

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

**ESTUDIO DE LA EFICIENCIA Y DE LAS PÉRDIDAS ENERGÉTICAS
DEL PROCESO DE SECADO DE CHIPS DE MADERA PARA LA
ELABORACIÓN DE TABLEROS AGLOMERADOS EN NOVOPAN
DEL ECUADOR S.A.**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
AMBIENTAL**

DARWIN GERARDO VILLAMARÍN PARRA

E-mail: darwin.vp@hotmail.com

DIRECTOR: ING. CÉSAR ALFONSO NARVÁEZ RIVERA MSC.

E-mail: cesar.narvaez@epn.edu.ec

Quito, Noviembre del 2010

DECLARACIÓN

Yo Darwin Gerardo Villamarín Parra declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

DARWIN VILLAMARÍN PARRA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Darwin Villamarin Parra, bajo mi supervisión.

Ing. Msc. CÉSAR NARVÁEZ
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

Al finalizar éste trabajo quiero agradecer:

A Dios que me ha dado la oportunidad de vivir.

A mi padre por ser mi guía y mi apoyo incondicional, a mi madre por su amor y sus cuidados, a mi hermana por su compañía en momentos difíciles y a mi sobrino por arrancarme varias sonrisas.

A Marcelo Villamarín por ayudarme a iniciar en la vida profesional.

A Gabriel Bolaños por sus enseñanzas, su tiempo y su amistad.

A mi estimado Ing. César Narváez por su asesoría y dirección en este trabajo.

A mis compañeros Nicol, Vielka, Lucho, Mario, Gaby y Maripaz por las vivencias compartidas y por todo lo que aprendí de ellos.

A la Escuela Politécnica Nacional por su formación académica.

A Novopan del Ecuador S.A., empresa que me ha dado la oportunidad de realizarme como profesional y al personal del secadero por su ayuda y asesoría en especial al Ingeniero Víctor Hugo Sosa.

Y por último a mi amiga, compañera y gran amor. Gordita gracias por todo.

DEDICATORIA

Dedico la presente tesis a mi familia: Gerardo, Eva, Anita y Joan por ser mi fuente de inspiración y motivación para superarme cada día más y así poder luchar para que la vida nos depare días maravillosos.

A la memoria de mi abuelo Víctor Villamarín, que educó a mi padre para que me educara a mi.

CONTENIDO

	Pág.
DECLARACIÓN.....	ii
CERTIFICACIÓN.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
DEDICATORIA.....	v
CONTENIDO.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE CUADROS.....	xiii
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACTO.....	xviii
METODOLOGÍA.....	xx
PRESENTACIÓN POR CAPÍTULOS.....	xxii
CAPITULO 1.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 OBJETIVOS.....	2
1.1.2 Objetivo General.....	2
1.1.3 Objetivos Específicos.....	2
1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.3 ALCANCE.....	3
CAPITULO 2.....	4
DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA NOVOPAN DEL ECUADOR.....	4
2.1 GENERALIDADES.....	4
2.1.1 Novopan del Ecuador S.A.....	4
2.1.2 Línea de Producción.....	5

2.1.3 Certificaciones.....	6
2.1.4 Patrimonio forestal.....	10
2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL TABLERO AGLOMERADO Y ACTIVIDADES OPERATIVAS INVOLUCRADAS.....	13
2.2.1 Llegada de materia prima.....	13
2.2.2 Almacenamiento.....	13
2.2.3 Molienda.....	14
2.2.4 Secado.....	14
2.2.5 Clasificación y tamizado de la viruta.....	14
2.2.6 Encolado.....	15
2.2.7 Formación del colchón.....	16
2.2.8 Prensado.....	16
2.2.9 Corte.....	16
2.2.10 Enfriamiento.....	16
2.2.11 Almacenamiento temporal del tablero crudo.....	17
2.2.12 Lijado.....	17
2.2.13 Almacenamiento del tablero lijado.....	17
2.2.14 Producto terminado.....	17
2.2.15 Laminado.....	18
2.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO DE SECADO DE CHIPS DE MADERA.....	20
2.3.1 Flujo de proceso de secado.....	24
CAPITULO 3.....	26
PROCESO DE SECADO.....	26
3.1 INTRODUCCIÓN.....	26
3.2 DESCRIPCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO DE SECADO.....	26
3.2.1 Descripción.....	27
3.2.2 Funcionamiento.....	30
3.3 ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES OPERACIONALES EN EL PROCESO DE SECADO.....	47
3.3.1 Variables operacionales del proceso de secado.....	47
3.3.2 Análisis de las condiciones operacionales.....	48
3.4 SUSTANCIAS CONTAMINANTES, RESIDUOS Y DESECHOS GENERADOS EN EL PROCESO DE SECADO.....	58
3.4.1 Gestión ambiental.....	59
CAPITULO 4.....	63
BALANCE DE MATERIA DEL PROCESO DE SECADO.....	63
4.1 DIAGRAMA DE FLUJO.....	64

4.2 CUANTIFICACIÓN DE LAS ENTRADAS.....	67
4.3 CUANTIFICACIÓN DE LAS SALIDAS.....	68
4.4 ELABORACIÓN DEL BALANCE DE MATERIA DEL PROCESO DE SECADO.....	69
4.4.1 Obtención de datos.....	69
4.4.2 Balance de masa.....	73
4.4.3 Análisis del monitoreo de gases de la chimenea.....	98
CAPITULO 5.....	103
BALANCE DE ENERGÍA DEL PROCESO DE SECADO.....	103
5.1 GENERALIDADES.....	104
5.1.1 Fuente fija de combustión con aire inducido y tiro forzado.....	105
5.1.2 Ciclones.....	105
5.2 CUANTIFICACIÓN DE LA ENERGÍA DE ENTRADA.....	107
5.3 CUANTIFICACIÓN DE LA ENERGÍA DE SALIDA.....	108
5.4 ELABORACIÓN DEL BALANCE ENERGÉTICO DEL PROCESO DE SECADO.....	109
5.4.1 Obtención de datos.....	109
5.4.2 Balance de energía.....	118
5.4.3 Impactos ambientales producidos por pérdidas energéticas.....	151
CAPITULO 6.....	154
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	154
6.1 CONCLUSIONES.....	154
6.2 RECOMENDACIONES.....	161
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	162
ANEXOS.....	168
ANEXO N°1 HOJA DE SEGURIDAD DE RESINA M-U-F 858.....	169
ANEXO N°2 HOJA DE REPORTE DEL SECADERO.....	172
ANEXO N°3 RESULTADOS DEL BALANCE DE MATERIA REALIZADO AL PROCESO DE SECADO.....	174
ANEXO N° 4 INFORME DEL MONITOREO DE GASES DE LA CHIMENEA DEL PROCESO DE SECADO REALIZADO POR EL GRUPO CONSULTOR CHEMENG.....	185

ANEXO N° 5 DATOS DE CAMPO DEL MONITOREO REALIZADO POR EL GRUPO CONSULTOR CHEMENG.....	196
ANEXO N° 6 RESULTADOS DEL BALANCE DE ENERGÍA REALIZADO AL PROCESO DE SECADO.....	201
ANEXO FOTOGRÁFICO.....	222
Fotografía 1 Planta industrial de Novopan del Ecuador.....	223
Fotografía 2 Cuarto de control del secadero.....	223
Fotografía 3 Laminadora de tableros.....	224
Fotografía 4 Prensa continua.....	224
Fotografía 5 Sección forestal de la revista 2009 de Novopan del Ecuador.....	225
Fotografía 6 Tableros comercializados por Novopan del Ecuador.....	226
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	227

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

FIGURA 2.1 NOVOPAN DEL ECUADOR S.A.....	4
FIGURA 2.2 CERTIFICADO OHSAS 18001:2007 OTORGADO A NOVOPAN DEL ECUADOR S.A.....	7
FIGURA 2.3 CERTIFICADO ISO 14001:2004 OTORGADO A NOVOPAN DEL ECUADOR S.A.....	8
FIGURA 2.4 CERTIFICADO ISO 9001:2000 OTORGADO A NOVOPAN DEL ECUADOR S.A.....	9
FIGURA 2.5 CERTIFICADO BASC OTORGADO A NOVOPAN DEL ECUADOR S.A.....	10
FIGURA 2.6 UBICACIÓN DE LOS PROYECTOS ITULCACHI Y SAN JOSÉ.....	11
FIGURA 2.7 REQUERIMIENTO ANUAL VS. PLANTACIONES DE NOVOPAN (has).....	11
FIGURA 2.8 PROCESO DE FABRICACIÓN DEL TABLERO AGLOMERADO.....	19
FIGURA 2.9 QUEMADOR DEL SECADERO.....	20
FIGURA 2.10 BANDA TRANSPORTADORA DE LOS CHIPS DE MADERA HACIA EL TAMBOR DEL SECADERO.....	21
FIGURA 2.11 CONDUCTO DE INGRESO DE LOS CHIPS DE MADERA HACIA EL TAMBOR DEL SECADERO.....	21
FIGURA 2.12 TAMBOR GIRATORIO DEL SECADERO.....	22
FIGURA 2.13 SISTEMA DE CICLONES DEL SECADERO.....	22
FIGURA 2.14 FAN PRINCIPAL DEL SECADERO.....	23
FIGURA 2.15 FLUJO DEL PROCESO DE SECADO (PANTALLA DEL CUARTO DE CONTROL DEL SECADERO).....	24
FIGURA 2.16 DIAGRAMA DEL PROCESO DE SECADO.....	25
FIGURA 3.1 COMPONENTES DEL PROCESO DE SECADO (PANTALLA DEL CUARTO DE CONTROL DEL SECADERO).....	29
FIGURA 3.2 FAN PRINCIPAL DEL PROCESO DE SECADO.....	30
FIGURA 3.3 MOTOR DEL FAN PRINCIPAL DEL PROCESO DE SECADO.....	30
FIGURA 3.4 LLAMA DE LA CÁMARA DE COMBUSTIÓN DEL QUEMADOR.....	31
FIGURA 3.5 CÁMARA DE COMBUSTIÓN.....	31
FIGURA 3.6 CÁMARA DE COMBUSTIÓN.....	32
FIGURA 3.7 SILO 4 EN DONDE SE ALMACENA EL POLVO DE MADERA PARA SU POSTERIOR UTILIZACIÓN COMO COMBUSTIBLE.....	32
FIGURA 3.8 TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE BUNKER Y DIESEL.....	33
FIGURA 3.9 COMPONENTES DEL QUEMADOR (PANTALLA DEL CUARTO DE CONTROL DEL SECADERO).....	33
FIGURA 3.10 SILO DONDE SE ALMACENA LA MATERIA PRIMA HÚMEDA.....	34
FIGURA 3.11 DESCARGA DE MATERIAL HÚMEDO DESDE LOS SILOS HACIA LA BANDA TRANSPORTADORA.....	35
FIGURA 3.12 DESCARGA DE MATERIAL HÚMEDO DESDE LOS SILOS HACIA LA BANDA TRANSPORTADORA.....	35
FIGURA 3.13 TRANSPORTE DE MATERIAL HÚMEDO DESDE LOS SILOS HACIA EL TUBO FLASH DEL SECADERO.....	36

FIGURA 3.14 TRANSPORTE DE MATERIAL HÚMEDO DESDE LOS SILOS HACIA EL TUBO FLASH DEL SECADERO.....	36
FIGURA 3.15 BANDA TRANSPORTADORA DE MATERIAL QUE SALE DESDE EL SILO 1 HACIA EL TUBO FLASH DEL SECADERO.....	37
FIGURA 3.16 SILOS Y BANDA TRANSPORTADORA (PANTALLA DEL CUARTO DE CONTROL DEL SECADERO).....	37
FIGURA 3.17 DESCARGA DE MATERIAL GRUESO DESDE EL TUBO FLASH DEL SECADERO.....	38
FIGURA 3.18 DESCARGA DE MATERIAL GRUESO DESDE EL TUBO FLASH DEL SECADERO.....	38
FIGURA 3.19 MATERIAL DE DESECHO DESCARGADO DESDE EL TUBO FLASH DEL SECADERO.....	39
FIGURA 3.20 TAMBOR DE SECADO.....	40
FIGURA 3.21 CODO SALIDA DEL TAMBOR.....	40
FIGURA 3.22 MATERIAL DESCARGADO DESDE EL TAMBOR HACIA EL PROCESO DE PRODUCCIÓN.....	41
FIGURA 3.23 MATERIAL DESCARGADO DESDE EL TAMBOR HACIA EL PROCESO DE PRODUCCIÓN.....	41
FIGURA 3.24 TUBO DE SUCCIÓN DE MATERIAL HACIA EL GRUPO DE CICLONES....	42
FIGURA 3.25 TUBO DE SUCCIÓN DE MATERIAL HACIA EL GRUPO DE CICLONES....	42
FIGURA 3.26 SINFINES DEL GRUPO DE CICLONES.....	43
FIGURA 3.27 REINCORPORACIÓN DEL MATERIAL DESDE LOS CICLONES AL PROCESO.....	43
FIGURA 3.28 CHIMENEA DEL SECADERO.....	44
FIGURA 3.29 PARTES DEL PROCESO DE SECADO (PANTALLA DEL CUARTO DE CONTROL DEL SECADERO).....	45
FIGURA 3.30 PARTES Y FUNCIONAMIENTO DEL PROCESO DE SECADO (PANTALLA DEL CUARTO DE CONTROL DEL SECADERO).....	46
FIGURA 3.31 CONDICIONES OPERACIONALES DE HUMEDAD, DESCARGA, Y DENSIDAD DEL MATERIAL (PANTALLA DEL CUARTO DE CONTROL DEL SECADERO).....	55

