos van al centro del horno. El tiempo de carbonización requerido es de nueve días con una producción de cinco toneladas por ciclo.

El procedimiento de carbonización es similar al anterior.

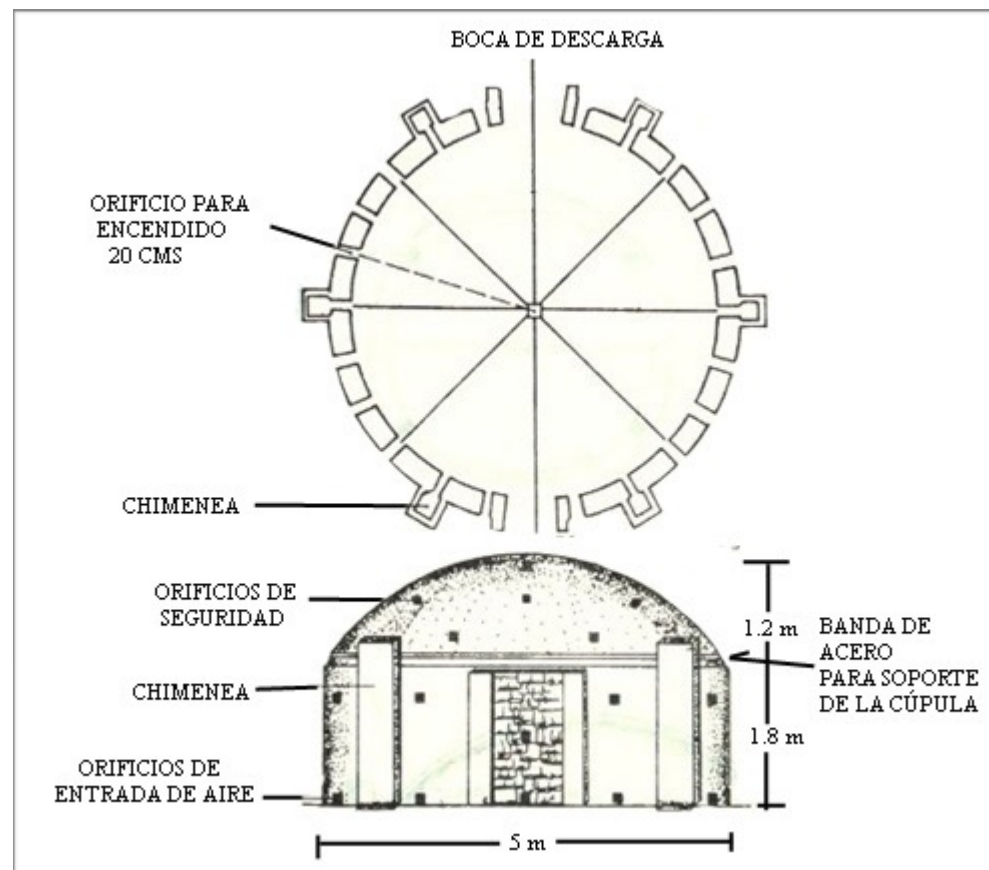


Imagen 4. Horno Brasileño

Fuente: Manual para la producción de carbón vegetal con métodos tradicionales



Imagen 5. Producción tradicional de carbón vegetal mejorada horno de ladrillo de tipo brasileño en Cuba

Fuente: <http://www.fao.org/docrep/005/y4450s/Y4450S11.htm>

3.1.2.6 Hornos Metálicos

En los años 30 se difundió en Europa, para la fabricación de carbón vegetal, el empleo de hornos metálicos cilíndricos transportables. Durante la Segunda Guerra Mundial su técnica fue desarrollada aún más por el Reino Unido en su laboratorio de investigación de productos forestales (UK Forest Products Research Laboratory). Diversas versiones del diseño original fueron usadas de una extremidad a otra en el Reino Unido. Esta tecnología fue transferida a los países en vía de desarrollo a fines de los años 60 especialmente con las actividades del Departamento Forestal de Uganda.

3.1.2.7 Métodos industriales de carbonización

La tendencia actual en la producción de carbón vegetal aspira a mejorar los efectos medioambientales manteniendo o elevando al mismo tiempo el rendimiento y la calidad del producto. Recipientes de acero o retortas se llenan con leña presecada y se colocan en un horno de carbonización de ladrillo calentado a 900 °C. Los alquitranes y gases producidos al calentarse la madera se conducen a una cámara de combustión separada a alta temperatura. El gas de combustión que sale de esa cámara se utiliza para calentar el horno de carbonización, y el calor restante del horno se utiliza para el presecado de la leña. El excelente aprovechamiento del calor de este tipo de equipo permite producir 1 kg de carbón vegetal por 3 o 4 kg de leña.

La altísima temperatura de la cámara de combustión hace que se quemen por completo todas las partículas, alquitranes y gases. En los Países Bajos, se ha certificado que este tipo de equipo cumple con los requisitos estrictos de emisión para las instalaciones de combustión. Las emisiones de alquitranes, monóxido de carbono y peróxido de nitrógeno, así como los componentes olorosos, están muy por debajo de los límites legales.

Las nuevas fábricas de carbón vegetal de alto rendimiento y bajas emisiones requieren mayores costos de inversión que los viejos hornos o retortas de ladrillo o acero, pero en muchos casos esto se compensa sobradamente con el mayor rendimiento y el mejoramiento en las emisiones viene a ser una prima gratuita. Por ello esta tecnología relativamente nueva se ha extendido en los dos últimos años no sólo en los países de la Unión Europea cuidadosos del medio ambiente (Francia, Países Bajos), sino también en Europa oriental (Estonia) y en regiones en desarrollo (China, Ghana, Sudáfrica). En Singapur está en construcción una fábrica de carbón vegetal a partir de maderas vieja.

En la producción industrial de carbón la fracción de gases se recupera, porque en ella hay componentes muy útiles para la industria en general.



Imagen 6. Horno industrial para elaborar carbón

Fuente: <http://www.fao.org/docrep/005/y4450s/Y4450S11.htm>

La imagen siguiente muestra un esquema de un proceso de fabricación de carbón con la recuperación de los subproductos.

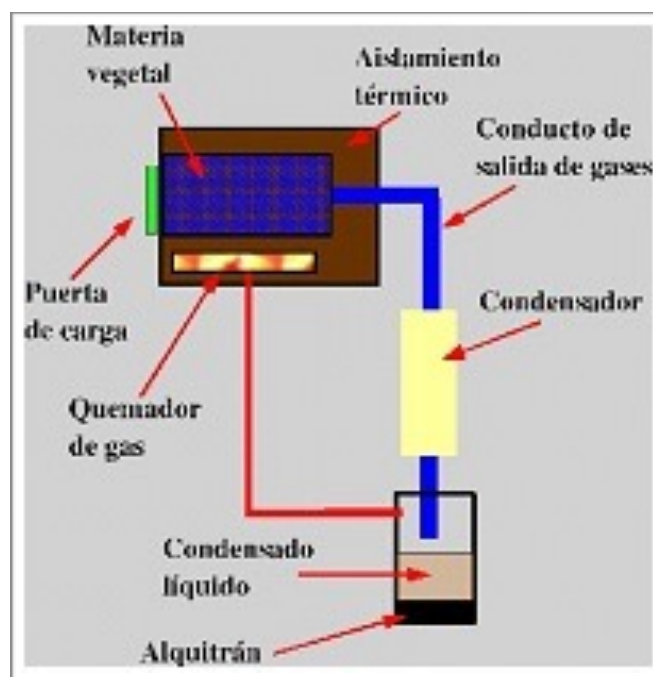


Imagen 7. Proceso de fabricación

Fuente: <http://www.sabelotodo.org/combustibles/carbonvegetal.html>

La materia vegetal se introduce en una cámara aislada donde se calienta a través de un quemador de gases, los productos gaseosos debido a la descomposición se llevan hasta un condensador donde se producen tres fracciones:

1. Una fracción que permanece gaseosa y que se usa para calentar la propia instalación ya que contiene gases combustibles principalmente monóxido de carbono.
2. Una fracción acuosa mayoritaria donde están disueltas gran cantidad de sustancias (alcoholes, cetonas, fenoles, aldehídos etc.)

3. Una fracción semisólida (pastosa) conocida como alquitrán constituida por una mezcla de cientos de productos, principalmente hidrocarburos.

La naturaleza y composición de las fracciones depende del tipo de materia vegetal utilizada, pero es en todos los casos una excelente fuente de materia prima para la industria química. El carbón vegetal quedará dentro de la cámara de calentamiento una vez que cese la producción de gases.

3.1.2.8 Resumen de los métodos de carbonización

A continuación se presentan los valores alcanzados con hornos artesanales de tipo parva de tierra, de acero, así como con hornos industriales.

Los rendimientos obtenidos con hornos de tipo parva de tierra carbonero van de 60 a 120kg por tonelada de madera, y con un horno forestal metálico de 120 a 170 kg por tonelada de madera, mientras que con un horno industrial se alcanza de 225 a 250 kg de carbón por tonelada de madera⁴.

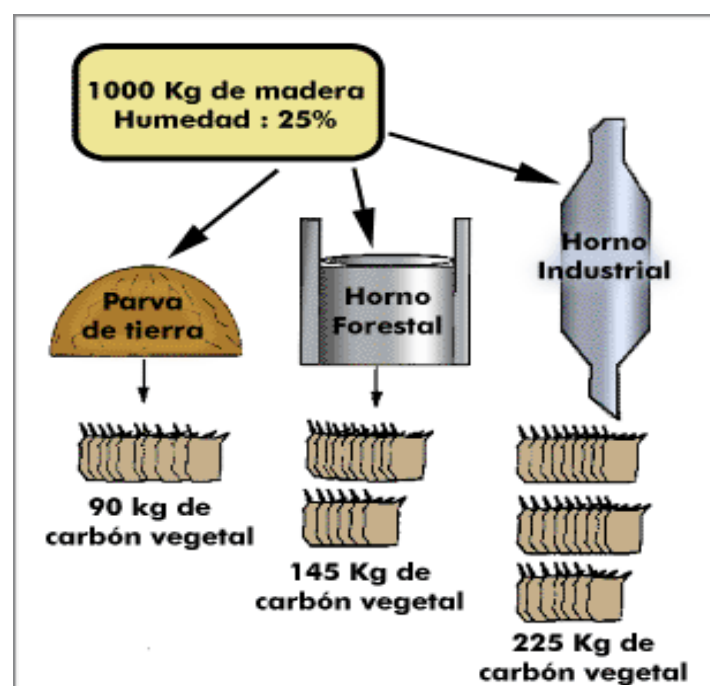


Imagen 8. Comparativa de tipos de carbonización

Fuente: http://users.skynet.be/mariela.tadla/carbonizacion/es/topFrame_1_es.html

⁴http://users.skynet.be/mariela.tadla/carbonizacion/es/topFrame_1_es.html

3.2 Aserrín

Los bosques son una parte fundamental del ecosistema al absorber el CO₂, impedir la desertificación y servir de hábitat para una variada fauna. Reciclar la madera, permite disminuir el ritmo de tala contribuyendo así al cuidado del medio ambiente. La creciente preocupación por el cambio climático está trayendo consigo un mayor interés en todo el mundo por limitar las emisiones de CO₂, uno de los principales causantes del efecto invernadero.

En consecuencia un aspecto fundamental de la lucha contra el cambio climático es evitar la deforestación, que además trae consigo otros problemas como la desertificación o la pérdida de biodiversidad. Una de las mejores maneras de impedir tala masiva de árboles es por medio del reciclado de la madera. En este apartado se abordará esencialmente el residuo de los procesos de corte de la madera conocido como aserrín.

3.2.1 Aserrín, como biocombustible.

Científicos e investigadores de todo el mundo han tratado por años de desarrollar nuevos biocombustibles sin tener un impacto negativo en la industria alimenticia y en el medio ambiente. Sin embargo, desde hace ya algunos años en una universidad de Canadá han hallado una solución: aserrín. Para esto están usando un reactor de pirólisis, el cual es capaz de alcanzar temperaturas de 500°C, ellos han encontrado una forma de extraer aceites vegetales de materiales no combustibles de origen vegetal como el aserrín y la paja.

Otro ejemplo del aserrín como biocombustible es el producido en una planta de la localidad misionera de Santa Ana, Sonora, México, en donde se utiliza una tecnología proveniente de Brasil para reprocesar los residuos de la industria forestal de la zona y obtener productos de mayor valor agregado. La maquinaria que se utiliza, tiene la capacidad de carbonizar el aserrín y producir carbón sólido y un biocombustible líquido que se genera durante el proceso de reconversión del aserrín.

3.3 Pellets

Son dos los principales productos elaborados industrialmente a partir de aserrín destinados a la generación de energía: los pellets y las briquetas, los que son denominados de manera genérica por la sigla DBF.

Este tipo de productos consisten principalmente en aserrín compactado por medio de la aplicación de alta presión, lo que genera una aglutinación de las partículas gracias a la acción de la lignina propia de la madera. Durante este proceso, por lo general no es incluido ningún tipo de aglutinante artificial, aunque algunas empresas lo utilizan en proporciones muy menores, principalmente con el propósito de mejorar la cohesión de las partículas y la generación de energía al momento de la combustión.

En el caso de las briquetas estas son de forma cilíndrica, de 10 cm de diámetro y de un largo de entre 25-40 cm. Algunos tipos de briquetas son de forma rectangular (tipo ladrillo), otras son de forma cilíndrica y además huecas, estas últimas logran una aceleración

considerable al momento de la combustión, pese a esto, el modelo más utilizado es el de briquetas cilíndricas macizas, principalmente por su similitud visual con la leña.

3.3.1 Wood pellets

Los pellets de madera (Wood pellets), son un combustible orgánico en forma de partículas cilíndricas, producido principalmente a partir de desechos de la industria forestal y de desechos provenientes de la silvicultura.

Las propiedades físicas que debe cumplir la producción de pellets según los estándares propuestos por el Pellet Fuels Institute (PFI, 1999), organización no gubernamental norteamericana encargada de proponer normas de elaboración y difundir nuevas tecnologías relacionadas con este tipo de combustible.



Imagen 9. Wood pellets

Fuente: <http://www.gemcopelletmill.com>, “Sources of making Wood pellets”

Propiedad	Valor	Comentario
Densidad	650 kg/m ³	A rangos menores de densidad se produce mayor cantidad de finos
Dimensiones	Longitud 38.1 mm, Diámetro 6.35 mm o 7.937	
Finos	5% del peso total de los pellets terminados	Una alta cantidad de finos puede producir averías en los equipos de combustión
Cloruros	<300 ppm	El nivel de sales debe ser bajo para evitar problemas de oxidación
Contenido de Ceniza	1% del peso total de los pellets terminados	Una baja producción de cenizas garantiza una menor periódica en la limpieza de los equipos de combustión
Poder Calorífico	4.500 kCal/kg (8200 Btu/libra)	Temperatura de la llama 1200 a 1400 C °
Contenido de Humedad	8%	Es un determinante importante al momento de la combustión de los pellets
Tamizado por filtro de 1/8 de pulgada	el producto final no debe tener un tamaño mayo a 1/8"	

Tabla 1. Características físicas de los pellets a partir de desechos de madera

Fuente: www.pelletheat.org, Pellet Fuel Institute.

El poder calorífico de los pellets se sitúa entre 4.200 y 4.500 kcal/kg⁵. Solo el carbón sub-bituminoso utilizado principalmente en la generación de energía termoeléctrica, presenta el mismo poder calorífico que los pellets a base de desechos de aserrín (4500 kcal/kg).

En la actualidad, no existen estándares de calidad obligatorios para la elaboración de pellets en el mundo. Pese a ello, las diferentes empresas productoras han decidido tomar de manera voluntaria las especificaciones propuestas por el PFI (u otras similares), con el fin de lograr un producto de alta calidad y de gran eficiencia al momento de la combustión (Wood Pellet Fuel Manufacturers Association of Brithish Columbia, www.pellet.org, 2002). Existe un interés manifiesto, en especial por parte de la Comunidad Europea, por establecer estándares de calidad obligatorios para la elaboración y comercialización de este tipo de producto (Wood Pellet Fuel Manufacturers Association of Brithish Columbia, www.pellet.org, 2002).

Algunas de las principales razones detalladas por los fabricantes de pellets en pro de su utilización como combustible son:

- Reduce la dependencia en combustibles tales como el carbón, la leña, el petróleo y sus derivados de origen fósil.
- Constituye una fuente de energía renovable.
- Es producido a partir de desechos de la industria forestal, por lo que su elaboración no ejerce presión sobre el medio ambiente y sus recursos naturales.

⁵ www.pelletheat.org, Pellet Fuel Institute.

- No presenta grandes variaciones en términos de precios de comercialización en el mercado internacional, a diferencia de lo que ocurre con otros combustibles de uso más tradicional.
- Produce una baja cantidad de residuos tanto sólidos como gaseosos al momento de su combustión.
- Constituye una alternativa en la generación de energía y calefacción en aquellas ciudades en las que existen restricciones en relación con las emisiones de gases, lo que ha derivado en la prohibición del uso de estufas a leña o chimeneas.

Una de las ventajas más significativas de la utilización de pellets de madera es que su utilización contribuye a la disminución de la emisión de gases de efecto invernadero, en especial de CO₂, favoreciendo la sustitución progresiva de combustibles como el petróleo, el carbón y la leña.

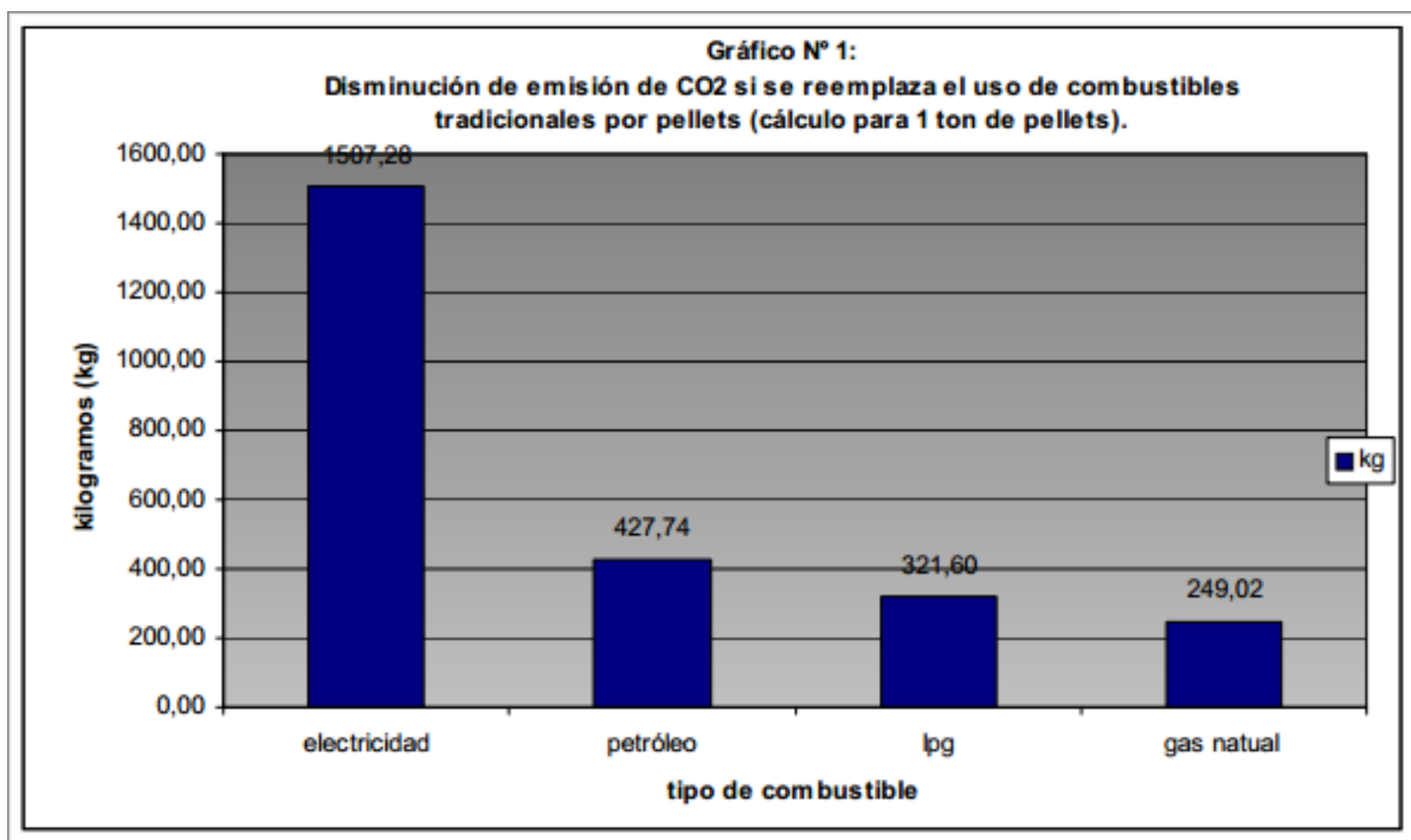


Gráfico 1. Cantidad de CO₂ dejada de emitir al usar pellets

Fuente: www.pelletheat.org, Dr. Jerry Whitfield, "Reduction in green house gases using biomass pellets for Residential Space Heating" 1998.

En el gráfico se muestra la cantidad de CO₂ que es dejada de emitir al reemplazar las fuentes de energía más tradicionales por pellets.

En síntesis los pellets de madera o Wood pellets constituyen en los países desarrollados una alternativa real de generación de energía limpia, además de constituir una forma de aprovechamiento de los desechos de la producción forestal, lo cual optimiza el uso del recurso sin ejercer mayores presiones sobre los bosques.

3.3.2 Materia prima para fabricación de Pellets

Los desechos de remanufactura presentan por lo general bajos contenidos de humedad, debido a que provienen de procesos industriales en los que la materia prima es secada previamente a su procesado. Los desechos de madera provenientes directamente del bosque o del aserrín como residuo de los diversos trabajos que se realizan con este material presentan contenidos de humedad por sobre un 50%.



Imagen 10. Aserrín

Fuente: Elaboración propia

Otras materias primas consideradas en la actualidad para la producción de pellets son:

- Corteza.
- Restos de cosecha agrícola.
- Papel y cartón.
- Desechos provenientes la silvicultura y de cosecha forestal.

El peletizado de otro tipo de materias primas, además de la madera, no es de interés en la actualidad, debido principalmente a que en la mayoría de los países productores existe suficiente aserrín y restos de aserradero provenientes de la industria de la madera capaz de satisfacer la demanda de materia prima. El siguiente paso podría ser el uso de astillas de madera (Wood chips) y, aún más adelante, madera destinada especialmente para la generación de energía, proveniente de plantaciones de especies con rotación corta destinadas exclusivamente para este propósito (Malisius, 2000).

El contenido de humedad considerado óptimo para el procesado de la materia prima está en el rango de entre 8 -12%. La madera blanda (confieras, pino, entre otros) es considerada ligeramente mejor como materia prima que la madera dura (roble, entre otros) debido principalmente a su mayor contenido de lignina. La lignina es un aglutinante natural de las fibras de la madera y actúa con esta misma propiedad sobre el material que constituye los pellets (Alakangas, 2002).

Si la materia prima de los pellets contiene corteza, el poder calorífico de estos aumenta (Alakangas, 2002), pero desafortunadamente la proporción de cenizas resultantes también se incrementa, esto se debe a las impurezas que la corteza pueda contener (Tilt, 2000).

La producción de una tonelada de pellets (contenido de humedad en rango de 7- 10%) requiere las siguientes concentraciones de materia prima (Kyto&Aijala 1981, citado por Alakangas, 2002):

- Alrededor de 7 metros cúbicos a granel de aserrín (contenido de humedad 50 - 55%).
- Alrededor de 10 metros cúbicos a granel de virutas o cortes de desecho (contenido de humedad 10 - 15%).

La fabricación de pellets a partir de biomasa verde ha sido ampliamente estudiada en países como Suecia y Finlandia. En Finlandia ha sido analizado este tipo de producción por el Forest Research Institute desde comienzos de los años 80. Es importante destacar también que posible usar corteza y residuos de troncos como materia prima para la fabricación de los pellets. De acuerdo con algunos estudios, se concluyó que la densidad de los pellets no tiene efecto sobre su firmeza o cohesión, contrariamente a la concentración de lignina, que sí la mejora. Además, se determinó que el contenido de cenizas de los pellets producidos a partir de biomasa verde es alto y su poder calorífico es menor en relación con los pellets producidos a partir de otro tipo de materias primas. Esto puede ser debido a la reducción de elementos volátiles que ocurre durante el proceso de secado (Alakangas, 2002).

Otros problemas observados en los pellets elaborados con biomasa verde es que estos no pueden ser almacenados por periodos de tiempo muy prolongados, a diferencia de los fabricados a base de aserrín y virutas más secos. La consistencia de este tipo de pellets es reducida, y se ha encontrado crecimiento de actividad microbiológica en ellos, en particular en aquellos en que su producción incluye restos de corteza (Lethikangas, 1999, citado por Alakangas, 2002).

En términos de precio los pellets producidos a partir de biomasa verde no son competitivos con aquellos producidos a partir de aserrín y virutas, debido a los altos costos que implica el secado y la materia prima (Alakangas, 2002).

3.3.3 Demanda mundial de Pellets

Existe un alto crecimiento del mercado de biomasa en el viejo continente, lo cual se refleja en los altos volúmenes de producción de los diferentes países que lo componen. Esto se refleja por ejemplo en el Reino Unido, en donde la empresa RWE Innogy,

utiliza hasta 2.5 toneladas de pellets por año, para la generación de energía en su planta, lo cual la convierte en el usuario más grande de este insumo en el mundo.

Por su parte, Suecia se destaca como uno de los mayores países consumidores de pellet de madera, registrando un consumo total de 1.85 millones de toneladas utilizadas, de las cuales el 40% fueron dirigidas a la generación de calor y energía, para diferentes plantas de producción industrial del país.

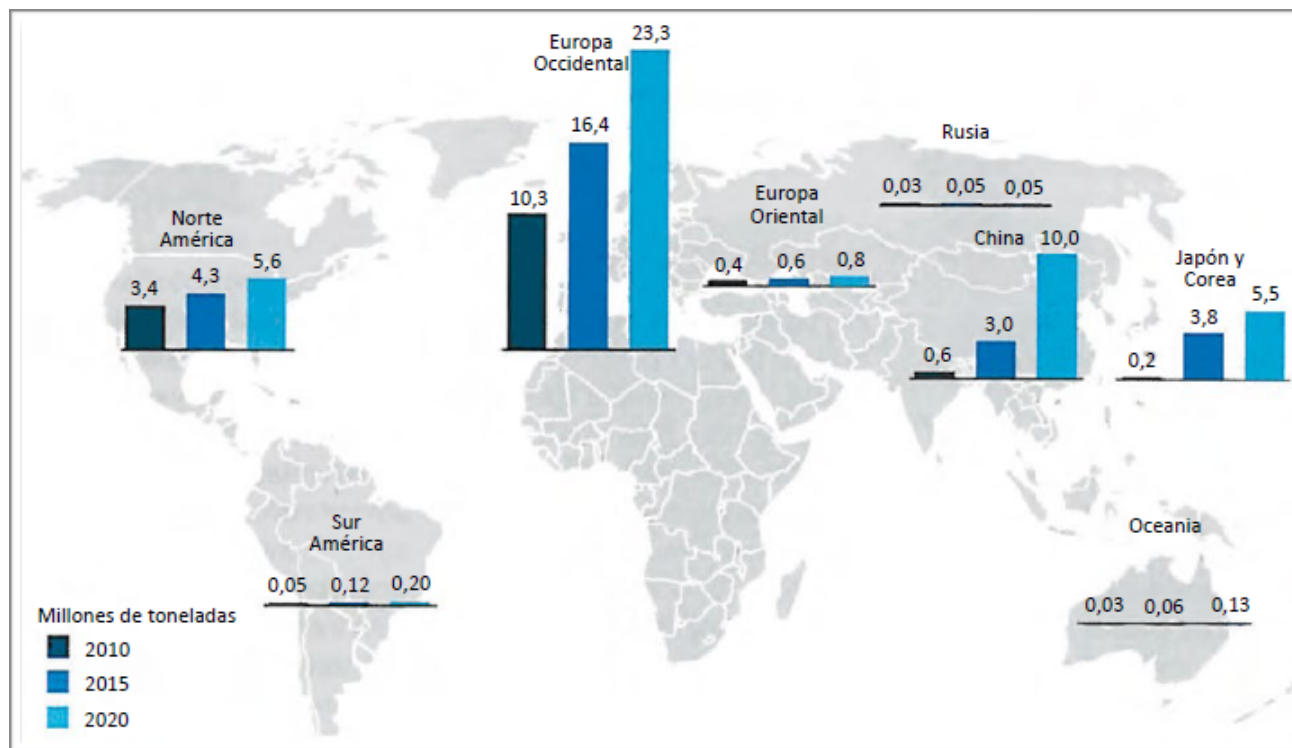


Gráfico 2. Proyección consumo mundial de Pellets,

Fuente: Estudio Global Wood Pellet industryMarket and Trade. IEA Bioenergy, de diciembre de 2011

La producción de pellets de madera (combustible granulado) se ha multiplicado por 10 en la última década, debido principalmente a la demanda creada por las políticas y objetivos bioenergéticos en Europa.

Los primeros datos publicados hasta ahora sobre los pellets de madera, proporcionados por la FAO, indican que en 2012 la producción mundial de pellets ascendió a 19 millones de toneladas, con cerca de la mitad de este total (9,3 millones de toneladas) comercializada a nivel internacional, en comparación con sólo 2 millones de toneladas hace una década. Europa y Norteamérica representan casi la totalidad de la producción mundial (66 y 31 % respectivamente) y del consumo de pellets (80 y 17 % respectivamente).

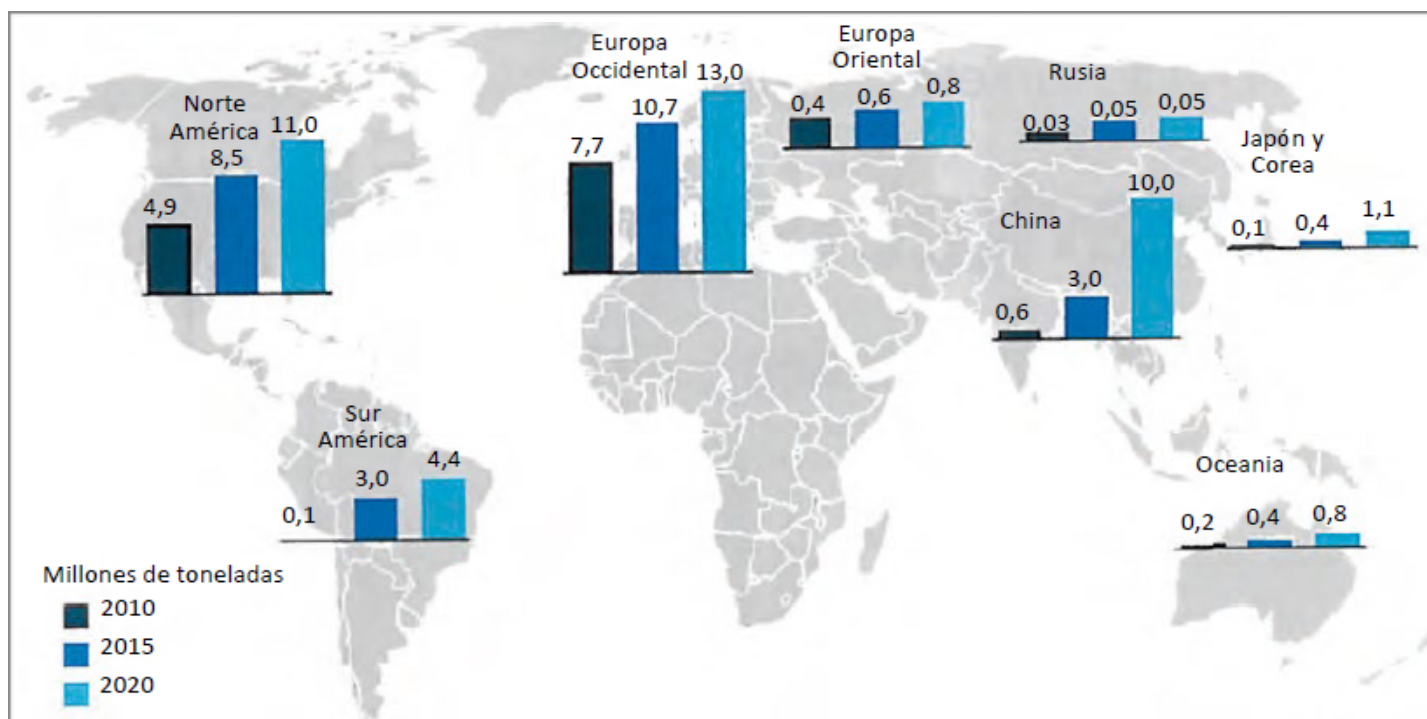


Gráfico 3. Proyección producción mundial de Pellets

Fuente: Estudio Global Wood Pellet industryMarket and Trade. IEA Bioenergy, de diciembre de 2011

Perfilándose como uno de los mayores fabricantes de pellets en Europa para 2020, Rusia ha registrado crecimientos constantes en los últimos cinco años, al reportar 800.000 toneladas en 2010; un año después registró 860.000; y para el 2012 logró una producción total de un millón de toneladas. Cabe destacar que el crecimiento progresivo de Rusia en la producción de pellets se debe, en parte, a que tiene una de las compañías más grandes del mundo para su fabricación, la Vyborgskiy Cellulose VLK, ubicada cerca de la frontera con Finlandia y que cuenta con una capacidad de producción cercana al millón de toneladas anuales; además está la compañía Arkaim, situada en la región de Khavarovsk, que se suma a las estadísticas de ese país con 250.000 toneladas por año.



