

INDICE GENERAL

CERTIFICACION DEL PROYECTO.....	II
LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO.....	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
INDICE GENERAL.....	VI
INDICE DE TABLAS.....	XI
INDICE DE FIGURAS.....	XII
RESUMEN.....	XIV
INTRODUCCIÓN.....	XV

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Definición del problema.....	2
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo general.....	3
1.3.2 Objetivos específicos.....	3
1.4 Alcance del proyecto.....	3
1.5 Justificación e importancia.....	4

CAPITULO 2

MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 Proceso de secado de granos.....	5
2.2 Fundamento del secado.....	7
2.2.1 Humedad relativa del proceso.....	7

2.2.2	Contenidos de humedad inicial y final del producto	12
2.2.3	Consideraciones para el secado del producto.....	14
2.2.4	Métodos de secado.....	25
2.2.5	Tiempos de proceso.....	32
2.2.6	Características del producto.....	35
2.2.7	Parámetros del proceso de secado.....	37
2.3	Biomasa.....	38
2.3.1	Combustión de Biomasa.....	40
2.3.1.1	Biodiesel.....	41
2.3.1.2	Metanol.....	42
2.3.2	Cascarilla de arroz.....	44
2.3.2.1	Propiedades de la cascarilla de arroz.....	45
2.3.2.2	Utilización como combustible.....	48
2.3.2.3	Conformación de Briquetas de cascarilla de arroz con aserrín.....	49
2.4	Cámara de combustión.....	50
2.4.1	Concepto de combustión.....	51

CAPITULO 3

SECADORES CONVENCIONALES DE GRANOS.....	55	
3.1	Secadores Continuos.....	55
3.1.1	Secador de columna (flujo cruzado).....	55
3.1.2	Secador de caballete (flujo mixto).....	62
3.1.3	Secador de pantalla o contracorriente.....	64
3.2	Secadores Discontinuos.....	65
3.2.1	Estático.....	65
3.2.2	Recirculado.....	66
3.3	Secadores Estacionarios.....	66
3.3.1	Secador de Lecho fijo.....	66
3.3.2	Secador con aire movido por convección natural.....	76

CAPITULO 4

DISEÑO TÉRMICO.....	85
4.1 Volumen del producto a secar.....	85
4.2 Dimensiones de la cámara de secado.....	86
4.3 Cantidad de agua a remover de los granos.....	88
4.4 Cálculo de calor Sensible.....	88
4.5 Calor latente de los granos.....	89
4.6 Masa de los granos secos.....	90
4.7 Calor útil en la cámara de secado.....	90
4.8 Pérdidas de calor en la cámara de secado.....	91
4.8.1 Pérdidas de calor por las paredes de la cámara de secado.....	91
4.8.1.1 Coeficiente de convección interna en la cámara de secado.....	91
4.8.1.2 Coeficiente de convección externa a la cámara de secado.....	94
4.8.1.3 Coeficiente global de transferencia de calor en la pared de la cámara de secado.....	94
4.8.2 Pérdidas de calor por la salida de aire utilizado en el secado.....	97
4.9 Calor requerido en la cámara de secado.....	98
4.10 Calentamiento de aire.....	98
4.10.1 Coeficiente de convección interna del tubo.....	100
4.10.2 Coeficiente de convección externo al tubo.....	101
4.10.3 Coeficiente global de transferencia de calor en el tubo.....	104
4.10.4 Coeficiente global de transferencia de calor en el tubo con incrustación.....	105
4.10.5 Cálculo de calor útil en un tubo del intercambiador de calor.....	106
4.10.6 Cálculo del número de tubos en el intercambiador.....	106
4.10.7 Calor útil en la cámara de calentamiento de aire.....	107
4.10.8 Pérdidas de calor en la cámara de calentamiento de aire.....	107
4.10.8.1 En las paredes de la cámara de combustión.....	107
4.10.8.2 Coeficiente de convección externo.....	108
4.10.8.3 Coeficiente de convección interno.....	109
4.10.8.4 Coeficiente global de transferencia de calor.....	109
4.10.8.5 En las paredes del intercambiador de calor.....	110
4.10.8.6 Coeficiente de convección externo.....	110