FIGURA 3.32 CONDICIONES OPERACIONALES DEL PROCESO DE SECADO (PANTALLA DEL CUARTO DE CONTROL DEL SECADERO).....	56
FIGURA 3.33 CONDICIONES OPERACIONALES DEL QUEMADOR (PANTALLA DEL CUARTO DE CONTROL DEL SECADERO).....	57
FIGURA 3.34 CONDICIONES OPERACIONALES DEL QUEMADOR (PANTALLA DEL CUARTO DE CONTROL DEL SECADERO).....	58
FIGURA 3.35 CENTRO DE ACOPIO TEMPORAL DE DESECHOS (NOVOPAN DEL ECUADOR S.A.).....	60
FIGURA 3.36 PISO MOVIL (NOVOPAN DEL ECUADOR S.A.).....	61
FIGURA 3.37 BUNQUER DE CASCAJO DE MADERA (NOVOPAN DEL ECUADOR S.A.).....	61
FIGURA 3.38 TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE ACEITES Y LUBRICANTES USADOS.....	62
FIGURA 4.1 DIAGRAMA DEL PROCESO DE SECADO CON SUS ENTRADAS Y SALIDAS DE MATERIA.....	65
FIGURA 4.2 DIAGRAMA DEL FLUJO DE MATERIA DEL PROCESO DE SECADO.....	66
FIGURA 4.3 ENTRADAS Y SALIDAS DE MATERIA DE LA CÁMARA DE COMBUSTIÓN.....	82
FIGURA 4.4 ENTRADAS Y SALIDAS DE MATERIA DE LA CÁMARA DE MEZCLA.....	83
FIGURA 4.5 ENTRADAS Y SALIDAS DE MATERIA DEL TURBO FLASH.....	84
FIGURA 4.6 ENTRADAS Y SALIDAS DEMATERIA DEL TAMBOR DE SECADO.....	86
FIGURA 4.7 ENTRADAS Y SALIDAS DEMATERIA DEL TAMBOR DE SECADO.....	88
FIGURA 4.8 ENTRADAS Y SALIDAS DE MATERIA DE LOS CICLONES.....	89
FIGURA 4.9 ENTRADAS Y SALIDAS DE MATERIA DE LOS CICLONES.....	92
FIGURA 4.10 ENTRADAS Y SALIDAS DE MATERIA DE LOS CICLONES.....	93
FIGURA 4.11 CHIMENEA DEL PROCESO DE SECADO.....	98
FIGURA 4.12 CHIMENEA DEL PROCESO DE SECADO.....	99
FIGURA 4.13 MONITOREO DE GASES PRODUCTO DEL PROCESO DE SECADO.....	99
FIGURA 4.14 MONITOREO DE GASES PRODUCTO DEL PROCESO DE SECADO.....	99
FIGURA 5.1 ESQUEMA GENERAL DE UN CICLÓN.....	106
FIGURA 5.2 DIAGRAMA DEL FLUJO ENERGÉTICO DEL PROCESO DE SECADO.....	119
FIGURA 5.3 TRAYECTO DE LOS GASES EN EL PROCESO DE SECADO.....	141
FIGURA 5.4 DIAGRAMA DEL FLUJO ENERGÉTICO DEL PROCESO DE SECADO.....	149
FIGURA 5.5 DIAGRAMA DEL FLUJO ENERGÉTICO DEL PROCESO DE SECADO.....	150

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
CUADRO 3.1 DEMANDA DE MATERIAL SEGÚN EL ESPESOR DE TABLEROS FABRICADOS.....	51
CUADRO 3.2 DESCARGA DEL MATERIAL HÚMEDO DESDE LOS SILOS SEGÚN EL ESPESOR DEL TABLERO.....	52
CUADRO 3.3 RESIDUOS, DESECHOS Y SUSTANCIAS CONTAMINANTES GENERADOS EN EL PROCESO DE SECADO.....	59
CUADRO 4.1 ENTRADAS DE MATERIAL AL PROCESO DE SECADO.....	67
CUADRO 4.2 SALIDAS DE MATERIAL DEL PROCESO DE SECADO.....	68
CUADRO 4.3 DATOS DISPONIBLES PARA REALIZAR EL BALANCE DE MASA.....	70
CUADRO 4.4 DATOS DISPONIBLES PARA REALIZAR EL BALANCE DE MASA.....	71
CUADRO 4.5 DATOS DISPONIBLES PARA REALIZAR EL BALANCE DE MASA.....	72
CUADRO 4.6 DATOS DISPONIBLES PARA REALIZAR EL BALANCE DE MASA.....	73
CUADRO 4.7 DATOS DISPONIBLES PARA REALIZAR EL BALANCE DE MASA.....	73
CUADRO 4.8 DATOS DISPONIBLES CON SU PROMEDIO ARITMÉTICO Y DESVIACIÓN ESTANDAR.....	76
CUADRO 4.9 DATOS UTILIZADOS PARA EL BALANCE DE MATERIA.....	76
CUADRO 4.10 DATOS DISPONIBLES CON SU PROMEDIO ARITMÉTICO Y DESVIACIÓN ESTANDAR.....	79
CUADRO 4.11 DATOS UTILIZADOS EN EL BALANCE DE MATERIA.....	79
CUADRO 4.12 DATOS DISPONIBLES CON SU PROMEDIO ARITMÉTICO Y DESVIACIÓN ESTANDAR.....	80
CUADRO 4.13 DATOS CON LOS QUE SE REALIZA EL BALANCE DE LA MATERIA... 	81
CUADRO 4.14 RESULTADO DEL MONITOREO DE GASES DEL PROCESO DE SECADO.....	100

CUADRO 4.15 VALORES MÁXIMOS PERMISIBLES DE EMISIONES AL AIRE PARA FUENTES FIJAS DE COMBUSTIÓN	101
CUADRO 5.1 COMBUSTIBLES USADOS EN LA CÁMARA DE COMBUSTIÓN.....	107
CUADRO 5.2 DATOS DISPONIBLES USADOS EN EL BALANCE DE ENERGÍA.....	110
CUADRO 5.3 DATOS DISPONIBLES USADOS EN EL BALANCE DE ENERGÍA.....	112
CUADRO 5.4 DATOS DISPONIBLES USADOS EN EL BALANCE DE ENERGÍA.....	114
CUADRO 5.5 DATOS DISPONIBLES USADOS EN EL BALANCE DE ENERGÍA.....	117
CUADRO 5.6 DATOS DISPONIBLES USADOS EN EL BALANCE DE ENERGÍA.....	117
CUADRO 5.7 CONCENTRACIÓN DE LOS COMPONENTES DE LOS GASES DEL PROCESO DE SECADO.....	133
CUADRO 5.8 CONCENTRACIÓN DE LOS COMPONENTES DE LOS GASES DEL PROCESO DE SECADO.....	133
CUADRO 5.9 CONCENTRACIÓN DE LOS COMPONENTES DE LOS GASES DEL PROCESO DE SECADO.....	133
CUADRO 5.10 CONCENTRACIÓN DE LOS COMPONENTES DE LOS GASES DEL PROCESO DE SECADO.....	134
CUADRO 5.11 FLUJO DE LOS COMPONENTES DE LOS GASES DEL PROCESO DE SECADO.....	134
CUADRO 5.12 FLUJO DE LOS COMPONENTES DE LOS GASES DEL PROCESO DE SECADO.....	134
CUADRO 5.13 FLUJO DE LOS COMPONENTES DE LOS GASES DE RECIRCULACIÓN DEL PROCESO DE SECADO.....	135
CUADRO 5.14 FLUJO DE LOS COMPONENTES DE LOS GASES DE RECIRCULACIÓN DEL PROCESO DE SECADO.....	135

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pág.
GRÁFICO 4.1 EFICIENCIA DEL PROCESO SEGÚN EL TURNO DE TRABAJO.....	95
GRÁFICO 4.2 EFICIENCIA DEL PROCESO SEGÚN LA CANTIDAD DE MATERIAL HÚMEDO DE INGRESO.....	96
GRÁFICO 4.3 EFICIENCIA DEL PROCESO SEGÚN EL DÍA.....	97
GRÁFICO 4.4 CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN EL DÍA.....	97
GRÁFICO 4.5 COMPARACIÓN DEL VALOR DE CO ₂ MEDIDO Y CO ₂ NORMADO.....	101
GRÁFICO 4.6 COMPARACIÓN DEL VALOR DE NO _x MEDIDO Y NO _x NORMADO.....	102
GRÁFICO 4.7 COMPARACIÓN DEL VALOR DE MP MEDIDO Y MP NORMADO.....	102

RESUMEN

Las necesidades actuales de competitividad hacen que las empresas optimicen sus procesos para mantenerse liderando en el mercado en el cual se desempeñan.

A Novopan del Ecuador, que es una empresa construida sobre la base de objetivos claros, pasión para hacer bien las cosas, ética y responsabilidad social y ambiental le interesa la mejora y el mantenimiento de sus procesos de sus líneas de producción, y más aun cuando esto significa beneficios para la empresa.

La fabricación de tableros aglomerados incluye en su línea de producción varios procesos, entre ellos está el secado de chips de madera, cuyo estudio es el tema del presente proyecto de titulación.

El proceso de secado de los chips de madera es fundamental para la elaboración del tablero, ya que es en este momento donde la materia prima alcanza las condiciones óptimas de humedad para que posteriormente sea transformada en un tablero de alta calidad.

Para proponer cambios para que el proceso se lleve a cabo en óptimas condiciones ha sido necesario realizar un estudio detallado que muestre cuales serían las mejores condiciones de operación, y se lo ha hecho desde dos puntos de vista diferentes. El primero desde un punto de vista productivo, determinando de la materia prima que entra al proceso de secado cuanto es lo que se convierte verdaderamente en materia útil que va a ser transformada en tablero y cuanta materia es la que se desecha. Y el segundo desde un punto de vista energético, es decir de toda la energía que se introduce al proceso cuanto es lo que en verdad se aprovecha, y cuanto es lo que se desperdicia, generando necesariamente contaminación ambiental, ya sea por el uso innecesario de

recursos, en este caso combustibles fósiles, o por las emisiones de gases que se presentan.

Los resultados del presente estudio están basados en 4 puntos principales que son: la eficiencia productiva lograda con el balance de masa realizado, la eficiencia energética que se alcanzado gracias al balance de energía, la mejora de las variables operativas que se ha logrado establecer con los balances de materia y energía y la contaminación ambiental que se ha logrado determinar gracias a las pérdidas energéticas calculadas con el balance energético.

ABSTRACT

The currently competitiveness needs make the enterprises to optimize their process in order to keep their leadership in the market in which they act.

Novopan del Ecuador, which is an Enterprise built over the base of clear goals, passion to make things well, ethics and social and environmental responsibility is interested in the improvement and keeping of their production line process, more so when this means benefits for the enterprise.

The fabrication of agglomerated boards includes in their production line, several process, among them is the drying of wooden chips, which study is the main theme of this certification project.

The drying of wooden chips process is fundamental to elaborate the board, because is in this moment when the raw material reaches the optimal condition of wetness in order to be transformed in a high quality board lately.

In order to purpose changes for the process to be taken in optimal conditions, has been necessary to make a detailed research that shows which will be the best operation conditions, and it has been done from two different points of view. The first one, from a productive point of view, by determining how much of the raw material that enters to the drying process, becomes in truly useful material that is going to be transformed in board, and how much is dismissed. And the second is an energetic point of view, how much of the energy introduced to the process is really exploited, and how much is wasted, generating necessarily environmental pollution, because of the unnecessary use of resources, in this case fossil fuel, or because of the gas emissions that are developed.

The results of the present research are based in four principal points which are: the productive efficiency achieved with the mass balance made, the energetic

efficiency, achieved by the energy balance, the improvement on the operative variations that have been established with the material and energy balances and with the environmental pollution determined because of the energetic losses calculated with the energetic balance.

METODOLOGÍA

La metodología empleada para realizar el presente proyecto de titulación presenta las siguientes fases y actividades:

1) Recopilación de información y consulta bibliográfica

La importancia de obtener información es debida a que sirve para sustentar el trabajo realizado, por lo que para el presente proyecto de titulación se han utilizado las técnicas de: entrevista y observación directa.

Entrevista: Ha permitido conocer directamente las opiniones y valoraciones de los principales actores del proceso de secado en NOVOPAN DEL ECUADOR.

Observación de campo: Esta técnica ha permitido observar los hechos y fenómenos que se desarrollan en NOVOPAN DEL ECUADOR, particularmente en el proceso de secado.

Además se ha obtenido información de: libros, textos, publicaciones, instructivos, informes e Internet.

2) Recolección de datos

La importancia de obtener datos radica en que su asociación va a generar la información necesaria para realizar el presente estudio, por lo que para el presente proyecto de titulación se han utilizado las técnicas de: observación directa, entrevista y experimentación.

Observaciones: Se ha observado atentamente el proceso de secado y se ha tomado información y se la ha registrado para su posterior análisis. La mayoría de datos han sido recopilados de los tres turnos de trabajo realizados por los

operadores del proceso durante los primeros 25 días del mes de Agosto del año 2010.

Entrevistas: Se ha llevado a cabo constantes diálogos con el personal que trabaja en el proceso de secado, con personal familiarizado y en especial con el Jefe del proceso, esto con el fin de obtener información de parte de personas entendidas en el área de investigación.

Experimentación: Algunos datos que no se encuentran disponibles en el cuarto de control del proceso han sido obtenidos de esta manera, realizando diferente tipo de mediciones o cambiando la realidad presente en el proceso con la ayuda de los operadores del mismo.

3) Análisis de datos

Toda la información obtenida por medio de entrevistas y observación directa, así como de los mencionados anteriormente ha sido sometida a un proceso de recopilación, tabulación y análisis. Para esto se ha utilizado el método analítico que consiste en determinar la importancia de los datos para poder excluir los que no son necesarios, la relación entre ellos, como están organizados y como funcionan.

Aparte se ha utilizado el método descriptivo que no se limita a la simple recolección y tabulación de datos, sino que procura la interpretación racional y el análisis objetivo de los mismos.

Por último se ha realizado la estructuración y redacción del informe.

PRESENTACIÓN POR CAPÍTULOS

La presente tesis escrita se desarrolla en seis capítulos. En el primer capítulo se presenta una introducción al trabajo desarrollado y los objetivos que se quieren lograr al finalizar el mismo. También se define el problema que se quiere solucionar, se justifica el porque se realiza el trabajo y se especifica el alcance que va a tener.

En el segundo capítulo se describe a la empresa Novopan del Ecuador, se dan a conocer sus líneas de producción, las certificaciones que posee y su patrimonio forestal. Adicionalmente se detalla de manera cuidadosa las actividades operativas involucradas en la producción del tablero aglomerado. Y por último se realiza una descripción general del proceso de secado de los chips de madera.