Imagen 11. Planta industrial productora de Pellets

Fuente: tomado de www.revista-mm.com

Otro de los países que se destacan en cuanto a la producción de pellets en el continente europeo es España, que cuenta con más de 30 plantas dedicadas a esta actividad, las cuales reportan producciones anuales que sobrepasan las 800.000 toneladas, sumado a un número indeterminado de pequeñas productoras, como aserraderos y carpinterías, que producen en promedio 4.000 toneladas al año, lo que destaca un desarrollo notable donde los últimos cinco años en el tema de venta y producción de este tipo de biomasa en el país ibérico.

Otros países que se suman a los datos de crecimiento en producción del mercado de los pellets en el mundo son China, Japón y Corea, que quieren proyectar su producción para el año 2020 como una de las principales en el mundo. Asimismo, gracias a su capacidad instalada, Canadá mostró su gran potencial productor con dos millones de toneladas a finales de 2010, y 3.6 millones de toneladas para 2013, un aumento progresivo con el que espera suplir el creciente consumo de pellets por parte de Europa, que se estima en 11 millones de toneladas para el año 2020. En este sentido, Canadá posee proyecciones en cuanto a la producción de pellets que llegan a las 5.5 millones de toneladas para finales del 2018, con un potencial estimado para exportación de 4.7 millones. La producción de pellets en Norteamérica tiene un papel importante a nivel mundial, gracias al creciente desempeño de Canadá; y si bien Suramérica no tiene un papel relevante en el desarrollo de este insumo en el mercado internacional, cuenta con ejemplos que muestran una perspectiva de crecimiento en la zona que merecen ser resaltados.

En el caso de Argentina, que ha comenzado a incursionar en el mercado de pellets, y según datos de INTI-Economía Industrial, – equipo de investigación aplicada en Argentina, consultado por M&M–, cuenta con una capacidad de producción que alcanza un volumen de 50.000 toneladas anuales, una cifra baja si se tiene en cuenta que ese país genera un millón y medio de toneladas de residuos provenientes de aserraderos, los cuales no son aprovechados debidamente. Por esta razón, el objetivo de Argentina actualmente es el aprovechamiento de los residuos generados por los aserraderos de la provincia del Chaco, Misiones y Corrientes, para producir biomasa que será utilizada en 1.200 casas ubicadas en dichos sectores, en cocinas que están siendo construidas por el Instituto de Tecnología Industrial (INTI). Además, el secado de granos, el uso de calderas y hornos, son otros de los procesos en donde la industria de los pellets argentinos quiere incursionar, mediante el procesamiento de aserrín y virutas de maderas nativas de la zona.

País	Productoras de Briquetas	Producción	Consumo	Exportación (Importación)	Uso de las Briquetas
EUROPA					
Suecia	94	1405.0	1850	(445)	ENERGIA/CALEFACCION
Italia	75	650.0	850	(200)	CALEFACCION
Alemania	50	1460.0	900	560	ENERGIA/CALEFACCION
Austria	25	636.0	509	117	CALEFACCION
Polonia	21	340.2	120	90	CALEFACCION
Rumania	21	114.0	25	89	CALEFACCION
Finlandia	19	373.0	149.2	223.8	CALEFACCION
España	17	100.0	10	90	CALEFACCION
Bulgaria	17	27.20	3	24.2	CALEFACCION
Letonia	15	379.0	39	340	CALEFACCION
Reino Unido	15	125.0	176	(51)	ENERGIA/CALEFACCION
Eslovaquia	14	117.0	17.55	99.450	CALEFACCION
Republica Checa	12	27.0	3	24	CALEFACCION
Bélgica	10	325.0	920	(595)	ENERGIA/CALEFACCION
AMERICA - ASIA					
Canadá	31	1200	200	1000	CALEFACCION
Estados Unidos	97	1800	2096.150	(296.150)	CALEFACCION
Brasil	1	25	25	0	CALEFACCION
Argentina	1	7	7	0	CALEFACCION
China	1	50	50	0	ENERGIA/CALEFACCION
Japón	55	60	109	(49)	ENERGIA/CALEFACCION
Korea	1	10	10	0	—

Tabla 2. Descripción General de los mercados de pellets en todo el mundo

Fuente: Industrial Wood Pellets Report

3.3.4 Los estándares industriales y calidad del pellet.

Hoy en día cada continente dispone de sus propios estándares en la fabricación del pellet, como Estados Unidos y Europa. En Europa prácticamente cada país dispone de un estándar diferente basado en el tamaño y potencia calorífica del pellet. Estas realidades hacen prácticamente imposible producir un producto que sea apto para todos los países del planeta, pero también hay que remarcar que dicha variación de estándares hacen que uno mismo deba decidir y fabricar su propio producto tal cual considere necesario respecto a la materia prima disponible.

Hasta hace poco el estándar Europeo único era un pellet de calidad DIN y DIN PLUS, X, doble X y triple X, pero si hacemos una pequeña búsqueda por internet en busca de estas certificaciones nos damos cuenta que cada país ha creado sus propios estándares que se actualizan con frecuencia y no es más que un proceso de filtrado para que el producto importado tenga un mínimo de calidad:

Parámetros	DIN 51731	DIN PLUS
Diámetro (mm)	4 - 10	Especificar
Longitud (mm)	< 5	< 5*Diámetro
Densidad (kg/m3)	1-1.4	>1.12
Humedad (% masa)	< 12	< 10
Cenizas (% masa)	< 1.5	< 0.5
PCI (MJ/kg)	17.5 - 19.5	> 18
S (% masa)	< 0.08	< 0.04
N (% masa)	< 0.3	<0.3
CI (%masa)	< 0.03	< 0.02
As (mg/kg)	< 0.8	<0.8
Cd (mg/kg)	< 0.5	<0.5
Cr (mg/kg)	< 8	< 8
Cu (mg/kg)	< 5	< 5
Hg (mg/kg)	< 0.05	< 0.05
Pb (mg/kg)	< 10	< 10
Zn (mg/kg)	< 100	< 100
Densidad aparente	-	Especificar
Durabilidad (% masa)	-	< 2.3
Aditivos (% masa)	-	< 2

Tabla 3. Estándares en España - DIN y DIN PLUS

Fuente: <http://www.chimeneascosta.es>

En la tabla anterior podemos ver los estándares en España, pero al igual, existen estándares para cada país como por ejemplo:

Alemania: DIN 51731 (2000) y DIN PLUS además se clasifican en 5 grupos diferentes.

Suecia: SS 187120 (1998) - y además se clasifican en 3 grupos

Italia: CTI R04/05 (2004) y además posee varias categorías - A1, A2, etc.

Dinamarca: Calidad HP y con 4 diferentes calificaciones.

Finlandia: Posee unas guías básicas para el buen hacer del pellet sin seguir normas específicas.

Austria: ÖNORM con siete variaciones.

Holanda: NTA 8200 - una lista de buenas prácticas para la fabricación del pellet.

En el año 2010 se establecieron unas normas europeas EN, elaboradas por un comité llamado EUBIONET que rige todas estas cuestiones y establece las reglas de tamaño y composición. Solo vamos a mencionar las reglas del tamaño. Si se desea saber más sobre las otras normas EN 14961, pueden visitar la página en inglés de EUBIONET.

Los pellets quedan clasificados de la siguiente manera:

<i>L</i>	Length	<i>D</i>	Diameter
Dimensions (mm)			
Dimensions (mm)			
Diameter (<i>D</i>) and Length (<i>L</i>)^a			
D 06	6 mm ± 1,0 mm and 3,15 ≤ <i>L</i> ≤ 40 mm		
D 08	8 mm ± 1,0 mm, and 3,15 ≤ <i>L</i> ≤ 40 mm		
D 10	10 mm ± 1,0 mm, and 3,15 ≤ <i>L</i> ≤ 40 mm		
D 12	12 mm ± 1,0 mm, and 3,15 ≤ <i>L</i> ≤ 50 mm		
D 25	25 mm ± 1,0 mm, and 10 ≤ <i>L</i> ≤ 50 mm		

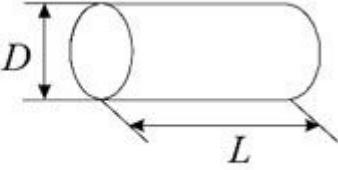


Imagen 12. Dimensiones de un pellet

Fuente: <http://www.chimeneascosta.es>

Como podemos observar, un pellet considerado de 6mm, quedan como correctos - más/menos - un milímetro, quiere decir que un pellet con diámetro 5 o 7 también se consideran pellet de 6 mm.

Es importante tomar a consideración que si un pellet supera los 6mm pero no rebasa los 7mm es considerado un pellet de 6mm ya que por la experiencia vivida por chimeneas costa con distribuidores en algunos de los casos no son considerados como tal por regirse demasiado al standard.

3.3.5 La durabilidad mecánica del pellet

La durabilidad mecánica sencillamente se refiere con la calidad y densidad con la cual el pellet se ha formado al final del proceso de fabricación, evidentemente, cuanto más denso, más fuertes y cuanta más densidad se pretende conseguir, tendremos una menor producción junto con un aumento de los precios para producir dicho material. La conclusión es que hay que conseguir una calidad aceptable al mínimo costo posible.

Cuanto más fuerte y denso el pellet es producido, menor es el daño derivado durante el transporte, y más calorías se consiguen en una cámara de combustión. El pellet debe de tener una superficie suave y sin roturas. Si el pellet tiene roturas y grietas significa que la humedad con la cual ha sido producido es demasiado alta o una compresión demasiado pobre, con ello la humedad debe ser reducida hasta un nivel óptimo y si fuera el caso de una pobre compresión, cambiar la plantilla para obtener una mayor compresión. Una vez que el pellet esté frío, debe mantener su superficie brillante y suave. El brillo del pellet es una cuestión aleatoria, ya que cada materia prima peletizada tiene su propio brillo, ser mate, opaco, etc. Con lo cual podemos afirmar que unos pellets brillan más que otros dependiendo del material inicial y no quiere decir necesariamente que la calidad es inferior. La cuestión importante es que el pellet sea compacto con una densidad aceptable.

Una comprobación muy sencilla para ver si el pellet tiene una densidad adecuada, es tirar un pellet dentro de un vaso de agua y si se hunde, la densidad y compresión es buena y si flota es que la compresión es baja, conllevando a un poder calorífico menor, traducidos en un pellet de menor calidad. Un pellet de baja calidad se romperá con mayor facilidad tanto en el transporte como en el uso en un tornillo sinfin creando en la mayoría de los casos un exceso de residuos, y cuanto más residuos, obtendremos menos eficiencia, más humos y menos calor.

3.3.6 Contenido de humedad en el pellet terminado

Cuanto menos humedad tenga un gránulo de pellet al final de su proceso de fabricación, más energía poseerá en su interior. Sin embargo, se necesita un determinado porcentaje de agua para el proceso del peletizado, por lo que hay que peletizar con el menor grado de humedad posible para crear un pellet de calidad. El contenido de un pellet enfriado y seco debe de ser inferior a un 10%, siendo poseedor de una densidad óptima, pero no debemos de olvidar que todo esto hay que realizarlo al menor costo y la mejor eficiencia posible.

3.3.7 Ser proveedor de pellet

Un cliente, antes de adquirir una estufa de pellets o caldera, siempre debe de asegurarse que dispone de un proveedor de pellets cercano. Lo ideal, es que aparte de proveer pellets, pueda también proveer de este tipo de máquinas, sean estufas de pellets o calderas de pellets.

Una producción exitosa es aquella que nunca le falte la materia prima. La elección de su materia prima es muy importante por las siguientes razones:

1. Cada material tiene diferentes valores de poder caloríficos, residuos, cenizas y cualidades corrosivas únicas.
2. Cada material es preparado de forma diferente para su transformación en pellets de calidad, teniendo en cuenta la humedad, tamaño de la partícula, tipo de biomasa, etc. Sabiendo de las diferentes clases de materia prima que disponemos de antemano, buscar la mezcla más óptima para que el pellet fabricado no varíe mucho de un año a otro, ya que un cliente contento, le volverá a comprar al año siguiente.

3. La densidad de la materia prima inicial es muy importante para la cantidad de producción de combustible.
4. Cualquier materia prima viva o muerta que se pueda utilizar para fabricar pellets, se le denomina Biomasa. Esto incluye cualquier resto de desecho de la madera como podas, aserrines, limpieza de campos, hierba, paja, hojas, las propias cortezas incluyendo también por ejemplo restos orgánicos de animales como pueden ser los purines previamente deshidratados, cáscara de almendra, hueso de aceituna, etc. Estas materias primas deberán estar previamente trituradas y secadas para tener un contenido de humedad óptimo entre 10% y 15% como ya se ha mencionado antes.

3.3.8 El proceso de peletizado paso a paso

Para la descripción del proceso de peletizado se ha tomado como referencia la experiencia de la empresa española Chimeneas Costa, la cual pretende enseñarnos de forma general el proceso de la creación de un pellet de calidad paso por paso nombrando la maquinaria necesaria en cada etapa y los principios básicos fundamentales, entre otros puntos⁶.

3.3.8.1 Los procesos básicos

1. Reducción y adaptación del tamaño inicial de la materia prima: Trituradoras de rodillo, trituradoras de martillo, trituradoras mixtas, etc.
2. Transporte del material a diferentes máquinas: Ventiladores, ciclones, transportadores de cinta, transportadores de tornillo, cubos elevadores, separadores.
3. Secadoras: Secadoras de tambor, secadoras por conductos de aire.
4. Mezcladores: Mezcladoras de rodillo simple o de múltiples rodillos.
5. Acondicionado: Acondicionado con agua y vapor, aditivos para agilizar la producción, aditivos ligantes.
6. Producción de pellet: Peletizadoras de plantilla plana y peletizadoras anulares con plantilla de anillo.
7. Cribado y seleccionado: para la eliminación de partículas pequeñas y el polvo.
8. Enfriado: Enfriadoras de cinta, enfriadoras con aire.
9. Empacado y almacenado: Bolsas de 15 kgs, big bags 500 – 1000 kg, silos, etc

⁶ <http://www.chimeneascosta.es>

3.3.8.2 Los principios de la producción

Explicaremos los procesos por pasos definiendo los principios básicos que influyen en cada proceso y las variables que pueden influir también en la calidad y en una producción eficiente. Tenemos que añadir que para producir pellets de calidad de forma constante con el mínimo consumo posible de energía se necesita mucha experiencia personal.

3.3.8.3 Requisitos de potencia

La producción de pellet es un proceso que requiere de mucha demanda de potencia eléctrica. Las trituradoras y las peletizadoras son la maquinaria que más demanda tiene de energía, lo que significa que necesitarán de una conexión eléctrica trifásica a 480 V, que -como sabemos- dicha instalación eléctrica nueva pueden llegar a ser muy costosa. Antes de adquirir los equipos, es necesario informarse de la existencia o la posibilidad de tener dicha instalación eléctrica en su lugar de instalación y trabajo. Hay casos en que es posible instalar un convertidor para poder funcionar con la maquinaria de forma monofásica, pero esta solución tiene sus limitaciones, como por ejemplo, los motores no funcionarían a toda la potencia del que normalmente dispondrían con tres fases, lo cual podría llegar a ser un problema de consumo – producción – eficiencia.

3.3.8.4 Ubicación de la planta de producción

La ubicación ideal de una planta de producción es estar lo más cercano posible de la materia prima para ahorrar en costos de transporte, hecho que lógicamente no siempre es posible porque la planta deberá estar ubicada en un lugar donde se tenga acceso a la electricidad trifásica. También es muy importante considerar el acceso ya que la materia prima muy seguramente será transportada en camiones.

3.3.8.5 El proceso de producción

En las siguientes páginas se desglosan los distintos pasos en la producción de un pellet de calidad.

3.3.8.6 Reducción de la materia prima

Aunque la materia prima inicial sea hierba, madera, paja o cualquier otro tipo de biomasa, ha de ser reducido a un tamaño lo suficientemente uniforme y pequeño para poder ser utilizado en la máquina peletizadora. La norma general es que el tamaño de la partícula ha de ser menor que los orificios de la plantilla existente en la peletizadora. Tomemos por ejemplo que para la producción de

pellets de 6 mm el material triturado debe de tener un formato menor a 6 mm y para ello existen diversas trituradoras de leña y cada una de ellas tiene distintas finalidades y potencias.

3.3.8.6.1 Astilladoras mixtas

Material inicial: troncos.

Las astilladoras son adecuadas para reducir el tamaño de los troncos al estado de astillas cuando la materia prima inicial supera generalmente los 4 cm de diámetro. En nuestras plantas de pellet añadimos si es necesario las astilladoras mixtas o las trituradoras de martillo de última generación que reducen el tronco directamente aserrín con el tamaño necesario para ser peletizado, con lo cual se dispone de un ahorro en costes de producción eléctrica, además del ahorro de la compra de una segunda máquina. Hay que tener en cuenta si las trituradoras mixtas realizan un doble trabajo (astillar primero con el disco y reducir a serrín después con los martillos), la producción es inferior a que si disponemos de una máquina específica para cada proceso. El tronco penetra en la máquina y es astillado mediante un disco giratorio con varias cuchillas de corte. Estas astillas pasan a la cámara de martilleado y triturado final que reduce a aserrín el material. Existe una malla en el interior de la máquina que filtra el tamaño de las partículas; deja pasar al exterior los tamaños más pequeños y el material de mayor tamaño continúa en el interior de la cámara de martilleado triturándose hasta ser reducido lo suficiente para pasar a través de la mencionada malla al exterior con el tamaño correcto.



Imagen 13. Esta es la vista interna de la trituradora mixta de la malla que define el diámetro y textura final del material triturado.

Fuente: <http://www.chimeneascosta.es>



Imagen 14. Trituradora

Fuente: <http://www.chimeneascosta.es>

La trituradora mixta FCS600 por ejemplo, es una máquina capaz de producir tanto astillas como aserrín. Desde fábrica esta trituradora ya viene configurada para producir aserrín. Sólo hay que retirar las mallas de su interior si se desea que produzca solamente astillas a partir de troncos de pequeños diámetros. Si un cliente adquiere una de estas máquinas no se recomienda quitar y poner las mallas constantemente, ya que tampoco está diseñada para tal fin. Es preferible astillar durante varios días o semanas si se requieren astillas y viceversa, es preferible reducir a aserrín los troncos durante un tiempo largo ya que se pierde mucho tiempo quitando y poniendo la malla.

3.3.8.6.2 Trituradoras de martillo

Materia prima inicial: Astillas, paja, hierbas, cañas y materiales generalmente blandas de reducidos diámetros.

Si el tamaño de la materia prima es pequeña, de consistencia blanda y quebradiza, el material puede pasar directamente a una trituradora de martillo para reducir a una partícula suficientemente diminuta y adecuada para la peletizadora cuyo precio es más accesible que el de una astilladora – trituradora mixta de última generación que posea ambas funciones. Las trituradoras de martillo, sean eléctricas o con motor diésel, sólo llevan incorporadas la cámara de martillado y la misma malla anteriormente descrita reduciendo la materia de entrada a una partícula de tamaño conveniente para su posterior peletizado. El tamaño de la partícula final dependerá del tamaño de los orificios de la malla interna. Cuanto más grande la trituradora de martillo, más grandes y de mayor resistencia pueden ser los materiales en ella introducidas. Las revoluciones de una trituradora de martillo son mayores que las revoluciones de una trituradora combinada. Los orificios de la malla cuanto más grandes, más producción. El combustible en forma de pellet utilizado -por ejemplo en calderas industriales, entre otros usos- pueden ser perfectamente ser entre 10 y 12 mm, con lo cual la malla debería ser unos milímetros inferior al tamaño del pellet final que buscamos, por ejemplo entre 8 y 10 mm. Con todo esto queremos también añadir, que la producción de aserrín es mayor con una trituradora de martillo por las revoluciones y tenemos también al mismo tiempo un menor consumo eléctrico que una trituradora combinada, que son más lentas, primero por el doble trabajo que han de realizar que requiere más potencia y el hecho de tener que astillar primero los troncos lo convierte en una máquina más lenta, aunque de igual resultados finales que con una trituradora de martillo.

He aquí un ejemplo de un modelo de trituradora de martillo. En su interior se sitúan las mismas mallas con orificios que hemos visto anteriormente en las trituradoras mixtas. La diferencia es notoria cuando vemos, que en un lateral, dispone de un ventilador de succión que extrae todo el material del interior para llevarlo a un ciclón o a un depósito, silo, etc.



Imagen 15. Trituradora de martillo

Fuente: <http://www.chimeneascosta.es>

3.3.8.7 Tamaño de la partícula y el efecto sobre la calidad final del pellet

La regla general como ya hemos mencionado es reducir la materia prima inicial a un tamaño de partícula inferior al diámetro final del pellet que vamos a producir. Las razones son para evitar daños a los componentes de la peletizadora como rodillos y plantilla, a su vez reduciendo las posibilidades de bloquear los orificios de la extrusora, con lo cual una partícula más pequeña es estrictamente necesaria para una continua y segura producción de pellet de buena calidad, aunque también influyen elementos como el acondicionamiento y la temperatura de entrada del material. El aserrín en polvo, al menos basándonos en nuestra experiencia, es mucho más difícil de peletizar necesitando en algunos casos incluso de una plantilla específica. Podemos concluir que la partícula final depende de la máquina que se posea en función de su materia prima inicial, sean troncos, astillas o ambas, pero no podemos olvidar que existen limitaciones y consideraciones lógicas respecto al balance entre producir el tamaño de partícula más eficiente manteniendo el consumo energético al mínimo posible que evidentemente influyen en los costos de producción. Todo esto depende también del tipo de material que vayamos a utilizar en función del uso final al que estarán destinados los pellets, si el uso es doméstico ó industrial. Producir un pellet de mayor diámetro se traduce en un aumento en la producción, en un desgaste menor de la maquinaria con un consumo eléctrico igual ó inferior a producir pellet de diámetro más pequeño.

3.3.8.8 Transporte de material de una máquina a otra

Una vez que hayamos concluido el proceso de reducir el tamaño del material hasta cubrir nuestras necesidades, las partículas trituradas ó el aserrín han de transportarse hasta el siguiente proceso que puede ser secado, mezclado, acondicionado ó simplemente

directo a la peletizadora. Para recoger el material disponemos de varios métodos como por ejemplo con un ciclón separador, tornillos sinfín, cintas transportadoras ó cubos elevadores.

3.3.8.9 Ciclón separador

Una vez que el material haya sido pulverizado con una trituradora de martillo y haya pasado a través de su malla, un ventilador mecánico accionado por el mismo motor de la trituradora aspira el material soprándolo hacia el ciclón. La función de un ciclón es separar el aire del material triturado que expulsa por la parte superior del mecanismo a través de una salida, la materia prima es introducida hacia las paredes del cono que cae a la parte inferior por gravedad saliendo al exterior para ser recogido por el siguiente transportador.

En la imagen podemos ver el sencillo funcionamiento de un ciclón representada la materia prima entrante como flechas rojas y como el aserrín es más pesado que el aire cae por su propio peso hacia el fondo del ciclón y el aire es expulsado por el orificio de la parte superior. El resultado es sencillamente la separación del aire de la materia.

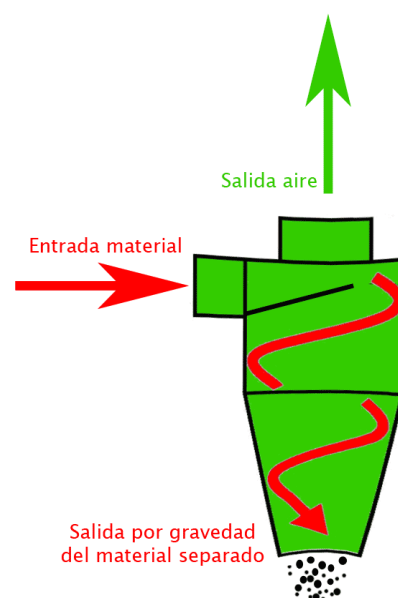


Imagen 16. Ciclón

Fuente: <http://www.chimeneascosta.es>

Las plantas configuradas con una trituradora combinada, al carecer de ventilador mecánico de aspiración y expulsión, tampoco se le añade el ciclón ya que no tendría ningún papel útil en el proceso, pero es evidente que necesitaremos un depósito, silo o algún sitio donde poder descargar el serrín producido.

3.3.8.10 Tornillo sin fin ó transportadores de cinta

Sirven para transportar la materia prima de un proceso al siguiente

En el proceso del transporte del material triturado de una máquina a otra, los transportadores de tornillo son los más populares por el poco espacio que utilizan, un relativo bajo peso y disponen de motores de velocidad fija o variables para adaptar el transporte a la

producción de la peletizadora. Es una solución ideal de bajo costo para el transporte de un proceso a otro. Siempre son más aconsejable los tornillos sin fin de velocidad variable para adaptarse a la producción del momento o incluso si se ampliara más adelante la producción de la planta, por ejemplo añadiendo una nueva peletizadora ó una potente secadora, siempre lo podremos seguir utilizando sin tener que comprar nuevos motores más rápidos para adaptarnos a la nueva producción.

En la entrada del tornillo transportador, normalmente nos encontramos con un cubo de entrada, que siempre debemos estar seguro que su anchura y tamaño es la adecuada a la materia prima que transportaremos ya que si no lo es, podemos encontrarnos con que en dicho cubo, pueda formarse una cueva interna que no es notorio a simple vista pero dicha cueva hará que el material deje de caer en el tornillo, con lo cual tampoco estaremos alimentando la peletizadora adecuadamente, por eso recomendamos probar antes el tornillo sin fin con nuestro material que utilizaremos para producir el pellet y comprobar hasta donde es capaz de admitir material sin producirse una cueva. Una alternativa para evitar la cueva es añadir un vibrador a la entrada del tornillo sin fin.

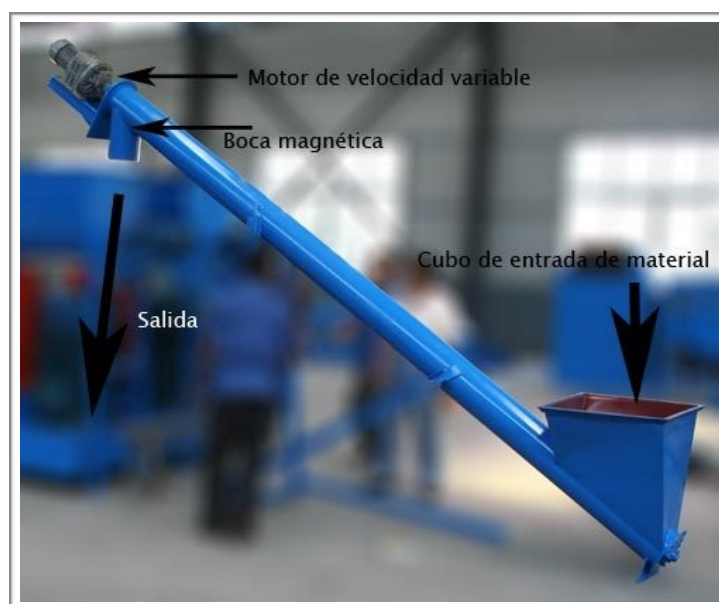


Imagen 17. Tornillo sin fin

Fuente: <http://www.chimeneascosta.es>

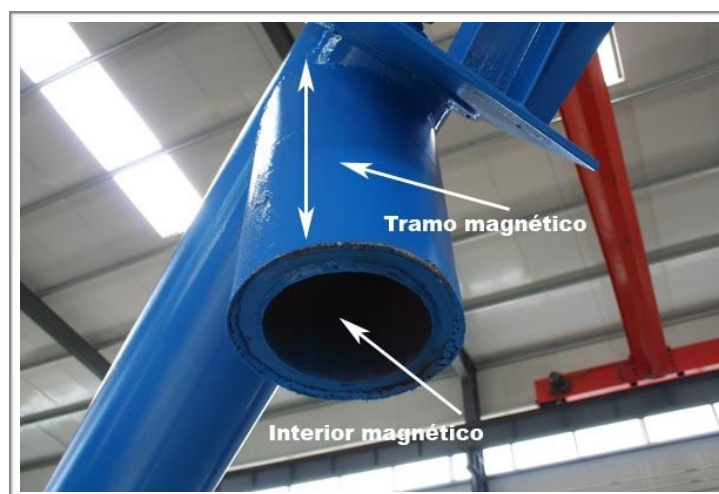


Imagen 18. Orificio de salida del tornillo sin fin

Fuente: <http://www.chimeneascosta.es>

3.3.8.11 Soluciones para el secado

Para producir pellets de alta calidad la humedad de la materia prima utilizada debe de ser siempre hablando en términos generales entre el 10 y 20%. Casi todos los pellets de alta calidad que se produce en el mundo con materiales conocidos que tienen un porcentaje de humedad entre el 10 y el 15% pero no quiere decir que el material que particularmente usted tiene deba de tener dicha humedad. Como ya comentamos anteriormente, el mejor productor es aquel que experimenta antes con el material del cual dispone para sacarle el mayor rendimiento a su maquinaria, producto y adquirir conocimiento.

Por regla general la materia prima que contenga una humedad superior al 20% debe de ser secada o mezclada con un material más seco para reducirla.

3.3.8.11.1 Reducir la humedad utilizando el sol

El secado es un proceso muy costoso en utilización de energía con lo cual la conclusión es, que el material perfecto es aquel que no requiere de secado. Desde luego que existen materiales como la paja, la hierba seca o poda que se ha secado en pleno campo por una temporada anterior que pueden ser recolectados directamente con una humedad ideal directa para el peletizado, pero por ejemplo el resultado de una poda reciente, o material verde puede llegar a tener hasta un 60% de humedad lo que el proceso de secado se convierte en algo necesario y no es una opción. Casi siempre la opción del secado por el sol se infravalora y no se suele tener en cuenta lo cual creemos que es un gran error puesto que el sol es una energía gratuita. Es cierto que un proceso de secado por el sol lleva mucho más tiempo pero existen diseños de secadores solares que reducen éste tiempo tan incómodo. También hay que tener en cuenta, que un tronco lleva mucho más tiempo de secado por el sol, que si éste lo redujéramos primero a astillas o aserrín, pero el serrín es más incómodo de manejar y al ser más denso, no permite una circulación de aire satisfactoria así que la mejor opción para un secado al sol, sea al aire libre o sea dentro de un secador, es tenerlo en formato astillado.

Una vez que las astillas tengan la humedad ideal para el peletizado, es cuando debemos reducir su tamaño a serrín. La velocidad de secado al sol se reduce a medida que se reduce el porcentaje de humedad, con lo cual es más rápido reducir desde un 30% a un 20% al sol que de un 20% a un 10%, que se tarda más tiempo. Por eso, por el tiempo que se toma en reducir ésta humedad de la última etapa podemos utilizar una secadora a combustible, sea madera, gasoil, pellets, gas, etc, para reducir de un 20 a un 10% ó inferior, pero evidentemente, reducir al sol el máximo posible de humedad reduciremos costos en combustible.

3.3.8.11.2 Secado solar a gran escala

La idea de un secado utilizando como fuente de calor el sol es aparentemente una idea para productores a pequeña escala pero están apareciendo en el mercado compañías que están produciendo facilidades de secado con productos y aplicaciones destinados a grandes

escalas de producción. Existen sistemas que utilizan placas solares para recoger la energía solar sobre un tejado y utiliza dicha energía para recircular aire caliente dentro de un silo, nave, etc.

Secadoras de combustible sólido y aire

Si un secado mediante el sol no fuera suficiente, se puede realizar con secadoras por un sistema de tuberías para reducir la humedad, consistente en una estufa o aparato eléctrico productor de calor en un extremo, una serie de tubos curvados para obtener determinada longitud en el menor espacio posible, un ventilador que a la vez que succiona la materia prima a través de éstas tuberías, succiona el calor producido por ésta estufa y sopla el resultado seco a través de un ciclón en el siguiente transportador, ó silo.



Imagen 19. Secador por sistema de tuberías

Fuente: <http://www.chimeneascosta.es>

3.3.8.11.3 Secadoras rotativas de leña y aire caliente:

Para grandes necesidades de secado se utilizan de forma más común las secadoras rotativas. El material es introducido a través de un transportador. El aire caliente se produce en un extremo del tubo rotatorio (una estufa de leña, pellets, gas) y en el otro extremo, un ventilador succiona éste calor y las partículas más pequeñas atraviesan el tambor a medida que éste gira con lentitud. Las partículas más grandes al ser más pesadas por su humedad permanecen por más tiempo girando en el tambor hasta que también son succionadas hasta un ciclón separador. El tambor está montado con una pequeña inclinación para facilitar el transporte del material hacia el ventilador succionador. El aire caliente al pasar entre todas las partículas produce un secado más efectivo



Imagen 20. Secadora rotativa

Fuente: <http://www.chimeneascosta.es>

3.3.8.11.4 Fuentes de calor:

Algunas secadoras utilizan como fuentes de calor quemadores de gasoil o gas pero evidentemente en un mercado como el actual, que cada vez se dirige más hacia las energías renovables no es conveniente y tiene un costo más alto. Por eso la forma más económica de tener calor es usar parte de la producción de pellets o parte de materia prima.