4.10.8.7	Coeficiente de convección interno.....	111
4.10.8.8	Coeficiente global de transferencia de calor.....	111
4.10.8.9	En la salida de los gases de combustión.....	113
4.10.9	Calor requerido para el calentamiento del aire.....	114
4.10.10	Cálculo del flujo másico de combustible.....	115
4.11	Cálculo del aire necesario para el secado.....	115
4.12	Cálculo de las pérdidas de presión.....	118
4.13	Presión estática del ventilador.....	130
4.14	Selección del ventilador.....	130

CAPITULO 5

CONSTRUCCION Y MONTAJE.....	133
-----------------------------	-----

5.1	Materiales, Equipos, Herramientas e Instrumentos utilizados en la construcción.....	133
5.2	Sistema de calentamiento	136
5.2.1	Pulmón de aire y Recolección de ceniza.....	137
5.2.2	Cámara de combustión.....	137
5.2.3	Intercambiador de Calor.....	139
5.2.4	Tiro.....	140
5.3	Cámara de secado.....	141

CAPITULO 6

PRUEBAS DE OPERACIÓN DEL EQUIPO.....	145
--------------------------------------	-----

6.1	Pruebas.....	145
6.2	Parámetros y variables.....	145
6.3	Equipos e Instrumentos.....	146
6.4	Procedimiento.....	147
6.5	Evaluación de los resultados.....	148

CAPITULO 7

ANÁLISIS ECONOMICO – FINANCIERO.....	151
--------------------------------------	-----

7.1	Análisis Económico.....	151
7.2	Consumo energético.....	153
7.3	Análisis financiero.....	154
7.4	Valor actual neto (VAN) y tasa interna de retorno (TIR).....	155
7.5	Recuperación de la inversión.....	157
7.6	Relación Costo vs. Beneficio.....	158

CAPITULO 8

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	159
-------------------------------------	-----

8.1	Conclusiones.....	159
8.2	Recomendaciones.....	160

BIBLIOGRAFIA.....	163
-------------------	-----

ANEXOS.....	165
-------------	-----

ANEXO A: PLANOS.....	166
----------------------	-----

ANEXO B: DIAGRAMA DE OPERACIONES.....	167
---------------------------------------	-----

ANEXO C: DIAGRAMA DE PROCESOS.....	168
------------------------------------	-----

ANEXO D: CATÁLOGOS.....	169
-------------------------	-----

ANEXO E: FOTOGRAFÍAS.....	170
---------------------------	-----

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.2	Contenidos de humedad de equilibrio para varios tipos de granos.....	16
Tabla 2.3.	Conversión del contenido de humedad.....	22
Tabla 2.4.	Muestra la masa de agua perdida por el grano húmedo durante el secado.....	23
Tabla 2.5	Calores latentes de Vaporización.....	25
Tabla 2.6.	Tiempo en días que pueden permanecer los granos de maíz en determinadas condiciones	32
Tabla 2.7.	Recursos fósiles y producción anual de biomasa en el mundo.....	39
Tabla 2.9.	Exceso de aire, en porcentaje.....	53
Tabla 3. 1.	Recomendaciones para el secado de productos agrícolas en lecho fijo.....	69
Tabla 4.1	Reporte del proceso de secado.....	116
Tabla 4.2	Coeficiente de resistencia – dilatación gradual.....	121
Tabla 4.3	Rugosidad de conductos.....	124
Tabla 5.1.	Lista de materiales.....	133
Tabla 5.2	Máquinas y equipos utilizados.....	134
Tabla 5.3	Herramientas e Instrumentos de fabricación.....	136
Tabla 6.1	Parámetros de prueba.....	146
Tabla 6.2	Grado de secado de los granos.....	148
Tabla 7.1	Aporte de estudiantes.....	151
Tabla 7.2	Honorarios Profesionales.....	151
Tabla 7.3	Remuneración a no profesionales.....	152
Tabla 7.4	Misceláneos.....	152
Tabla 7.5	Costos de materiales para la construcción del secador.....	152
Tabla 7.6	Otros costos directos.....	153
Tabla 7.7	Fuente de Financiamiento.....	154
Tabla 7.8	Depreciación del equipo.....	155
Tabla 7.9	Tabla de ingresos y egresos.....	156
Tabla 7.10	Tabla de ingresos y egresos en 5 años.....	156
Tabla 7.11	Tabla de ingresos y egresos en 5 años.....	157
Tabla 7.12	Tabla de Costo – Beneficio.....	158