Una descripción detallada del proceso de secado, el análisis de las condiciones en las que se opera el proceso y la contaminación ambiental generada en el mismo se detallan en el tercer capítulo de este trabajo.

El cuarto capítulo contiene el balance de masa realizado para el proceso de secado y adicional un análisis del monitoreo realizado a los gases de la chimenea producidos en el proceso.

En el quinto capítulo se detalla el balance energético realizado para el proceso de secado y las pérdidas energéticas presentes.

Las conclusiones y recomendaciones del proyecto se presentan en el sexto capítulo.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

La producción de tableros aglomerados en el país es de gran importancia, es así, que los procesos que están involucrados en esta actividad son primordiales a la hora de entregar un producto de buena calidad, además las necesidades actuales de competitividad hacen que las empresas mejoren operativamente para mantenerse liderando en el mercado.

El aumento de la producción, sin descuidar la distribución de tableros de alta calidad es uno de los desafíos actuales de Novopan del Ecuador S.A. y es por esta razón que la empresa busca mejorar los procesos de sus líneas en la fabricación de tableros aglomerados y es en este momento donde entra el proceso de secado de los chips de madera.

Uno de los procesos más importantes en la fabricación del tablero aglomerado es el secado de la materia prima ya que mediante éste se logra reducir el tiempo en que se obtienen las condiciones óptimas para la producción, es decir la humedad requerida, además que se logra evitar defectos a futuro como grietas, colapso y deformaciones que se pueden dar en el tablero.

Debido a esto nace la iniciativa de realizar un proyecto en el que se estudie la eficiencia y las pérdidas energéticas (contaminación ambiental) que se producen durante el secado de los chips de madera, de tal manera que se pueda emitir

criterios para poner en consideración en pro de colaborar con el objetivo de la empresa, el cual es la optimización operacional del proceso de secado.

1.1 OBJETIVOS

1.1.2 OBJETIVO GENERAL

- Determinar la eficiencia de producción y las pérdidas energéticas del proceso de secado de chips de madera para la producción de tableros aglomerados de partículas en la empresa NOVOPAN DEL ECUADOR S.A., a fin de que sirva como base para el mejoramiento operacional del proceso.

1.1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Aplicar balances de masa y energía al proceso de secado y calcular tanto la eficiencia de producción como la eficiencia energética del mismo.
- Determinar las pérdidas energéticas que se dan en el proceso de secado y analizar cual es su relación con la contaminación ambiental generada.
- Analizar las variables de operación del proceso.
- Proponer mejoras operacionales en el proceso de secado de la madera.

- Analizar como las certificaciones y las aplicaciones de tecnologías más limpias en NOVOPAN han contribuido en la reducción del impacto ambiental generado en el proceso de secado.

1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El proceso de secado de los chips de madera en Novopan del Ecuador es fundamental en la elaboración del tablero aglomerado, es así que al no contar con una evaluación de la eficiencia tanto productiva como energética se pueden generar problemas de operación que afectan de forma negativa la productividad de la planta, impactos ambientales al no tener información acerca de las pérdidas energéticas y perjuicios a los trabajadores y a la comunidad.

1.3 ALCANCE

El presente estudio abarca todo el proceso de secado de chips de madera en la empresa Novopan del Ecuador S.A.

El proceso de secado se compone básicamente por:

- Cámara de combustión
- Cámara de mezcla
- Sistema de ingreso de partículas
- Tambor de secado
- Sistema de ciclones

CAPÍTULO 2

DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA NOVOPAN DEL ECUADOR S.A.

2.1 GENERALIDADES

2.1.1 NOVOPAN DEL ECUADOR S.A.

FIGURA 2.1 NOVOPAN DEL ECUADOR S.A.



Desde el año 1978 Novopan del Ecuador produce tableros aglomerados de partículas con una moderna línea de producción.

La materia prima que utiliza la planta industrial proviene de bosques plantados de pino y eucalipto y material subproducto de otras industrias como: viruta, aserrín, desperdicios de aserraderos y fábricas de muebles. Al reusar residuos de madera, se elimina la contaminación ambiental que pueden ocasionar dichos productos al ser quemados o desechados en los cuerpos de agua.

Novopan cuenta con bosques propios, consorcios¹ con instituciones públicas y privadas, y pequeños y grandes agricultores. Uno de los propósitos de la empresa ha sido también el proporcionar al país nuevas fuentes de trabajo, en áreas rurales que eviten la migración hacia las ciudades, sembrando bosques en tierras de agricultores y de comunidades. Adicionalmente Novopan ha logrado que el bosque crezca en valor, lo que incentiva la reforestación, la protección del medio ambiente y la creación de fuentes de producción que reduzcan la pobreza.

2.1.2 LÍNEA DE PRODUCCIÓN

Novopan ha invertido en la más moderna tecnología de producción en la elaboración de tableros de partículas MDP (Medium Density Particleboard).

El MDP es un tablero de partículas de densidad media para aplicaciones en interiores, elaborado con fibras de madera de pino y eucalipto aglutinadas a través de un adherente sintético de resinas (ver anexo 1), las cuales se compactan en el proceso de prensado.

Gracias a un adecuado sistema de organización en los patios de madera, se ha incluido en su procesamiento sistemas de secado y limpieza lo que da como resultados un tablero libre de impurezas.

El tablero de tres capas se conforma de manera secuencial gracias a tres formadoras que controlan permanentemente el peso, la densidad y la

configuración de cada capa lo cual permite que el tablero ofrezca propiedades mecánicas por encima de los estándares internacionales.

Gracias a una temperatura, presión y movimiento adecuados se forma en la prensa continua el MDP con una superficie apropiada para las diferentes aplicaciones que el tablero presenta.

Finalmente, antes de su distribución al mercado, el producto es lijado y recubierto por una lámina melamínica la cual es termofundida en una línea de laminado. Cabe destacar que los tableros recubiertos con papel melamínico ofrecen una amplia gama de soluciones para el mobiliario y decoración de interiores en lo que concierne a colores, patrones, texturas y tamaños, con una gran resistencia a la abrasión y a otros agentes mecánicos.

2.1.3 CERTIFICACIONES

Novopan del Ecuador S.A. actualmente cuenta con un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional basado en la norma internacional OHSAS 18001:2007 (ver figura 2.2), orientado a proteger la salud y la integridad de los trabajadores en relación a los peligros identificados y mediante un control de riesgos asociados a cada proceso; manteniendo un programa de protección a la salud y seguridad que permite un mejor desarrollo integral.

FIGURA 2.2 CERTIFICADO OHSAS 18001: 2007 OTORGADO A NOVOPAN DEL ECUADOR S.A.



FUENTE: Novopan del Ecuador S.A.

Adicionalmente, Novopan posee la certificación de un Sistema de Gestión Ambiental basado en la norma ISO 14001:2004 (ver figura 2.3) que permite gestionar los impactos significativos adversos al ambiente generados por sus actividades, productos y servicios, cumpliendo además, los requisitos legales vigentes a nivel nacional.

FIGURA 2.3 CERTIFICADO ISO 14001: 2004 OTORGADO A NOVOPAN DEL ECUADOR S.A.



FUENTE: Novopan del Ecuador S.A.

La Empresa sustenta la calidad de sus procesos, productos y servicios ya que opera con un sistema de gestión de calidad basado en la norma ISO 9001:2000 (ver figura 2.4).

FIGURA 2.4 CERTIFICADO ISO 9001: 2000 OTORGADO A NOVOPAN DEL ECUADOR S.A.



FUENTE: Novopan del Ecuador S.A.

Novopan además cuenta con un Sistema de Gestión de Control de Seguridad (ver figura 2.5) certificado ante la Organización Mundial BASC (Business Alliance for Secure Commerce), el mismo que permite desarrollar las actividades administrativas, de producción, de control de calidad, embalaje y despacho bajo estándares de seguridad y control, con el fin de lograr que los productos no sean contaminados por ningún estupefaciente.

FIGURA 2.5 CERTIFICADO BASC OTORGADO A NOVOPAN DEL ECUADOR S.A.

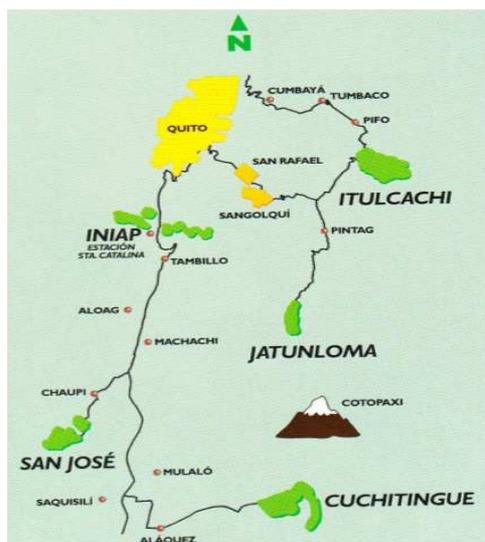


FUENTE: Novopan del Ecuador S.A

2.1.4 PATRIMONIO FORESTAL

Novopan del Ecuador posee un patrimonio forestal de más de 2600 hectáreas (ver figura 2.7) de las especies Pino radiata y Eucalipto, que se distribuye en dos proyectos propios, Itulcachi y San José (ver figura 2.6), además de otros tres establecidos bajo la modalidad de convenios, uno de ellos con el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y los otros dos con las Sociedades Inmojasa y Agropecuaria Amador Arias Andrade.

FIGURA 2.6 UBICACIÓN DE LOS PROYECTOS ITULCACHI Y SAN JOSÉ



FUENTE: Revista 2009 Novopan del Ecuador S.A.

FIGURA 2.7 REQUERIMIENTO ANUAL VS. PLANTACIONES DE NOVOPAN (Has)



FUENTE: Revista 2009 Novopan del Ecuador S.A.

2.1.4.1 Producción de plantas

En los planes de producción a mediano y largo plazo de la Fábrica de tableros aglomerados Novopan del Ecuador S.A. se contempla un proceso de plantaciones para sostener sus necesidades futuras basado en bosques propios. De estas

necesidades surgen las estrategias de desarrollo y manejo de plantaciones y por ende de la producción de plantas por parte de la empresa.

Novopan produce más de un millón de plantas cada año en su vivero ubicado en la localidad de Itulcachi, siendo las principales especies Pino radiata, Eucalipto, Ciprés y Acacias², así como las nativas Aliso, Cholán y Molle, las mismas que son utilizadas tanto en proyectos de forestación, como en contribuciones a diversas iniciativas de forestación.

Las actividades realizadas para la producción de plantas son:

- Adquisición y Almacenamiento de Semillas.
- Habilitación de Área y Construcción de Infraestructura:
- Siembra y germinación de semillas
- Crecimiento y Desarrollo de Plantas
- Selección de Plantas
- Embalaje y Carguío de Plantas:

2.1.4.2 Forestación

El predio forestal Itulcachi posee una superficie forestal de 600 hectáreas y 200 de conservación de flora y fauna nativa. San José por su parte posee 340 hectáreas de plantaciones. Por otro lado, con el INIAP, la Sociedad Inmojosa, la Sociedad Agropecuaria Amador Arias Andrade y la Hcda. Guagrahuasi, se maneja más de 1600 hectáreas de plantaciones en modalidad de convenios forestales.

Novopan ejecuta un plan de forestación de 500 hectáreas anuales, que está destinado a satisfacer las necesidades futuras de materia prima de la industria, a la par con la provisión de trabajo a familias que aportan a la producción de plantas, establecimiento de plantaciones y manejo de bosques.

2.1.4.3 Manejo silvicultural

Novopan ha basado su abastecimiento de madera en el manejo silvicultural³ de los bosques (podas y raleos comerciales), generando el cambio de la rentabilidad económica de los mismos y el consecuente beneficio de los propietarios, además de mejorar el rendimiento, calidad y precio de las plantaciones de Pino y Eucalipto.

2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL TABLERO AGLOMERADO Y ACTIVIDADES OPERATIVAS INVOLUCRADAS

Novopan contempla varias etapas consecutivas de producción y operación para la fabricación del producto terminado (ver figura 2.8), es decir el aglomerado listo para la distribución, y son las siguientes:

2.2.1 LLEGADA DE MATERIA PRIMA

La materia prima (madera rolliza, curros, lámina, aserrín, viruta y jampa) llega de diferentes lugares, como son: plantaciones, aserraderos y empresas madereras, para posteriormente ser tratada y destinada a la línea de producción.

2.2.2 ALMACENAMIENTO

Toda madera rolliza y curros son almacenados en forma de rumas de 5 metros de altura, la lámina es almacenada en patios de madera, y el aserrín y la viruta son almacenados en un galpón.

2.2.3 MOLIENDA

2.2.3.1 Molienda-Viruteado

Esta etapa consiste en enviar a los molinos Homback⁴ toda madera rolliza, curros y jampa para que sean convertidos en viruta

2.2.3.2 Molienda-Chipeado

En esta etapa del proceso se envía las láminas al molino HRL-600⁵ para que sean convertidas en chips de madera, elemento para la constitución del tablero aglomerado.

El material molido es almacenado en tres silos diferentes 1, 2 y 3, dependiendo de su textura.

2.2.4 SECADO

En la cámara de secado se elimina la humedad de la viruta y los chips de madera almacenada en los silos. El material ingresa a través de una banda transportadora hacia un tambor que receipta el aire caliente de un quemador, éste permite disminuir el porcentaje de humedad hasta dejarlo con un valor entre 1 al 1.5%, siendo así apto para continuar con el proceso de producción.

2.2.5 CLASIFICACIÓN Y TAMIZADO DE LA VIRUTA

Al terminar el proceso de secado, el material más grueso es transportado hacia una zaranda⁶ y el material más fino es llevado hacia una serie de ciclones para ser reclasificado.

El material reclasificado también es transportado hacia la zaranda para unirse con el material que ya se encuentra ahí.

La zaranda clasifica al material en 4 grupos: los grupos 2 (fino) y 3 (grueso) de acuerdo a su tamaño son dirigidos a los silos 5 y 6 respectivamente para ser llevados a producción.