3.3.8.12 Acondicionado:

Para producir pellets de calidad la materia prima debe de tener ciertas cualidades. Una peletizadora es muy similar a una ecuación matemática o un plato de cocina, queremos decir, que el pellet que saldrá de una peletizadora, será tan bueno como la materia prima que ha entrado en ella. Una peletizadora es básicamente una cocina, que aplica presión y calor a la materia prima, pero generalmente la gente no sabe ni concibe lo delicado que es el proceso y funcionamiento de una de una peletizadora. Una vez que hayamos mezclado nuestra materia prima para obtener una buena consistencia, posiblemente nuestra receta necesite de otros elementos para producir pellets de calidad. Existen aditivos que incrementan la producción de la peletizadora. Para entender bien el proceso del acondicionado, hay que entender primero cuales son las cualidades que tiene la materia prima para producir pellet. La humedad es una de dichas cualidades pero también están las cualidades de la temperatura y el ligado del material.

3.3.8.12.1 Porcentaje de humedad:

Para producir pellets existe un mínimo de tolerancia a la humedad y un máximo. Cada tolerancia es específica a la materia prima que estamos utilizando, queremos decir que cada materia, tipos de madera o mezclas que realicemos soportan ó funcionan mejor con un

determinado grado de humedad. En ésta cuestión no existen fórmulas matemáticas mágicas válidas para todas las maderas. También influye el tipo de peletizadora que vamos a utilizar pero podemos decir que existe un porcentaje medio que funciona con casi todo y es entre el 10% y el 15% de humedad, pero como ya comentamos, esto no es así en todos los casos, y debemos tomarlo como una norma general.

3.3.8.12.2 Cualidades del ligado:

El ligado es el pegamento que mantiene unido el pellet y le da el aspecto brillante y suave. Muchas materias primas, es decir, muchas maderas disponen de éste pegamento de forma natural llamado lignina y disponen de ella de forma suficiente como para ligar el material con el calor de la peletizadora en el momento de comprimirse. Si la madera que estamos utilizando no dispone de suficiente cantidad de lignina en su estado natural, siempre podemos utilizar un aditivo, y el aditivo más sencillo y natural es simplemente aceite vegetal, pero debemos añadir a esto, que un pellet formado con sólo aceite vegetal como un agente ligante tendrá una menor densidad que otros pellets puesto que el aceite también actúa como un lubricante con lo cual la materia prima pasará más rápidamente a través de la plantilla reduciendo su compresión.

3.3.8.12.3 Densidad del material:

El pellet se forma por calor y compresión proporcionándole la densidad adecuada y esto lo dictamina la plantilla de la peletizadora. La densidad del material evidentemente es una gran influencia sobre un pellet de calidad. Las materias primas con una alta densidad natural como las maderas duras requieren más temperatura y presión para formar el pellet pero actúa en detrimento a la cantidad de pellet producido por hora. Por otro lado los materiales con una baja densidad natural como las cascarras de grano, la paja, cañas, etc. pueden aumentar de forma considerable la productividad de la peletizadora pero podemos obtener un pellet poco denso y quebradizo. Algunos materiales con baja densidad y con poca lignina natural pueden ser un problema a la hora de peletizar puesto que pueden ahogar la plantilla y atascarla puesto que la peletizadora no llega a crear la suficiente temperatura para comprimirlos adecuadamente.

3.3.8.12.4 Acondicionado con vapor e incrementar nuestra producción:

Tal como hemos descrito en las cualidades del ligado, la madera suele contener la suficiente lignina natural que actúa como un solo ligante sin necesidad de aditivos. La lignina natural de las maderas, con el calor y la presión de la peletizadora, se derrite y es el momento donde se forma realmente el pellet y una vez que el pellet se ha enfriado, se endurece ésta lignina constituyendo un pegamento natural para un pellet fuerte y con alta durabilidad en el tiempo. La lignina también es el elemento que proporciona brillo y suavidad a su superficie. Para ayudar en todo el proceso del prensado del pellet, podemos incrementar la productividad añadiendo un acondicionador de

vapor, donde la materia prima inicial es expuesta antes de entrar a la cámara de compresión de la peletizadora, digamos, a un baño de vapor. El vapor sólo añade una pequeña cantidad de humedad a la materia prima, y se usa principalmente para precalentar el aserrín, con el objetivo de ayudar a la lignina a ablandarse antes de entrar a la cámara de compresión. Tras el acondicionado a vapor, la materia prima penetra en la cámara de la peletizadora con la lignina más blanda, y se formarán pellets de mayor calidad y brillo, además de incrementarse la producción puesto que la materia prima ofrecerá menor resistencia a la compresión, precisamente por este estado de preablandado ó precalentado. Los acondicionadores de vapor realmente sólo suelen utilizarse en producciones de pellets a gran escala puesto que el acondicionado a vapor añade costes de producción como puede ser alimentar una caldera, agua, etc, y también costes de seguridad si hiciera falta pero insistimos que sí producir pellets utilizando la opción de un acondicionador de vapor le resulta viable, recomendamos su utilización ya que no solamente incrementa la producción sino que también alarga la vida de los consumibles más caros como pueden ser los rodillos y la plantilla.

El acondicionado a vapor es una de las maneras de incrementar nuestra producción de pellets. Otra manera es utilizar materiales oleaginosos de baja densidad que pueden ayudar a su materia prima a reducir su resistencia a través de la plantilla de su peletizadora, a la vez que las propiedades oleaginosas de dicho material actúan como un ligador secundario produciendo fuertes y brillantes pellets.

Con tan sólo añadir un pequeño porcentaje de nuestro producto oleaginoso de baja densidad a nuestra materia prima original podríamos incrementar nuestra producción hasta en un 30%.



Imagen 21. Acondicionador – mezclador de una planta de pellets que incorporan dos peletizadoras de plantilla plana F550

Fuente: <http://www.chimeneascosta.es>

3.3.8.13 Tolerancias de nuestra peletizadora

Si añadimos materiales oleaginosos a nuestra materia prima inicial podemos aumentar las tolerancias de nuestra peletizadora con respecto al control de la humedad. El añadido de materiales aceitosos puede reducir en gran medida el riesgo de atasco en la plantilla

reduciendo la probabilidad de que nuestro pellet tenga una baja calidad. El acondicionado es una opción que en las producciones de pellet a pequeña escala está totalmente ignorada y no se contempla por los altos costos de una caldera de vapor, pero está sobradamente probados los beneficios que nos proporciona un buen acondicionado a nuestro producto final, pero además juega un gran papel en la reducción de la energía que utilizamos, con esto aumentamos nuestra producción, mejoramos nuestro producto y ahorramos costos en consumo energético y desgaste de nuestra maquinaria.

3.3.8.14 Producción del pellet

Existen dos tipos principales de peletizadoras, las peletizadoras de plantilla plana y las peletizadoras anulares. En primer lugar aparecieron las peletizadoras de plantilla plana y más adelante aparecieron la maquinaria con plantillas anulares, es decir, con forma de un anillo rodeado de agujeros. La plantilla plana en principio se utiliza para producciones pequeñas y medianas pero hoy en día existen tantas maquinarias de plantilla plana como cantidades de producción deseadas. Las peletizadoras de plantilla anular son la maquinaria preferida para los productores de miles de kilos por hora precisamente por los costos que con lleva producir una peletizadora pequeña anular que no compensan para producciones pequeñas.



Imagen 22. Plantilla anular



Imagen 23. Plantilla plana

Fuente: <http://www.chimeneascosta.es>

3.3.8.14.1 Peletizadoras de plantilla plana

Las peletizadoras de plantilla plana funcionan por un principio muy básico que es que la materia prima cae por gravedad sobre los rodillos que rotan en el interior de la peletizadora sobre la plantilla. La materia prima es comprimida entre los rodillos y la plantilla, el sistema básicamente es el mismo principio del molino piedra para producir aceite de oliva en las antiguas almazaras. La materia prima es comprimida pasando por una serie de orificios alargados en la plantilla llamado extrusión y a la salida son cortados por una cuchilla, que depende del uso que se le vaya a dar, las cuchillas son reguladas en altura para darle un tamaño u otro. Unos funcionan con fajas y una polea, otros con transmisiones a una caja de cambios y otras una mezcla de ambas. Se utilizan dos tipos de sistema de peletizado:

- 1 - La plantilla rueda y los rodillos ruedan estáticamente sobre ella sin cambiar de posición.

2 - La plantilla es fija y los rodillos dan vueltas. Este segundo sistema disminuye los posibles atascos además de servir mejor para el procesado de maderas.

3.3.8.14.1.1 Ventajas de las peletizadoras con plantilla plana:

Las peletizadoras de plantilla plana son cada vez más comunes y requeridas, especialmente en escalas pequeñas de producción. Existen muchos comerciantes que comercializan éste tipo de producto en el mercado que las venden para el procesado de materiales de baja densidad y comida para animales, fertilizantes etc.

3.3.8.14.1.2 Desventajas de las peletizadoras de plantilla plana

Debido a los principios con los que funcionan éste tipo de peletizadoras, las cargas de trabajo sobre los rodamientos y ejes son desiguales ya que los orificios, al estar situadas de forma concéntrica sobre un círculo plano, la carga de presión no son las mismas en la parte interna de la plantilla que en la parte externa por lo que se desplazan también estas diferencias de carga sobre rodamientos y ejes. Por ésta razón son más recomendables las peletizadoras de plantilla fija que por defecto vienen de fábrica ejes el doble de anchos soportando mejor éstas presiones que las peletizadoras de plantilla móvil, que es mejor utilizarlas sólo para fertilizantes y similares. Para un uso industrial recomendamos las peletizadoras de plantilla fija sea para el material que sea.

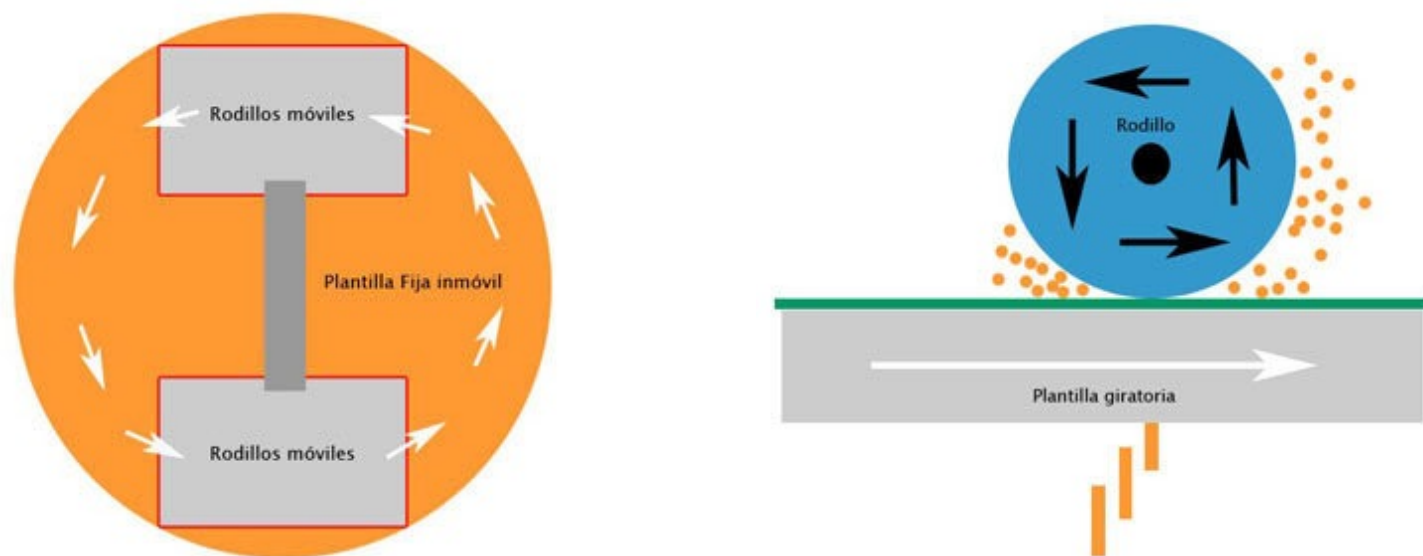


Imagen 24. Comparativa peletizadoras

Fuente: <http://www.chimeneascosta.es>

3.3.8.14.2 Peletizadoras anulares:

Las peletizadoras anulares o comúnmente llamados de anillo están compuestos por un anillo móvil situado de forma vertical con unos rodillos internos fijos que aplican la presión contra las paredes internas del dicho anillo que es donde están situados los orificios. El material es alimentado a través de un acondicionador sobre la máquina. La materia prima entra en el frontal del aparato hacia el centro del

anillo a través de un tornillo sinfin. El interior del sistema es similar a una lavadora. Una vez el material es oprimido en contra de las paredes del anillo giratorio, los pellets surgen por la parte exterior de la plantilla a través de los orificios.

3.3.8.14.2.1 Ventajas de las peletizadoras anulares:

En primer lugar las peletizadoras anulares no sufren de forma desigual la carga de la compresión porque no existe un margen interior ni ningún margen exterior como las plantillas planas ya que el rodillo comprime ejerciendo siempre la misma presión por toda la superficie de igual manera. Por ésta razón las peletizadoras anulares son preferidas en fábricas de grandes producciones por hora, aunque el precio de los consumibles sean mucho más altos que las peletizadoras de plantilla plana. También se prefieren más en las grandes producciones porque son eléctricamente más eficientes por las cantidades que produce cada máquina por que los rodillos y plantilla sufren menos desgaste ya que al usar toda la superficie útil de la misma manera, no existe el deslizamiento que hay en las peletizadoras de plantilla plana que hace que la máquina consuma más electricidad. Por otro lado, las peletizadoras anulares son mucho más difíciles de controlar para obtener un resultado óptimo en todo momento.

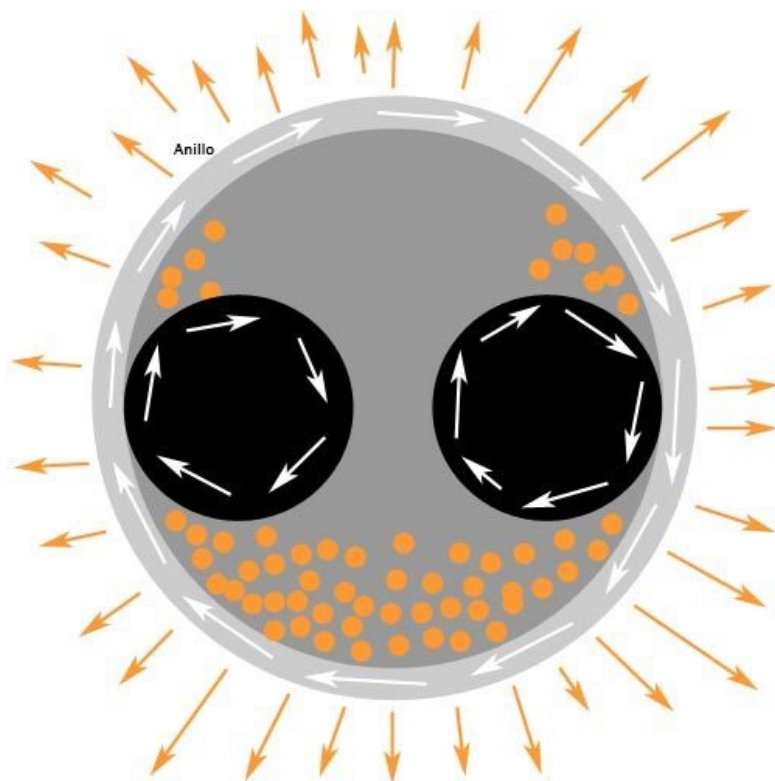


Imagen 25. Sistema de peletizado con plantilla anular.

Fuente: <http://www.chimeneascosta.es>

4. Metodología utilizada

4.1 Métodos de Investigación

El desarrollo de la tesis conllevó plantearse como se iban a abordar los diferentes objetivos establecidos, siendo los principales los materiales a investigar tanto para la producción de pellets como la demanda de carbón que se podría sustituir. Otro factor a tratar en esta investigación era la construcción u obtención de una máquina peletera que permitiese la fabricación de pellets, a los cuales se les sometería a pruebas de laboratorio a fin de determinar sus propiedades principales. La metodología utilizada en cada caso se describe a continuación.

4.2 Investigación de materiales

4.2.1 Aserrín

Para comenzar la investigación se estableció cual era el origen de la materia prima a utilizar para la fabricación de Pellets, determinándose que los sitios donde se produce aserrín a nivel nacional son los aserraderos y carpinterías; ya que en estos lugares se procesa la madera, dando como un subproducto de los procesos de corte y cepillado dicho material.

Se procedió a identificar las diferentes carpinterías y aserraderos de los principales departamentos del País, en base a consultas realizadas a la población en general (gasolineras, tiendas y alcaldías, entre otras). Se pudo constatar que existen departamentos en los cuales el nivel de producción es insignificante, mientras que en otros éste es elevado, ejemplo de ello es Ahuachapán con un mínimo y San Miguel y San Salvador con valores elevados. Se diseñaron los recorridos de campo barriendo de poniente a oriente el País. En cada ciudad se identificaron sitios que a opinión de los pobladores procesan madera. En cada sitio visitado se recolectó información sobre coordenadas del sitio, nombre del establecimiento, cantidad producida de aserrín, usos, costo de venta al público, así como fotografías del sitio, la cual se volcó en una boleta tipo (ver anexo 1). A los lugares que se visitaron se presentó carta de la Universidad constatando la finalidad de la investigación así como los carnés que identificaban al equipo de investigación como estudiantes de la maestría en Gestión de Energías Renovables. Se pudo constatar que la investigación de campo en el País conlleva riesgos para el personal que la desarrolla, ya que la delincuencia atemoriza a los pequeños empresarios, categoría en la cual caen las carpinterías y aserraderos. Existe desconfianza generalizada en proporcionar información, dando como resultado respuestas ambiguas o negativas rotundas.

4.2.2 Carbón

Ya que se planteó como alcance de ésta investigación realizar una comparación de la producción de Pellets en relación al mercado existente de carbón en el País, se estableció como objetivo identificar los principales sitios en donde se comercializa el carbón, para lo cual se dividió el mercado en informal y formal. Formado el primero por los principales mercados nacionales al mayoreo, siendo éstos La

Tiendona, Tinetti, Mercado Central y Mercado de Santa Tecla. Para investigar éste mercado se procedió con sumo cuidado ya que en estos sitios existe una resistencia notoria hacia las personas ajenas, ya que pueden ser portadores de la denominada “renta”, como se suele llamar a la extorsión que sufren la mayoría de vendedores. Se contactó con personas conocedoras de vendedores que sirvieran de enlace para acercarse a los puestos de venta de carbón. Dicha estrategia permitió obtener resultados fiables durante la investigación. En el anexo 1 se muestran los datos crudos obtenidos durante dichas visitas.

El mercado formal se identificó como aquel compuesto por las grandes cadenas de supermercados a nivel nacional, teniéndose al Grupo Callejas y Walmart Centroamérica.

Debido a que existe una férrea competencia entre ambas cadenas de tiendas, se hizo difícil obtener el nivel de ventas que ambos mantienen, por lo que la metodología para éste mercado consistió en realizar sondeos entre personal de diferentes sucursales a fin de lograr información que permitiera realizar una proyección de ventas de carbón por departamento.

4.3 Herramientas

La herramienta a ser utilizada será una formulación y evaluación de proyectos, esto implica varias fases que se deben poner en práctica, comenzando por la definición del proyecto, el análisis y la evaluación económica para verificar la viabilidad del mismo.

Para alimentar la investigación de campo se realizara una tabulación de los datos recopilados en base a las entrevistas en los diversos sitios que se visitaran y así obtendremos estimaciones de comercialización de carbón, materia prima para la producción de pellets que sería residuos de aserradero.

Para realizar el análisis técnico y económico realizaremos un flujo de caja del proyecto analizando principalmente el valor actual neto y la tasa interna de retorno, tomando como parámetros de entrada los datos que se han recopilado en la investigación de campo.

5. Estudio de campo

5.1 Carbón

Con la finalidad de establecer los procesos de elaboración artesanal del carbón, se visitó la ciudad de Rosario de Mora, donde se ha elaborado carbón por décadas.

En dicha ciudad apoyados por personal de la alcaldía municipal, se entrevistó al Sr. José Timoteo Santos Ramírez productor de carbón durante más de cuarenta años.



Imagen 26. Entrevista con productor de carbón en Ciudad Rosario de Mora

Fuente: Elaboración propia

Rosario de Mora es un municipio del departamento de San Salvador, situado a 520 msnm; está limitado al norte por Panchimalco; al este por Panchimalco y La Libertad (Departamento de La Libertad); al sur por La Libertad y al oeste por La Libertad y Huizúcar (ambos del departamento de La Libertad). Según proyecciones de población municipal de la Dirección General de Estadística y Censos DIGESTYC, se tiene una población estimada de 13,698 habitantes dichos datos para el año 2013.

De acuerdo con el Sr. Santos Ramírez, ha manejado alrededor de ocho carboneras por año, cuyo producto lo ha comercializado en el Mercado Central de San Salvador a un costo de \$15.00 por saco. Estima que para producir entre

70 a 80 redes de carbón se utilizan 8 partes de leña. La madera utilizada es principalmente chaperno y volador. Se mantiene la carbonera con fuego durante 12 días, permitiendo que el humo únicamente salga por bajo.

Don Timoteo es de la opinión que las carboneras se están perdiendo debido al cambio en el uso del suelo, prevaleciendo cereales y árboles frutales en vez de maderables.

Al conversar camino de regreso, los empleados de la alcaldía manifestaban que la producción de carbón durante tantos años en el municipio ha creado deforestación con el consecuente daño ambiental (aumento de la erosión, desaparición de fuentes de agua, etc.).

El área del municipio de Rosario de Mora es de 39.2 Kilómetros cuadrados; para su administración el municipio se divide en su zona urbana en los Barrios El Centro, La Vega, Santa Lucía y El Calvario; en la zona rural se divide en 7 cantones.

Rosario de Mora se comunica por carretera pavimentada con la ciudad de Panchimalco; por carretera sin pavimentar, con la villa de Huizúcar (departamento de La Libertad); por carretera pavimentada, vía Carretera del Litoral (CA-2), con la ciudad de La Libertad.

El clima del municipio es cálido, pertenece al tipo de tierra caliente y tiene un monto pluvial anual que oscila entre 1,725 y 2,150 milímetros. La vegetación está constituida por bosque húmedo subtropical, cuyas especies arbóreas más peculiares son: cedro, conacaste, ceiba, madrecaao, tecomasuche, chaperno, chaparro, quebracho, manune, tigüilote, guachipilín, volador, teca, maquilishuat, flor amarilla y frutales.

Lo anterior permite establecer el recurso disponible en el municipio para la producción de carbón como es la madera.

Dentro de la investigación se pudo constatar que en el municipio de Rosario de Mora se llevó a cabo un proyecto de producir carbón a partir de *Eucalyptus camaldulensis*, cultivado en sistemas agroforestales (SAF), evaluándose los rendimientos, costos y limitantes de la producción en la comunidad Las Margaritas, de dicho municipio.

Se establecieron árboles de eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis*) en diferentes SAF (cortinas rompe vientos, linderos, árboles en asocio con maíz y otros) en 30 fincas en la comunidad Las Margaritas, con la finalidad de incorporar árboles de uso múltiple en la comunidad y así aliviar la presión sobre los bosques naturales del área.

A continuación se presentan el detalle sobre la producción de carbón, volúmenes, rendimientos, duración de Jornales e Ingresos en La Comunidad Las Margaritas Rosario de Mora San Salvador 2000.

Quema	Especie Utilizada	Volumen de Leña (M ³)	Carbón (sacos de 46 Kg)	Relación Carbón Leña	Duración Proceso días	Numero Jornales	costos Totales(\$)	Ingresos Totales
1	Eucalipto	5.14	18	1 :3.50	10	14	113.14	102.86
2	Nativas	4.3	15	1:3.48	8	12	96.00	102.86
3	Nativas	6.08	20	1 :3.29	9	11	113.14	137.14
4	Eucalipto	4.34	12	1 :2.76	7	10	43.43	94.63
5	Eucalipto	5.08	13	1 :2.56	11	15	116.57	66.86
6	Eucalipto	4.26	10	1 :2.35	13	17	130.29	45.71
Promedio		4.87	14.67	1:2.99	9.67	13.2	102.1	91.68

Tabla 4. Detalles producción de carbón Rosario de Mora

Fuente: <http://www.gemcopelletmill.com>, 'La producción de carbón de eucaliptos camandulenses cultivado en sistemas agroforestales en Rosario de Mora, El Salvador'

Se realizó una investigación en instituciones gubernamentales con el fin de estar las cantidades de exportación e importación de carbón, pero al consultar en el ministerio de economía nos refirieron al código arancelaria de dicho producto, encontrando que el código arancelario lo comparte el carbón vegetal con madera y derivados de madera, por esa razón no fue factible dicha investigación.

También se investigó en la agencia internacional de energía, para el salvador se realizó la búsqueda en el sitio web de los valores para el carbón y se encontró sin ningún dato en los formatos correspondientes, es de decir que El Salvador no es un país miembro de dicha agencia.

Otra fuente que se consulto fue al Consejo nacional de energía de El Salvador y nos suministraron datos estadísticos que ellos han trabajado con investigaciones de campo que han realizado, que son los que presentamos a continuación, con la variante que son datos que aparecen en valores energéticos.

Carbón Vegetal														
SECTOR (Tcal y TJ)	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
Residencial	16.20	16.60	17.00	17.40	17.80	18.20	18.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Comercial	16.20	16.60	17.00	17.40	17.80	18.20	18.60	2.47	4.58	3.89	2.96	2.65	2.31	
Agro/Pesca/Minería	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	238.11	238.11	238.11	238.11	238.11	238.11	
TOTAL	32.40	33.20	34.00	34.80	35.60	36.40	37.20	240.58	242.69	242.00	241.07	240.76	240.42	
	Teracalorías							Terajoules						

SECTOR (TEP)	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Residencial	1626.20	1666.35	1706.50	1746.65	1786.81	1826.96	1867.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Comercial	1626.20	1666.35	1706.50	1746.65	1786.81	1826.96	1867.11	59.03	109.46	92.97	70.75	63.34	55.21
Agro/Pesca/Minería	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5690.97	5690.97	5690.97	5690.97	5690.97	5690.97
TOTAL	3252.39	3332.70	3413.00	3493.31	3573.61	3653.92	3734.23	5750.00	5800.43	5783.94	5761.71	5754.30	5746.18

Tabla 5. Datos carbón del CNE
Fuente: CNE(consejo nacional de energía El Salvador)

Con los datos descritos anteriormente se procedió a realizar la investigación de comercialización de carbón vegetal a nivel informal y formal para poder estimar el mercado potencial a sustituir gradualmente por pellets fabricados a base de residuos de aserradero.

5.1.1 Exportación de Carbón

Uno de los principales exportadores de carbón en el país es la empresa Susshi Corporación S.A. de C.V. cuyas oficinas se encuentran en colonia Escalón, San Salvador. De acuerdo al Sr. Rey Armando Sosa perteneciente a la empresa Susshi Corporación se exporta alrededor de 170,000 lbs. mensuales entre carbón propio producido en la planta ubicada en Zapotitán, carretera a Santa Ana, así como carbón procedente principalmente de productores locales en San Carlos Lempa. El mercado principal al cual va dirigida la exportación es el de Estados Unidos. Existe un aliado estratégico en dicho país el cual lo comercializa bajo las marcas de Fogo, Kebroak y Quebracho, en presentaciones de 5,10,20 y 40 libras.

Con relación al proceso de producción, la empresa produce el carbón, utilizando tres diferentes métodos de quema, siendo éstos el método de parva (utilizado por la mayoría de productores artesanales de nuestro País), el método de hornos de mampostería así como la utilización de hornos metálicos. El rendimiento que se obtiene por el método de parva es mayor que los de horno metálico o de mampostería. A continuación se presentan fotografías de los diferentes tipos de proceso utilizados en la elaboración de carbón por parte de la empresa Susshi, en terreno ubicado en Zapotitán.

5.1.2 Método de parva

El método de producción de carbón por parva se describe a continuación:

En primer lugar se debe abastecer el sitio donde se construirán las parvas con el insumo que para este caso está compuesto de troncos de madera de dimensiones superiores a los 30 centímetros a fin de lograr un tamaño adecuado del carbón al final del proceso. Para la labor de construcción de la parva participan alrededor de 20 personas, las cuales tienen a su cargo la limpieza del sitio así como la formación de la estructura de la parva. Se traza un círculo en el terreno que se ha limpiado, el cual sirve de guía para la construcción. Colocada la madera se procede a sellar con tierra, dejando huecos llamados fumarolas, las cuales sirven para controlar el proceso de combustión. Todo este proceso se lleva a cabo alrededor de dos días.

El segundo paso es el que se denomina carbonización, en dicho proceso se enciende la parva y se controla el fuego a través de las fumarolas. Se debe controlar a tiempo completo a fin de controlar que la mayor parte de la leña se transforme en carbón. Este proceso puede durar alrededor de diez días. Es de hacer notar que esta actividad es parte principal del proceso de producción de carbón.

En tercer lugar se encuentra la cosecha, la cual consiste en la recolección del carbón, procurando durante el mismo, no dañarlo, a fin de obtener trozos de gran tamaño los cuales puedan comercializarse. Esta actividad tiene una duración de dos días aproximadamente.

Terminada la producción por parva, se debe proceder a la limpieza del sitio, a fin de restaurar el área utilizada. El carbón así recolectado pasa a la planta a fin de que sea empacado para su distribución posterior.



Imagen 27. Construcción de la base partiendo de un círculo trazado en el terreno

Fuente: Susshi Corporación S.A. de C.V.



Imagen 28. Entramado de madera formando una pila

Fuente: Susshi Corporación S.A. de C.V.



Imagen 29. Parva ya finalizada lista para el proceso de quema

Fuente: Susshi Corporación S.A. de C.V.



Imagen 30. Serie de hornos a los cuales se abastece desde la parte de enfrente

Fuente: Susshi Corporación S.A. de C.V.



Imagen 31. Vista interior del horno donde se puede apreciar la leña

Fuente: Susshi Corporación S.A. de C.V.

5.1.3 Método de horno de mampostería

Los hornos de mampostería son reutilizables y permiten manejar de manera más controlable la quema de la madera. La principal desventaja es su baja producción debido a las dimensiones que poseen. En las siguientes fotografías se puede apreciar su uso.



Imagen 32. En las fotografías de arriba se puede apreciar a los hornos durante los procesos de producción de carbón

Fuente: Susshi Corporación S.A. de C.V.



Imagen 33. Se muestra el cilindro y cono cuyas partes conforman el horno metálico para la producción de carbón

Fuente: Susshi Corporación S.A. de C.V.

5.1.4 Método de horno metálico

Otro método similar al horno de mampostería es el que utiliza para su construcción lámina de metal. Este posee una tapa en forma de cono la cual sirve como compuerta para abastecer de madera. Al igual que los hornos de mampostería, su producción es baja. A parte de esto también está el precio que es más elevado, teniendo una duración de dos a tres años.



Imagen 34. Vista general de la disposición de los hornos así como la leña con la cual se abastecen.

Fuente: Susshi Corporación S.A. de C.V.

Es de hacer notar que todos los métodos presentan pérdidas sustanciales al final del proceso de quema, en otras palabras se supera el 40% de material de desperdicio (polvo y material particulado producto del daño que sufren las piezas durante el proceso). Dicho material se encuentra en proceso de estudio para su reutilización.

5.1.5 Mercado Informal

A fin de cuantificar la producción de carbón a partir de la compra al mayoreo realizada por los comerciantes de los principales mercados de la capital, se llevó a cabo una investigación de dichos sitios. Cabe destacar que se presentó cierto grado de oposición a proporcionar información en los puestos de venta, por lo que se tuvo que mostrar documentación que identificaba como estudiantes de la Universidad Don Bosco. Lo anterior se ha podido percibir también durante la investigación sobre aserrín realizada. Esto se debe a la desconfianza producida por los problemas de delincuencia que vive el País. Los resultados se proporcionan en el cuadro siguiente:

VENTAS DIARIAS						
MERCADO	RED (80 LBS)	BOLSA (3 LBS)	B O L S A (1/2 LBS)	SUBTOTAL LIBRAS	# PUESTOS	TOTAL LIBRAS
Central	3	35	70	380	1	380
Tinetti	1	15	40	145	1	145
La Tiendona	10	60	100	1030	3	3090
Santa Tecla	2	12	25	209	2	418
						4033 LBS

Tabla 6. Volumen comercialización informal carbón

Fuente: Elaboración propia

Se ha estimado que existen días en que las ventas disminuyen, por ejemplo en inicios de semana (día lunes), por el contrario los fines de semana (días sábado y domingo) las ventas crecen, Por lo anterior a fin de calcular el volumen mensual se ha estimado un promedio de 20 días, obteniéndose un volumen de ventas de 80,660 libras. Equivalentes a 40.33 toneladas mensuales, teniéndose un total aproximado de 484 toneladas al año.



Imagen 35. Diferentes formas de embalaje del carbón en los principales mercados de San Salvador

Fuente: Elaboración propia

5.1.6 Mercado Formal

Para cuantificar este rubro se realizaron sondeos en las principales cadenas de tiendas en el país, estimando el volumen en libras de ventas. Entre las cadenas de tiendas tomadas en cuenta para esta investigación están Walmart Centroamérica y Grupo Calleja, las cuales

juntas abarcan 178 establecimientos, distribuidos a lo largo de todo el País. A continuación se presenta esquemáticamente la composición de éstas tiendas y el tipo de marcas de carbón que comercializan.

5.1.6.1 Walmart Centroamérica

Walmart de México y Centroamérica es la cadena de comercialización minorista que Walmart Stores posee en México y Centroamérica. A fines de 2011, su red incluía 2101 establecimientos comerciales en México y 621 en 5 países de Centroamérica (Guatemala, Honduras, El Salvador, Nicaragua y Costa Rica).