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Etapas entre la producción de granos y el almacenamiento.....	6
Figura 2.2. Demuestra el secado de una capa simple de grano expuesta a un flujo constante de aire.....	15
Figura 2.3. Tres zonas presentes dentro de un lecho grueso.....	18
Figura 2.4. Carta psicrométrica.....	20
Figura 2.5. Los cambios en las condiciones del aire	21
Figura 2.6. La relación entre el flujo de aire y la caída de presión.....	24
Figura 2.7. Diversas formas de secado natural.....	26
Figura 2.8. Patio para el secado de granos.....	27
Figura 2.8. Secador solar rotativo.....	29
Figura 2.9 Silo con el piso perforado para secado.....	31
Figura 2.10 Técnicas de producción a partir de biomasa.....	41
Figura 2.11 Esquema de horno para cascarilla (tamo) de arroz.....	48
Figura 3.1 Esquemas de secadores de flujos cruzados de tipo torre.....	56
Figura 3.2. Esquema de secadores de flujos cruzados.....	58
Figura 3.3 Esquema de un secador de flujos cruzados.....	59
Figura 3.4. Diagrama de un secador de flujos cruzados.....	61
Figura 3.5 Esquema del dispositivo para alternar la posición de los granos.....	62
Figura 3.6 Diagrama de un secador de flujos cruzados con inversión y recirculación.....	62
Figura 3.7 Secado en flujos contrarios, en silos.....	64
Figura 3.8 Secador de lecho fijo.....	66
Figura 3.9. Resistencia de granos y semillas al paso del aire.....	70
Figura 3.10 Cámara de secado y cámara de distribución del aire.....	73
Figura 3.11 Ángulo de abertura del elemento de transición.....	74
Figura 3.12 Esquema del secador con aire movido por convección natural.....	77
Figura 3.13 Esquema del secador con aire movido por convección natural.....	78

Figura 3.14 Esquema del secador con aire movido por convección natural.....	80
Figura 3.15. Esquema del secador con aire movido por convección natural.....	81
Figura 4.1 Disposición de la cámara de secado.....	86
Figura 4.2 Pared de la cámara de secado.....	95
Figura 4.3 Disposición de los tubos para el calentamiento del aire.....	100
Figura 4.4 Pared del Tubo del intercambiador.....	104
Figura 4.5 Pared de la cámara de combustión.....	108
Figura 4.6 Pared del intercambiador de Calor donde se encuentran los tubos.....	111
Figura 4.7 Intercambiador de Calor.....	113
Figura 4.8 Campana y chimenea.....	114
Figura 4.9 Procesos psicrométricos del secador.....	116
Figura 4.10 Pérdidas de presión del aire.....	119
Figura 4.11 Conducto de entrada. Vista superior.....	120
Figura 4.12 Entrada de tubos. Vista superior.....	122
Figura 4.13 Resistencia debido a codos de 90°.....	125
Figura 4.14 Salida de aire de tubos.....	126
Figura 4.15 Ingreso a la cámara de secado.....	127
Figura 5.1 Sección de Pulmón de aire.....	137
Figura 5.2 Cámara de combustión.....	138
Figura 5.3 Intercambiador de Calor.....	139
Figura 5.4 Tiro o campana.....	140
Figura 5.5 Módulo de combustión e Intercambiador.....	141
Figura 5.6 Cámara de secado.....	142
Figura 5.7 Campana difusora.....	143
Figura 5.8 Partes con bridas de ángulo.....	144
Figura 5.9 Conjunto Secador Armado.....	144
Figura 6.1. Pérdida de humedad de la muestra.....	149
Figura 6.2. Pérdida de humedad de la muestra.....	149
Figura 7.1 Recuperación de la inversión.....	158