El material del grupo 1 (muy fino) es llevado al silo 4, para ser usado como combustible del quemador que calienta el aire de inyección para secar el material y el material del grupo 4 (muy grueso) es dirigido al clasificador de aire (wind sifter), en donde una parte es desechada y la otra se vuelve a moler. El material resultante se dirige a una zaranda pequeña y los materiales resultantes se dirigen a los silos 4, 5 y 6.

2.2.6 ENCOLADO

Las partículas son extraídas desde los silos 5 y 6 de almacenamiento, son pesadas para posteriormente combinarlas con un pegamento (cola) formado por: resinas formaldehídas, parafina, agua y un catalizador. Una vez que esta mezcla es dosificada y de acuerdo al espesor del tablero es transportada hacia la máquina formadora del colchón.

La preparación del pegamento (cola) se realiza de la siguiente manera:

- Preparación de la emulsión de parafina: consiste en mezclar agua y emulsificante. Se disuelve la parafina y se agitan todos los componentes por un tiempo determinado.
- Preparación de catalizador: consiste en colocar en el tanque de preparación, cloruro de amonio y agua caliente.

- Preparación de cola: consiste en mezclar resina (UF-úrea formaldehído), catalizador, emulsión de parafina y agua.

2.2.7 FORMACIÓN DEL COLCHÓN

La viruta encolada es almacenada en las esparcidoras y es repartida de forma uniforme en las bandas de formación del tablero.

La máquina de formación mide el volumen de las partículas y las dispersa a lo largo y ancho de la línea de formación. Esta disposición esta asistida por medidores de nivel.

El material formado (colchón de tres capas) es llevado por una banda transportadora hacia la pre prensa, en la cual se realiza un prensado en frío.

2.2.8 PRENSADO

Una vez que las capas de partículas han sido distribuidas de manera uniforme, se somete al colchón de material al prensado, dependiendo del espesor requerido (4-6-8-9-12-15-18-25-30-36-40 mm.), con alta temperatura, en donde la resina y la madera, sufren un proceso de polimerización después del cuál quedan firmemente unidos en una sola plancha.

2.2.9 CORTE

El tablero se corta en forma longitudinal (eliminación de bordes) y en forma transversal dependiendo del formato requerido.

2.2.10 ENFRIAMIENTO

El tablero cortado que sale del prensado se encuentra a altas temperaturas y es enfriado con la ayuda de un tambor de reposo.

2.2.11 ALMACENAMIENTO TEMPORAL DEL TABLERO CRUDO

El tablero cortado se encuentra en proceso y es previamente almacenado antes de continuar su acabado.

2.2.12 LIJADO

Mediante esta operación se somete al tablero a la acción sucesiva de 4 lijas para darle la textura requerida.

2.2.13 ALMACENAMIENTO DE TABLERO LIJADO

El tablero lijado es almacenado y puede seguir las siguientes fases según el requerimiento del cliente: corte de tablero según necesidad identificada, enzunchado y despacho inmediato o laminado.

2.2.14 PRODUCTO TERMINADO

2.2.14.1 Corte

El corte de las dimensiones del producto depende de los requerimientos del cliente.

2.2.14.2 Enzunchado

Los tableros para ser comercializados son dispuestos en paquetes de 25 unidades, los mismos que son unidos mediante zunchos quedando listos para su comercialización.

2.2.14.3 Despacho

El producto listo es almacenado en la bodega de producto terminado y es despachado según la orden de compra.

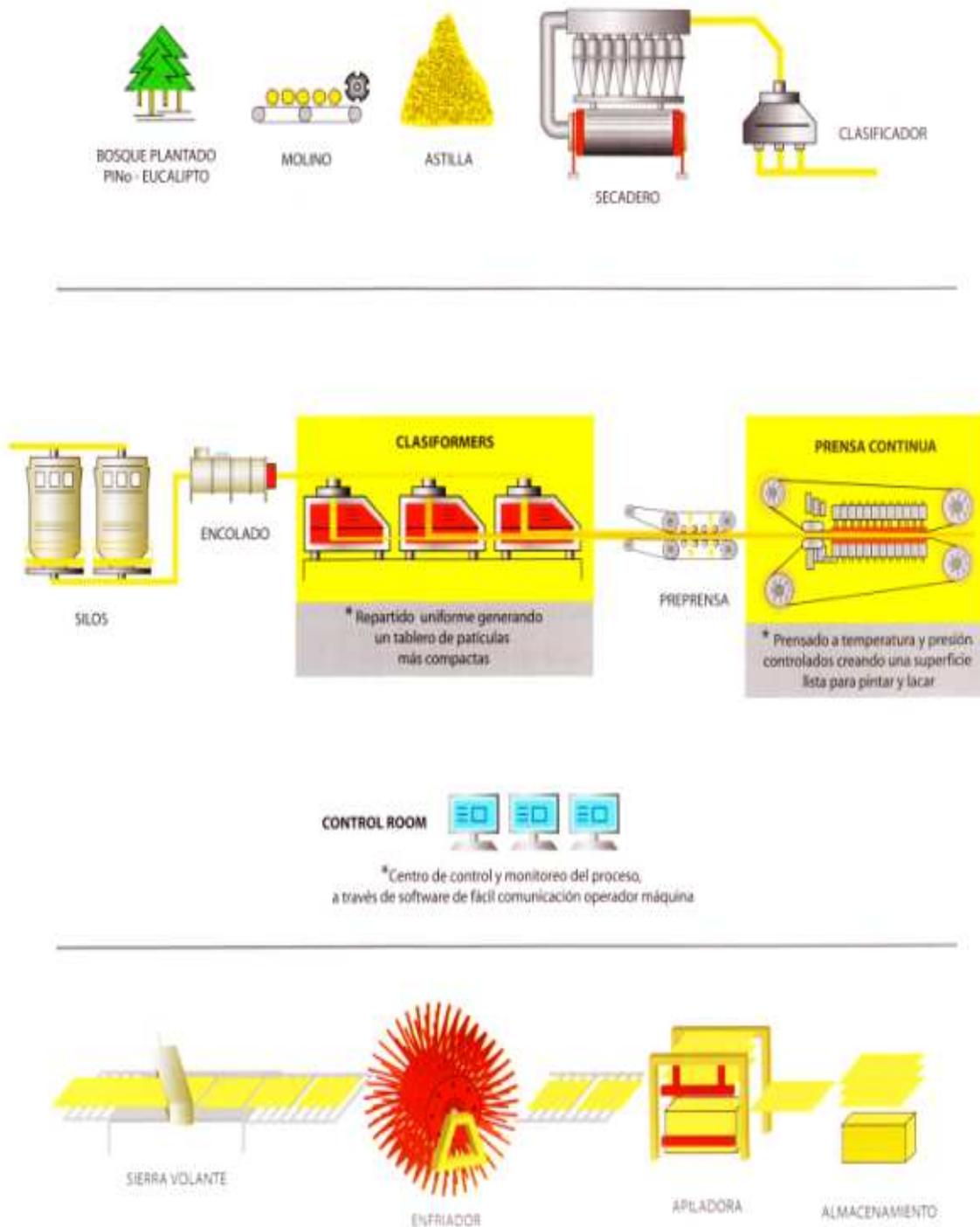
2.2.15 LAMINADO

Este proceso utiliza como materia prima dos elementos: el tablero aglomerado crudo y papel melamínico, tipo KOR y Tipo FOIL⁷.

El proceso consiste en colocar el papel melamínico sobre el tablero para así obtener el tablero laminado.

El papel trae en si una capa de resina melamínica, la cual le permite adherirse al tablero, aplicándole presión y temperatura, mediante una prensa.

FIGURA 2.8 PROCESO DE FABRICACIÓN DEL TABLERO AGLOMERADO



FUENTE: Revista 2009 Novopan del Ecuador S.A.

2.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO DE SECADO DE CHIPS DE MADERA

El tablero MDP es un tablero de partículas de tres capas, dos exteriores finas y una interna gruesa, las partículas de madera (chips) deben pasar por el proceso de secado ya que la humedad que se requiere para la fabricación del tablero debe estar comprendida entre el 1 al 1.5% y el promedio de humedad con el que se recibe la materia prima para la producción está entre el 80 al 100%

El secado de las partículas se realiza en un tambor giratorio (ver figura 2.12). Las partículas entran en el tambor y al mismo tiempo entra aire caliente, por el fenómeno de convección⁸, el aire caliente extrae el agua de las partículas y el aire es expulsado al ambiente. El flujo de aire del proceso es producido por un ventilador radial negativo⁹.

El proceso de secado se compone básicamente por:

1. Quemador: Fuente de generación de calor.

FIGURA 2.9 QUEMADOR DEL SECADERO



2. Sistema de ingreso de partículas

FIGURA 2.10 BANDA TRANSPORTADORA DE LOS CHIPS DE MADERA HACIA EL TAMBOR DEL SECADERO



FIGURA 2.11 CONDUCTO DE INGRESO DE LOS CHIPS DE MADERA HACIA EL TAMBOR DEL SECADERO



3. Tambor giratorio: En el cual se realiza el proceso de secado

FIGURA 2.12 TAMBOR GIRATORIO DEL SECADERO



4. Sistema de ciclones: Sistema en el cual se realiza la clasificación de partículas y aire (ver figura 2.13). Las partículas son enviadas al proceso siguiente y el aire es expulsado al medio ambiente a través de la chimenea.

El aire total expulsado es la suma del aire de combustión, aire requerido por el quemador y el vapor de agua.

FIGURA 2.13 SISTEMA DE CICLONES DEL SECADERO



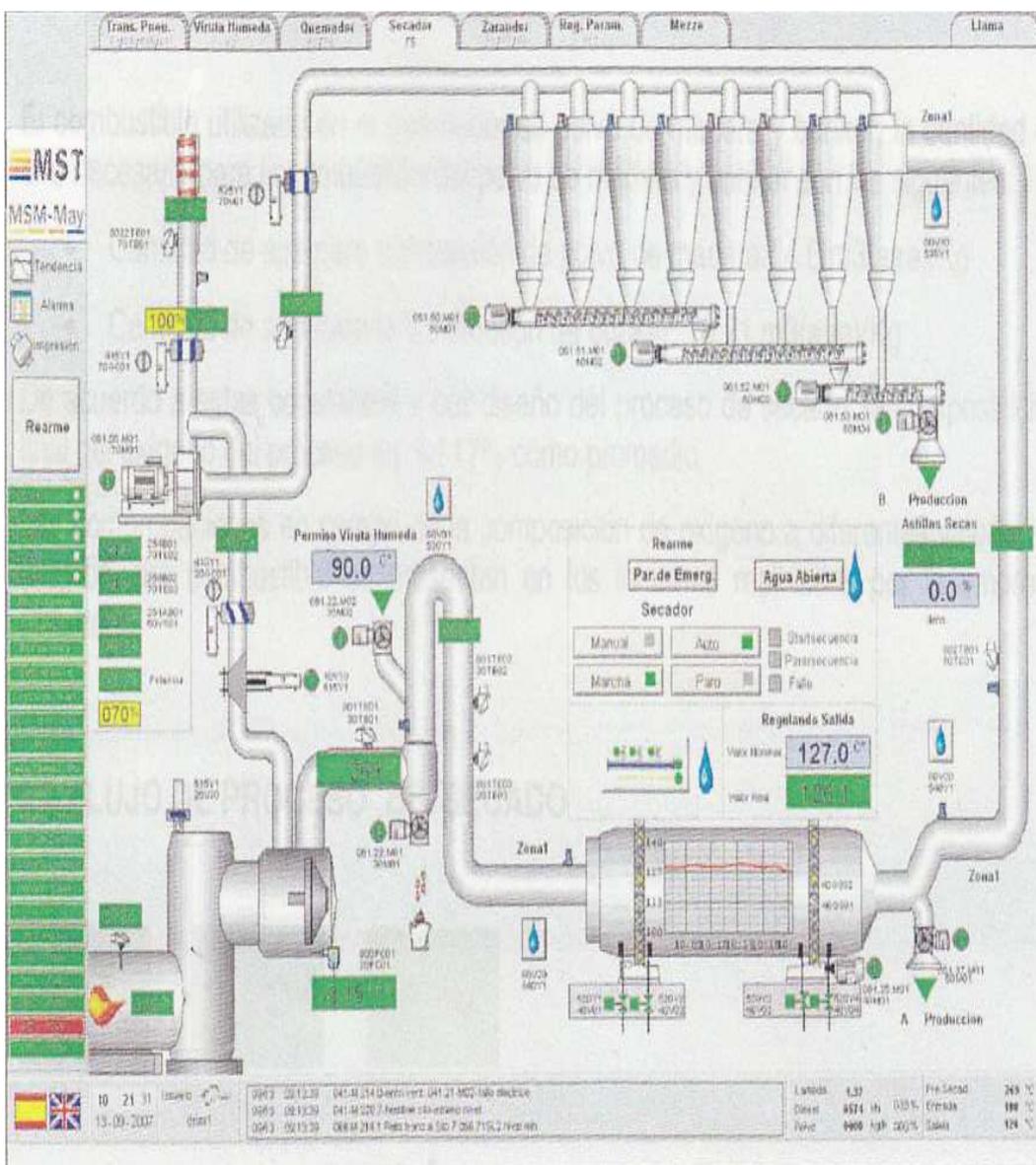
5. Fan principal: Origina la succión en el proceso de secado.