En El Salvador, Walmart adquirió las siguientes cadenas o establecimientos:

- *Walmart*: cadena de hipermercados (antes “Hiper Paiz”).
- *La Despensa de Don Juan*: cadena de supermercados. Inicialmente adquirida en 2003 por la cadena Paiz de Guatemala.
- *Despensa Familiar*: cadena de tiendas de descuento. Comienza a operar en el país en 1998.
- *Maxi Despensa*: cadena de supermercados. Formato inaugurado en el país en 2011

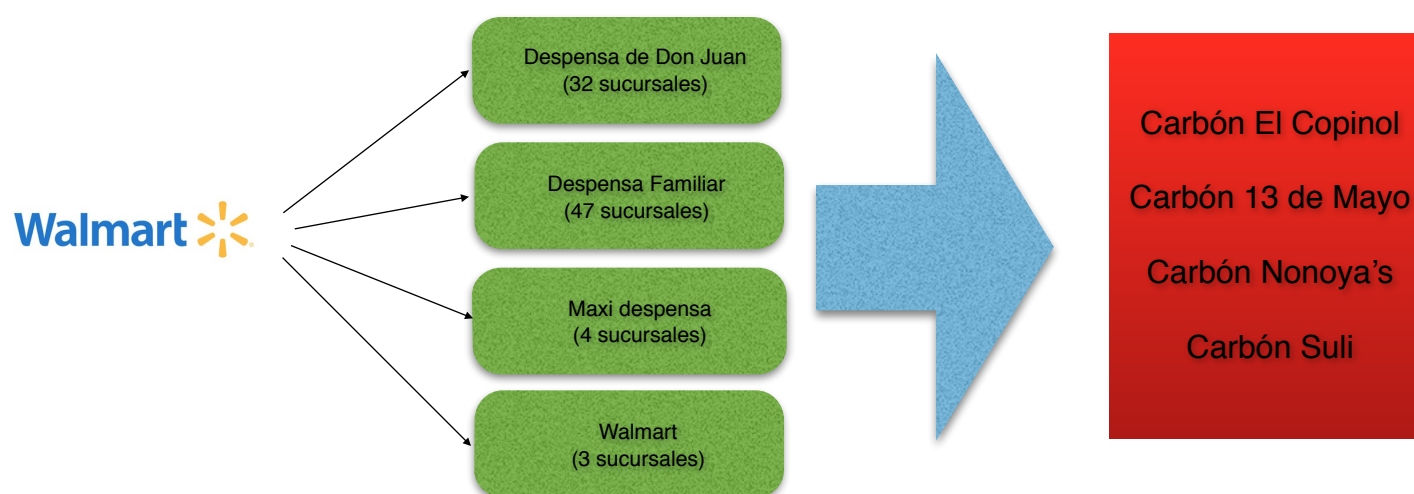


Imagen 36. Estructura de distribución wallmart

Fuente: Wikipedia

5.1.6.2 Grupo Calleja

Sus orígenes se remontan al año de 1950, con la fundación de la tienda denominada “Sumas”. El nombre de "Súper Selectos" aparece por primera vez en 1969. Poco a poco la pequeña empresa se fue extendiendo a otros departamentos de El Salvador y en la década de los 90 consolida su presencia con la compra de los supermercados El Sol, Todo por menos, Multimart, y La Tapachulteca.

Actualmente cuenta con salas de venta en todo el territorio salvadoreño, convirtiéndose en la cadena de supermercados con mayor presencia en El Salvador.



Imagen 37. Estructura de distribución grupo calleja

Fuente: <https://www.superselectos.com/Contenidos/DetalleContenido/9>

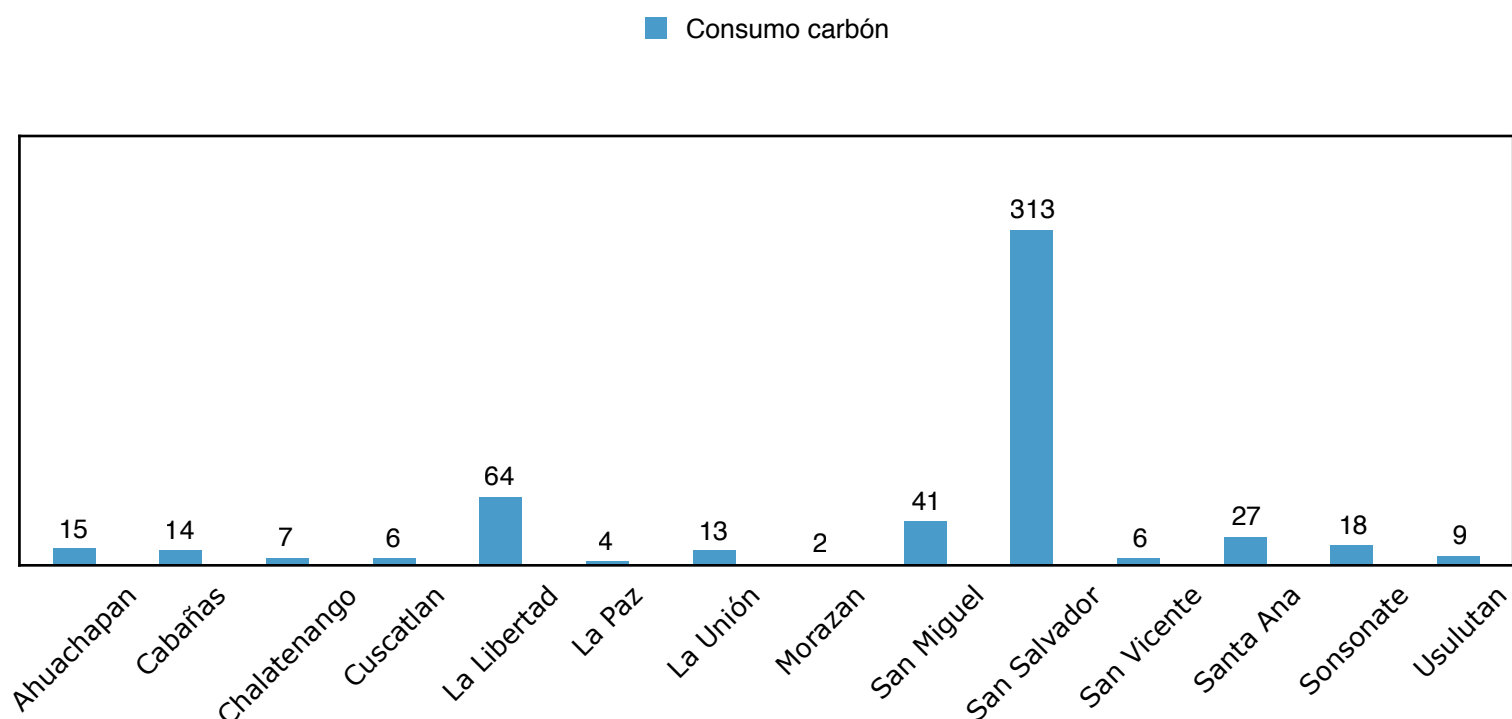
El formato utilizado para comercializar el carbón es bajo la modalidad de bolsas de 2 y 4 libras. Estos datos varían con la época del año habiendo mayores ventas en periodos vacacionales, así como disminución de las mismas el resto del año.

Como puede apreciarse en el cuadro siguiente, las cantidades de venta alcanzan su máximo valor en la capital, donde se concentra la mayoría de la población.

Departamento	Libras.	Kg	Ton
Ahuachapán	33400.00	15149.91	15
Cabañas	31600.00	14333.44	14
Chalatenango	15600.00	7076.00	7
Cuscatlán	13800.00	6259.54	6
La Libertad	140600.00	63774.75	64
La Paz	8600.00	3900.87	4
La Unión	27792.00	12606.17	13
Morazán	4800.00	2177.23	2
San Miguel	89400.00	40550.95	41
San Salvador	689800.00	312886.38	313
San Vicente	13400.00	6078.11	6
Santa Ana	59000.00	26761.81	27
Sonsonate	39400.00	17871.45	18
Usulután	20200.00	9162.52	9
		Total	539

Tabla 7. Volumen comercializado de carbón por Departamentos

Fuente: Elaboración propia



Gráficos 4. Consumo carbón por departamentos

Fuente: Elaboración propia

5.1.7 Volumen total de carbón comercializado en el País

De acuerdo a los resultados anteriores el volumen de carbón comercializado en el País alcanza las 1023 toneladas al año. Es necesario aclarar que estos son datos fluctuantes, que dependen de los cambios en la oferta y la demanda, así como de la veracidad de las personas abordadas.

5.2 Aserraderos

Los insumos o materia prima que servirán para la fabricación de los Pellets, serán los residuos de aserraderos o carpinterías y dentro de estos residuos podemos tener una clasificación ya que en los procesos a los que es sometida la madera en estos negocios pueden ser corte, cepillado y aserrado.

Por esta razón en la investigación de campo que se realizó en diversos puntos del país incluye dicha diversificación de los residuos, se observó que existían residuos de trozos de maderas que bien podían ser procesados para obtener aserrín, entre los tipos de residuos investigados tenemos el aserrín, viruta, trozos de madera.

Se tomó como base para determinar la cantidad de negocios donde se trabaja la manera y como resultado tienen desechos(aserrín), se encontró en la web publicar 63 lugares donde realizan dichos trabajos, pero realmente nosotros estimamos que el país entre negocios formales e informales pueden existir una cantidad de 300 lugares donde trabajan la madera.

Este será el que consideraremos nuestro universo y la referencia para nuestra investigación, tomamos la decisión de realizar la investigación en varios puntos del país, que consideramos importantes por la cantidad de muebles muy finos que fabrican y fue a estos

lugares que visitamos, haciendo un total de 26 sitios visitados y encuestados, para darle validez a la investigación realizamos un cuadro resumen donde colocamos fotos tomadas de los sitios visitados y su ubicación exacto que fue tomada con un equipo GPS.

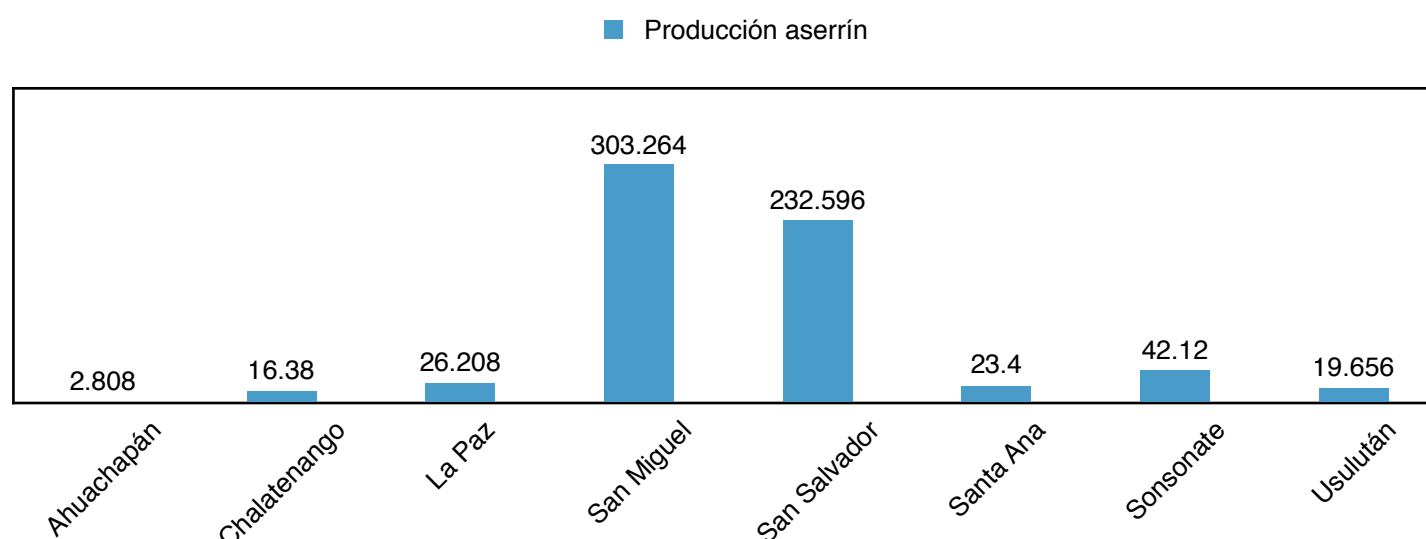
Con dichos sitios visitados estamos hablando de una muestra de nuestro universo que equivale al 8.6%, los datos de producción que estimamos están basados en dicha muestra, y como lo que deseamos emprender es un proyecto piloto ocupamos como base de cantidad de materia prima para nuestro proyecto piloto esta cantidad.

Los resultados de dicha investigación son presentados en el siguiente apartado, es importante mencionar que los datos que fueron obtenidos están en la tabla de investigación de campo en el anexo 1 y la tabla 8 y el gráfico 5 son la consolidación de la información.

Departamento	Sacos/semanal	Kilos/semanal	Toneladas/semanales	Toneladas/anuales
Ahuachapán	3	54	0.054	2.808
Chalatenango	17.5	315	0.315	16.38
La Paz	28	504	0.504	26.208
San Miguel	324	5832	5.832	303.264
San Salvador	248.5	4473	4.473	232.596
Santa Ana	25	450	0.45	23.4
Sonsonate	45	810	0.81	42.12
Usulután	21	378	0.378	19.656
			Total	666.432

Tabla 8. Volumen producido de aserrín producido por Departamentos

Fuente: Elaboración propia



Gráficos 5. Producción aserrín por departamentos

Fuente: Elaboración propia

6. Proyecto Piloto

En primera instancia se evaluó la posibilidad de construcción de una máquina peleterera a partir de fotografías. Se sondeó con diferentes talleres, los cuales no se hicieron cargo aduciendo la falta de planos específicos para tal fin. Lo anterior condujo a reorientar la investigación al mercado centroamericano, encontrándose que no cuentan con este tipo de equipo. Debido a lo anterior se llevó a cabo una investigación de productores a nivel de Estados Unidos, Europa y Asia, lo cual permitió identificar a través de internet diferentes empresas dedicadas a producir máquinas de éste tipo (ver figura abajo). Se solicitaron cotizaciones a diferentes empresas, evaluando precio y tiempo de entrega. Lo anterior permitió contar con el equipo necesario para producir pellets.



Imagen 38. Máquina peleterera.

Fuente: <http://www.pelletpros.com/id68.html>

6.1 Fabricación de Pellets

Para la fabricación de los pellets se utilizó una máquina de fabricación chino de la empresa Garden Heat cuyo modelo es el ED 150 con las siguientes características:

- * Potencia nominal del Motor 4Hp con FRAME 184 T.
- * Voltaje Nominal 3 fases 240VAC/480VAC.
- * Capacidad de Producción (Output/ Hora): 110-265 Libras/Hora.
- * Matriz del disco Rotatorio: 3/16"x1".



Imagen 39. Vista General de Máquina Peletizadora ED 150

Fuente: Elaboración Propia

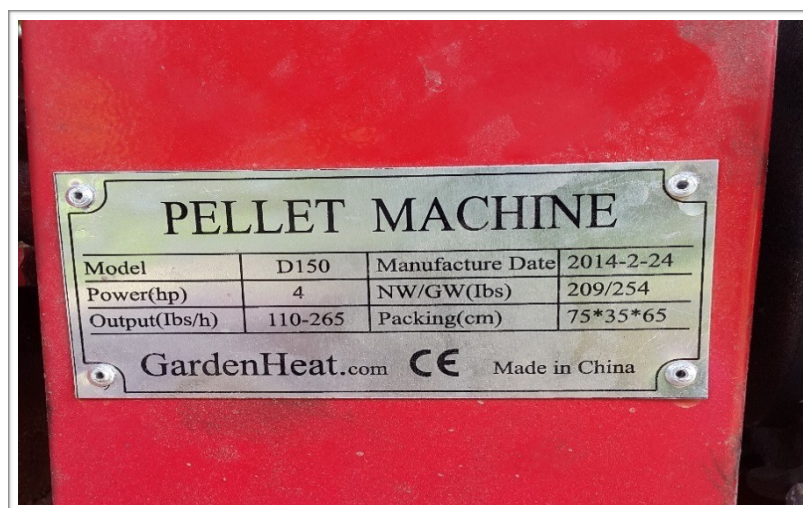


Imagen 40. Placa de datos de Máquina Peletizadora

Fuente: Elaboración Propia

Para el proceso de fabricación de los pellets se utilizaron 5 clases de madera que son las más utilizadas en los aserraderos del país.

Los residuos de madera utilizado fueron de : Pino, Bálsamo, Cortez, Laurel y Madre Cacao; se utilizó una sexta que fue el almendro de río para conocer sus valores de poder calorífico sobre todo ya que este árbol es muy abundante en El Salvador y se quería a aprovechar de una vez para conocer su potencial.

Una variable muy importante en la fabricación del pellets es el porcentaje de humedad, Cuando el aserrín se encuentra con valores de humedad elevados será necesario su secado hasta valores de humedad entre un 12-15%. Una forma práctica de medir el porcentaje de Humedad es por la diferencia de pesos en la materia prima, se toma una muestra de esta y se calienta indirectamente hasta un promedio de 105 °C durante unas 3 horas, se anota el peso de esta y se vuelve a calentar por otras 3 horas aproximadamente, la muestra se vuelve a pesar y si esta no ha variado en su peso en relación a la primera lectura se toma el dato inicial de peso y el dato final de la muestra, y se

obtiene el peso neto de las muestras por la diferencia de estos datos. La diferencia resultante de pesos entre el peso neto será el porcentaje de humedad de la muestra. Otro método práctico es colocar la materia prima al sol para robarle un poco de humedad a la misma.



Imagen 41. Muestras de aserrín secado al sol

Fuente: Elaboración Propia

En los procesos industrializados la materia prima es sometida a condiciones de alta presión y temperatura lo que facilita la aglutinación de las fibras formando los pellets, gracias a la lignina natural que contiene la madera, en ocasiones se puede añadir agua o vapor para mejorar las condiciones del proceso. Sin embargo, a veces es necesario agregar durante el proceso productivo aglutinantes adicionales para lograr un mejor aglutinamiento y aumentar la resistencia del pellet para su posterior transporte. Estos aglutinantes deben ser de origen natural, no contaminantes durante la combustión. Generalmente se emplean distintos tipos de almidones, el porcentaje utilizado de los mismos debe ser menor al 2% según Normativa Europea antes mencionadas.

Pasos para la fabricación:

- Una vez la materia prima esta lista se introduce dentro de la tolva recibidora que será la encargada de transportarla hasta los rodillos y la matriz rotativa.



Imagen 42. Carga de materia prima a la máquina

Fuente: Elaboración Propia

Cuando la materia prima es cargada a la maquina cae en los rodillos que presionan sobre la matriz agujerada esta a su vez está rotando, generando el movimiento de los rodillos estacionarios provocando el aumento de la presión y de la temperatura; esta presión es ajustable a través de unos pernos allen que se alojan a la altura de la caja de rodillos y la matriz; la materia prima atraviesa la placa perforada (Matriz) al mismo tiempo que se comprime obteniéndose a la salida los pellets de un mismo diámetro según la matriz empleada para el caso en estudio es de 3/16"x1" esto quiere decir que es una maquina fija y todos los pellets tendrán el estándar de la medida de la matriz . como se muestra en la fotografía siguiente:



Imagen 43. Matriz Fija de Maquina Pelletizadora

Fuente: Elaboración Propia



Imagen 44. Pellets Fabricados con distintos clases de desechos de Madera.

Fuente: Elaboración Propia



Imagen 45. Vista de Matriz perforada y rodillos

Fuente: Elaboración Propia



Imagen 46. Ajuste de la presión de los rodillos fijos

Fuente: Elaboración Propia



Imagen 47. Máquina procesando Pellets
Fuente: Elaboración Propia

6.2 Pruebas de laboratorio

Es importante determinar las características del producto final (pellets) en especial tres parámetros que intervienen directamente en la combustión del mismo como son: el poder calorífico, el porcentaje de Humedad y el porcentaje de cenizas, estos tres parámetros son básicos para determinar con el potencial que se cuenta para la utilización de los mismos.

Para realizar las pruebas de laboratorio se tomaron muestras de los aserraderos ubicados en Sonsonate, de las maderas que se describirán en este capítulo, también es importante considerar que hemos realizado un muestreo piloto ya que lo que nuestro proyecto a sido de esta característica esto en cuanto a materia prima y producto.

El porcentaje de cenizas lo que se busca es conocer la cantidad de ceniza que queda una vez el pellets pasa por el proceso de combustión y es quemado en su totalidad.

El parámetro del porcentaje de humedad es importante también ya que de este depende bastante la buena combustión y el tiempo de ignición que se tenga a la hora de su utilización.

Para el caso del poder calorífico es la cantidad de energía que la unidad de masa de materia puede desprender al producirse una reacción química de oxidación, esta propiedad va variar según la materia prima

Tanto la materia prima como los pellets finales fueron enviados a un laboratorio certificado para que analizaran los tres parámetros antes mencionados obteniendo los resultados siguientes:

MUESTRA	IDENTIFICACIÓN	ANÁLISIS	MÉTODO	RESULTADOS
1	Pino-Pellets	Humedad	N/A	10.30%
		% de Cenizas	N/A	3.37%
		Poder Calorífico	Adiabático	17,737 J/g ó 7,625 BTU/lb
2	Bálsamo-Pellets	Humedad	N/A	8.96%
		% de Cenizas	N/A	4.13%
		Poder Calorífico	Adiabático	17,601 J/g ó 7,567 BTU/lb
3	Laurel-Pellets	Humedad	N/A	11.25%
		% de Cenizas	N/A	6.07%
		Poder Calorífico	Adiabático	17,936 J/g ó 7,711 BTU/lb
4	Cortez-Pellets	Humedad	N/A	10.36%
		% de Cenizas	N/A	7.78%
		Poder Calorífico	Adiabático	18,051 J/g ó 7,760 BTU/lb
3	Madre Cacao-Pellets	Humedad	N/A	9.36%
		% de Cenizas	N/A	1.60%
		Poder Calorífico	Adiabático	17,250 J/g ó 7,418 BTU/lb
6	Bálsamo-Aserrín	Humedad	N/A	21.13%
		% de Cenizas	N/A	0.20%
		Poder Calorífico	Adiabático	17,071 J/g ó 7,339 BTU/lb
7	Laurel-Aserrín	Humedad	N/A	12.69%
		% de Cenizas	N/A	1.80%
		Poder Calorífico	Adiabático	17,134 J/g ó 7,366 BTU/lb
8	Cortez-Aserrín	Humedad	N/A	13.06%
		% de Cenizas	N/A	1,16%
		Poder Calorífico	Adiabático	17,788 J/g ó 7,647 BTU/lb
9	Pino-Aserrín	Humedad	N/A	12.67%
		% de Cenizas	N/A	1.90%
		Poder Calorífico	Adiabático	17,537 J/g ó 7,540 BTU/lb
10	Almendro de Rio-Aserrín	Humedad	N/A	12.08%
		% de Cenizas	N/A	0.70%
		Poder Calorífico	Adiabático	17,788 J/g ó 7,647 BTU/lb

Tabla 9. Resultados de análisis a materia prima y pellets finales.

Fuente: Elaboración propia

Se realizaron además pruebas de % de Humedad y % de Ceniza al aserrín y a los pellets a diferentes condiciones para realizar validaciones estadísticas de las mismas, (ver procedimiento y resultados en el anexo 2).

Los resultados promedios de las pruebas realizadas y las de laboratorio se muestran a continuación:

PELLETS % DE HUMEDAD		
Madera	propio	Laboratorio
Bálsamo	9.61	8.96
Pino	11.38	10.3
Laurel	12.37	11.25
Cortez	10.79	10.36
Madre Cacao	9.47	9.36

Tabla 10. % Promedios de humedad de pellets

Fuente: Elaboración propia

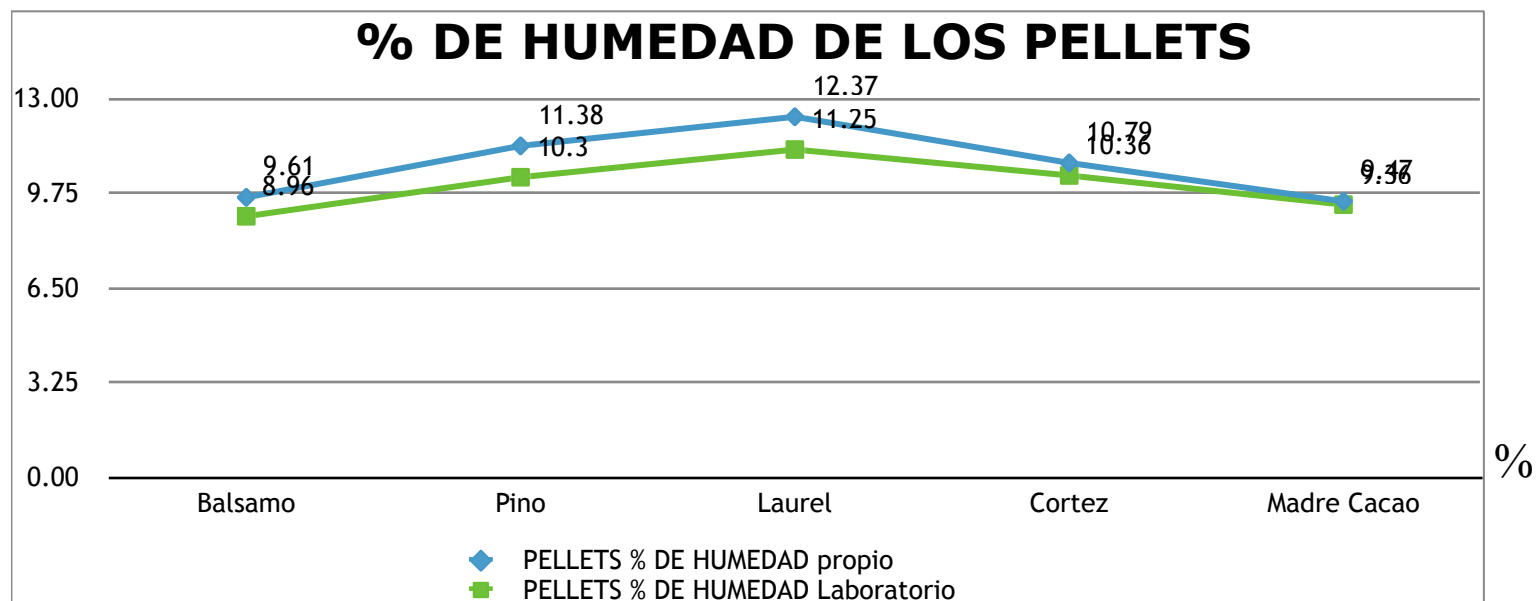


Gráfico 6. % De humedad de pellets.

Fuente: Elaboración propia

Se puede notar en la gráfica que tanto en los promedios propios como los del laboratorio los pellets fabricados de aserrín de Madera de Madre cacao y los de bálsamo poseen los menores porcentajes de Humedad, se puede notar además que la variación de resultados entre los resultados propios y el laboratorio es menor con los ensayos de madre cacao.

ASERRIN % DE HUMEDAD		
Madera	propio	Laboratorio
Balsamo	18.33	21.13
Pino	12.98	12.67
Laurel	13.83	12.69
Cortez	13.83	13.06
Almendro de Rio	11.90	12.08

Tabla 11. %Promedios de humedad del aserrín.

Fuente: Elaboración propia

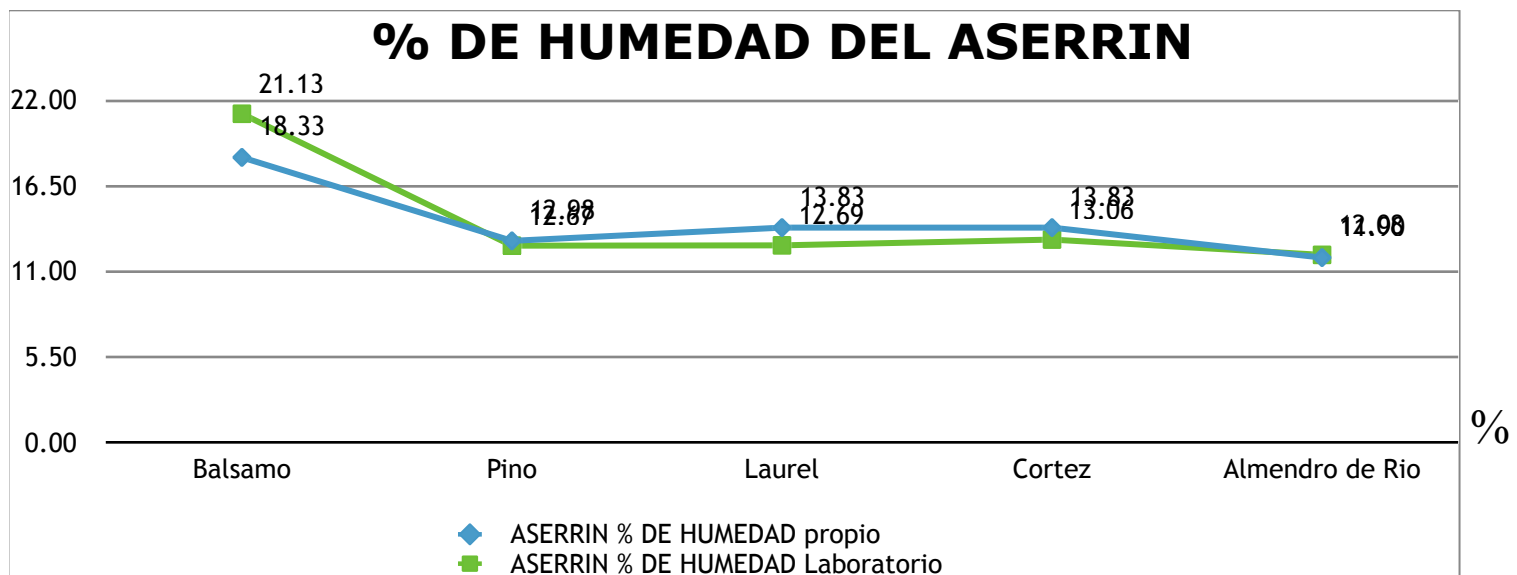


Gráfico 7. % De humedad del aserrín

Fuente: Elaboración propia

La gráfica muestra el aserrín de almendro de río con menor contenido de humedad, sin embargo tanto el laurel, el pino y Cortez están dentro del estándar del 12-al 15% de humedad para la fabricación de pellets. Para el caso del bálsamo tanto el dato del laboratorio como el propio parece un dato curioso ya que es el más elevado, sin embargo a la hora de realizar los pellets y sacar sus estadísticas los pellets finales fueron unos con los menores porcentajes de humedad.

PELLETS % DE CENIZA		
Madera	propio	Laboratorio
Balsamo	4.35	4.13
Pino	4.40	3.37
Laurel	6.47	6.07
Cortez	6.74	7.78
Madre Cacao	2.51	1.6

Tabla 12. % Promedios de ceniza pellets

Fuente: Elaboración propia

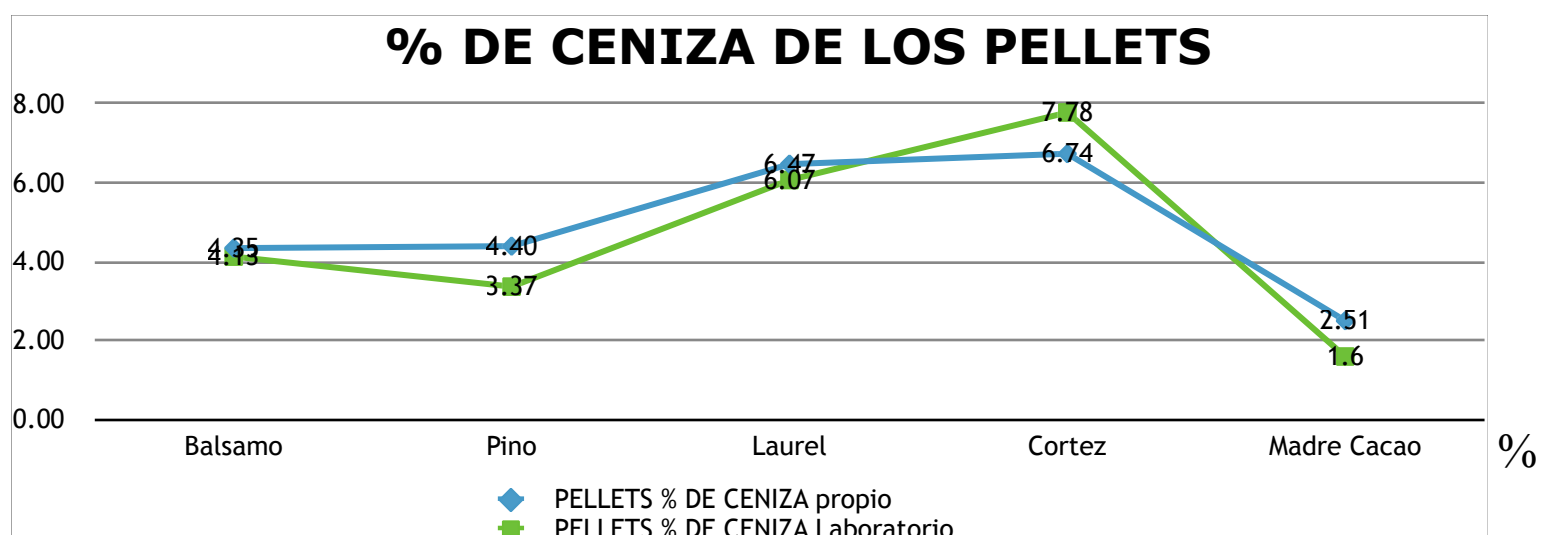


Gráfico 8. % De ceniza de los pellets

Fuente: Elaboración propia

Se puede notar en la gráfica que los pellets que aprovecharían casi toda su materia prima son los pellets de Madre Cacao seguido por los pellets de Bálsamo. Es importante observar como los resultados propios como los de laboratorio no sufren variaciones grandes.