FIGURA 2.14 FAN PRINCIPAL DEL SECADERO



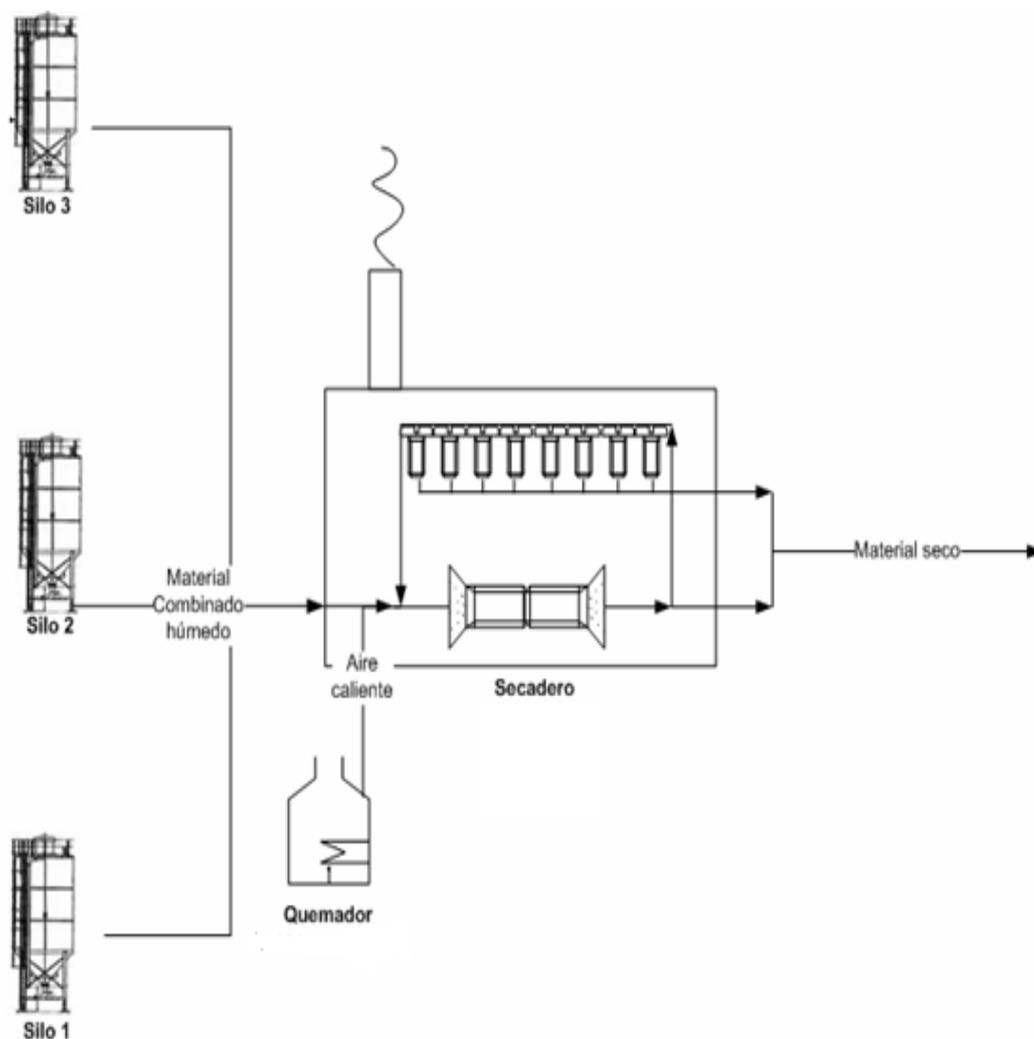
2.2.16 FLUJO DEL PROCESO DE SECADO

FIGURA 2.15 FLUJO DEL PROCESO DE SECADO (PANTALLA DEL CUARTO DE CONTROL DEL SECADERO)



FUENTE: Novopan del Ecuador S.A. (Cuarto de control del secadero)

FIGURA 2.16 DIAGRAMA DEL PROCESO DE SECADO



FUENTE: Novopan del Ecuador S.A.

CAPÍTULO 3

PROCESO DE SECADO

3.1 INTRODUCCIÓN

La madera al ser higroscópica¹ y sensible a los cambios de humedad presenta defectos dependiendo de sus aplicaciones y usos. Por esta razón hay que modificar sus condiciones o cualidades, para conseguir estabilizar su contenido higroscópico.

Para la elaboración del tablero aglomerado es necesario que los chips de madera, que es la materia prima con la que se los fabrica, se encuentren con un contenido de humedad ideal para la producción con valores entre el 1 al 1.5%.

Novopan del Ecuador S.A. para alcanzar este objetivo cuenta con una cámara de secado automático. En este lugar los chips de madera se exponen a un control riguroso de temperatura, velocidad del aire y humedad relativa ambiente, que son los tres factores que permiten obtener la materia prima seca.

3.2 DESCRIPCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO DE SECADO

3.2.1 DESCRIPCIÓN

El proceso de secado se realiza con un equipo de secado de calentamiento directo, es decir donde los chips de madera y los gases calientes están en contacto.

El proceso de secado se compone principalmente por (ver figura 3.1):

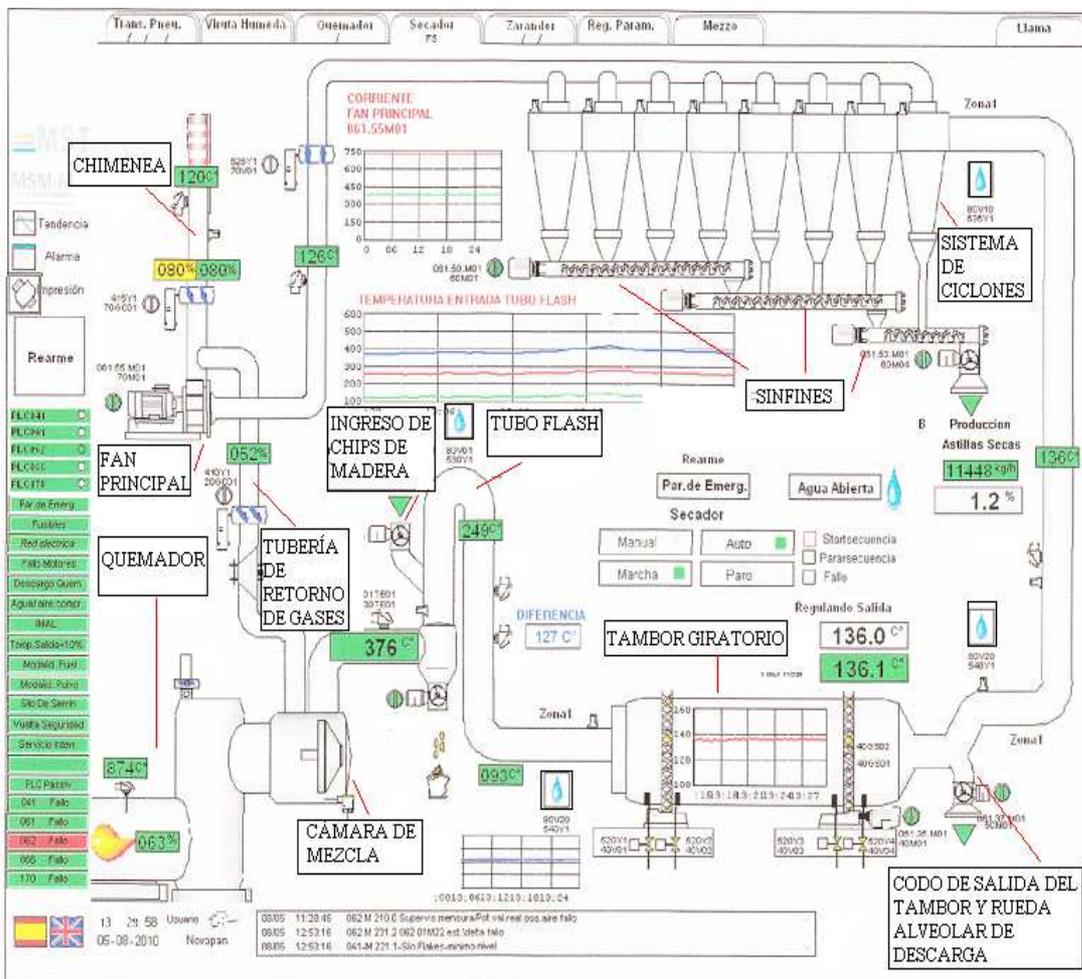
- Sistema de ingreso de partículas.
- Tambor giratorio de 4.4 m. de diámetro y 18 m de largo: En el cual se realiza el proceso de secado.
- Sistema de ciclones: En el cual se realiza la clasificación de partículas y aire.
- Fan principal o ventilador radial: Que produce la succión de aire en el sistema.
- Quemador: Que es la fuente de generación de calor para el secado de chips de madera.

Adicionalmente está compuesto por:

- Una cámara de mezcla, para la mezcla de los gases calientes con los gases de retorno, con un cono para cerrar la cámara de combustión.

- Un tubo flash con rueda alveolar² de alimentación de material húmedo y rueda alveolar de descarga de material grueso.
- Un codo de salida del tambor con rueda alveolar de descarga.
- Sistema de captación de chips de madera con la tubería de aspiración de gases, un colector de entrada de los ciclones, ocho ciclones y tolvas³, con tres sinfines⁴ para la recogida del material y con el colector de salida de los ciclones.
- Una tubería de retorno de gases y chimenea con una mariposa⁵ en cada conducto.
- Equipo contra incendios, compuesto por válvulas y aspersores de agua en la entrada y salida del tambor, en el grupo de ciclones y chimenea y en la entrada del tubo flash.

FIGURA 3.1 COMPONENTES DEL PROCESO DE SECADO (PANTALLA DEL CUARTO DE CONTROL DEL SECADERO)



FUENTE: Novopan del Ecuador S.A. (Cuarto de control del secadero)

3.2.2 FUNCIONAMIENTO

3.2.2.1 Fan principal

Es un ventilador que se encarga de extraer los gases que se desprenden del proceso y también ayuda al flujo del material, al mismo tiempo que colabora con la circulación del aire caliente proveniente del quemador por todo el sistema (ver figuras 3.2 y 3.3)

FIGURA 3.2 FAN PRINCIPAL DEL PROCESO DE SECADO



FIGURA 3.3 MOTOR DEL FAN PRINCIPAL DEL PROCESO DE SECADO



3.2.2.2 Quemador

El quemador (ver figuras 3.4, 3.5, 3.6 y 3.9) es el encargado de producir el aire caliente para el secado del material. La llama generada por un electrodo⁶ se aviva con la inyección de bunker, el mismo que es enviado desde tanques de reserva con la ayuda de bombas que funcionan de manera alternada. Para disminuir el consumo de bunker se utiliza polvo de madera procedente de un silo que recopila los residuos del proceso de lijado (ver figura 3.7).

FIGURA 3.4 LLAMA DE LA CÁMARA DE COMBUSTIÓN DEL QUEMADOR



FIGURA 3.5 CÁMARA DE COMBUSTIÓN



FIGURA 3.6 CÁMARA DE COMBUSTIÓN



FIGURA 3.7 SILO 4 EN DONDE SE ALMACENA EL POLVO DE MADERA PARA SU POSTERIOR UTILIZACIÓN COMO COMBUSTIBLE

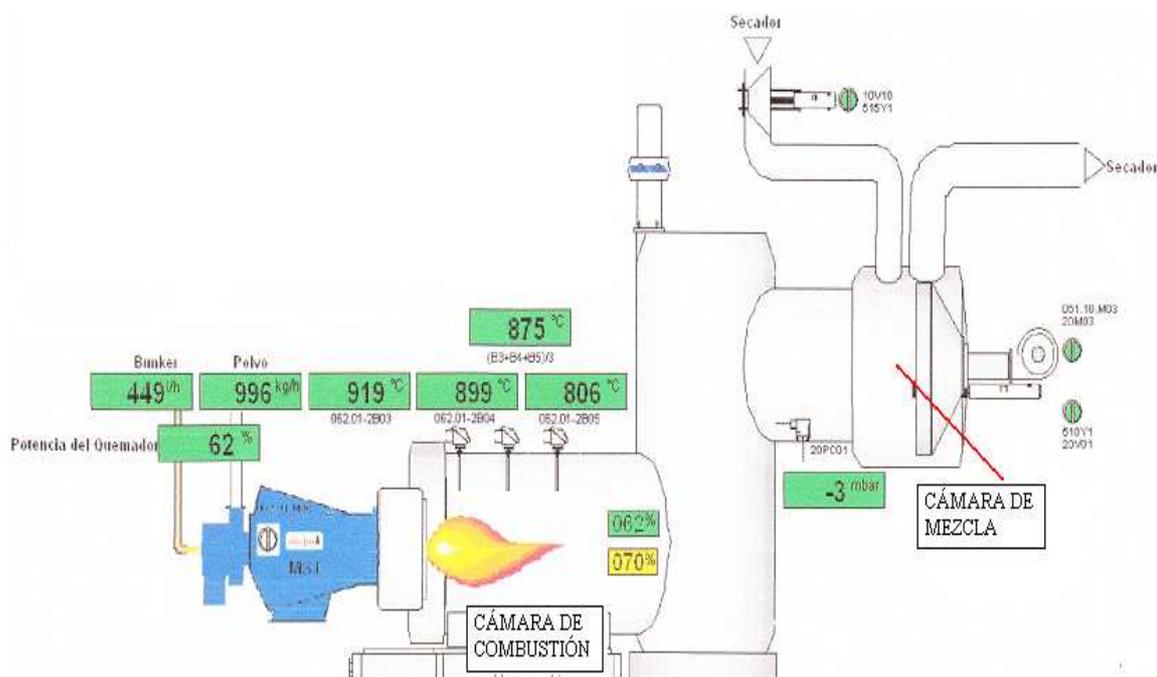


Solo en casos extremos se utiliza diesel en lugar de bunker (ver figura 3.8). Si no existe suficiente cantidad de polvo, se trabaja únicamente con bunker.

FIGURA 3.8 TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE BUNKER Y DIESEL



FIGURA 3.9 COMPONENTES DEL QUEMADOR (PANTALLA DEL CUARTO DE CONTROL DEL SECADERO)



FUENTE: Novopan del Ecuador S.A. (Cuarto de control del secadero)

Los gases calientes procedentes de la cámara de combustión del quemador entran en la cámara de mezcla, donde se combinan con gases de retorno del secadero para conseguir una temperatura de aproximadamente 450 °C.

Una vez homogeneizados, los gases entran en la parte inferior del tubo flash y en el tubo ascendente se alimenta el material húmedo.

3.2.2.3 Sistema de ingreso de partículas

El material húmedo (chips de madera) recolectado en los silos 1, 2 y 3 (ver figura 3.10 y 3.16) es descargado hacia una banda transportadora (ver figuras 3.11, 3.12 y 3.16), la misma que lo dirige hacia el tubo flash (ver figuras 3.13, 3.14, 3.15 y 3.16).