ASERRIN % DE CENIZA		
Madera	propio	Laboratorio
Bálsamo	1.30	0.20
Pino	2.44	1.90
Laurel	1.87	1.80
Cortez	1.37	1.16
Almendo de Rio	1.52	0.7

Tabla 13. % Promedio de ceniza del aserrín

Fuente: Elaboración propia

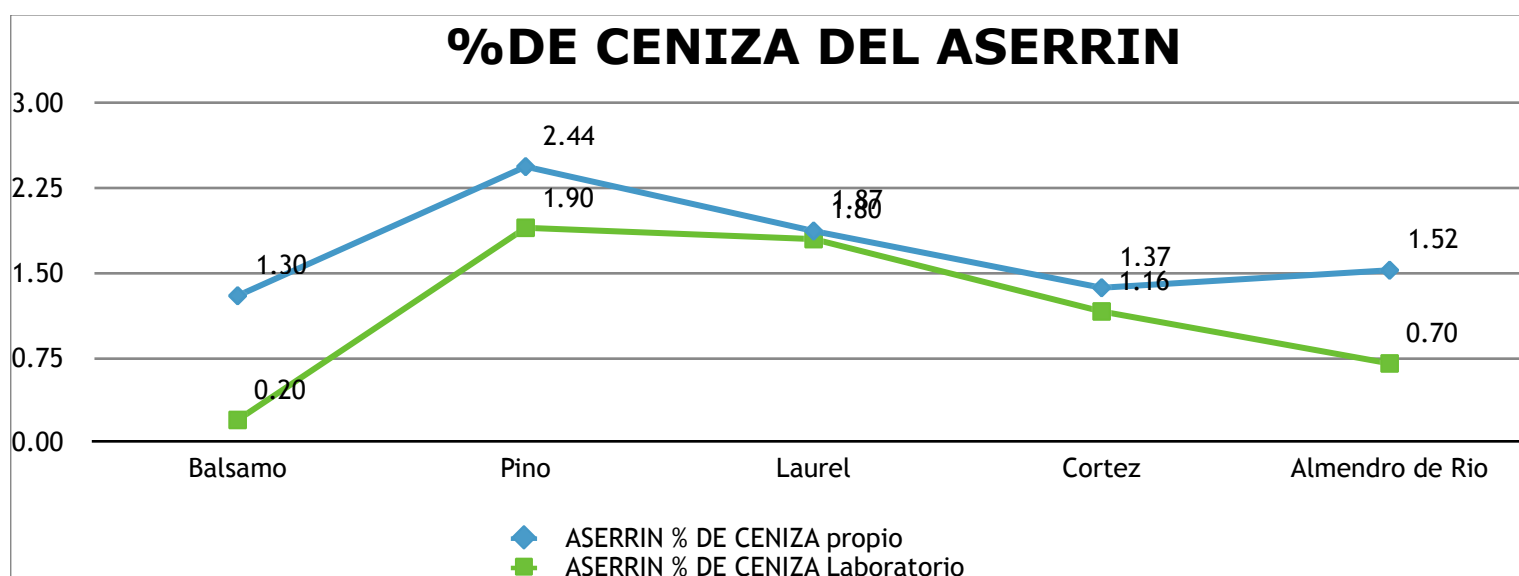


Gráfico 9. % De ceniza del aserrín.

Fuente: Elaboración propia

Como en el porcentaje de Ceniza de los pellets el porcentaje de ceniza más bajo en la materia prima sigue siendo el del bálsamo y el del almendo de río. Para el caso del Cortez disminuye grandemente al quemar solo la materia prima vrs los pellets; similar tendencia la del Laurel.

PELETS PODER CALORIFICO (J/G)	
Madera	Laboratorio
Pino	17,737
Balsamo	17,601
Laurel	17,936
cortez	18,051
Madre Cacao	17,250

Tabla 14. Poder calorífico de los peleles

Fuente: Elaboración propia

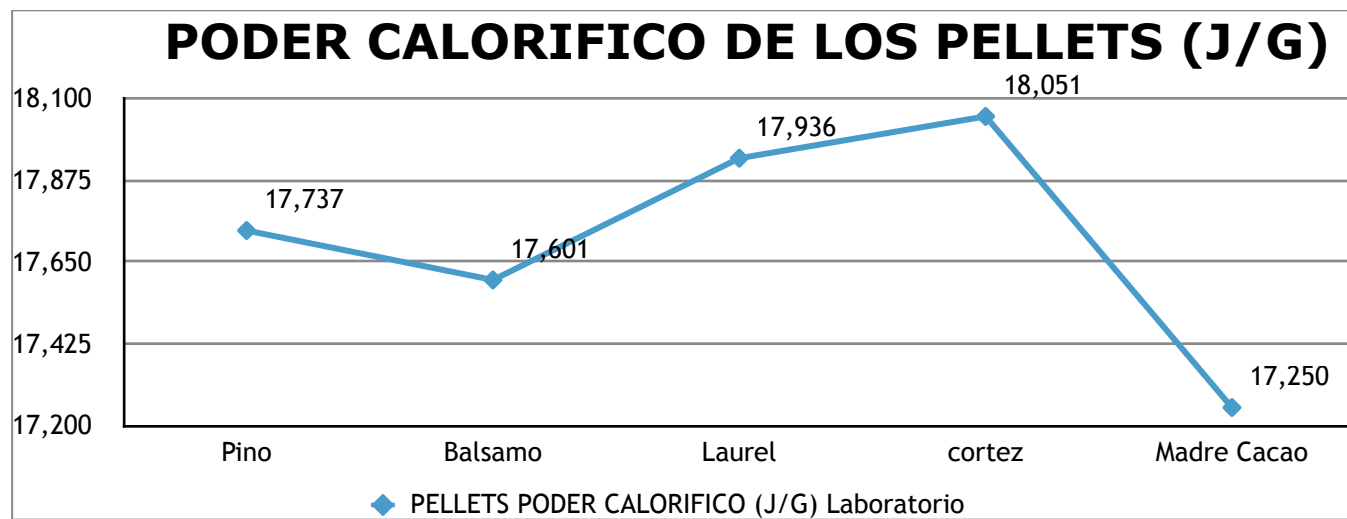


Gráfico 10. Poder calorífico de los pellets

Fuente: Elaboración propia

Se puede notar que las 5 muestras realizadas en el laboratorio de pellets el poder calorífico de los pellets de Cortez está por arriba del resto de las otras maderas, sin embargo el poder calorífico del resto está en el orden de los 17,000 J/G . Siendo un valor muy bueno para el estándar de pellets.

ASERRIN PODER CALORIFICO (J/G)	
Madera	Laboratorio
Pino	17,537
Balsamo	17,071
Laurel	17,134
cortez	17,788
Almendro de Rio	17,788

Tabla 15. Poder calorífico del aserrín

Fuente: Elaboración propia

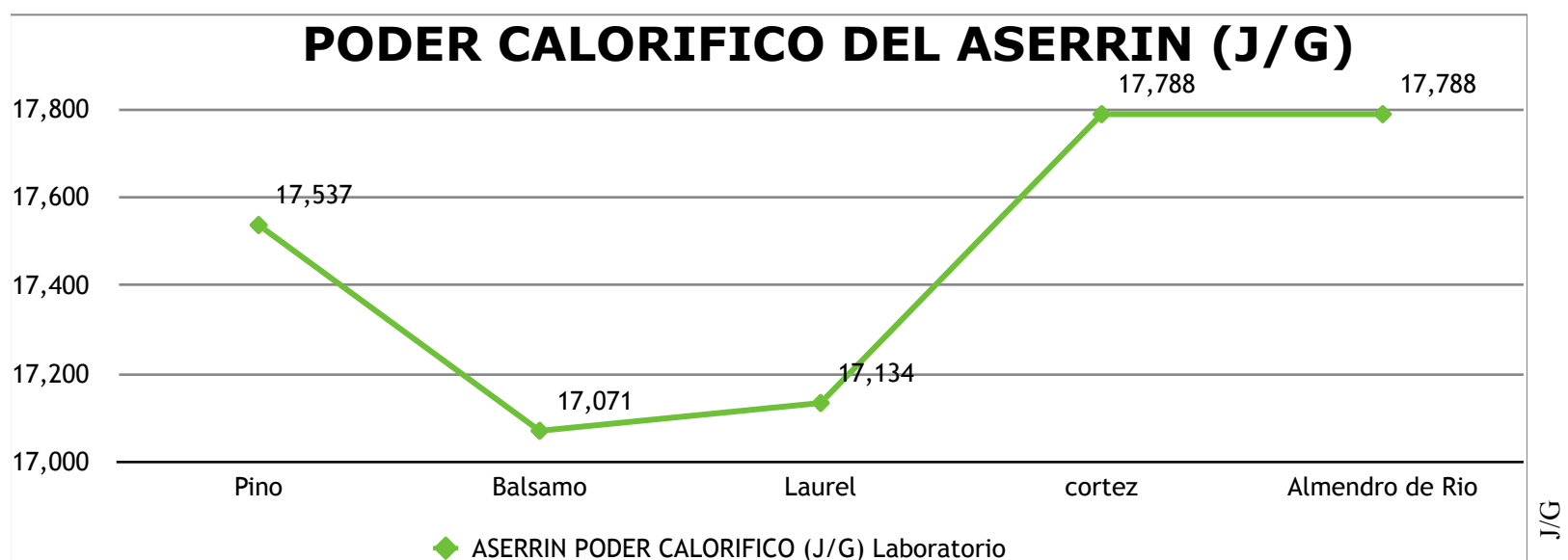


Gráfico 11. Poder calorífico de los pellets

Fuente: Elaboración propia

La gráfica muestra al igual valores superiores a los 17,000 J/G que a los de los pellets, siempre siendo el aserrín de Cortez con un mayor poder calorífico al igual que el almendro de río, es curioso notar que tanto el poder calorífico del aserrín de Cortez como el de Almendro de río es el mismo a diferentes valores de porcentaje de humedad.

Una vez realizado los ensayos y los estudios individuales para cada tipo de materia prima se procedió a realizar una mezcla de estas tal y como se encuentra en los aserraderos obteniendo los siguientes resultados:

RESULTADOS PELLETS MEZCLA DE ASERRIN			
Muestra	Análisis	Propio	Laboratorio
MEZCLA DE ASERRIN	% Humedad	7.90	7.41%
	% Ceniza	6.84%	6.17%
	Poder Calorífico	N/A	18,453J/G

Tabla 16. Resultados de pellets mezcla de aserrines

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla anterior los datos obtenidos tanto a nivel práctico (propios) como los del laboratorio no tienen mucha variación y al igual que a los ensayos anteriores la lecturas del poder calorífico se obtienen directamente del laboratorio cuyo procedimiento se encuentra en el anexo 2.

El poder calorífico de los pellets hechos de la mezcla de los diferentes tipos de madera se puede notar que es superior a los analizados individualmente como se muestra en la gráfica:

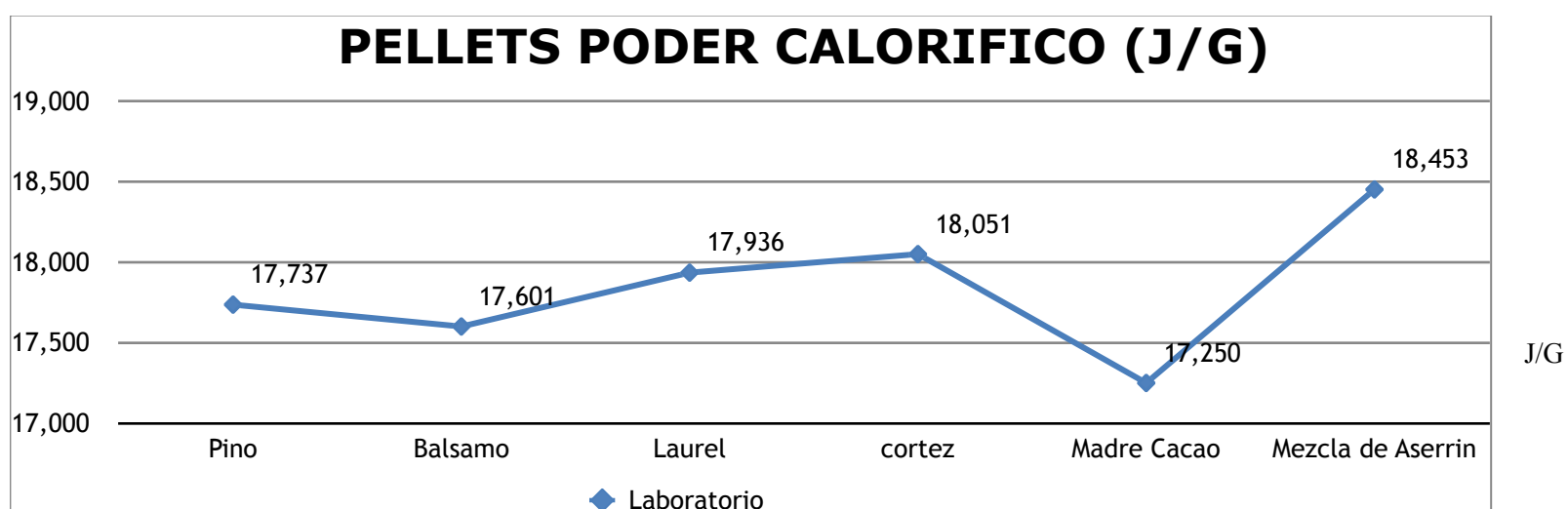


Gráfico 12. Comparativo poder calorífico pellets

Fuente: Elaboración propia

Para saber que tan representativos son los datos obtenidos en los diferentes análisis realizados se procedió a realizar una validación estadística de los mismos auxiliándonos de medidas de centralización como es la media aritmética y de dispersión, la desviación estándar, la varianza, el coeficiente de variación y el rango esperado de variabilidad.

Desviación Estándar: Esta medida nos permite determinar el promedio aritmético de fluctuación de los datos respecto a su punto central o medida. La desviación estándar nos da como resultado un valor numérico que representa al promedio de diferencia que hay entre los datos y la media.

Es determinada con la formula siguiente:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Varianza: Es una medida de dispersión definida como la esperanza del cuadrado de la desviación de dicha variable respecto a su media

Su expresión matemática es la siguiente:

$$V(x) = \sigma^2$$

Coefficiente de Variación: El coeficiente de Variación es la relación típica de una muestra y su medida, la medida de variabilidad, acusara menor dispersión mientras menor valor tenga el coeficiente de variabilidad, entonces la media será más representativa ya que más cercanos estarán el resto de los valores de la media; el coeficiente de variación generalmente se expresa en términos porcentuales; su expresión matemática es la siguiente:

$$C.V. = \frac{\sigma}{\bar{X}} * 100$$

Existen rangos de aceptabilidad del coeficiente de variabilidad con respecto a la media los cuales se muestran en la tabla siguiente:

Valor del Coeficiente de Variabilidad	Grado en que la Medida Representa a la Serie
De 0% a Menos de 10%	Media Altamente Representativa
De 10% a Menos de 20%	Media Bastante representativa
De 20% a Menos de 30%	Media Tiene Representatividad
De 30% a Menos de 40%	Media cuya Representatividad es Dudosa
De 40% o Mas	Media Carente de Representatividad

Tabla 17. Porcentaje de aceptación del coeficiente de variación respecto a la media

Fuente: www.conevyt.org.mx

Rango: Es llamado también recorrido estadístico y es la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo en un grupo de números aleatorios o de la muestra

Todas las validaciones estadísticas mencionadas se realizaron con muestras de la población obteniendo los siguientes resultados:

IDENTIFICACIÓN	ANÁLISIS	PROMEDIO (%)	VAR(%)	σ (%)	CV(%)	RANGO(+ σ)
Pino-Pellets	% Humedad	11.38	1.85	2.21	19.4	5.02
	% Ceniza	4.40	0.35	0.49	11.12	1.23
Bálsamo-Pellets	% Humedad	9.61	0.76	1.25	12.97	3.05
	% Ceniza	4.35	0.37	0.51	11.72	1.24
Laurel-Pellets	% Humedad	12.37	1.24	1.70	13.74	4.56
	% Ceniza	6.47	0.71	0.97	14.96	0.35
Cortez-Pellets	% Humedad	13.83	0.49	0.65	6.05	1.69
	% Ceniza	6.74	0.53	0.64	14.28	1.46
Madre Cacao-Pellets	% Humedad	9.47	1.07	1.44	15.23	3.57
	% Ceniza	2.51	0.30	0.42	16.86	1.06
Bálsamo-Aserrín	% Humedad	18.33	1.42	1.80	10.46	4.32
	% Ceniza	1.30	0.15	0.19	14.43	0.46
Laurel-Aserrín	% Humedad	13.83	0.56	0.69	5.02	1.70
	% Ceniza	1.87	0.11	0.14	7.39	0.35
Cortez-Aserrín	% Humedad	13.83	0.56	0.69	5.02	1.70
	% Ceniza	1.37	0.15	0.20	14.28	0.46
Pino-Aserrín	% Humedad	12.98	1.16	1.39	10.72	3.25
	% Ceniza	2.44	0.07	0.11	4.32	0.29
Almendra de Rio-Aserrín	% Humedad	11.90	0.39	0.51	4.31	1.36
	% Ceniza	1.44	0.15	0.19	13.24	0.45
Mezcla de Aserrín-Pellets	% Humedad	7.90	0.92	1.10	13.96	2.50
	% Ceniza	6.84	0.37	0.51	7.46	1.33

Tabla 18. Validación estadísticas de los resultados obtenidos.

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar en la tabla anterior que todos los coeficientes de variación obtenidos para todos los datos de % de humedad y % de ceniza para todas las muestras realizadas se encuentran por debajo del 20% indicándonos entonces que los valores promedios son representativos.

7. Análisis técnico económico

7.1 Descripción y datos del proyecto

Parte del estudio sobre los pellets comprende la fabricación de los mismos, por lo cual en este capítulo presentamos el estudio la viabilidad económico, considerando como punto de partida la demanda que hemos estimado en base a el estudio de campo que existe en nuestro país de carbón vegetal, la cantidad de residuos de aserraderos disponibles en base a la investigación realizada de campo y el precio en el mercado informal y formal (mercado y supermercados) de la libra de carbón que sería nuestro precio techo para la libra de pellets, ya que el mercado potencial que deseamos alcanzar es a nivel doméstico.

7.1.1 Ubicación proyecto planta producción de pellets

Para determinar la ubicación de la planta se ha tomado en consideración los factores que más inciden en los costos tanto de materia prima, como de producción y distribución. Se presentan cada uno de los criterios considerados así como su ponderación. En orden de prioridad se ha tomado en consideración los siguientes factores:

Costo de la materia prima. Este criterio es el principal, ya que incide fuertemente en el costo de producción. Se ha logrado establecer según la investigación de campo que en la zona oriental el aserrín es desechado como basura, y en otros casos es regalado. En cambio en la zona central específicamente en San Salvador alcanza precios elevados, ya que es comercializado para elaboración de alfombras, maquetas así como para limpiar derrames de aceite en talleres en general. La ponderación asignada a este criterio es de 25%.

El segundo criterio en orden de prioridad es el tamaño del mercado (población), al cual va dirigido el producto, asignándole una ponderación de 25%. Se ha considerado que las principales ciudades del país representan las tres zonas en que se divide el mismo, siendo para la zona occidental Santa Ana, para la zona central San Salvador y para la zona oriental San Miguel. Basados en este criterio se tomó en cuenta el tamaño de la población por zonas a partir del cuadro siguiente:

El tercer criterio tomado en consideración es el volumen de materia prima, para el caso se le dio una ponderación de 20%. Otros criterios tomados en cuenta fueron el costo de terreno a arrendar, cercanía a mercados, costo de mano de obra y cercanía de la materia prima.

A continuación se presentan en las tablas 19, 20 y 21 resumen de dichos factores y la forma de evaluación considerada. Basados en los criterios anteriores, se procedió a la ponderación por ciudad, a fin de determinar cuál es el lugar más idóneo para el montaje de la planta. Es de aclarar que es un proyecto piloto, el cual está sujeto a la variabilidad de los factores así como a la demanda que del producto se tenga.

DEPARTAMENTO	ÁREA-Km ²	POBLACIÓN POR DEPTO.	ÁREA-Km ² POR ZONA	POBLACIÓN POR ZONA	% TERRITORIO POR ZONA	% POBLACIÓN POR ZONA	FACTOR POBLACIÓN POR ZONA
Ahuachapán	1,239.60	319,503	4,488.54	1,282,118.00	21%	22%	6
Santa Ana	2,023.17	523,655					
Sonsonate	1,225.77	438,960					
Chalatenango	2,016.58	192,788	8,822.94	3,271,134.00	42%	57%	14
La Libertad	1,652.88	660,652					
San Salvador	886.15	1,567,156					
Cuscatlán	756.19	231,480					
La Paz	1,223.61	308,087					
Cabañas	1,103.51	149,326					
San Vicente	1,184.02	161,645					
Usulután	2,130.44	344,235					
San Miguel	2,077.10	434,003	7,729.31	1,190,861.00	37%	21%	5
Morazán	1,447.43	174,406					
La Unión	2,074.34	238,217					
	21,040.79	5,744,113					

Tabla 19. Determinación localización planta piloto pellets

Fuente: Elaboración propia

Factor analizado	Costo terreno a arrendar	Costo de mano de Obra	Cercanía a materia prima	Volumen de materia prima	Costo materia prima	Cercanía a mercados	Tamaño del mercado (población)
Criterios utilizados	A mayor costo menor factor	A mayor costo menor factor	A menor distancia mayor factor	A mayor volumen mayor factor	A mayor costo menor factor	A mayor cercanía mayor factor	A mayor población mayor factor

Tabla 20. Determinación localización planta piloto pellets

Fuente: Elaboración propia

Factor	Ponderación asignada	Santa Ana	San Salvador	San Miguel
Costo terreno a arrendar	10.00	10	5	10
Costo de mano de Obra	5.00	5	5	5
Cercanía a materia prima	5.00	5	10	10
Volumen de materia prima	20.00	5	20	20
Costo materia prima	25.00	15	10	25
Cercanía a mercados	10.00	5	10	5
Tamaño del mercado (población)	25.00	6	14	5
	100	51	74	80

Tabla 21. Determinación localización planta piloto pellets

Fuente: Elaboración propia

Como conclusión se puede inferir de la tabla anterior que el sitio más idóneo para el montaje de la planta es San Miguel, no descartando del todo la posibilidad de San Salvador, por la poca diferencia obtenida respecto a la primera.



Imagen 48. Plano de ubicación planta peletizadora
Fuente: Google Earth

7.1.2 Datos generales del proyecto

- * Para el proceso de peletizado se ha optado por una máquina Modelo: WD335 DE GARDEN HEAT, diseñada para una producción de 880-1320 lbs/hora.
- * El tiempo de vida útil se ha proyectado a 5 años

- * Se ha considerado un costo de la energía de \$0.25 ctvs/kw/h⁷
- * Se ha considerado un precio de venta de \$0.09 ctvs la libra de pellets que quiere decir \$198.42 ctvs la tonelada
- * También se ha considerado realizar un préstamo sobre el 50 % de la inversión inicial y el otro 50 % sería financiamiento por capital propio.

7.2 Análisis económico

7.2.1 Inversión Inicial

La inversión inicial del proyecto está conformada por la inversión en maquinaria y otras inversiones desglosadas respectivamente en las subsiguientes tablas, también en este punto recalcamos que el 50% de la inversión inicial será aportada por el inversionista y el 50% restante será aportado por un préstamo bancario para 4 años a una tasa del 11%.

7.2.1.1 Inversión en maquinaria

Inversión Maquinaria	
	Valor
Datos maquinaria	USD\$
<i>maquina peletizadora</i>	\$ 15,000.00
<i>maquina secadora</i>	\$ 12,000.00
<i>instalaciones Eléctricas</i>	\$ 10,000.00
<i>equipo auxiliar (básculas,empacadoras manuales)</i>	\$ 10,000.00
Total valor de	\$ 47,000.00
	\$ 47,000.00
Vida útil (años)	5
Depreciación en línea recta	\$ 9,400.00

Tabla 22. Inversión inicial proyecto planta peletizadora
Fuente: Elaboración Propia

7.2.1.2 Otras Inversiones

Otras Inversión para una planta peletizadora	
Descripción	Montos \$
inmueble	\$ 2,000.00
construcción	\$ 10,000.00
Conexión	\$ 100.00
Promoción	\$ 1,000.00
accesorios materiales	\$ 3,000.00
TOTAL \$ US DOLARES	\$ 16,100.00

Tabla 23. Otras inversiones
Fuente: Elaboración propia

⁷ Dato obtenido de tablas de facturación SIGET actualizado a Octubre del 2014 para la zona oriental en este caso EEO la comercializadora

7.2.2 Ingresos

7.2.2.1 Proyección de venta del proyecto

Proyección de Venta

Descripción	Cantidad	Unidades	Precio Venta	Mensual	Anual
elaboración de pellets año 1	55.54	toneladas	\$ 198.42	\$ 11,019.45	\$ 132,233.44
elaboración de pellets año 2	55.54	toneladas	\$ 198.42	\$ 11,019.45	\$ 132,233.44
elaboración de pellets año 3	55.54	toneladas	\$ 198.42	\$ 11,019.45	\$ 132,233.44
elaboración de pellets año 4	55.54	toneladas	\$ 198.42	\$ 11,019.45	\$ 132,233.44
elaboración de pellets año 5	55.54	toneladas	\$ 198.42	\$ 11,019.45	\$ 132,233.44

Tabla 24. Proyección de venta pellets
Fuente: Elaboración propia

7.2.3 Costos

7.2.3.1 Costos de operación y mantenimiento

COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO	
COSTOS DE OPERACIÓN	\$ 40,000.00
ALQUILER DE TERRENOS	\$ 6,000.00
MANTTO INSTALACIONES ELECTRICAS	\$ 1,000.00
COSTOS GESTION /ADMON	\$ 3,500.00
TOTAL ANUAL	\$ 50,500.00

Tabla 25. Costos de operación y mantenimiento
Fuente: Elaboración propia

7.2.3.2 Costos de comercialización

COSTOS DE COMERCIALIZACION	
Costo de transporte	\$ 20,000.00
Costo de personal comercializador	\$ 10,000.00
TOTAL ANUAL	\$ 30,000.00

Tabla 26. Costos de comercialización
Fuente: Elaboración propia

7.2.4 Flujo de caja libre

7.2.4.1 Flujo de caja libre del proyecto

FLUJO DE CAJA DE LA OPERACIÓN						
		Año 2015	Año 2016	Año 2017	Año 2018	Año 2019
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos		\$ 132,233.44	\$132,233.44	\$132,233.44	\$132,233.44	\$132,233.44
Costos						
Costos y gastos		\$ 50,500.00	\$ 50,500.00	\$ 50,500.00	\$ 50,500.00	\$ 50,500.00
Costos de comercialización		\$ 30,000.00	\$ 30,000.00	\$ 30,000.00	\$ 30,000.00	\$ 30,000.00
Depreciación de maquinaria		\$ 9,400.00	\$ 9,400.00	\$ 9,400.00	\$ 9,400.00	\$ 9,400.00
Amortización de gastos de organización		\$ 220.00	\$ 220.00	\$ 220.00	\$ 220.00	\$ 220.00
Total costos	\$ -00	\$ 90,120.00	\$ 90,120.00	\$ 90,120.00	\$ 90,120.00	\$ 90,120.00
UAI	\$ -00	\$ 42,113.44	\$ 42,113.44	\$ 42,113.44	\$ 42,113.44	\$ 42,113.44
ISR		\$ 10,528.36	\$ 10,528.36	\$ 10,528.36	\$ 10,528.36	\$ 10,528.36
Utilidad neta	\$ -00	\$ 31,585.08	\$ 31,585.08	\$ 31,585.08	\$ 31,585.08	\$ 31,585.08
Depreciación maquinaria		\$ 9,400.00	\$ 9,400.00	\$ 9,400.00	\$ 9,400.00	\$ 9,400.00
Amortización		\$ 220.00	\$ 220.00	\$ 220.00	\$ 220.00	\$ 220.00
Flujo de operación	\$ -00	\$ 41,205.08	\$ 41,205.08	\$ 41,205.08	\$ 41,205.08	\$ 41,205.08
Inversión	(\$113,600.00)					
Flujo de caja libre	(\$113,600.00)	\$ 41,205.08	\$ 41,205.08	\$ 41,205.08	\$ 41,205.08	\$ 41,205.08
VAN del FCL del proyecto	\$20,019.12					
TIR del proyecto	23.80%					
Tasa de descuento (WACC)	16.42%					

Tabla 27. Flujo de caja libre del
Fuente: Elaboración propia

7.2.4.2 Flujo de caja libre del inversionista

FLUJO DE CAJA DE EL INVERSIONISTA						
Flujo de caja libre del proyecto	(\$113,600.00)	\$41,205.08	\$41,205.08	\$41,205.08	\$41,205.08	\$41,205.08
Flujo de caja de la deuda	\$56,800.00	0	\$18,308.14	\$18,308.14	\$18,308.14	\$18,308.14
Flujo de caja del inversionista	(\$56,800.00)	\$41,205.08	\$22,896.94	\$22,896.94	\$22,896.94	\$22,896.94
VAN del FCL del inversionista	\$33,176.31					
TIR del inversionista	43.43%					
Tasa de descuento (WACC)	16.42%					

Tabla 28. Flujo de caja libre del inversionista
Fuente: Elaboración propia

7.2.5 Escenarios

En esta sección de el capítulo realizaremos la evaluación para dos escenarios el primero será considerando un aumento del 10% en los costos de operación, mantenimiento y comercialización, considerando también un aumento del precio de venta a 10 ctvs. de dólar la libra, el segundo caso será considerando un aumento en los costos del 10% nada más manteniendo el precio inicial de 9 ctvs. de dólar la libra.