FIGURA 3.10 SILOS EN DONDE SE ALMACENA LA MATERIA PRIMA HÚMEDA



FIGURA 3.11 DESCARGA DE MATERIAL HÚMEDO DESDE LOS SILOS HACIA LA BANDA TRANSPORTADORA



FIGURA 3.12 DESCARGA DE MATERIAL HÚMEDO DESDE LOS SILOS HACIA LA BANDA TRANSPORTADORA



**FIGURA 3.13 TRANSPORTE DE MATERIAL HÚMEDO DESDE LOS SILOS
HACIA EL TUBO FLASH DEL SECADERO**



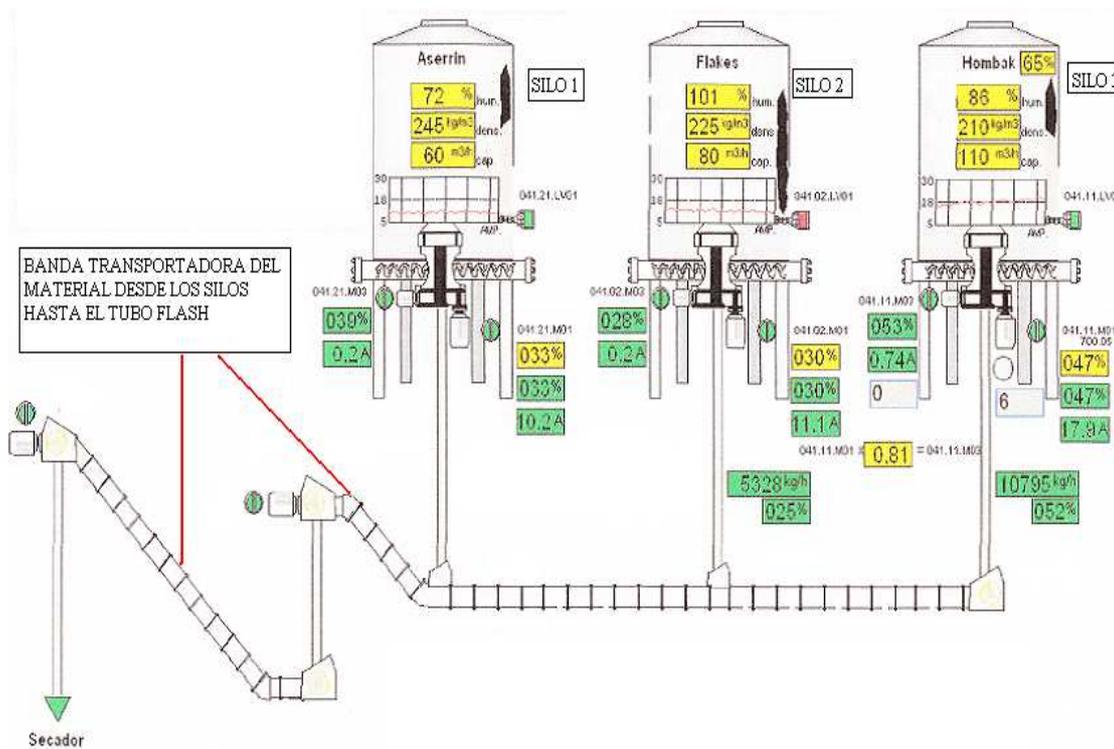
**FIGURA 3.14 TRANSPORTE DE MATERIAL HÚMEDO DESDE LOS SILOS
HACIA EL TUBO FLASH DEL SECADERO**



FIGURA 3.15 BANDA TRANSPORTADORA DE MATERIAL QUE SALE DESDE EL SILO 1 HACIA EL TUBO FLASH DEL SECADERO



FIGURA 3.16 SILOS Y BANDA TRANSPORTADORA (PANTALLA DEL CUARTO DE CONTROL DEL SECADERO)



FUENTE: Novopan del Ecuador S.A. (Cuarto de control del secadero)

El flujo de gas ascendente clasifica el material alimentado. El material grueso y las partículas extrañas (piedras, piezas metálicas, trozos grandes de madera, etc.), cuya densidad presenta un valor promedio de 367 kg/m^3 , caen y son descargadas a través de la rueda alveolar en la parte inferior del tubo flash (ver figuras 3.17, 3.18 y 3.19). Lo chips son elevados y se dirigen hacia el interior del tambor de secado.

FIGURA 3.17 DESCARGA DE MATERIAL GRUESO DESDE EL TUBO FLASH DEL SECADERO



FIGURA 3.18 DESCARGA DE MATERIAL GRUESO DESDE EL TUBO FLASH DEL SECADERO



FIGURA 3.19 MATERIAL DE DESECHO DESCARGADO DESDE EL TUBO FLASH DEL SECADERO



3.2.2.4 Tambor de secado

El flujo de gases transporta el material a través del tambor (ver figura 3.20), el cual posee una serie de aspas las cuales tienen la función de demorar el paso de material para que disponga de mayor tiempo para ser secado. Adicionalmente y debido al cambio de las secciones libres se consigue una clasificación de los chips a lo largo del recorrido del tambor. El giro del tambor eleva el material y evita la formación de depósitos de chips de madera, es decir facilita el flujo de material.

FIGURA 3.20 TAMBOR DE SECADO

Al final del tambor las partículas con humedades que van desde 1 al 1.5% pasan al codo salida donde se precipitan aproximadamente el 65% (ver figuras 3.21, 3.22 y 3.23), cuya densidad promedio presenta un valor de 261 kg/m^3 , y son destinadas a producción.

FIGURA 3.21 CODO SALIDA DEL TAMBOR

FIGURA 3.22 MATERIAL DESCARGADO DESDE EL TAMBOR HACIA EL PROCESO DE PRODUCCIÓN



FIGURA 3.23 MATERIAL DESCARGADO DESDE EL TAMBOR HACIA EL PROCESO DE PRODUCCIÓN



3.2.2.5 Sistema de ciclones

El 35% restante de chips son succionados (ver figura 3.25) por el ventilador hacia la captación de donde el grupo de ciclones separa aproximadamente el 99% del material (ver figura 3.24).

FIGURA 3.24 TUBO DE SUCCIÓN DE MATERIAL HACIA EL GRUPO DE CICLONES



FIGURA 3.25 TUBO DE SUCCIÓN DE MATERIAL HACIA EL GRUPO DE CICLONES



Los chips que son aspirados, salen de la instalación a través de los sinfines y de la rueda alveolar situados debajo del grupo de ciclones (ver figura 3.26) y se incorporan al proceso (ver figura 3.27) presentando una densidad promedio de 261 kg/m³.

FIGURA 3.26 SINFINES DEL GRUPO DE CICLONES



FIGURA 3.27 REINCORPORACIÓN DEL MATERIAL DESDE LOS CICLONES AL PROCESO



Parte de los gases se reutilizan para la homogeneización de los gases calientes, el resto sale a la atmosfera a través de la chimenea del secadero (ver figura 3.28).

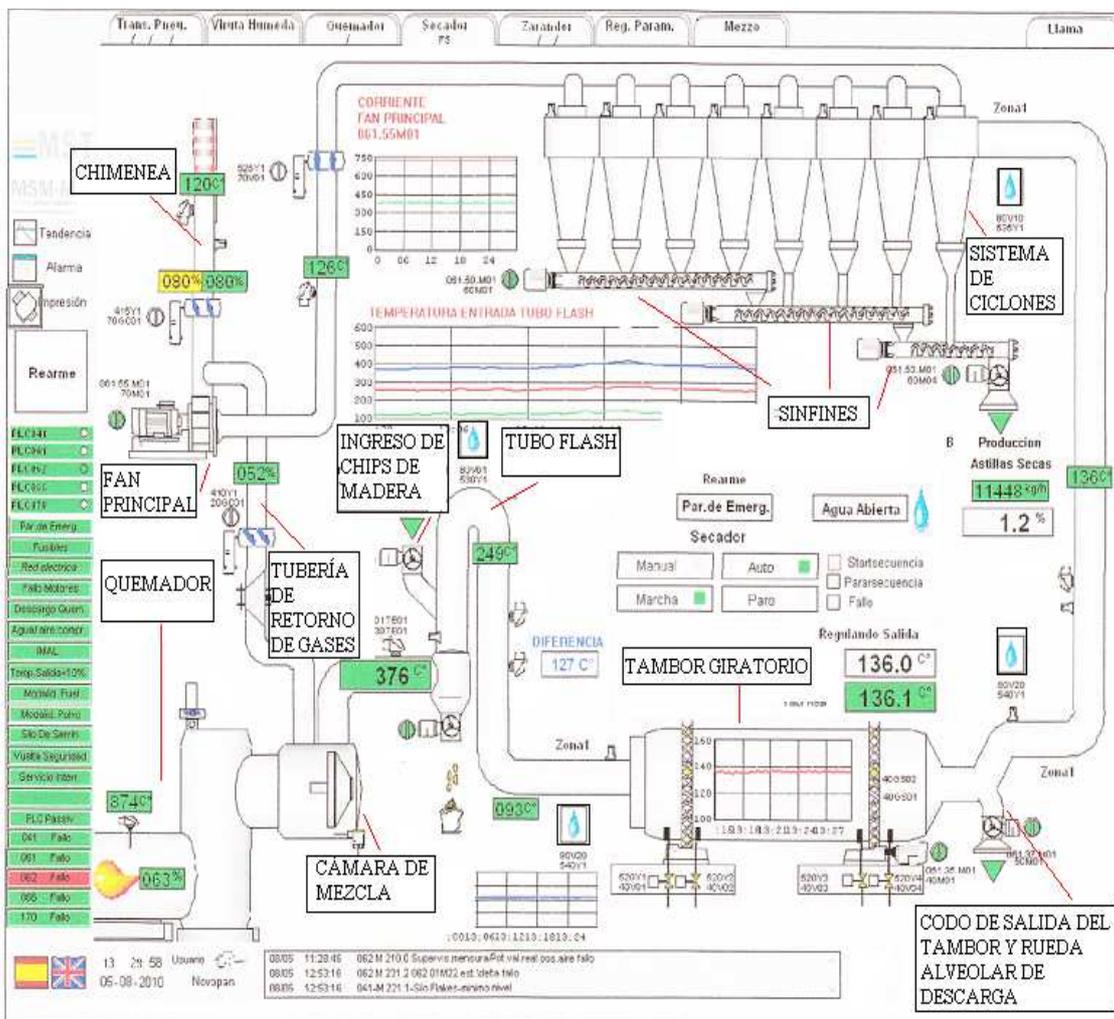
FIGURA 3.28 CHIMENEA DEL SECADERO



3.2.2.6 Sistema contra incendios

En caso de que en el proceso de secado se originen sobre temperaturas, se cuenta con sensores térmicos y válvulas automáticas de agua en la entrada y salida del tambor, en el grupo de ciclones y chimenea, y en la entrada del tubo flash, lo que disminuye considerablemente el riesgo de incendio (ver figura 3.29)

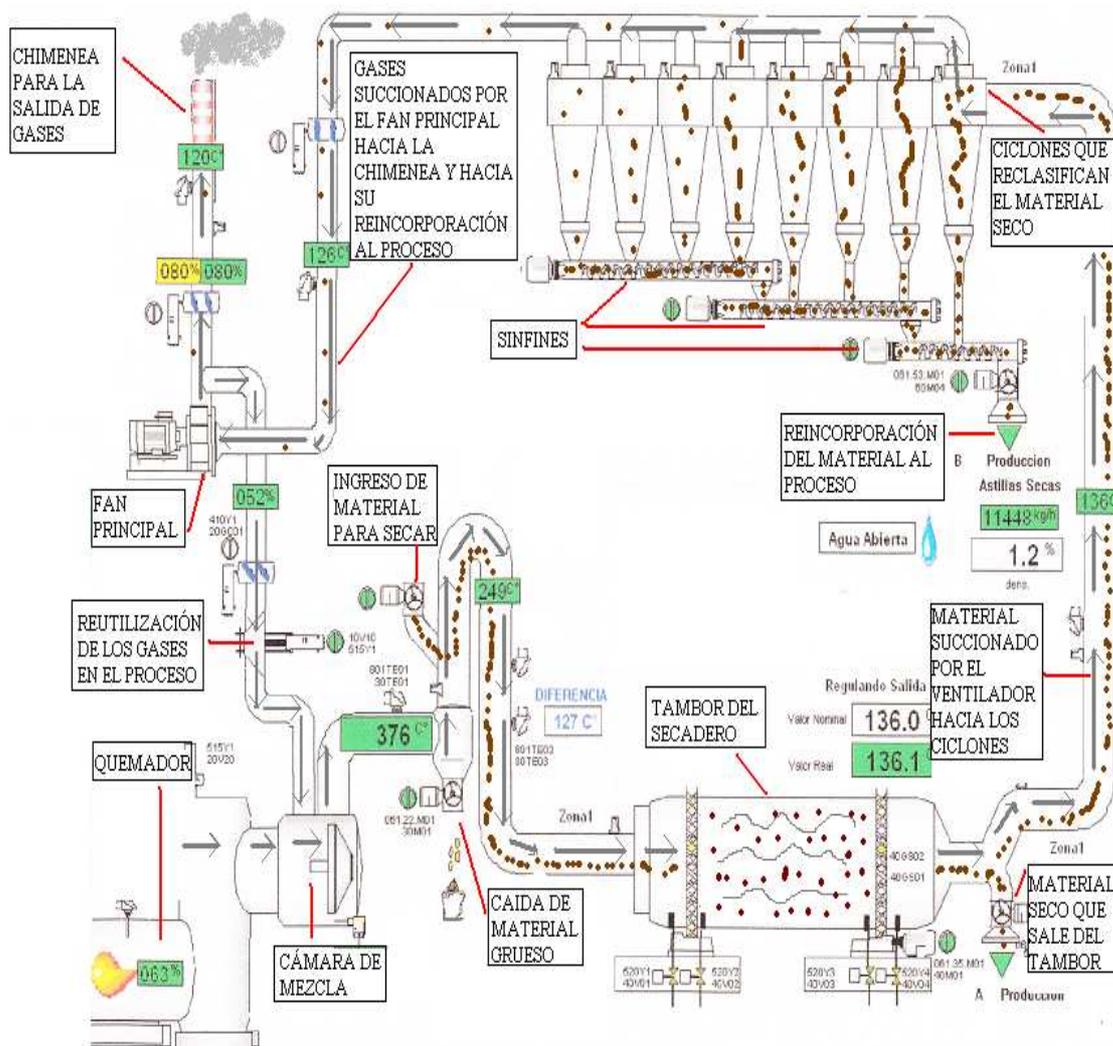
FIGURA 3.29 PARTES DEL PROCESO DE SECADO (PANTALLA DEL CUARTO DE CONTROL DEL SECADERO)



FUENTE: Novopan del Ecuador S.A. (Cuarto de control del secadero)

En la figura 3.30 se detallan las partes y el funcionamiento del proceso de secado:

**FIGURA 3.30 PARTES Y FUNCIONAMIENTO DEL PROCESO DE SECADO
(PANTALLA DEL CUARTO DE CONTROL DEL SECADERO)**



FUENTE: Novopan del Ecuador S.A. (Cuarto de control del secadero)

3.3 ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES OPERACIONALES EN EL PROCESO DE SECADO

3.3.1 VARIABLES OPERACIONALES DEL PROCESO DE SECADO

El funcionamiento del secadero es automático pero posee factores que deben ser controlados para eliminar o neutralizar cualquier efecto negativo que se pueda presentar en el proceso. Estas variables a considerar son las siguientes:

3.3.1.1 Temperatura

- Temperatura de calentamiento del bunker para usarlo como combustible.
- Temperatura de la cámara de combustión.
- Temperatura a la entrada del tubo flash.
- Temperatura a la entrada y a la salida del tambor.