7.2.5.1 Escenario precio 10 ctvs de dólar la libra y costos aumentados 10%

FLUJO DE CAJA DE LA OPERACIÓN						
		Año 2015	Año 2016	Año 2017	Año 2018	Año 2019
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos		\$ 146,921.60	\$146,921.60	\$146,921.60	\$132,233.44	\$146,921.60
Costos						
Costos y gastos		\$ 55,550.00	\$ 55,550.00	\$ 55,550.00	\$ 55,550.00	\$ 55,550.00
Costos de comercialización		\$ 33,000.00	\$ 33,000.00	\$ 33,000.00	\$ 33,000.00	\$ 33,000.00
Depreciación de maquinaria		\$ 9,400.00	\$ 9,400.00	\$ 9,400.00	\$ 9,400.00	\$ 9,400.00
Amortización de gastos de organización		\$ 220.00	\$ 220.00	\$ 220.00	\$ 220.00	\$ 220.00
Total costos	\$ -00	\$ 98,170.00	\$ 98,170.00	\$ 98,170.00	\$ 98,170.00	\$ 98,170.00
UAI	\$ -00	\$ 48,751.60	\$ 48,751.60	\$ 48,751.60	\$ 34,063.44	\$ 48,751.60
ISR		\$ 12,187.90	\$ 12,187.90	\$ 12,187.90	\$ 8,515.86	\$ 12,187.90
Utilidad neta	\$ -00	\$ 36,563.70	\$ 36,563.70	\$ 36,563.70	\$ 25,547.58	\$ 36,563.70
Depreciación maquinaria		\$ 9,400.00	\$ 9,400.00	\$ 9,400.00	\$ 9,400.00	\$ 9,400.00
Amortización		\$ 220.00	\$ 220.00	\$ 220.00	\$ 220.00	\$ 220.00
Flujo de operación	\$ -00	\$ 46,183.70	\$ 46,183.70	\$ 46,183.70	\$ 35,167.58	\$ 46,183.70
Inversión	(\$113,600.00)					
Flujo de caja libre	(\$113,600.00)	\$ 46,183.70	\$ 46,183.70	\$ 46,183.70	\$ 35,167.58	\$ 46,183.70
VAN del FCL del proyecto	\$34,916.42					
TIR del proyecto	27.65%					
Tasa de descuento (WACC)	15.00%					
FLUJO DE CAJA DE EL INVERSIONISTA						
Flujo de caja libre del proyecto	(\$113,600.00)	\$ 46,183.70	\$ 46,183.70	\$ 46,183.70	\$ 35,167.58	\$ 46,183.70
Flujo de caja de la deuda	\$56,800.00	0	\$18,308.14	\$18,308.14	\$18,308.14	\$18,308.14
Flujo de caja del inversionista	(\$56,800.00)	\$46,183.70	\$27,875.56	\$27,875.56	\$16,859.44	\$27,875.56
VAN del FCL del inversionista	\$46,264.82					
TIR del inversionista	52%					
Tasa de descuento (WACC)	15%					

Tabla 29. Flujo de caja libre escenario 1 precio pellets 10 ctvs de dólar la libra y costos aumentados 10%
Fuente: Elaboración propia

7.2.5.2 Escenario costos aumentados 10% y precio 9 ctvs de dólar la libra

FLUJO DE CAJA DE LA OPERACIÓN						
		Año 2015	Año 2016	Año 2017	Año 2018	Año 2019
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos		\$ 132,233.44	\$ 132,233.44	\$132,233.44	\$132,233.44	\$132,233.44
Costos						
Costos y gastos		\$ 55,550.00	\$ 55,550.00	\$ 55,550.00	\$ 55,550.00	\$ 55,550.00
Costos de comercialización		\$ 33,000.00	\$ 33,000.00	\$ 33,000.00	\$ 33,000.00	\$ 33,000.00
Depreciación de maquinaria		\$ 9,400.00	\$ 9,400.00	\$ 9,400.00	\$ 9,400.00	\$ 9,400.00
Amortización de gastos de organización		\$ 220.00	\$ 220.00	\$ 220.00	\$ 220.00	\$ 220.00
Total costos	\$ -00	\$ 98,170.00	\$ 98,170.00	\$ 98,170.00	\$ 98,170.00	\$ 98,170.00
UAI	\$ -00	\$ 34,063.44	\$ 34,063.44	\$ 34,063.44	\$ 34,063.44	\$ 34,063.44
ISR		\$ 8,515.86	\$ 8,515.86	\$ 8,515.86	\$ 8,515.86	\$ 8,515.86
Utilidad neta	\$ -00	\$ 25,547.58	\$ 25,547.58	\$ 25,547.58	\$ 25,547.58	\$ 25,547.58
Depreciación maquinaria		\$ 9,400.00	\$ 9,400.00	\$ 9,400.00	\$ 9,400.00	\$ 9,400.00
Amortización		\$ 220.00	\$ 220.00	\$ 220.00	\$ 220.00	\$ 220.00
Flujo de operación	\$ -00	\$ 35,167.58	\$ 35,167.58	\$ 35,167.58	\$ 35,167.58	\$ 35,167.58
Inversión	(\$113,600.00)					
Flujo de caja libre	(\$113,600.00)	\$ 35,167.58	\$ 35,167.58	\$ 35,167.58	\$ 35,167.58	\$ 35,167.58
VAN del FCL del proyecto	\$440.82					
TIR del proyecto	16.58%					
Tasa de descuento (WACC)	16.42%					
FLUJO DE CAJA DE EL INVERSIONISTA						
Flujo de caja libre del proyecto	(\$113,600.00)	\$ 35,167.58	\$ 35,167.58	\$ 35,167.58	\$ 35,167.58	\$ 35,167.58
Flujo de caja de la deuda	\$56,800.00	0	\$18,308.14	\$18,308.14	\$18,308.14	\$18,308.14
Flujo de caja del inversionista	(\$56,800.00)	\$35,167.58	\$16,859.44	\$16,859.44	\$16,859.44	\$16,859.44
VAN del FCL del inversionista	\$13,598.01					
TIR del inversionista	28.20%					
Tasa de descuento (WACC)	16.42%					

Tabla 30. Flujo de caja libre escenario 2 costos aumentados en un 10% precio 9 ctvs de dólar la libra
Fuente: Elaboración propia

En base a la evaluación económica realizada en este capítulo y con el análisis de escenarios posibles, concluimos que es factible la fabricación y comercialización de pellets en nuestro país, como se ha estudiado hemos considerado utilizar la cantidad de materia prima que se estimó basados en el estudio de campo, con ello logramos cubrir el 50% aproximadamente de la demanda de carbón para nuestro país; también hemos evaluado aumentar los costos en un 10% y el precio de venta a 10 ctvs. de dólar la libra obteniendo siempre un valor actual neto positivo y en el caso del segundo escenario solo aumentando los costos en un 10% de igual manera el valor actual neto es positivo. Con lo antes descrito concluimos que el proyecto es rentable económicamente.

8. Conclusiones, recomendaciones y limitaciones

8.1 Conclusiones

Al haber analizado los conceptos básicos sobre carbón y pellets, y también haber llevado a cabo una investigación de campo de la cual tenemos como resultado un censo a nivel nacional de consumo de carbón y de cantidad de materia prima para fabricar pellets, podemos dar nuestras conclusiones referentes a la tesis propuesta.

- El Mercado del carbón está compuesto por un mercado informal, el cual aporta una considerable cantidad al consumo nacional. Este carbón procede en una buena proporción de quema de árboles de zonas no manejadas de manera sustentable, lo que ocasiona una degradación al medio ambiente.
- Se vuelve difícil establecer las diferentes rutas desde las zonas de producción carbón hasta los centros de comercialización, sobre todo por la desconfianza existente en las personas para proporcionar dicha información así como a la peligrosidad de los sitios fuera de las zonas pobladas.
- En relación al mercado formal (cadenas de tiendas), se tiene cierto grado de confidencialidad de los datos de ventas, debido a la competencia con otras empresas. Lo anterior crea incerteza en la obtención de un dato exacto del volumen de carbón comercializado.
- No se pudo constatar que exista un control específico sobre la procedencia del carbón comercializado por parte del Estado, que permita garantizar el cuidado de los pocos recursos naturales de nuestro País.
- No se cuenta por parte del Ministerio de Economía sobre el rubro específico de carbón, el cual se engloba como un subproducto de la madera, por lo que no permite su cuantificación individual.
- Con relación al aserrín, se ha determinado en base al estudio de campo que al ser éste un residuo de los procesos de carpinterías, aserraderos y fabricación de carrocerías para camiones, su estimación a nivel nacional, es una proyección a partir de los volúmenes de los centros más importantes visitados en los diferentes departamentos.
- No existe un precio uniforme del aserrín en el País, oscilando su precio desde cero hasta dos dólares. En la capital es donde alcanza su precio mayor, lo contrario sucede en el interior del País donde en su mayoría es regalado para limpieza en talleres y gallineros, o recolectado como basura por el tren de aseo.
- En los aserraderos y talleres de fabricación de carrocerías de madera, la procedencia del aserrín es de pino. Cambiando su origen en las carpinterías donde se fabrican muebles, teniéndose el uso de maderas como cedro, conacaste, roble, laurel y otros.
- En aserraderos y carpinterías existe un desperdicio de madera nada despreciable, el cual se regala o vende como leña para uso en hogares.

- El contenido de humedad del aserrín es mayor en aserraderos que en carpinterías, ya que éstas últimas utilizan la madera lo más seca posible a fin de garantizar que los muebles que elaboran no se deformarán por la humedad.
- No existe una industria en el País dedicada a la elaboración de Pellets, por lo que representa un mercado virgen su producción.
- Los costos de importación de maquinaria para fabricación de Pellets así como los diferentes impuestos y permisos, representan al igual que en otras actividades industriales una barrera a vencer para poderse establecer su producción.
- En las pruebas de laboratorio que se realizaron tanto para el carbón como para los pellets, comprobamos que el poder calorífico de ambos son muy similares y los porcentajes de humedad no varían en gran cantidad, las cenizas se muestran menos en los resultados de los pellets, con esto podemos decir que es factible la sustitución de carbón por pellets.
- Luego de haber realizado el análisis económico podemos concluir que el precio al cual venden los productores de carbon, en este caso el obtenido en rosario de mora 15 ctvs. de dorar la libra, con este precio podemos decir que es factible la producción y comercialización de los pellets ya que el precio de pellets propuesto es de 9 ctvs. de dólar la libra, y podemos observar que el valor actual neto es positivo, por ello concluimos que el proyecto es viable.
- Se analizaron también dos escenarios, uno en el que se aumentó en un 10% los costos y se usó un precio de 10 ctvs. de dólar la libra de pellets, también se estudió el escenario aumentando los costos en un 10% y manteniendo el precio en 9 ctvs. de dólar la libra de pellets, para ambos casos observamos que no varían mucho los valores actuales netos y la tasa interna de retorno, aunque para el escenario 2 observamos que la TIR se acerca mucho a la tasa para la cual el VAN se vuelve 0, esto nos dice que si aumentan los costos y mantenemos el precio percibiremos menores utilidades.
- De acuerdo a los estudios de campo realizados, existe material para la elaboración de Pellets en el País, el cual no se valora su potencial calórico para ser usado como una fuente de combustible, usándose en su mayoría con fines de limpieza.

8.2 Recomendaciones

Luego de plantear las conclusiones del estudio que llevamos en este documento presentamos las recomendaciones que consideramos primordiales para el correcto análisis o puesta en marcha del proyecto que se ha estudiado, así también para utilizar el documento como referencia para otros estudios.

- Los resultados de este estudio son referencia y de esta manera deben tomarse. Es necesario considerar otros factores como estudios de mercado que permitan garantizar una comercialización del producto.
- En la estimación de la demanda del producto versus la producción de pellets podemos decir que la planta funcionara en un 50% el resto del tiempo sería destinado a almacenamiento u otras labores de mantenimiento y no operativos, por lo cual recomendamos gestionar una mayor recaudación de residuos de aserradero para mantener la planta funcionando en un mayor porcentaje.

- Deberá evaluarse el posible uso de los residuos de madera tales como trozos sobrantes, los cuales pueden procesarse (picarse), llegando a convertirse en aserrín, para la fabricación de Pellets.
- Es necesario desarrollar la industrialización de Pellets en el País de una manera paulatina, partiendo de una estructura mínima que sea rentable y evaluando su crecimiento en el tiempo, de acuerdo con la respuesta del público, a fin de evitar crecer de manera desmedida, y así crear una cultura de consumo de pellets, ya que como hemos analizado económicamente es rentable la comercialización de dicho producto.
- Se recomienda a través de organismos como el Consejo Nacional de Energía, buscar el apoyo del Gobierno a iniciativas como la propuesta en este estudio, que faciliten a los inversores ya sea nacionales o extranjeros incursionar en el reciclaje, brindando incentivos fiscales como por ejemplo.
- Recomendamos para un futuro cuando el proyecto se quiera emprender ya no como piloto realizar más pruebas para que sean representativas esto apoyando con instituciones que puedan respaldar la inversión ya que es alto el costo.

8.3 Limitaciones

El estudio del mercado del carbón es complejo cuando se analiza en su conjunto, ya que la producción del mismo requiere de grandes cantidades de leña (se requieren 964,485 kgs de leña húmeda para producir 137,000 kgs de carbón, teniéndose una relación de 7 a 1), según documento de la FAO*. Lo anterior hace ver el serio problema que se presenta desde el punto de vista ambiental si la madera utilizada para la fabricación de carbón no procede de bosques manejados para tal fin. Esto ocasiona que la producción artesanal de carbón se lleve a cabo en sitios alejados, facilitando el no control de las autoridades ambientales del País. Lo anterior no es un caso propio de esta nación sino de muchos países, se puede citar por ejemplo el caso de Mexico, específicamente en los estados de Yucatán y Campeche**, en donde la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, incautó 4,998 kilogramos de carbón vegetal, el cual no era producto de un aprovechamiento legal en materia forestal, aplicando la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.

Lo anterior pone de manifiesto una de las principales dificultades de la investigación de este rubro, siendo la procedencia de la madera utilizada para tal fin un secreto. El segundo obstáculo en la investigación es la proliferación de la delincuencia en los diferentes municipios donde se producen las parvas.

Por los motivos anteriores se hizo difícil el acceso a dicho mercado, ejemplo de esto es los correos y llamadas telefónicas realizadas a empresas como Agrosania, la cual dentro de sus actividades está la producción de carbón con la marca San Julián. Con el mercado informal la dificultad estribó en que estos negocios se encuentran bajo el yugo de la denominada renta y esto conlleva a ser lo más discretos en cuanto a las cantidades relacionadas con sus ventas.

Con relación al aserrín, la dificultad estribó en lo disperso de los sitios donde se producen los residuos de madera. Esto se abordó investigando cuales eran los principales aserraderos en los diferentes departamentos a fin de realizar un inventario de la disponibilidad de materia prima para la elaboración de pellets.

Otra limitantes dentro del estudio realizado se presentó en lo relacionado con la máquina peletera, la cual no existe proveedores locales ni en la región de Centro América, obligando a cotizar en países como China y Estados Unidos. Esto conllevó tiempo y recurso financieros para la obtención del equipo, contratando un agente aduanero para la introducción en el País.

Lo anterior disparó los costos de la investigación.

Para analizar los resultados a través de pruebas, se tuvo que realizar ensayos al material procesado, teniéndose un solo laboratorio que realiza pruebas de poder calorífico en el País, lo cual significó que el costo estuviese supeditado al precio establecido por dicho laboratorio.

Las limitantes anteriores, han ocasionado atrasos y gastos adicionales durante el desarrollo de este estudio.

9. Glosario

Amorfo: Sin forma regular o bien determinada.

CO₂: Dióxido de carbono.

Cúmulo: Conjunto de cosas sin orden unas encima de otras.

DBF: Densified Biomass fuels, Combustibles de Biomasa Densificada.

Exotérmico: Dicho de un proceso: Que va acompañado de desprendimiento de calor.

FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Flúidicos: Relativo a los fluidos.

Especies Latifolias o latifoliadas: Son árboles de copa redondeada, con múltiples tallos codominantes o ramas grandes que pueden competir con el tallo líder o central.

Lignina: Del término latino lignum (madera). Es una sustancia que aparece en los tejidos leñosos de los vegetales y que mantiene unidas las fibras de celulosa que los componen, la lignina constituye el 25% de la madera.

Pante: Se denomina pante de leña a un apilado de leña rolliza cuyas dimensiones oscilan entre 1.84 a 4.0 metros de largo y de 1.0 a 2.3 metros de alto así como de 0.50 a 0.75 metros de largo cada leño. En términos equivalentes de volumen oscila entre 2.5 a 3.0 metros cúbicos. Fuente: CATIE.

PC: Porcentaje de cenizas.

Pellets: Pequeñas porciones de materia vegetal comprimida utilizadas como combustible.

PFI: Pellets Fuels Institute.

Poder calórico: Es la cantidad de energía que la unidad de masa de materia puede desprender al producirse una reacción química de oxidación.

Porcentaje de humedad: Es el porcentaje de agua contenida en un material, con relación al peso seco del mismo.

Volátil: Relativo a un líquido que se transforma espontáneamente en vapor.

10. Referencias Bibliográficas



1. <http://www.mipueblosugente.com/apps/blog/show/14571907-rosario-de-mora-san-salvador>
2. Rendimiento y calidad del carbón vegetal elaborado en horno tipo fosa con subproductos forestales de *Piscidia piscipula* (L.) Sarg. y *Lonchocarpus Castilloi* Standl. en Campeche por Ing. Sergio Amílcar Canul tun como requisito parcial para obtener el grado de maestría en ciencias forestales Linares, Nuevo León Marzo, 2013.
3. Evaluación de la calidad del carbón vegetal producido en hornos de retorta y hornos metálicos portátiles en El Salvador. Trabajo de graduación Facultad de Ingeniería y Arquitectura, para optar al grado de Ingeniero Mecánico por: Melvin Benjamín Guardado Gómez, José Alberto Rodríguez Rivera, Luis Ernesto Monge Hernández. Universidad Centroamericana “José Simeon Cañas”. Octubre 2010.
4. <http://www.chimeneascosta.es/Pagina-de-contenido>
5. <http://www.ecured.cu/index.php/Aserr%C3%ADn>
6. Alakangas, Eija. Et al. “Wood pellets in Finland, technology economy and market”. OPET Report 5, Technical Research Center of Finland, 2002.
7. Malisius, U. et al.”Wood Pellets in Europe”. Industrial Network on Wood Pellets, Thermie B Project Dis/2043/98-AT, Coordinado por UMBERA GmbH, St.Polten, Austria (2000).
8. <http://www.pelletheat.org> PELLET FUEL INSTITUTE EEUU.
9. Artículo : " La producción de carbón de *EUCALYPTUS CAMALDULENSIS* cultivados en sistemas agroforestales en rosario de mora El salvador 2000.
10. <http://www.iea.org> Agencia Internacional de Energía.
11. <http://www.cne.gob.sv>. Consejo nacional de energía..
12. Entrevista con EL Sr. Rey Armando Sosa, oficina administrativa Susshi Corp.
13. <https://www.therealbbq.com/product/kebroak-40-lbs-hardwood-lump-charcoal-bag>
14. <http://reciclarrin.blogspot.mx/2013/06/usos-del-aserrin.html>
15. Manual para la producción de carbón vegetal con métodos tradicionales, F. Wolf, E. Vogel, Facultad de Silvicultura y manejo de recursos renovables, Universidad Autónoma de Nuevo León
16. <http://www.fao.org/docrep/005/y4450s/Y4450S11.htm>
17. <http://www.fao.org/docrep/x5328s/X5328S09.htm>
18. <http://www.sabelotodo.org/combustibles/carbonvegetal.html>
19. http://users.skynet.be/mariela.tadla/carbonizacion/es/topFrame_1_es.html
20. <http://www.paginasamarillas.com.sv/busqueda/aserraderos>
21. <http://www.paginasamarillas.com.sv/busqueda/ventas+de+madera?match=ventas+de+madera>

22. Entrevista con EL Sr. Rey Armando Sosa, oficina administrativa Susshi Corp.
23. <https://www.therealbbq.com/product/kebroak-40-lbs-hardwood-lump-charcoal-bag>
24. www.conevyt.org.mx, "medidas de tendencia Central" autor : Juan Matus Parra



Anexo 1. Tabla investigación de campo

DEPARTAMENTO: SANTA ANA			
MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN EL BRASIL	Ubicación	10ª Av. Sur, entre 19 y 21 calle Pte.	
	Producción Aserrín	4 sacos de aserrín	
	Producción viruta	5 sacos de viruta	
	Costo por saco	Se regala	
	Tipo de madera	Pino	
ASERRADERO SAN ANTONIO	Ubicación	9ª calle oriente entre 11 y 13 av. sur	
	Producción Aserrín	3 sacos diarios	
	Producción viruta	15 sacos	
	Costo por saco	\$1.0	
	Tipo de madera	Pino, ciprés, conacaste, cedro, laurel	
ASERRADERO LAS COLINAS	Ubicación	31 calle poniente entre 4ª y 6ª av. sur	
	Producción Aserrín	4 sacos	
	Producción viruta	8 sacos	
	Costo por saco	\$0.5	
	Tipo de madera	Pino, ciprés y conacaste	
DEPARTAMENTO: AHUACHAPAN			
VENTA DE MADERA LA NUEVA ESTRELLA	Ubicación	Calle Los Ausoles y Ruta Las Flores	
	Producción Aserrín	2 sacos	
	Producción viruta	2 sacos	
	Costo por saco	Se regala	
	Tipo de madera	Conacaste, ciprés, laurel	
DEPARTAMENTO: CHALATENANGO			
CARROCERÍAS HERNANDEZ	Ubicación	Carretera Troncal del Norte CA4 14° 7'0.00"N - 89° 9'6.00"O	
	Producción Aserrín	15 sacos de aserrín	
	Producción viruta	5 sacos de viruta	
	Costo por saco	Se regala	
	Tipo de madera	Copinol, bálsamo y pino	



DEPARTAMENTO:
LA PAZ



VENTA DE MADERA EL MANGUITO	Ubicación	RN4E, 13°30'22"N - 88°52'35"O	
	Producción Aserrín	7 sacos de aserrín	
	Producción viruta	-	
	Costo por saco	Se regala	
	Tipo de madera	Cedro, caoba conacaste	
VENTA DE MADERA EL BOSQUE	Ubicación	RN4E, 13°30'22"N - 88°52'35"O	
	Producción Aserrín	3 sacos diarios	
		15 sacos	
	Costo por saco	Se regala	
	Tipo de madera	Pino, cedro	

DEPARTAMENTO:
USULUTAN




CARPINTERIA #1	Ubicación	CA2E 13°20'34"N - 88°23'32"O	
	Producción Aserrín	2 sacos diarios	
	Producción viruta	-	
	Costo por saco	Lo lleva el tren de aseo	
	Tipo de madera	Pino, ciprés y conacaste	
CARPINTERIA #2	Ubicación	CA2E 13°20'34"N - 88°23'32"O	
	Producción Aserrín	1 saco diario	
	Producción viruta	-	
	Costo por saco	Lo lleva el tren de aseo	
	Tipo de madera		







DEPARTAMENTO:
SONSONATE





MUEBLERIA	Ubicación	Cantón El Cerrito, Ruta de Las Flores	
	Producción Aserrín	1 sacos de aserrín	
	Producción viruta	20 sacos de viruta	
	Costo por saco	Se regala	
	Tipo de madera	Pino	
ASERRADERO SAN ANTONIO	Ubicación	Frente. Seguro Social Sonsonate	
	Producción Aserrín	1 saco	

	Producción viruta	-	
	Costo por saco	Se regala	
	Tipo de madera	Pino	
CARPINTERÍA CONTRERAS	Ubicación	Av. Pedro Ramírez de Quiñones 13°42'44.00"N - 89°43'38.00"O	
	Producción Aserrín	3 sacos	
	Producción viruta	15 sacos	
	Costo por saco	\$1.0	
	Tipo de madera	Pino, cedro	
ASERRADERO	Ubicación	Av. Pedro Ramírez de Quiñones 13°42'45.00"N - 89°43'36.00"O	
	Producción Aserrín	10 sacos al mes	
	Producción viruta	25 sacos al mes	
	Costo por saco	\$1.0	
	Tipo de madera	Pino	

DEPARTAMENTO SAN SALVADOR

MUEBLERÍA RAMOS PINTO	Ubicación	Carretera Troncal de Norte CA4 14° 2'33.00"N - 89° 9'18.00"	
	Producción Aserrín	5 sacos semanales	
	Producción viruta	-	
	Costo por saco	\$1.0	
	Tipo de madera	Laurel, cedro y conacaste	
MUEBLERÍA PABLO MARTÍNEZ	Ubicación	Carretera Troncal de Norte CA4 14° 1'7.00"N - 89° 9'48.00"O	
	Producción Aserrín	20 sacos semanales	
	Producción viruta	7 sacos semanales	
	Costo por saco	Se regala	
	Tipo de madera	Cedro y laurel	
MUEBLERÍA ENRIQUE ORTEGA	Ubicación	Carretera Troncal de Norte CA4 13°57'60.00"N - 89°10'53.00"O	
	Producción Aserrín	15 sacos semanales	
	Producción viruta	-	
	Costo por saco	Se regala	
	Tipo de madera	Laurel, conacaste	

MUEBLERÍA FRANCISCO OSEGUEDA	Ubicación	Carretera Troncal de Norte CA4 13°56'58.20"N - 89°11'15.00"O	
	Producción Aserrín	25 sacos de aserrín	
	Producción viruta	75 sacos de viruta	
	Costo por saco	Se regala	
	Tipo de madera	Cedro, laurel	
MUEBLERÍA TRANSITO CALDERÓN	Ubicación	Carretera Troncal de Norte CA4 13°55'50.70"N - 89°11'11.40"O	
	Producción Aserrín	3 sacos diarios	
	Producción viruta	-	
	Costo por saco	Se regala	
	Tipo de madera	Cedro, teca, caoba	
ASERRADERO LOS ABETOS	Ubicación	Bldv Venezuela No 1131	
	Producción Aserrín	10 sacos semanalmente	
	Producción viruta	50 sacos cada dos días	
	Costo por saco	\$1.0	
	Tipo de madera	Conacaste, cedro, laurel, pino	
ASERRADERO EL TRIUNFO	Ubicación	Bldv Venezuela Col Roma No 306 El Salvador, San Salvador	
	Producción Aserrín	100 sacos al mes	
	Producción viruta	-	
	Costo por saco	\$2.0	
	Tipo de madera	Pino	
DEPARTAMENTO: SAN MIGUEL			
FERRETERÍA SAN CARLOS	Ubicación	10 avenida norte y calle Candelaria	
	Producción Aserrín	13 sacos semanales	
	Producción viruta	-	
	Costo por saco	Se regala	
	Tipo de madera	Pino, cedro, laurel	
CARPINTERÍA NUESTRA SEÑORA DE FÁTIMA	Ubicación	Entre 8ª y 10ª avenida norte, calle La Paz	
	Producción Aserrín	16 sacos semanales	
	Producción viruta	166 sacos	
	Costo por saco	\$1.0	
	Tipo de madera	Pino, ciprés, conacaste, cedro, laurel	

CAMAS DE CAMIÓN LOS CLARO Y LOS AMAYA	Ubicación	Ruta militar, 13°30'47"N - 88°8'53"O	
	Producción Aserrín	190 sacos a la semana	
	Producción viruta	-	
	Costo por saco	Se regala	
	Tipo de madera	Pino, ciprés y conacaste	
FERRETERIA LA POPULAR	Ubicación	Ruta militar 13°29'44.00"N - 88°10'21"O	
	Producción Aserrín	5 sacos semanales	
	Producción viruta	-	
	Costo por saco	Lo regalan	
	Tipo de madera	Pino, cedro	
TALLER PINO	Ubicación	10ª avenida norte 13°29'39"N- 88°10'18"O	
	Producción Aserrín	4 sacos de aserrín	
	Producción viruta	5 sacos de viruta	
	Costo por saco	Se regala	
	Tipo de madera	Pino	
ASERRADERO EL PROGRESO	Ubicación	9ª calle oriente entre 11 y 13 av. sur	
	Producción Aserrín	3 sacos diarios	
	Producción viruta	15 sacos	
	Costo por saco	\$1.0	
	Tipo de madera	Pino, ciprés, conacaste, cedro, laurel	

Anexo 2. Análisis de laboratorio

Los análisis fueron sometidos en un laboratorio certificado el cual hace uso de un calorímetro modelo IKA C5003 para poder determinar el poder calorífico de ambas muestras

Procedimiento de determinación de poder calorífico

- * Ingreso de la muestra a la bomba calorimétrica (Vessel) para su aislamiento adiabático, la muestra debe de ser pesada previamente para conocer su masa.
- * El vessel ingresa a la cabina de intercambio de calor, dentro del calorímetro
- * La cabina de intercambio de calor es llenado con agua a una cierta temperatura hasta que el vessel quede totalmente sumergido, el vessel evita el contacto directo entre la muestra y el agua. El sistema es totalmente aislado.
- * Se eyecta oxígeno puro al vessel para que haga contacto con la muestra y se lleve a cabo la combustión.
- * Unas resistencias son calentadas para que con ayuda del oxígeno y un cable de ignición se sobre caliente e incendie un hilo de combustión con un poder calorífico definido, el cual posteriormente es restado al sistema. Este hilo de combustión está en contacto directo con la muestra, el cual ayuda a quemarse en su totalidad.
- * La muestra es totalmente quemada liberando calor.
- * Este calor liberado por la muestra es ganado por el agua a su alrededor, provocando un incremento de temperatura, que es registrado por la máquina, tanto la del agua como la del interior del vessel.
- * La capacidad calorífica del calorímetro es definido (parámetros de Calibración de la maquina). Y se utilizan las siguientes fórmulas.

EL calor liberado y absorbido por un cuerpo puede ser calculado como: $Q = C \Delta T$; o también como $Q = mc_v \Delta T$. Como el sistema presenta un intercambio de calor, el calor ganado por el agua es igual a menos el calor perdido por la muestra, entonces:

$$Q_{\text{agua}} = - Q_{\text{Muestra}}$$

$$C_{\text{cal}} \Delta T = - m c_v \Delta T$$

Todos estos parámetros son conocidos a excepción del c_v que representa el Poder calorífico de la muestra, entonces se despeja de la fórmula y se obtiene el dato.

Todos estos criterios son realizados bajo procedimientos estándares dentro de la maquinaria totalmente automatizada que posee el laboratorio, ninguna de estos pasos es manual a excepción del ingreso de la muestra. El cálculo del PC es realizado por el sistema del equipo, ya que debe realizar los ajustes pertinentes del hilo de combustión, y algunos otros elementos si fueron adicionados para provocar la combustión de la muestra.

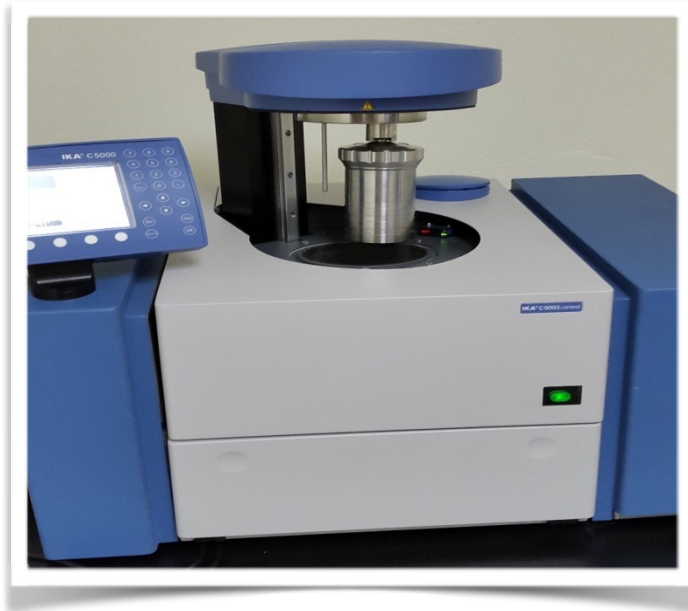


Imagen 10.1 Calorímetro IKA C50003

Fuente: Elaboración Propia



Imagen 10.2 Accesorios Calorímetro IKA C50003

Fuente: Elaboración Propia

Procedimiento de determinación de humedad

- * La muestra es pesada en una báscula que incluye el equipo.
- * La muestra es ingresada para comenzar el procedimiento de secado, con las configuraciones respectivas del equipo.
- * El agua es evaporada de la muestra a temperatura controlada (130 °C); dependiendo de la cantidad de agua de la muestra, es el tiempo que tarda el ensayo de laboratorio, pues la temperatura nunca es modificada (procedimiento a T constante).
- * La muestra presenta una masa final, es decir una masa después de que el agua ha sido evaporada, en lo cual la diferencia de masas, es la masa total del agua que ha sido evaporada durante el proceso. $[Masa\ del\ agua\ evaporada / masa\ total\ de\ la\ muestra] * 100\%$ esto representa el porcentaje de agua que la muestra tenía a su inicio, es decir su % de humedad.
- * El equipo cuenta con un sensor de humedad, una vez este detecta humedad relativa prácticamente nula, el ensayo para y se obtienen los resultados.

Procedimiento de determinación de cenizas

*Dentro del procedimiento de ensayo de PC, a condiciones controladas y procedimientos establecidos, al terminar este ensayo la cantidad de muestra que no fue quemada en su totalidad y que ahora representa las cenizas del sistema, esta es pasada para luego ser comparada con la masa inicial que es configurada al inicio de la prueba de PC.

* $[Masa\ final / masa\ inicial] * 100\%$ el procedimiento de laboratorio, resta todas las masas adicionales al sistema, como puede ser el recipiente llamada crisol, que contiene la muestra.

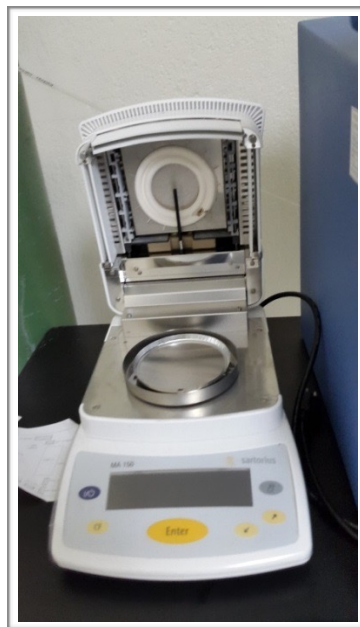


Imagen 10.3 Equipo para medir % humedad.
Fuente: Elaboración Propia

Con lo antes descrito en este capítulo podemos decir que es factible la producción de pellets con residuos de aserradero en nuestro país, ya que utilizamos aserrín residuo de uno de los aserraderos que se visitó, y con las pruebas que se realizaron con la maquinaria obtuvimos muestras de pellets que fueron enviadas a laboratorio para corroborar su poder calorífico, porcentaje de humedad y cantidad de cenizas y como se ve en los análisis realizados obtuvimos buenos datos de poder calorífico, porcentaje de humedad y cantidad de cenizas.

Procedimiento propio para determinar porcentaje de Humedad

* Se toma la muestra

Para el caso de los pellets una muestra de 3 a 5 gramos y para el caso del aserrín puede ser una muestra de 4 a 8 gramos

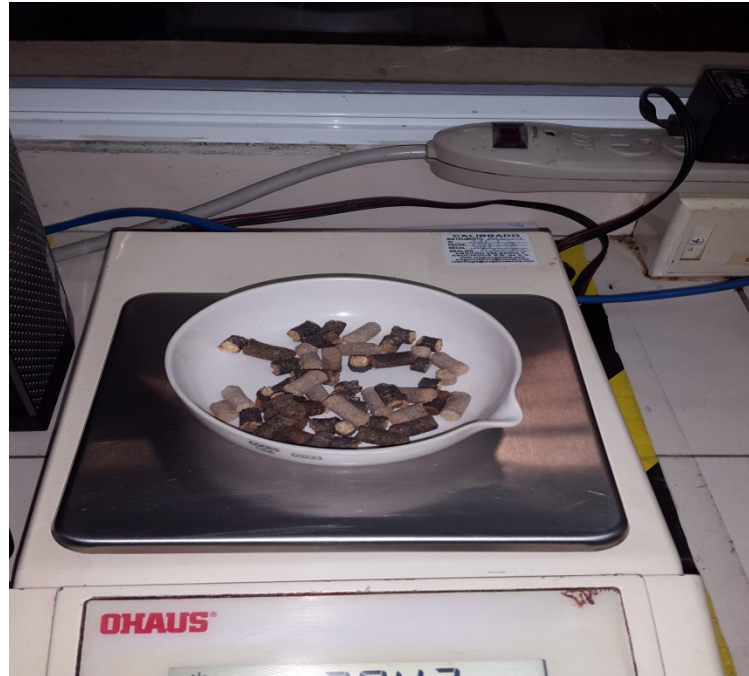


Imagen 10.4 Pesado de Muestra de Pellets

- * Se seca la muestra a una temperatura constante de 105°C por el termino de unas 2.5- a 3 horas.para el caso se utilizó un hot plate para alcanzar la temperatura constante.



Imagen 10.5 Secado de Muestras en Hot Plate Fisher Scientific.

- * Se retira la muestra y se vuelve a pesar
- * Se toma la muestra nuevamente que se ha pesado y se vuelve a secar por el mismo periodo de tiempo

- * se retira la muestra nuevamente y se vuelve a pesar si esta no ha sufrido variación se entiende que dicha muestra ya no va variar en su peso y se detiene el proceso.
- * Se toma el dato del peso inicial y el dato de peso final de la muestra y por diferencia se obtiene el peso neto de la muestra
- * La diferencia de peso será el porcentaje de humedad de las muestras.

Procedimiento Propio para determinar Porcentaje de Ceniza

- * Se toma la muestra y se pesa para el caso de los pellets las muestras puede andar de 2 a 6 gramos y para el caso del aserrín para que sea más representativo será en un rango más abierto de 10 a 20 gramos.
- * Colocar la muestra sobre la malla donde será quemada.



Imagen 10.6 Muestra de Aserrín a Quemar.

- * Se procede con el proceso de calcinación de las muestras



Imagen 10.7 Calcinado de Muestras de Aserrín

- * Pasado 10 minutos se procede a apagar el fuego
- * Se procede a pesar la cantidad de ceniza que queda en la malla



Imagen 10.8 Ceniza Resultante de Calcinación de Muestras

- * La diferencia de la muestra final y la muestra inicial nos indica el % de ceniza de las muestras.

TABLAS DE RESULTADOS DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS.

Porcentajes de Humedad de pellets.

% de Humedad Para Pellets de Bálsamo						
Muestra	peso de crisol (g)	crisol+pellet(g)	crisol+pellets-humedad(g)	peso de los pellets (g)	peso de la humedad (g)	% de humedad
PB 001	18.32	21.054	20.756	2.734	0.298	10.90
PB 002	18.32	21.345	21.052	3.025	0.293	9.69
PB 003	18.32	21.433	21.102	3.113	0.331	10.63
PB 004	18.32	21.565	21.274	3.245	0.291	8.97
PB 005	18.32	21.987	21.699	3.667	0.288	7.85
					Promedio	9.61

Tabla 10.1 % De Humedad de pellets de Bálsamo

% de Humedad para Pellets de Pino						
Muestra	Peso de Crisol (g)	Crisol+Pellet(g)	Crisol+pellets-Humedad(g)	Peso de los Pellets (g)	Peso de la Humedad (g)	% de Humedad
PP 001	18.32	21.891	21.432	3.571	0.459	12.85
PP 002	18.32	21.045	20.649	2.725	0.396	14.53
PP 003	18.32	21.831	21.486	3.511	0.345	9.83
PP 004	18.32	21.925	21.559	3.605	0.366	10.15
PP 005	18.32	22.387	22	4.067	0.387	9.52
					Promedio	11.38

Tabla 10.2 % De Humedad de pellets de Pino.

% de Humedad Para Pellets de Laurel						
Muestra	Peso de Crisol (g)	Crisol+Pellet(g)	Crisol+pellets-Humedad(g)	Peso de los Pellets (g)	Peso de la Humedad (g)	% de Humedad
PL 001	18.32	21.033	20.632	2.713	0.401	14.78
PL 002	18.32	21.123	20.766	2.803	0.357	12.74
PL 003	18.32	21.345	20.999	3.025	0.346	11.44
PL 004	18.32	21.911	21.455	3.591	0.456	12.70
PL 005	18.32	22.568	22.134	4.248	0.434	10.22
					Promedio	12.37

Tabla 10.3 % De Humedad de pellets de Laurel

% de Humedad Para Pellets de Cortez						
Muestra	Peso de Crisol (g)	Crisol+Pellet(g)	Crisol+pellets-Humedad(g)	Peso de los Pellets (g)	Peso de la Humedad (g)	% de Humedad
PC 001	18.32	21.234	20.933	2.914	0.301	10.33
PP 002	18.32	21.329	20.976	3.009	0.353	11.73
PP 003	18.32	21.449	21.107	3.129	0.342	10.93
PP 004	18.32	21.817	21.466	3.497	0.351	10.04
PP 005	18.32	21.367	21.034	3.047	0.333	10.93
					Promedio	10.79

Tabla 10.4 % De Humedad de Pellets de Cortez

% de Humedad Para Pellets de Madre Cacao						
Muestra	Peso de Crisol (g)	Crisol+Pellet(g)	Crisol+pellets-Humedad(g)	Peso de los Pellets (g)	Peso de la Humedad (g)	% de Humedad
PMC 001	18.32	22.345	21.954	4.025	0.391	9.71
PMC 002	18.32	22.525	22.222	4.205	0.303	7.21
PMC 003	18.32	22.645	22.253	4.325	0.392	9.06
PMC 004	18.32	21.917	21.536	3.597	0.381	10.59
PMC 005	18.32	21.967	21.574	3.647	0.393	10.78
					Promedio	9.47

Tabla 10.5 % De Humedad para pellets de Madre Cacao

% de Humedad Para Pellets Mezcla de Aserrín						
Muestra	Peso de Crisol (g)	Crisol+ Pellets(g)	Crisol+ Pellets-Humedad(g)	peso de los Pellets (g)	Peso de la Humedad (g)	% de Humedad
PM 001	18.32	22.554	22.256	4.234	0.298	7.04
PM 002	18.32	21.345	21.097	3.025	0.248	8.20
PM 003	18.32	21.433	21.154	3.113	0.279	8.96
PM 004	18.32	21.565	21.279	3.245	0.286	8.81
PM 005	18.32	21.987	21.75	3.667	0.237	6.46
					Promedio	7.90

Tabla 10.6 % De humedad de pellets mezcla de aserrín

Porcentajes de ceniza de los pellets

% de Ceniza para Pellets de Bálsamo						
Muestra	Peso de Malla (g)	Malla +Pellets(g)	Malla con Ceniza(g)	Peso de los Pellets (g)	peso de la Ceniza (g)	% Ceniza
PB 006	16.53	20.056	19.908	3.526	0.148	4.20
PB 007	16.53	20.645	20.464	4.115	0.181	4.40
PB 008	16.53	20.439	20.3	3.909	0.139	3.56
PB 009	16.53	20.505	20.315	3.975	0.19	4.78
PB 010	16.53	20.389	20.204	3.859	0.185	4.79
					Promedio	4.35

Tabla 10.7 % De ceniza de pellets de Bálsamo

% de Ceniza Para Pellets de Pino						
Muestra	Peso de Malla (g)	Malla +Pellets(g)	Malla con Ceniza(g)	Peso de los Pellets (g)	peso de la Ceniza(g)	% Ceniza
PP 006	16.53	20.154	19.996	3.624	0.158	4.36
PP 007	16.53	20.446	20.255	3.916	0.191	4.88
PP 008	16.53	20.339	20.2	3.809	0.139	3.65
PP 009	16.53	20.601	20.426	4.071	0.175	4.30
PP 010	16.53	20.35	20.167	3.82	0.183	4.79
					Promedio	4.40

Tabla 10.8 % De ceniza de pellets de Pino

% de Ceniza para Pellets de Laurel						
Muestra	Peso de Malla (g)	Malla +Pellets(g)	Malla con Ceniza(g)	Peso de los Pellets (g)	peso de la Ceniza (g)	% Ceniza
PL 006	16.53	19.854	19.596	3.324	0.258	7.76
PL 007	16.53	19.446	19.243	2.916	0.203	6.96
PL 008	16.53	19.739	19.572	3.209	0.167	5.20
PL 009	16.53	19.601	19.403	3.071	0.198	6.45
PL 010	16.53	19.588	19.405	3.058	0.183	5.98
					Promedio	6.47

Tabla 10.9 % De ceniza de pellets de Laurel

% de Ceniza Para Pellets de Cortez						
Muestra	Peso de Malla (g)	Malla +Pellets(g)	Malla con Ceniza(g)	Peso de los Pellets (g)	peso de la Ceniza (g)	% Ceniza
PP 006	16.53	20.955	20.697	4.425	0.258	5.83
PP 007	16.53	20.549	20.256	4.019	0.293	7.29
PP 008	16.53	20.753	20.486	4.223	0.267	6.32
PP 009	16.53	20.637	20.339	4.107	0.298	7.26
PP 010	16.53	20.584	20.301	4.054	0.283	6.98
					Promedio	6.74

Tabla 10.10 % De Ceniza de Pellets de Cortez

% de Ceniza Para Pellets de Madre Cacao						
Muestra	Peso de Malla (g)	Malla +Pellets(g)	Malla con Ceniza(g)	Peso de los Pellets(g)	peso de la Ceniza (g)	% Ceniza
PMC 006	16.53	22.955	22.797	6.425	0.158	2.46
PMC 007	16.53	22.749	22.567	6.219	0.182	2.93
PMC 008	16.53	22.759	22.643	6.229	0.116	1.86
PMC 009	16.53	22.931	22.775	6.401	0.156	2.44
PMC 010	16.53	22.889	22.708	6.359	0.181	2.85
					Promedio	2.51

Tabla 10.11 % De Ceniza de Pellets de Madre Cacao

% de Ceniza Para Pellets Mezcla de Aserrín						
Muestra	Peso de Malla (g)	Malla +Aserrín(g)	Malla con Ceniza(g)	Peso del Aserrín(g)	peso de la Ceniza(g)	% Ceniza
AM 006	16.53	33.354	32.065	16.824	1.289	7.66
AM 007	16.53	33.222	32.066	16.692	1.156	6.93
AM 008	16.53	33.876	32.742	17.346	1.134	6.54
AM 009	16.53	33.987	32.881	17.457	1.106	6.34
AM 010	16.53	33.321	32.192	16.791	1.129	6.72
					Promedio	6.84

Tabla 10.12 % De Ceniza de pellets mezcla de aserrín

% De Humedad de Aserrín

% de Humedad Para Aserrín de Bálsamo						
Muestra	Peso de Crisol (g)	crisol+ Aserrín(g)	Crisol+ Aserrín-Humedad(g)	Peso del Aserrín	Peso de la Humedad	% de Humedad
AB 001	18.32	23.245	22.247	4.925	0.998	20.26
AB 002	18.32	23.345	22.351	5.025	0.994	19.78
AB 003	18.32	23.533	22.702	5.213	0.831	15.94
AB 004	18.32	23.165	22.269	4.845	0.896	18.49
AB 005	18.32	23.489	22.601	5.169	0.888	17.18
Promedio						18.33

Tabla 10.13 % De humedad de aserrín de Bálsamo

% de Humedad para Aserrín de Pino						
Muestra	peso de crisol (g)	crisol+ Aserrín(g)	crisol+ Aserrín-humedad(g)	Peso del Aserrín	Peso de la Humedad	% de Humedad
AP 001	18.32	23.74	23.062	5.42	0.678	12.51
AP 002	18.32	23.045	22.346	4.725	0.699	14.79
AP 003	18.32	23.333	22.732	5.013	0.601	11.99
AP 004	18.32	23.269	22.573	4.949	0.696	14.06
AP 005	18.32	23.589	22.981	5.269	0.608	11.54
Promedio						12.98

Tabla 10.14 % De humedad de aserrín de Pino

% de Humedad Para Aserrín de Laurel						
Muestra	Peso de Crisol (g)	Crisol+ Aserrín(g)	crisol+ Aserrín-humedad(g)	Peso del Aserrín	Peso de la Humedad	% de Humedad
AL 001	18.32	23.745	23.024	5.425	0.721	13.29
AL 002	18.32	23.234	22.513	4.914	0.721	14.67
AL 003	18.32	23.345	22.644	5.025	0.701	13.95
AL 004	18.32	23.891	23.097	5.571	0.794	14.25
AL 005	18.32	23.569	22.888	5.249	0.681	12.97
Promedio						13.83

Tabla 10.15 % De humedad aserrín de Laurel

% de Humedad Para Aserrín de Cortez						
Muestra	peso de crisol (g)	Crisol+ Aserrín(g)	Crisol+ Aserrín-Humedad(g)	peso del Aserrín	peso de la humedad	% de humedad
AP 001	18.32	23.745	23.024	5.425	0.721	13.29
AP 002	18.32	23.234	22.513	4.914	0.721	14.67
AP 003	18.32	23.345	22.644	5.025	0.701	13.95
AP 004	18.32	23.891	23.097	5.571	0.794	14.25
AP 005	18.32	23.569	22.888	5.249	0.681	12.97
Promedio						13.83

Tabla 10.16 % Humedad Aserrín de Cortez

% de Humedad Para Aserrín de Almendro de Rio						
Muestra	peso de crisol (g)	Crisol+ Aserrín(g)	Crisol+ Aserrín-humedad(g)	peso del Aserrín	peso de la humedad	% de humedad
AAR 001	18.32	25.745	24.919	7.425	0.826	11.12
AAR 002	18.32	25.234	24.371	6.914	0.863	12.48
AAR 003	18.32	25.345	24.494	7.025	0.851	12.11
AAR 004	18.32	25.891	25.004	7.571	0.887	11.72
AAR 005	18.32	25.569	24.693	7.249	0.876	12.08
					Promedio	11.90

Tabla 10.17 % de Humedad Aserrín de Almendro de Rio

% de Ceniza para Aserrín

% de Ceniza Para Aserrín de Bálsamo						
Muestra	Peso de Malla (g)	Malla +Aserrín(g)	Malla con Ceniza(g)	Peso del Aserrín (g)	peso de la Ceniza (g)	% Ceniza
AB 006	16.53	29.004	28.858	12.474	0.146	1.17
AB 007	16.53	29.122	28.941	12.592	0.181	1.44
AB 008	16.53	29.435	29.296	12.905	0.139	1.08
AB 009	16.53	29.505	29.306	12.975	0.199	1.53
AB 010	16.53	29.311	29.148	12.781	0.163	1.28
					Promedio	1.30

Tabla 10.18 % De ceniza aserrín de Bálsamo

% de ceniza Para Aserrín de Pino						
Muestra	Peso de Malla (g)	Malla +Aserrín(g)	Malla con Ceniza(g)	Peso del Aserrín(g)	peso de la Ceniza(g)	% Ceniza
AP 006	16.53	28.454	28.148	11.924	0.306	2.57
AP 007	16.53	29.122	28.811	12.592	0.311	2.47
AP 008	16.53	29.435	29.123	12.905	0.312	2.42
AP 009	16.53	29.505	29.184	12.975	0.321	2.47
AP 010	16.53	30.311	29.997	13.781	0.314	2.28
					Promedio	2.44

Tabla 10.19 % De ceniza aserrín de Pino

% de Ceniza Para Aserrín de Laurel						
Muestra	Peso de Malla (g)	Malla +Aserrín(g)	Malla con Ceniza(g)	Peso del Aserrín(g)	peso de la Ceniza(g)	% Ceniza
AL 006	16.53	29.345	29.1	12.815	0.245	1.91
AL 007	16.53	29.567	29.3	13.037	0.267	2.05
AL 008	16.53	29.234	28.989	12.704	0.245	1.93
AL 009	16.53	29.111	28.888	12.581	0.223	1.77
AL 010	16.53	30.323	30.089	13.793	0.234	1.70
					Promedio	1.87

Tabla 10. 20 % Ceniza aserrín de Laurel

% de Ceniza Para Aserrín de Cortez						
Muestra	Peso de Malla (g)	Malla +Aserrín(g)	Malla con Ceniza(g)	Peso del Aserrín(g)	peso de la Ceniza(g)	% Ceniza
AP 006	16.53	30.351	30.206	13.821	0.145	1.05
AP 007	16.53	30.567	30.36	14.037	0.207	1.47
AP 008	16.53	30.434	30.251	13.904	0.183	1.32
AP 009	16.53	30.111	29.908	13.581	0.203	1.49
AP 010	16.53	30.341	30.132	13.811	0.209	1.51
					Promedio	1.37

Tabla 10.21 % Ceniza aserrín de Cortez

% de Ceniza Para Aserrín de Almendro de Rio						
Muestra	Peso de Malla (g)	Malla +Aserrín(g)	Malla con Ceniza(g)	Peso del Aserrín (g)	peso de la Ceniza(g)	% Ceniza
AAR 006	16.53	33.354	33.133	16.824	0.221	1.31
AAR 007	16.53	33.222	32.931	16.692	0.291	1.74
AAR 008	16.53	33.876	33.642	17.346	0.234	1.35
AAR 009	16.53	33.987	33.762	17.457	0.225	1.29
AAR 010	16.53	33.321	33.065	16.791	0.256	1.52
					Promedio	1.44

Tabla 10.22 % Ceniza aserrín de Almendro de Rio

Certificados de Laboratorio



LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN ENERGÉTICA DE
HIDROCARBUROS Y BIOMASA
87 Avenida Norte #730, Colonia Escalón, San Salvador, El Salvador
Tel: 2264 – 3210, Ext. 7202

CERTIFICADO DE RESULTADOS

Número de Registro: 37 – 0814 – 1.

San Salvador 12 de Noviembre de 2014

Sr:
Atilio Morán
Presente.

Es un placer brindarle la información sobre los resultados obtenidos en los análisis realizados a las muestras proporcionadas por usted al laboratorio el día 04 de Noviembre de 2014:

MUESTRA	CÓDIGO DE MUESTRA	IDENTIFICACIÓN DADA POR EL CLIENTE	CONDICIONES DE LA MUESTRA	CÓDIGO DE MUESTREO
1	88-ADI085-PM01	Pellets de Madera	Proporcionada por el cliente.	N/A
2	89-ADI086-C01	Carbón	Proporcionada por el cliente.	N/A

Resultados:

MUESTRA	ANÁLISIS	MÉTODO	RESULTADOS
1	% de Humedad	N/A	7.41%
	% de Cenizas	N/A	6.17%
	Poder Calorífico	Adiabático	18,453 KJ/Kg 7,933 BTU/Lb
2	Humedad	N/A	2.57%
	% de Cenizas	N/A	9.41%
	Poder Calorífico	Adiabático	16,369 KJ/Kg 7,037.41 BTU/lb

Se hace constar que los resultados proporcionados en la parte superior de este documento, cumple con todos los métodos establecidos de ensayo.

Ing. Samuel Hernandez
Jefe de Laboratorio



Ing. Tomas Alas
Gestor de Calidad

Cualquier reclamo o consulta se atenderá en los próximos 8 días hábiles con el número de registro.
Este informe no se puede reproducir en forma parcial, solamente en forma total.



CERTIFICADO DE RESULTADOS

Número de Registro: 39 – 1114 – 1.

San Salvador 12 de Noviembre de 2014

Sr:
Atilio Morán
Presente.

Es un placer brindarle la información sobre el resultado obtenido en el análisis realizado a la muestra proporcionada por usted al laboratorio el día 04 de Noviembre de 2014:

MUESTRA	CÓDIGO DE MUESTRA	IDENTIFICACIÓN DADA POR EL CLIENTE	CONDICIONES DE LA MUESTRA	CÓDIGO DE MUESTREO
1	90-ADI087-P01	Pino-Pellets	Proporcionada por el cliente.	N/A
2	91-ADI088-P02	Bálsamo-Pellets	Proporcionada por el cliente.	N/A
3	92-ADI089-P03	Laurel-Pellets	Proporcionada por el cliente.	N/A
4	93-ADI090-P04	Cortez-Pellets	Proporcionada por el cliente.	N/A
5	94-ADI091-P05	Madre Cacao-Pellets	Proporcionada por el cliente.	N/A
6	95-ADI092-P05	Bálsamo-Aserrín	Proporcionada por el cliente.	N/A
7	96-ADI093-P05	Laurel-Aserrín	Proporcionada por el cliente.	N/A
8	97-ADI094-P05	Cortez-Aserrín	Proporcionada por el cliente.	N/A
9	98-ADI095-P05	Pino-Aserrín	Proporcionada por el cliente.	N/A
10	99-ADI096-P05	Almendro de Rio-Aserrín	Proporcionada por el cliente.	N/A

Resultados:

MUESTRA	IDENTIFICACIÓN	ANÁLISIS	MÉTODO	RESULTADOS
1	Pino-Pellets	Humedad	N/A	10.3%
		% de Cenizas	N/A	3.37%
		Poder Calorífico	Adiabático	17,737 J/g 7,625 BTU/lb



**LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN ENERGÉTICA DE
HIDROCARBUROS Y BIOMASA**

87 Avenida Norte #730, Colonia Escalón, San Salvador, El Salvador
Tel: 2264 – 3210, Ext. 7202

MUESTRA	IDENTIFICACIÓN	ANÁLISIS	MÉTODO	RESULTADOS
2	Bálsamo-Pellets	Humedad	N/A	8.96%
		% de Cenizas	N/A	4.13%
		Poder Calorífico	Adiabático	17,601 J/g 7,567 BTU/lb
3	Laurel-Pellets	Humedad	N/A	11.25%
		% de Cenizas	N/A	6.07%
		Poder Calorífico	Adiabático	17,936 J/g 7,711 BTU/lb
4	Cortez-Pellets	Humedad	N/A	10.36%
		% de Cenizas	N/A	7.78%
		Poder Calorífico	Adiabático	18,051 J/g 7,760 BTU/lb
5	Madre Cacao-Pellets	Humedad	N/A	9.36%
		% de Cenizas	N/A	1.6%
		Poder Calorífico	Adiabático	17,250 J/g 7,418 BTU/lb
6	Bálsamo-Aserrín	Humedad	N/A	21.13%
		% de Cenizas	N/A	0.2%
		Poder Calorífico	Adiabático	17,071 J/g 7,339 BTU/lb
7	Laurel-Aserrín	Humedad	N/A	12.69%
		% de Cenizas	N/A	1.8%
		Poder Calorífico	Adiabático	17,134 J/g 7,366 BTU/lb
8	Cortez-Aserrín	Humedad	N/A	13.06%
		% de Cenizas	N/A	1.16%
		Poder Calorífico	Adiabático	17,788 J/g 7,647 BTU/lb
9	Pino-Aserrín	Humedad	N/A	12.67%
		% de Cenizas	N/A	1.9%
		Poder Calorífico	Adiabático	17,537 J/g 7,540 BTU/lb
10	Almendro de Rio-Aserrín	Humedad	N/A	12.08%
		% de Cenizas	N/A	0.7%
		Poder Calorífico	Adiabático	17,788 J/g 7,647 BTU/lb

Se hace constar que los resultados proporcionados en la parte superior de este documento, cumple con todos los métodos establecidos de ensayo.

Ing. Samuel Hernandez
Jefe de Laboratorio



Ing. Tomas Alas
Gestor de Calidad

Cualquier reclamo o consulta se atenderá en los próximos 8 días hábiles con el número de registro.
Este informe no se puede reproducir en forma parcial, solamente en forma total.

Anexo 3. Boleta investigación aserrín

LEVANTAMIENTO DE PRODUCCIÓN DE ASERRÍN A NIVEL NACIONAL				
DEPARTAMENTO:				ID FOTOGRAFÍA
ÍTEM	Nombre establecimiento	Ubicación		
		Volumen Producción Aserrín		
		Volumen Producción viruta		
		Costo por saco (\$)		
		Tipo de madera usada		
ÍTEM		Ubicación		
		Volumen Producción Aserrín		
		Volumen Producción viruta		
		Costo por saco (\$)		
		Tipo de madera usada		
ÍTEM		Ubicación		
		Volumen Producción Aserrín		
		Volumen Producción viruta		
		Costo por saco (\$)		
		Tipo de madera usada		

Anexo 4. Listado de aserraderos y ventas de madera según página Web de Publicar

1. SERMA, S.A. DE C.V.

- CI Concepción No 720 San Salvador, El Salvador
- PBX: (503) 21324900
- www.serma.com.sv

Servicios Especializados en Madera, Tablero Alistonado, MDF y HDF, Madera Dimensionada, Corte de madera, Enchape de Cantos, Herrajes, Bisagra, Correderas de cajón, Jaladeras, Chapas

2. MADERAS EL CAMINANTE, S.A. DE C.V.

Cortes de madera, Materiales para Construcción.

- Cantón Las Delicias By Pass fte. a Blvd. Vidri Sonsonate, El Salvador
- Teléfono: (503) 24516349
- www.maderaselcaminante.com.sv

3. ASERRADERO LA ORIENTAL

- 18 Av. Nte. No. 425 sobre Alam Juan Pablo II San Salvador, El Salvador
- Teléfono: (503) 22223777
- www.aserraderolaoriental.com

Fabricación de muebles, Puertas a la medida, Molduras, Pasamano y otros, Plywood, MDF, Durapanel, Melamina, Madera de Cedro, Conacaste, Teca, Barniz, Tinte, Pegamento y todo tipo de Herrajes para muebles.

25. ASERRADERO EL RETORNO

Compra y Venta de Madera, Servicio de Aserradero.

- Carrt Troncal del Nte. Km 10 1/2 Fte. a Apto. Cayala Ciudad Delgado San Salvador, El Salvador
- Teléfono: (503) 21019230
- www.aserraderoelretorno.com

26. ASERRADERO OCCIDENTAL

Venta de toda clase de madera.

- Blvd. Sur Resid El Paraíso No 10-R Santa Tecla, El Salvador

- Teléfono: (503) 22291281
27. LOS ABETOS
- Blvd. Venezuela No.1131 San Salvador, El Salvador
 - Teléfono: (503) 22714757
28. ASERRADERO EL BOSQUE
- Bo. Distrito Comercial Central 25 Av. Sur No 6 San Salvador, El Salvador
 - Teléfono: (503) 22223628
29. ASERRADERO Y VENTA DE MADERA LOS CONACASTES
- Bo. Cisneros Cl La Rumba No 145 San Salvador, El Salvador
 - Teléfono: (503) 22764107
30. ASERRADERO EL ACEITUNO
- Bo. San José Cl Ppal Fte. Gasol La Libertad La Libertad, El Salvador
 - Teléfono: (503) 23353363
31. ASERRADERO Y VENTA DE MADERAS PRIMAVERAL
- Santa Tecla, El Salvador
 - Teléfono: (503) 22280341
32. VENTA DE MADERA SAN ANTONIO DEL MONTE
- Lotificación La Cuchilla Cl a Acajutla Ctgo. a Isss Sonsonate, El Salvador
 - Teléfono: (503) 24517700
33. ASERRADERO LA CEIBA DE ORO
- Bo. Concepción Cl Guatemala Plazuela Ayala No. 136 San Salvador, El Salvador
 - Teléfono: (503) 22210760
34. ASERRADERO LOS ANGELES
- Col. Blanca II Cl a El Trapiche Chalchuapa, El Salvador
 - Teléfono: (503) 24085084
35. ASERRADERO, FERRETERÍA Y VENTA DE MADERA EL PINAR

- Bo. Concepción Plazuela Ayala No. 101-A San Salvador, El Salvador
 - Teléfono: (503) 22215159
36. ASERRADERO Y VENTA DE MADERA LOURDES
- Bo. Lourdes 34 Av. Nte. No. 117 San Salvador, El Salvador
 - Teléfono: (503) 22224551
37. VENTA DE MADERA RIVAS
- Col. La Carmenza Cl a Sta. Rosa de Lima No. 2 San Miguel, El Salvador
 - Teléfono: (503) 26832182
38. VENTA DE MADERA RAMÍREZ
- Bo. y Cl Concepción No. 1206 San Salvador, El Salvador
 - Teléfono: (503) 22764052
39. VENTA DE MADERA EL PINO
- Av. Juan Bertis No. 81-83 Cdad. Delgado San Salvador, El Salvador
 - Teléfono: (503) 22866915
40. VENTA DE MADERA SAN JUAN
- Bo. San Juan 6 Cl Ote. No. 12 Cojutepeque, El Salvador
 - Teléfono: (503) 23720437
41. VENTA DE MADERA EL SAUCE
- Av. José Simeón Cañas No. 808 San Miguel San Miguel, El Salvador
 - Teléfono: (503) 26602827
42. VENTA DE MADERA EL BOSQUE
- Carretera del Litoral Km. 55 1/2 Ent. Col Vista Hermosa y Desvío Guacachala Zacate Zacatecoluca, El Salvador
 - Teléfono: (503) 23251989
43. VENTA DE MADERA MONTERREY
- Carretera Troncal del Nte. Z Ind Y Com. Apopa Fte. Fáb Fucasa Apopa Apopa, El Salvador
 - Teléfono: (503) 22145015

23. VENTA DE MADERA EL CEDRAL

- Alam. San Francisco Bo. La Soledad Fte. Ctro. Médico San Francisco Gotera, El Salvador
- Teléfono: (503) 26541302

24. VENTA DE MADERA EL CIPRES

- Bo. Apaneca 7 Av. Sur No 10 Ent 1 y 3 Cl Pte. Chalchuapa, El Salvador
- Teléfono: (503) 24084537

25. VENTA DE MADERA LA JUNGLA

- 8 Av. S Entre 21 Y 23 Cl Pte. Santa Ana, El Salvador
- Teléfono: (503) 24871800

26. VENTA DE MADERA PRIMAVERA

- Bo. La Cruz Carrt Al P De La Libertad Zaragoza, El Salvador
- Teléfono: (503) 23141703

27. VENTA DE MADERA EL MILAGRO

- Carrt. Troncal del Nte. Km. 12 1/2 Apopa Apopa, El Salvador
- Teléfono: (503) 22160123

28. VENTA DE MADERA SAN CARLOS

- Bo. San Sebastián 17 Cl Pte. y 6 Santa Ana, El Salvador
- Teléfono: (503) 24403099

29. VENTA DE MADERA LA FORTUNA

- Bo. San Jacinto Cl Campos No. 547 San Salvador, El Salvador
- Teléfono: (503) 22702875

30. VENTA DE MADERA SANTA ROSA

- Bo. El Calvario Cl R Militar Fte. La Marqueza Santa Rosa de Lima, El Salvador
- Teléfono: (503) 26412464

31. VENTA DE MADERA VILLALOBOS

- Bo. El Calvario 8 Av. Sur No. 2 Usulután, El Salvador

- Teléfono: (503) 26620900
32. VENTA DE MADERA SAN ANTONIO
- Bo. Sta Cruz 9 Cl Ote. y 11 Av. Sur Santa Ana, El Salvador
 - Teléfono: (503) 24411023
33. VENTA DE MADERA MONTECRISTO
- 8 Av. Sur Ent. 13 y 15 Cl Pte. Santa Ana, El Salvador
 - Teléfono: (503) 24403250
34. VENTA DE MADERA LA ECONÓMICA
- Bo. Concepción 20 Av. Nte. No 409 San Salvador, El Salvador
 - Teléfono: (503) 22713817
35. VENTA DE MADERA LOS NARANJOS
- Av. Rep Fed de Alemania Taller San Salvador, El Salvador
 - Teléfono: (503) 22766706
36. VENTA DE MADERA LA PROVIDENCIA
- Bo. El Calvario 3 Cl Ote. San Julián, El Salvador
 - Teléfono: (503) 24520076
37. VENTA DE MADERA LOS LAURELITOS
- Bo. Apaneca 3 Av. Sur Ent. 7 y 9 Cl Ote. Chalchuapa Chalchuapa, El Salvador
 - Teléfono: (503) 24440293
38. CONSTRUCCIÓN Y VENTA DE MADERA
- Alam Juan Pablo No. 774 S.S. San Salvador, El Salvador
 - Teléfono: (503) 21020174
39. VENTA DE MADERA LA SALVADOREÑA
- Bo. San Jacinto Cl Lara No. 211 San Salvador, El Salvador
 - Teléfono: (503) 22703557
40. VENTA DE MADERA EL NOGAL S.A. DE C.V.