3.3.1.2 Humedad y densidad

- Humedad y densidad del material descargado desde los silos.
- Humedad del material a la salida del tambor.

3.3.1.3 Descarga de material

- Caudal del material descargado desde los silos.

3.3.1.4 Otras

- Potencia del quemador.
- Mezcla de combustibles en el quemador.
- Cantidad de combustible proporcionado al quemador.
- Potencia del fan principal del secadero.

3.3.2 ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES OPERACIONALES

El secadero de madera opera dentro de rangos operacionales definidos que presentan limitaciones, por lo tanto es necesario manejar las mejores condiciones al momento de ponerlo en funcionamiento.

Para establecer las condiciones de secado adecuadas se ha realizado un análisis de temperatura, humedad, descarga de material y otras que se requieren según las características de la materia prima y el producto final.

3.3.2.1 Temperatura

Temperatura de calentamiento del bunker antes de ser utilizado como combustible.

El bunker es un combustible residual que se usa en aplicaciones donde el consumo de energía es importante.

Suele contener una presencia importante de asfaltenos⁷, los cuales hacen indispensable su calentamiento antes de utilizarlo como combustible, ya que de esta manera aumenta su fluidez y disminuye su viscosidad.

Este proceso es indispensable ya que el bunker es el combustible primordial utilizado en la cámara de combustión para generar el calor en el proceso de secado.

La temperatura de calentamiento del bunker (ver figura 3.33) debe presentar un valor mínimo de 110 °C, llegando hasta valores de 130 °C según la potencia requerida en el quemador. Regularmente se lo calienta a 125 °C.

Temperatura de la cámara de combustión.

El valor de temperatura en la cámara de combustión depende de la potencia del quemador requerida, es decir a mayor potencia requerida mayor temperatura en la cámara de combustión.

Usualmente se opera con una temperatura promedio que alcanza los 850 °C, pero el valor máximo permitido para la operación es de 1000°C (ver figuras 3.33 y 3.34).

La temperatura es monitoreada ya que la cámara de combustión cuenta con tres termocuplas⁸ (ver figura 3.33), que son las indicadoras de la temperatura interna

Temperatura a la entrada del tubo flash.

La temperatura a la entrada del tubo flash es regulada de acuerdo a la humedad del material que se va a secar y al material seco. Si el material presenta humedades altas, entonces esta temperatura también debe ser alta. Se opera con temperaturas que van de los 350 a los 450 °C (ver figura 3.32).

Este valor ayuda al control para la prevención de incendios cuando la temperatura del quemador es muy elevada. Cuando alcanza los 500 °C se presentan problemas de operación y se pueden generar incendios.

Temperatura a la entrada y a la salida del tambor.

Estas temperaturas deben ser operadas de acuerdo a la humedad del material, tanto entrante como de salida. Si la humedad de los chips de madera a la salida del tambor no se encuentra entre el rango de 1 a 1.5%, que es lo ideal para la producción de tableros, se varían los valores de temperatura. Si se requiere material menos húmedo se debe aumentar la temperatura a la salida del tambor, resaltando que se operan con valores que van de los 125 a los 135 °C (ver figura 3.32).

La temperatura a la entrada del tambor puede tener un valor máximo de 360 °C, pero el funcionamiento del secadero se realiza con temperaturas que van desde los 250 a los 300 °C (ver figura 3.32)

3.3.2.2 Humedad y densidad

Humedad y densidad del material descargado desde los silos.

La humedad del material descargado desde los silos es controlada para poder manejar las temperaturas involucradas en el proceso. La humedad del material disponible para la producción oscila entre el 60 al 100 % (ver figura 3.31).

El control de la densidad ayuda a manejar la cantidad de material seco que va a producción según el tipo de tablero que se va a generar (ver cuadro 3.1).

CUADRO 3.1 DEMANDA DE MATERIAL SEGÚN EL ESPESOR DE TABLEROS FABRICADOS

DEMANDA DE MATERIAL (kg/h) Y VELOCIDAD DE LA PRENSA (m/min) SEGÚN EL RENDIMIENTO Y EL ESPESOR DE TABLEROS FABRICADOS													
		ESPESOR											
		6		9		12		15		18		25	
RENDIMIENTO		kg/h	m/min	kg/h	m/min	kg/h	m/min	kg/h	m/min	kg/h	m/min	kg/h	m/min
	95		9042	14.5	9391	11.1	9874	9.0	11079	8.3	10685	6.8	8999
100		9518	15.3	9885	11.7	10394	9.5	11662	8.7	11247	7.2	9473	4.8
105		9994	16.1	10379	12.3	10914	10.0	12245	9.1	11809	7.6	9947	5.0
110		10470	16.8	10874	12.9	11433	10.5	12828	9.6	12372	7.9	10420	5.3
115		10946	17.6	11368	13.5	11953	10.9	13411	10.0	12934	8.3	10894	5.5
120		11422	18.4	11862	14.0	12473	11.4	13994	10.4	13496	8.6	11368	5.8
125		11898	19.1	12356	14.5	12993	11.9	14578	10.9	14059	9.0	11841	6.0

FUENTE: Novopan del Ecuador S.A.

Humedad del material a la salida del tambor

La humedad del material a la salida del tambor del secadero (ver figura 3.32) es un indicador de que el proceso se esté llevando a cabo adecuadamente.

Si la humedad del material a la salida del tambor no está entre el rango del 1 al 1.5% se debe variar las temperaturas involucradas en el proceso, la más importante es la temperatura a la salida del tambor de secado.

3.3.2.3 Descarga de material

Se debe ajustar la descarga de viruta húmeda deseada en función del tipo de tablero que se desea producir (ver cuadro 3.2 y figura 3.31).

CUADRO 3.2 DESCARGA DE MATERIAL HÚMEDO DESDE LOS SILOS SEGÚN EL ESPESOR DEL TABLERO

RECOMENDACIÓN DE DESCARGA DE MATERIAL HÚMEDO DESDE LOS SILOS SEGÚN EL ESPESOR DEL TABLERO			
TABLERO (mm)	SILO # 1 (%)	SILO # 2 (%)	SILO # 3 (%)
4	48	20	32
6	48	20	32
9	48	20	32
12	38	20	42
15	38	20	42
18	38	20	42
25	38	20	42
30	38	20	42

FUENTE: Novopan del Ecuador S.A.

3.3.2.4 Otras

Potencia del quemador

La potencia del quemador (ver figura 3.33) se regula de acuerdo a la humedad del material que sale desde los silos, si el material sale con valores altos de humedad la potencia del quemador debe ser alta para lograr que el material sea secado hasta los valores requeridos. Se trabaja con valores de aproximadamente el 75 %.

Mezcla de combustibles en el quemador

La mezcla, por lo general, más utilizada como combustible en el quemador es polvo y bunker en una relación de 3 a 1 (ver figura 3.34).

Esta mezcla depende de la potencia que el quemador deba proporcionar. Ya que hay que tener en cuenta que el poder calorífico del bunker es mayor que el poder calorífico del polvo de madera, es así que si la cantidad de polvo utilizada es mayor que la de bunker la potencia del quemador disminuye pero no considerablemente.

Cantidad de combustible proporcionado al quemador

La cantidad de combustible empleado en el quemador (ver figura 3.33) depende de la potencia que se requiere para secar el material.

Potencia del fan principal del secadero

El fan principal es el que origina la succión de aire en el sistema de secado. La potencia generada depende de la descarga de material desde los silos de almacenamiento de chips de madera y en consecuencia del tipo de tablero que se va a producir.

Si se va a producir tableros de poco espesor 4, 6, 8, 9 o 12 mm se trabaja con potencias del 68 al 70% aproximadamente. De lo contrario si la producción apunta a tableros de mayor espesor como son de 15, 18, 25, 30, 36 o 40 mm se opera con potencias del 75 al 78% (ver figura 3.32).

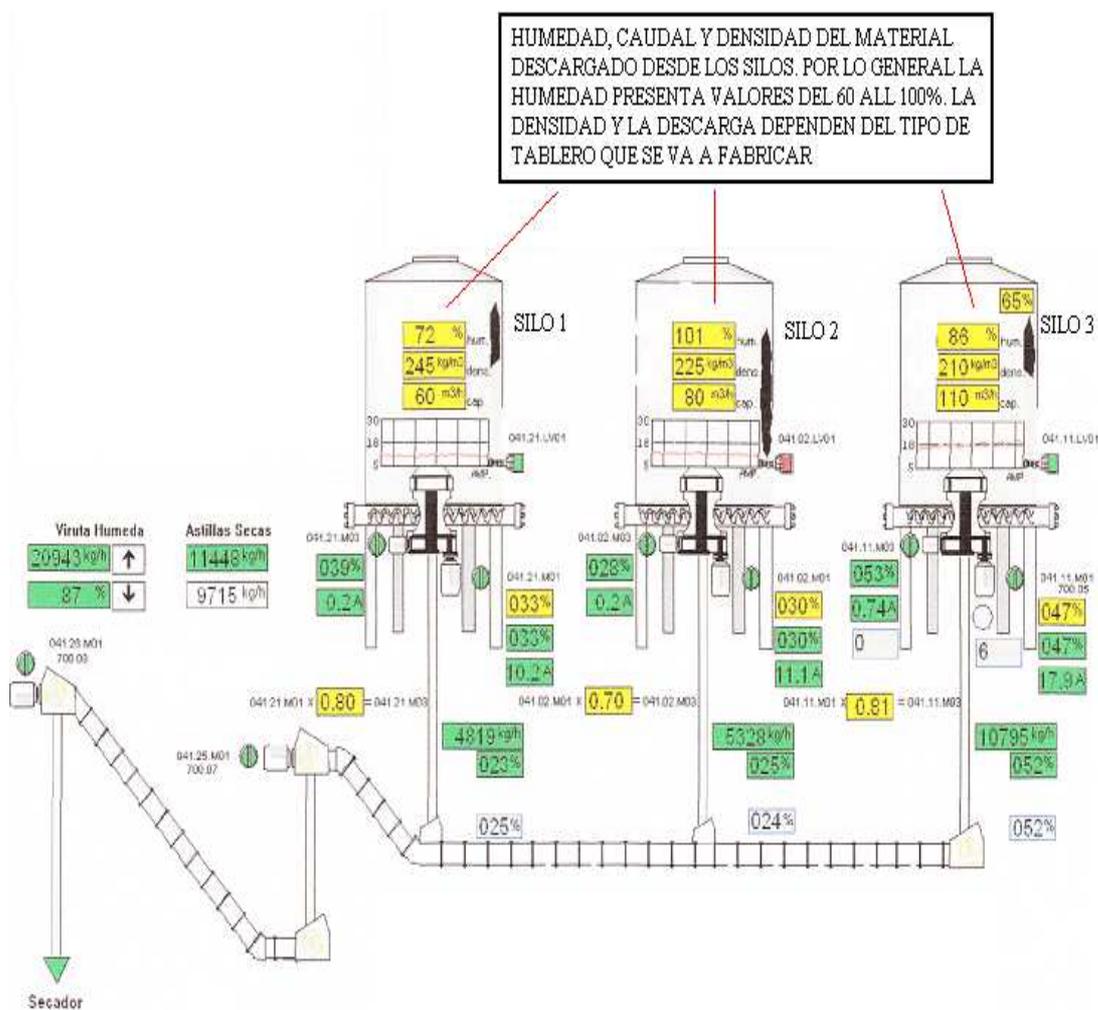
Depresión del quemador

Este valor ayuda a mantener las condiciones estables en el quemador para mantener una llama uniforme.

Los valores de operación varían de entre -2.5 a -3.5 mbar (ver figura 3.32).