- Bo. y Cl San Jacinto No. 131 San Salvador, El Salvador
 - Teléfono: (503) 22701643
41. ASERRADERO Y VENTA DE MADERA LOURDES
- Bo. Lourdes 34 Av. Nte. No. 117 San Salvador, El Salvador
 - Teléfono: (503) 22224551
42. VENTA DE MADERA ASERRADERO SANTANECO
- 10 Cl Pte. y Av. José M Delgado Nte. Santa Ana, El Salvador
 - Teléfono: (503) 24412594
43. VENTA DE MADERA SAN ANTONIO DEL MONTE
- Lotif. La Cuchilla Cl a Acajutla Ctgo. a Isss Sonsonate, El Salvador
 - Teléfono: (503) 24517700
44. VENTA DE MADERA Y ASERRADERO PALACIOS
- Alam Juan Pablo II y 20 Av. Nte. No. 314 Loc. 1009 San Salvador, El Salvador
 - Teléfono: (503) 22212503
45. VENTA DE MADERA Y ASERRADERO EL BAMBÚ
- Cl El Bambú Fte. Pqeo de Caess San Salvador, El Salvador
 - Teléfono: (503) 22328315
46. VENTA DE MADERA Y FERRETERIA PALACIOS
- Alam Juan Pablo II No. 754 San Salvador, El Salvador
 - Teléfono: (503) 22211027
47. VENTA DE MADERA Y FERRETERÍA EL ANGEL
- Col San Juan Fnl. 25 Av. Sur No. 1536 San Salvador, El Salvador
 - Teléfono: (503) 22420665
48. VENTA DE MADERA Y ASERRADERO SAN JACINTO
- Bo. San Jacinto Fnl. Cl Lindo y 10 Av. Sur No. 517 San Salvador, El Salvador
 - Teléfono: (503) 22701739

49. VENTA DE MADERA Y ASERRADERO SAN ANTONIO
- Cl Daniel Hernández y 8 Av. Sur No. 1-1 Bis Santa Tecla, El Salvador
 - Teléfono: (503) 22287829
50. ASERRADERO Y VENTA DE MADERAS PRIMAVERAL
- Santa Tecla, El Salvador
 - Teléfono: (503) 22280341
51. VENTA DE MADERA Y FERRETERÍA LOS OLIVOS
- Lotif. Campestre Bl A Lt. 1 y 16 Sonzacate Sonzacate, El Salvador
 - Teléfono: (503) 24510567
52. VENTA DE MADERA Y FERRETERÍA BUENA VISTA
- Bo. El Centro 2 Cl Ote. No. 6 Soya Soyapango, El Salvador
 - Teléfono: (503) 22773156
53. VENTA DE MADERA Y CERÁMICA EL PAVO REAL
- Bo. San Miguelito Av. España y Av. Arnulfo Romero No. 1051 San Salvador, El Salvador
 - Teléfono: (503) 22626006
54. FERRETERIA Y VENTA DE MADERA LA TECLÉÑA
- 2 Av. Sur No. 2-4 Centro Sta. Tecla Santa Tecla, El Salvador
 - Teléfono: (503) 22288278
55. VENTA DE MADERA Y FERRETERÍA EL PROGRESO
- Bo. y Cl Concepción No. 225 San Salvador, El Salvador
 - Teléfono: (503) 22221329
56. ASERRADERO Y VENTA DE MADERA LOS CONACASTES
- Bo. Cisneros Cl La Rumba No. 145 San Salvador, El Salvador
 - Teléfono: (503) 22764107
57. ASERRADERO, FERRETERÍA Y VENTA DE MADERA EL PINAR
- Bo. Concepción Plazuela Ayala No. 101-A San Salvador, El Salvador

- Teléfono: (503) 22215159

58. VENTA DE MADERA Y TRANSPORTE DE CARGA EL PALO BLANCO

- Bo. San Francisco 4 Av. Nte. San Miguel, El Salvador
- Teléfono: (503) 26690110

59. VENTA DE MADERA Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN ARBOLEDA

- Col. Anabella I Cl a Ichanmiché No. 1 Zacatecoluca, El Salvador
- Teléfono: (503) 23341413

60. VENTA DE MADERA Y MATERIALES DE CONTRUCCIÓN DIVINA PROVIDENCIA

- Bo. El Centro 4 Cl Pte. No. 8 Apopa Apopa, El Salvador
- Teléfono: (503) 22161847

61. PINARES DEL RÍO

Ferretería, Venta de madera melamina.

- Boulevard Venezuela No. 1042 San Salvador, El Salvador
- Telefax: (503) 22225590
- www.maderaspinaresdelrio.com

62. ASERRADERO OCCIDENTAL

Venta de toda clase de madera.

- Blvd. Sur Resid. El Paraíso No. 10-R Santa Tecla, El Salvador
- Teléfono: (503) 22291281

63. ASERRADERO EL RETORNO

Compra y Venta de Madera, Servicio de Aserradero.

- Carrt. Troncal del Nte. Km 10 1/2 Fte. a Apto. Cayala Ciudad Delgado San Salvador, El Salvador
- Teléfono: (503) 21019230
- www.aserraderoelretorno.com

64. INVERSIONES EL PINABETE

- Calle Principal, Ciudad Delgado San Salvador, El Salvador

- Teléfono: (503) 22761852
- www.elpinabete.com

Venta de Madera, Madera de Pino extranjera, Plywood de Pino y Banack, Materiales para la construcción. Hotel de montaña, Camping.

Encuétranos en Facebook como Cabañas El Pinabete.

Anexo 5. Fotografías sitios de producción de carbón Susshi Corporación S.A. de C.V.



Imágenes 3.1 Construcción de Hornos de Parva



Imágenes 3.2 Carbonización hornos de ladrillo de barro

Anexo 6. Comercialización del carbón fuera del País

A continuación se presenta información correspondiente a la comercialización del carbón en el exterior.



Quebracho 40-Pound Carbon de Lena Hardwood Charcoal Bag

Quebracho 40-Pound Carbón de Lena Hardwood Charcoal Bag

\$19.99

Product Description

Quebracho Carbón de Lena Hardwood Charcoal is a 100-percent Natural Lump Charcoal made from dense Argentinean Quebracho hardwood. Quebracho is such a dense wood that it is known as the Axe Breaker-actually the word Quebracho comes from the Spanish quiebra hacha-Axe breaker. It is the perfect barbecue charcoal for roasting pigs, searing meat Argentinean style or just grilling a bunch of burgers and sausages. It lights easily and burns very hot and for a long time. You can easily regulate the temperature by adjusting the air intake of your grill or smoker to be between 200 degrees (low and slow) and more than 1,000 degrees (searing) hot. Quebracho Carbón de Lena es 100-percent natural hecho de Quebracho en Argentina. Es el carbón perfecto para todos asados, especialmente para asar lechones, parilladas Argentina's, o simplemente para asar un par de hamburguesas.

- 100-percent Natural Hardwood Lump Charcoal, 100-percent Natural Carbón de Lena
- Lights quickly and burns hotter and longer
- Little or no sparks as compared to other South American Charcoal
- Restaurant Quality



Kebroak 20-Pound Hardwood Lump Charcoal Bag

Kebroak 40-Pound Hardwood Lump Charcoal Bag

\$14.99

Product Description

Kebroak Hardwood Charcoal is 100-percent Natural Lump Charcoal. It is made from very dense hardwood trees in Central America. This charcoal lights quickly and burns hot, with temperatures reaching more than 1,000 degrees Fahrenheit thereby searing the meat, caramelizing the crust and locking in the delicious juices. Kebroak Hardwood Charcoal is a restaurant quality charcoal that is sought after by many Steak Houses across the country. By regulating the air intake of your grill or smoker you can easily regulate Kebroak Hardwood Charcoal to burn searing hot (1,000 degrees) or low and slow (250 degrees). Light you Kebroak Hardwood Charcoal with a kitchen paper towel, lightly soaked with vegetable oil, don't use lighter fluid to not spoil your food.

- All Natural Hardwood Lump Charcoal
- Lights quickly and burns hotter and longer
- Imparts a delicious charcoal-grilled flavor
- Restaurant Quality



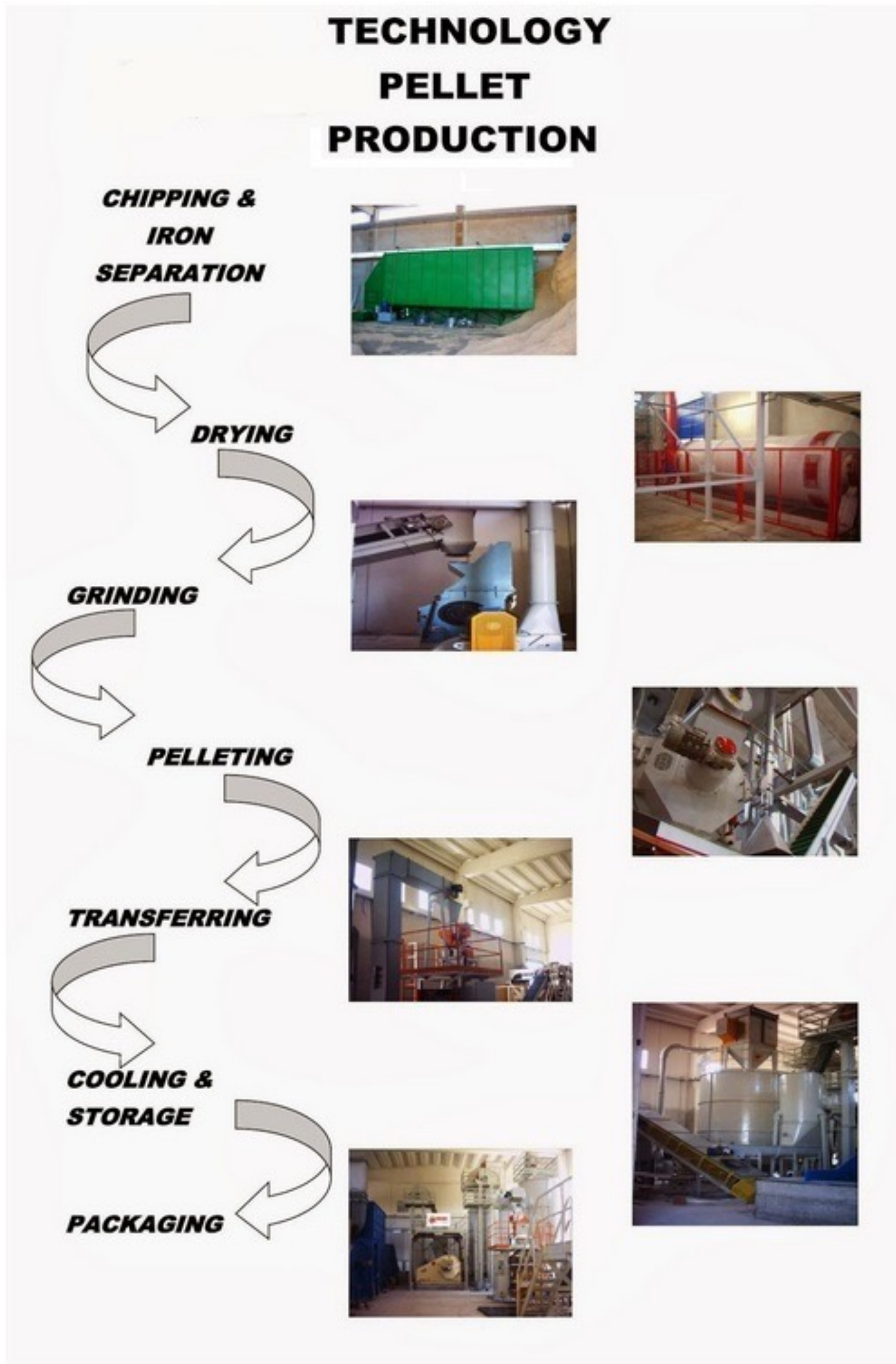
Fogo 5-Pound All Natural Premium Hardwood Lump Charcoal Bag

\$7.99

Product Description

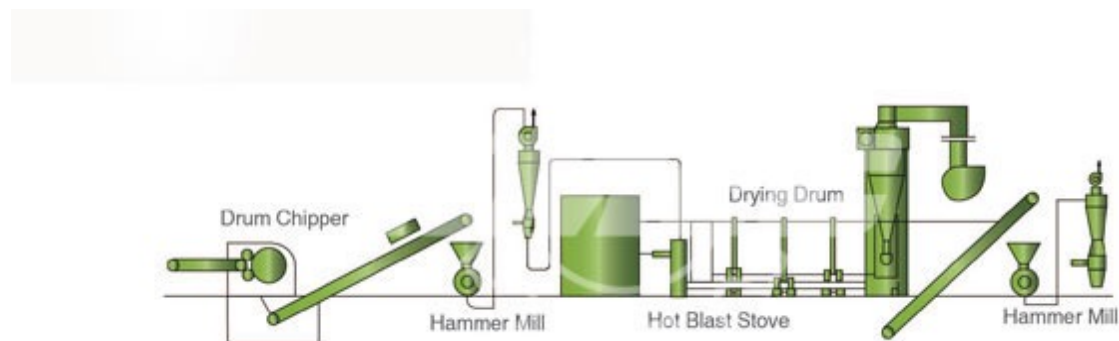
Fogo Premium All Natural Hardwood Charcoal is made from dense Central American Hardwoods and only hand selected pieces make it into every bag to ensure that you get the very best charcoal you can find. Fogo means Fire and that's what Fogo is-it lights very quickly and is ready to grill within 15 minutes. It burns very hot, searing the meat and locking in the flavors and it lasts longer than other charcoal you can find. Fogo is a completely natural product that is made exclusively from dense hardwood trimmings and using selected trees with no other added ingredients whatsoever. Fogo is an all natural, high quality product that imparts your food with the very best flavor and taste. Fogo is also used by a number of exclusive restaurants around the country to prepare their food. Fogo is produced sustainably in cooperation with government organizations using mainly tree trimmings and trees that have been marked for removal as well as ensuring continued reforestation.

Anexo 7. Diagrama proceso de producción de pellets a nivel industrial



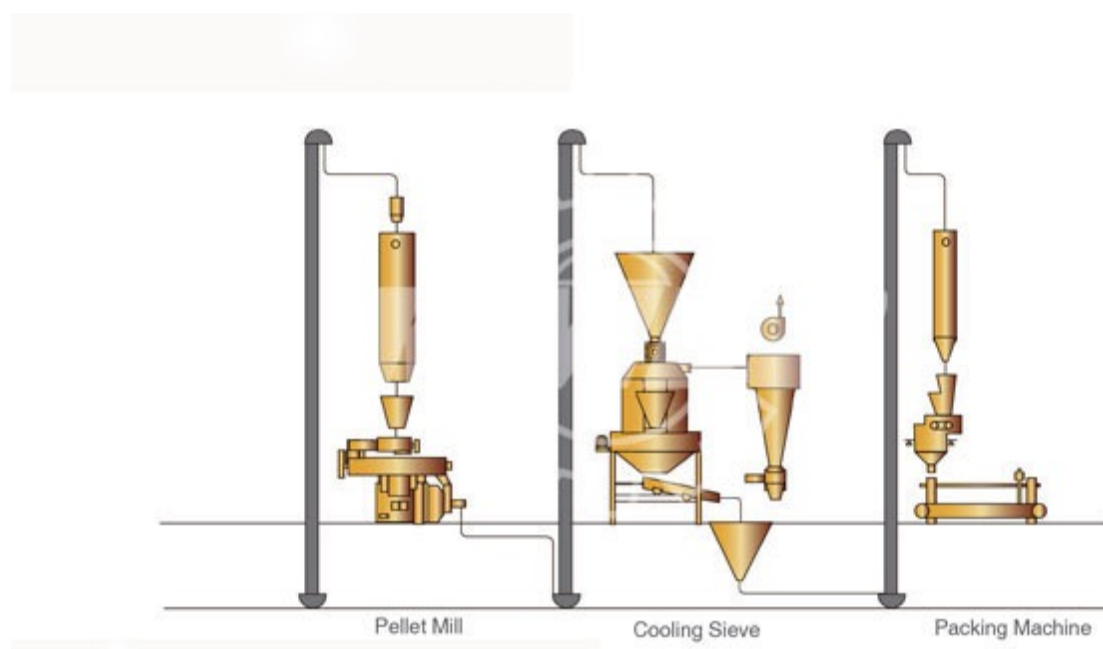
Anexo 8. Organigrama de una planta completa de peletizado de madera

Proceso de pretratamiento



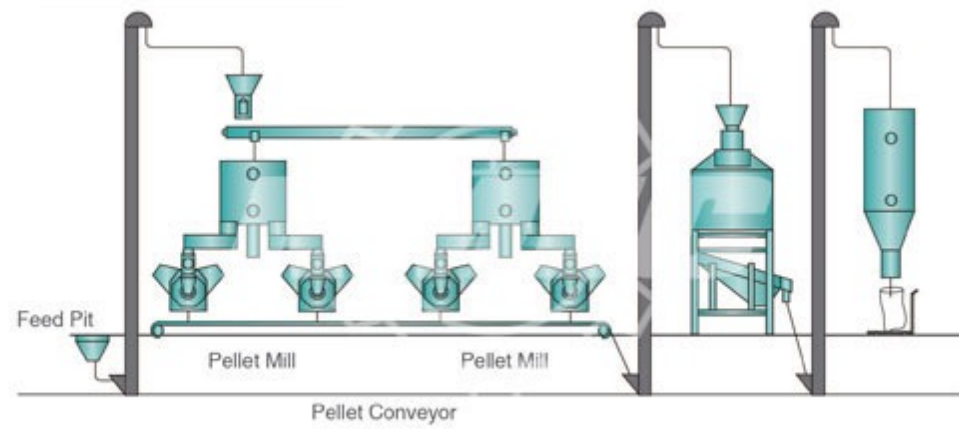
De izquierda a derecha, incluye una astilladora de tambor, dos molinos de martillos (el segundo ubicado al final del proceso), una estufa de aire caliente y una secadora de tambor.

Planta de peletización pequeña



De izquierda a derecha, incluye peletizadora, tamiz de refrigeración y máquina de envasado.

Planta de peletización a gran escala

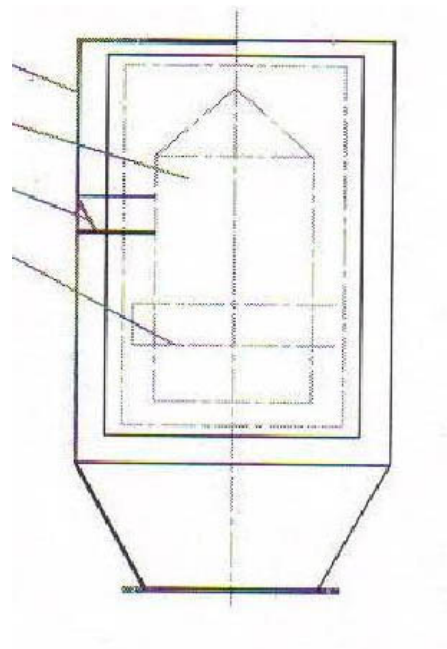


De izquierda a derecha, consta de un alimentador de material, dos peletizadoras y una cinta transportadora de pellets.

Anexo 9. Equipos industriales para elaboración y procesamiento de pellets

Separador magnético

El separador magnético de la serie TCXT se emplea principalmente para separar los restos de metales de la materia prima antes de introducirla en la prensa de pellets de madera para fabricar biomasa, alimentos, harina, arroz, grano, pienso y productos químicos.



Características principales

- El cilindro del separador magnético está fabricado con acero inoxidable, y la proporción de separación de metales es del 98%. El núcleo magnético utiliza nuevos materiales de tierras raras, permanentemente magnéticos de ≥ 3000 gauss.
- Instalación simple y poco espacio requerido.
- La apertura de puertas se ha fortalecido específicamente para evitar que la puerta magnética se suelte.
- No necesita energía extra y su mantenimiento es sencillo.

El separador magnético serie TCXT separa el hierro de manera eficaz, con una intensidad de campo magnético de ≥ 3000 GS y una eficiencia del $\geq 99\%$. No requiere fuente de energía adicional. Cumple niveles de actuación internacionales avanzados.

Rodillos y matrices para peletizadora

La elección correcta de los rodillos y matrices para peletizadoras es fundamental para obtener pellets de óptima calidad mediante el proceso de trituración con la presión requerida y para que los pellets acabados tengan la forma y el tamaño que usted desea. Además, debido al desgaste provocado por la operación continua de la prensa de pellets, es necesario tener los recambios adecuados a mano para dichas piezas de desgaste. KMEC le puede proporcionar recambios y repuestos de rodillos y matrices para prensas granuladoras de varios tamaños según sus especificaciones. Contacte con nosotros y le asesoraremos sin ningún compromiso.

Prensa granuladora de matriz plana



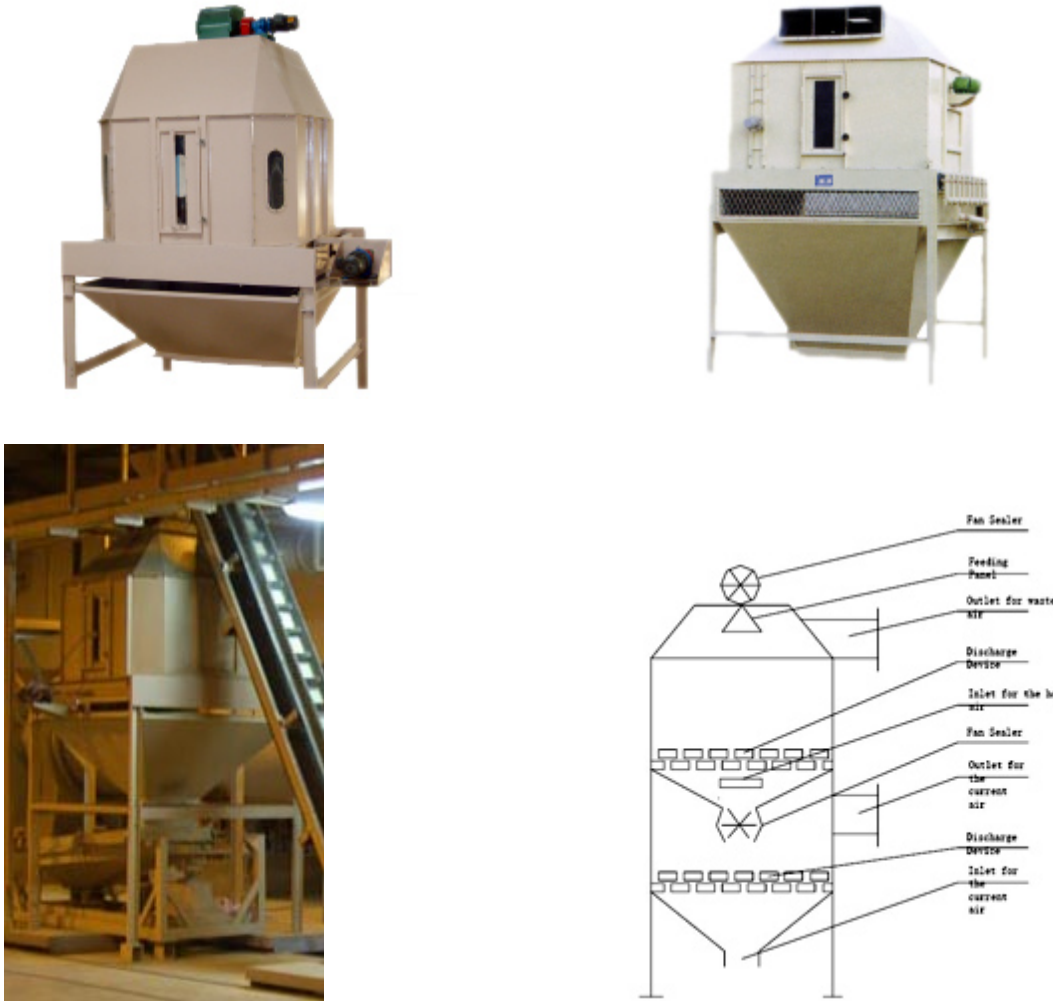
Prensa granuladora de matriz anular



La matriz de anillo de acero inoxidable es de alta tolerancia y perfora mediante una serie de taladros de tambor de última generación controlados por ordenador. Este proceso produce agujeros lisos y de acabado similar a un espejo que aseguran la mejor calidad de los pellets y un funcionamiento inicial libre de problemas. Una tecnología especial de aplicación de calor garantiza más dureza y una larga duración.

Enfriador de pellets

El enfriador de pellets, también conocido como refrigerador de pellets, es un elemento fundamental en el proceso de granulación de madera y biomasa. Los gránulos de pellets salen de la prensa a una temperatura de unos 88°C y poseen un contenido de humedad que ronda el 17-18%. Se debe reducir su temperatura y humedad hasta valores cercanos a la temperatura ambiente con un nivel de humedad del 10-12% o inferior para su manipulación y almacenamiento adecuados. Por tanto, es necesario enfriar y secar los pellets inmediatamente tras la granulación.

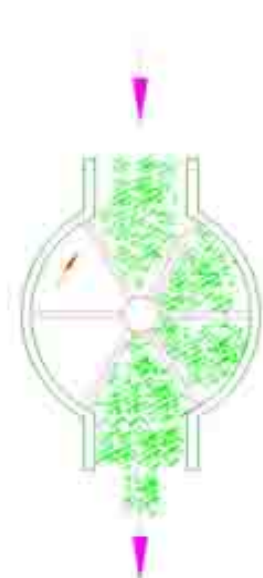


Enfriador a contracorriente - Serie SLNF

Transportadores y elevadores

Los transportadores trasladan el material de una estación de la planta de pellets a otra. Pueden diseñarse para que funcionen horizontalmente, en pendiente o de manera vertical a fin de adaptarse a los diferentes suelos del edificio. Los requisitos de cada elevador o transportador se establecen según el grado de automatización del molino y del diseño de la planta. Los molinos de pellets actuales dependen del equipo de transporte, que suele utilizar sistemas neumáticos para reducir la mano de obra y aprovechar mejor el espacio construyendo plantas de varios pisos en lugar de horizontales.

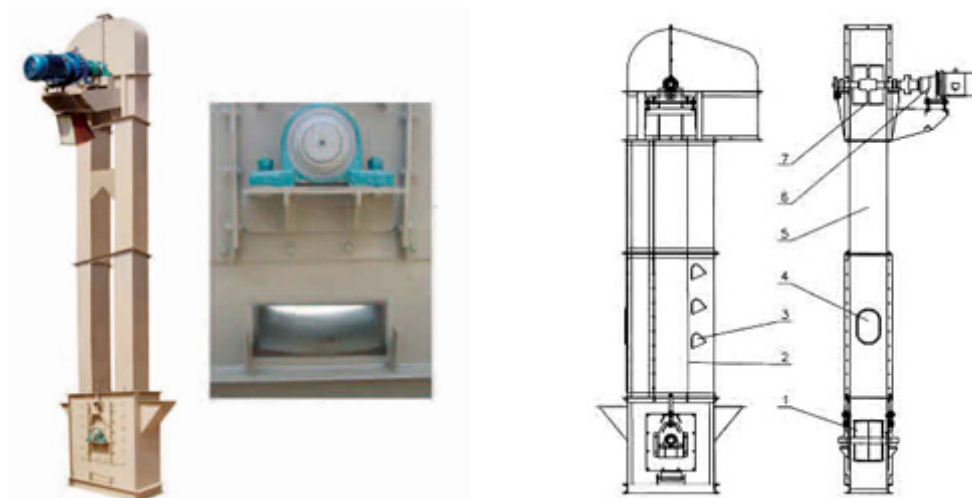
Esclusas de aire: Las esclusas de aire encierran el aire y liberan polvo y materiales granulados en los recipientes designados a tal efecto.



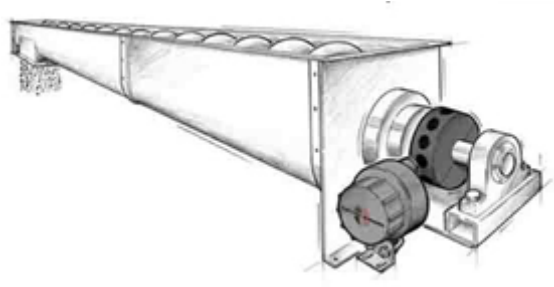
Cintas transportadoras: La cinta transportadora se emplea para trasladar tanto la materia prima como el producto terminado. Puede combinarse con otros equipos de transporte para construir diferentes líneas para producción en masa. Básicamente se trata de una transportadora compuesta por dos o más poleas en un circuito cerrado, de forma que al activar una o las dos poleas, la cinta desplaza los materiales para continuar su proceso de fabricación de pellets de madera.



Elevadores de cangilones: Los elevadores de cangilones están diseñados para transportar diferentes productos, tanto vertical como horizontalmente, de forma que se evita dañar los materiales. Normalmente se utiliza para elevar las materias primas a otro nivel.



Transportadores helicoidales: Los transportadores helicoidales sirven para trasladar materiales tales como grandes cantidades sólidas o sedimentos, tanto horizontalmente como en grados acusados de inclinación, y están diseñados para proporcionar un método eficaz para transportar materiales de un lugar a otro. El transportador helicoidal está formado por un tornillo situado en el interior de un tubo hueco y que se activa mecánicamente para trasladar el material de un extremo a otro de la cinta.



Máquina ensacadora de pellets



Los pellets para combustible no se pueden utilizar tras ser enfriados todavía, sino que antes deben envasarse a fin de evitar que absorban la humedad del ambiente. Para este proceso, KMEC ofrece la máquina embolsadora de pellets semi-automática. Los clientes pueden decidir el peso de la máquina y si desean adquirir una envasadora de pellets a pequeña o gran escala.

Máquina ensacadora de pellets a pequeña escala: entre 5 y 25 kg por saco.



Se trata de una máquina embolsadora automática compuesta por una escala electrónica de envasado cuantitativo, una máquina engatilladora y otra transportadora de sellado por calor. A su vez, la escala electrónica de envasado cuantitativo incluye una sección para alimentación, sección de llenado y sistemas contadores de control de peso.

Esta escala de envasado automático DCZ con alimentador tipo correa y tolva pesadora única proporciona un sistema de embolsado completo. Está disponible en diversos tamaños, desde con capacidad para sacos de 5 - 25 kg hasta 500 sacos por hora. Alta precisión de peso: estática + 0,1%, dinámica + 0,2%. El sistema viene completo con alimentador, tolva, escala, máquina de coser y cinta transportadora de sacos. Se puede ajustar y pre-programar el peso de los sacos. Si funciona de manera continua, los pesos de llenado individual y llenado acumulativo se graban y muestran en la pantalla digital.

Máquina ensacadora de pellets a gran escala

Esta escala semi-automática requiere que el saco sea colocado bajo la máquina manualmente, pero los procesos de llenado, pesado y transporte de los sacos son completamente automáticos. Alta precisión de peso: estática + 0,1%, dinámica + 0,2%. Puede modificarse para transportar automáticamente el material envasado a la zona de almacenaje.

Molino de pellets

Gracias al rápido desarrollo de las industrias de la alimentación animal y de la utilización de la energía de biomasa, el molino granulador de madera, también conocido como prensa de pellets o prensa peletizadora de matriz plana, se ha hecho cada vez más popular, ya que no solo procesa piensos para animales (como por ejemplo comida para peces, pollos, cerdos, etcétera), sino que también convierte los residuos de materiales de biomasa en pellets de madera. Esta peletizadora tiene más de 10 años de historia: en un principio se

empleaba en el procesamiento de piensos, pero en los últimos años hemos modificado la máquina, aumentando la calidad de sus elementos principales. Ahora, la prensa de pellets de matriz plana puede procesar residuos de material de biomasa tales como serrín y paja. Los pellets de madera resultantes pueden quemarse como combustible verde en un horno o calentador de pellets.

De acuerdo con las opiniones de nuestros clientes acerca del molino de pellets de matriz plana, ofrecemos a continuación algunas recomendaciones para producir pellets de calidad utilizando esta máquina:

- 1) El contenido en humedad más adecuado es de un 15% para todos los materiales.
- 2) Durante la peletización, la temperatura oscila entre los 90 y los 95 °C, por lo que se deben dejar enfriar los pellets antes de manipularlos

Además, la prensa de pellets plana se ha mejorado para hacerla más adecuada para la producción de pellets de madera. Estas mejoras incluyen:

- 1) La utilización de material especial en las partes principales de la máquina, tales como el rodillo y el troquel, a fin de prolongar su duración.
- 2) El diseño se ha modificado para mejorar el funcionamiento de las máquinas y, por tanto, facilitar el proceso de fabricación de pellets.
- 3) El certificado de la CE, por lo que cumplimos la normativa necesaria para los clientes de la Unión Europea.



Peletizadora de matriz plana



Granulador con motor diésel



Peletizadora eléctrica



Matriz plana de molino de pellets



Matriz y rodillo de peletizadora



Armario de control eléctrico



Producción de pellets



Pellets acabados



Combustión de pellets

Prensa peletizadora serie CE

La prensa de pellets de matriz plana puede procesar tortas de aceite y otros tipos de materiales sobrantes mezclados y convertirlos en pellets. Los pellets obtenidos mediante este método resultan duraderos y tienen una superficie lustrosa. Durante el proceso de producción la temperatura puede alcanzar los 70 - 80 °C, por lo que el interior del pellet está totalmente preparado para resistir el moho y la degeneración. Puede almacenarse durante largos períodos de tiempo para mejorar sus características apropiadas para la cría de aves. Nuestras prensas peletizadoras también reducen los procesos de alimentación, por lo que usted podrá recuperar rápidamente su inversión inicial.

Anexo 10. Ejemplo de plantas de peletizado

Planta de peletizado de 500 kg/h en Hungría

Esta planta de peletizado de serrín instalada en Hungría en febrero de 2011 produce 500kg/h de pellets de serrín de madera. Se ha diseñado todo el proceso desde el astillado inicial de la madera hasta el embolsado final de los pellets acabados. La planta de producción posee un diseño compacto y sencillo con poca maquinaria pero con un alto nivel de integración, lo que ahorra tanto en espacio como en su inversión inicial. El funcionamiento mecánico de la línea de peletización es sencillo y eficaz a fin de garantizar la seguridad de los trabajadores de la planta.

Capacidad: 500 kg/h

Materia prima: serrín de madera

Inversor: Brikett-Pellet Kft, Hungría

Entrega: febrero de 2011



Alimentador de tornillos sinfín para la materia prima



Elevador de cangilones



Enfriador de pellets de madera

Planta peletizadora de madera en Lituania

El proyecto de diseño e instalación de una planta peletizadora de madera en Alytus (Lituania) se llevó a cabo en una zona de gran suministro de madera de pino. El proyecto se completó a finales de mayo de 2012 y se encuentra ubicado al lado de la estación de ferrocarril, lo que facilita mucho el transporte de los pellets.

Es una planta con capacidad para producir 500 kg por hora y que incluye sistemas para trituración, secado, peletización, refrigeración y embolsado de los pellets ya acabados. Para el sistema de secado, se proporcionó un secador de tambor rotatorio que incluye un transportador sinfín de entrada, separador ciclónico y tubería de descarga, horno de aire caliente. El tambor rotatorio es de $\phi 800 \times 10000$. Este secador puede procesar material con 35% de humedad a 15% por hora.



La materia prima son virutas de madera



Sistema de refrigeración