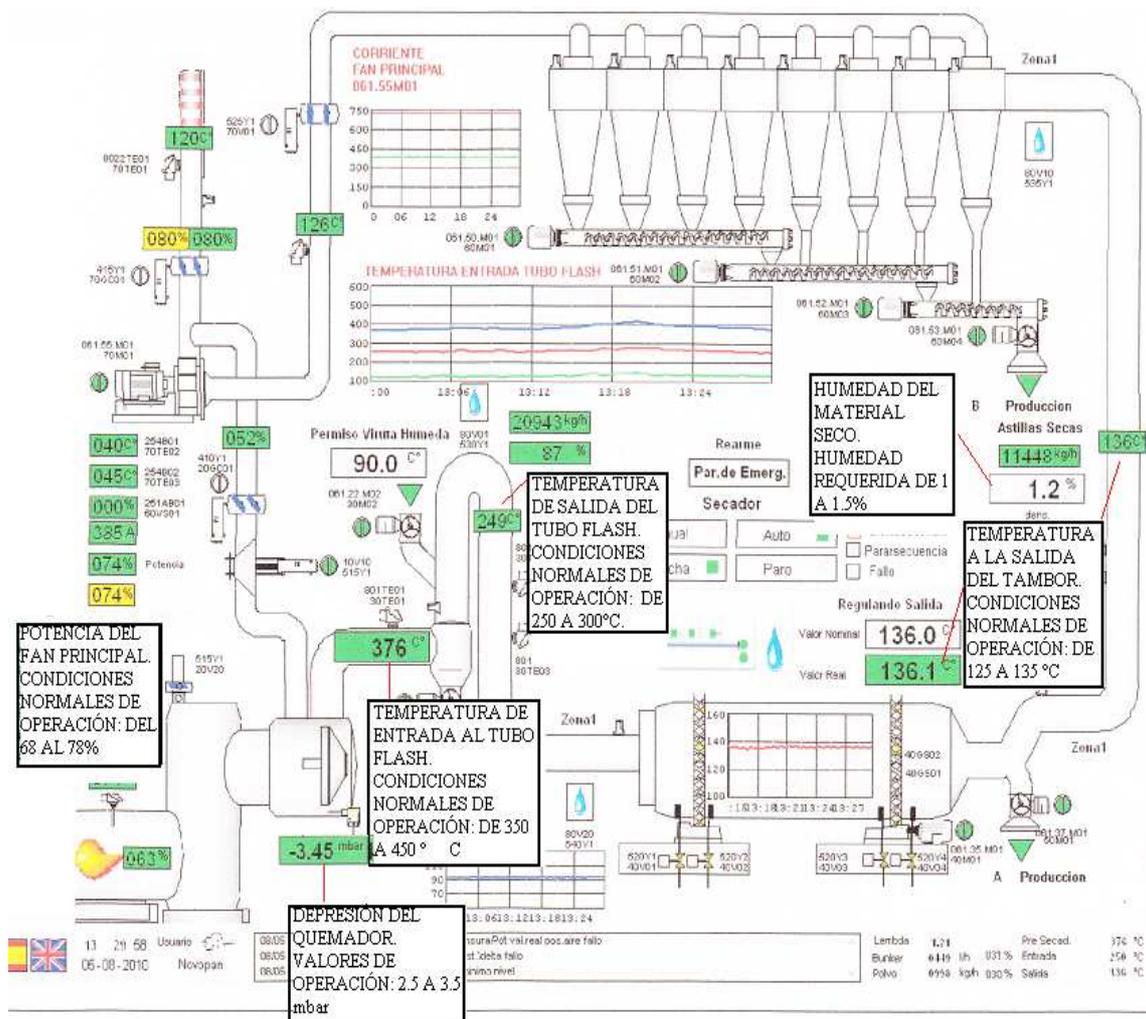
En el anexo 2 se presenta la hoja de reporte del secadero, en la cual se registran los valores de las variables mencionadas anteriormente, en cada turno de trabajo realizado por los operadores del proceso de secado.

FIGURA 3.31 CONDICIONES OPERACIONALES DE HUMEDAD, DESCARGA Y DENSIDAD DEL MATERIAL (PANTALLA DEL CUARTO DE CONTROL DEL SECADERO)



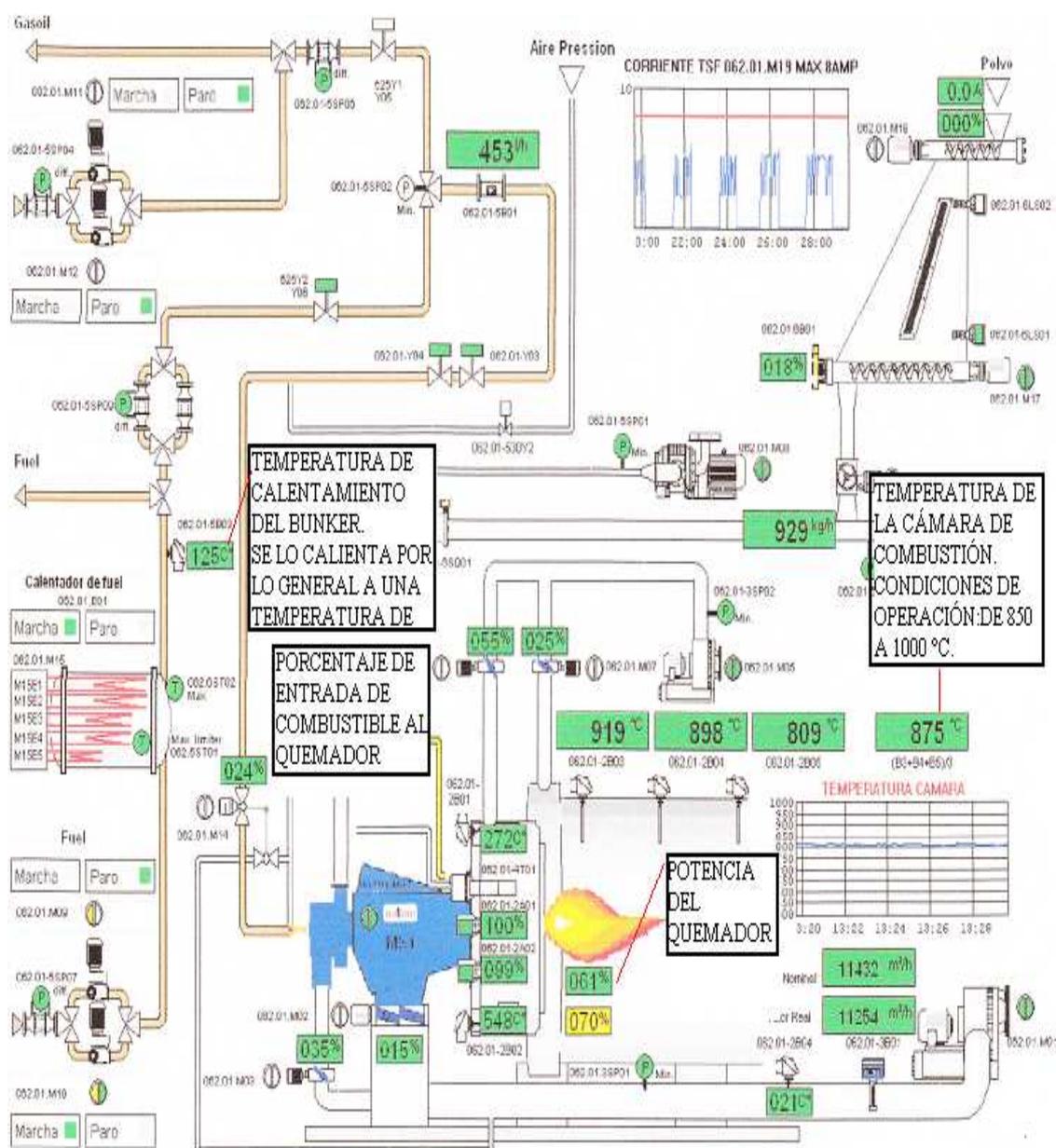
FUENTE: Novopan del Ecuador S.A. (Cuarto de control del secadero)

FIGURA 3.32 CONDICIONES OPERACIONALES DEL PROCESO DE SECADO (PANTALLA DEL CUARTO DE CONTROL DEL SECADERO)



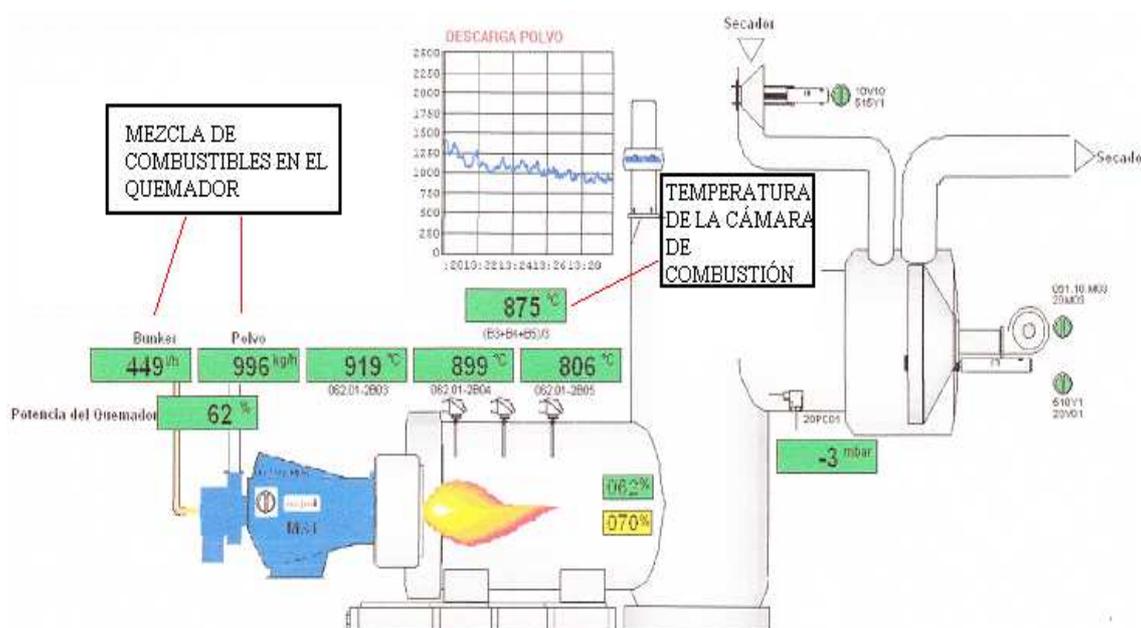
FUENTE: Novopan del Ecuador S.A. (Cuarto de control del secadero)

FIGURA 3.33 CONDICIONES OPERACIONALES DEL QUEMADOR (PANTALLA DEL CUARTO DE CONTROL DEL SECADERO)



FUENTE: Novopan del Ecuador S.A. (Cuarto de control del secadero)

FIGURA 3.34 CONDICIONES OPERACIONALES DEL QUEMADOR (PANTALLA DEL CUARTO DE CONTROL DEL SECADERO)



FUENTE: Novopan del Ecuador S.A. (Cuarto de control del secadero)

3.4 SUSTANCIAS CONTAMINANTES, RESIDUOS Y DESECHOS GENERADOS EN EL PROCESO DE SECADO

Toda organización, empresa o actividad industrial impacta al medio ambiente a través de sus actividades, productos o servicios. Esto incluye no sólo la extracción y explotación de los recursos naturales que el ambiente provee, sino la eliminación al mismo de aquellos residuos o desechos que resultan de tales actividades y que, dependiendo de las condiciones y lugares en que sean eliminados, pueden ocasionar un mayor o menor grado de daño o impacto ambiental.

La actividad industrial que se desarrolla en el país, constituye una importante fuente de contaminación, debido a que sus residuos son evacuados directa o indirectamente al medio ambiente, en algunos casos sin ningún tipo de tratamiento, o en otros con tratamientos deficientes o insuficientes, ocasionando con ello consecuencias o daños graves al medio ambiente.

Novopan del Ecuador S.A. es una empresa con un alto interés por reducir al máximo los impactos ambientales adversos relacionados con todos sus procesos de producción, es así que la generación de sustancias contaminantes y residuos durante el proceso de secado es mínima y se la resume en el cuadro 3.3:

**CUADRO 3.3 RESIDUOS, DESECHOS Y SUSTANCIAS CONTAMINANTES
GENERADOS EN EL PROCESO DE SECADO**

RESIDUOS Y DESECHOS	SUSTANCIAS CONTAMINANTES
Cartón y plástico (100 kg/mes)	Emisiones a la atmósfera
Astillas y desechos de madera (2560 kg/mes)	
Madera del proceso (cortezas, láminas contaminadas)	
Aceites y lubricantes usados (100 galones/mes)	
Residuos de la cámara de combustión (1600 kg/mes)	

FUENTE: Novopan del Ecuador S.A. (Cuarto de control del secadero)

3.4.1 GESTIÓN AMBIENTAL

Novopan del Ecuador S.A. se encuentra sujeta al cumplimiento de la Ordenanza 213 de la Secretaría Ambiental del Distrito Metropolitano de Quito, que regula la gestión integral de los residuos en las industrias, además de las emisiones de sustancias

contaminantes hacia el ambiente. Es así que la empresa se encarga de la gestión de los residuos y de la regulación de las sustancias contaminantes generadas en el proceso de secado.

El cartón y los plásticos son residuos reciclables que están presentes de forma mínima en el proceso de secado. Proviene principalmente del embalaje de repuestos, herramientas o materiales que se obtienen para el mantenimiento del proceso.

La empresa los dispone en un lugar de acopio temporal (figura 3.35) establecido previamente, para posteriormente entregarlos a un gestor autorizado.

FIGURA 3.35 CENTRO DE ACOPIO TEMPORAL DE DESECHOS (NOVOPAN DEL ECUADOR S.A.)



Las astillas y desechos de madera son residuos reciclables que en la empresa son almacenados en un piso móvil (figura 3.36) para luego ser reutilizados en el proceso productivo.

FIGURA 3.36 PISO MÓVIL (NOVOPAN DEL ECUADOR S.A.)



La madera del proceso que no se puede reutilizar (cortezas, láminas contaminadas, residuos varios) y los residuos de la cámara de combustión (ceniza) son dispuestos en un sitio de acopio temporal (figura 3.37) para luego ser entregada a la empresa EMASEO para su gestión final.

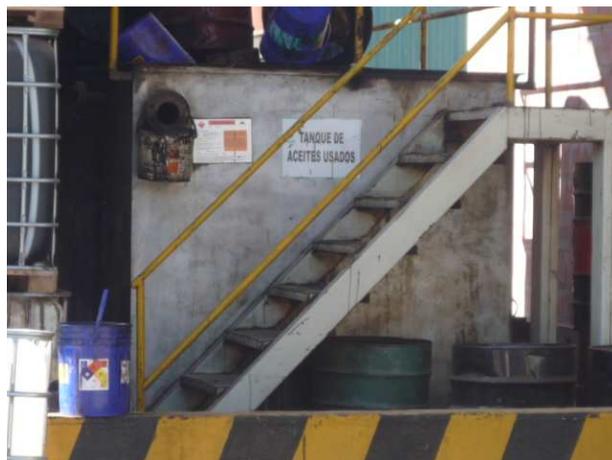
FIGURA 3.37 BUNQUER DE CASCAJO DE MADERA (NOVOPAN DEL ECUADOR S.A.)



Los aceites y lubricantes usados, considerados como residuos especiales, son almacenados en un tanque de 2500 galones debidamente señalizado (figura 3.38)

para posteriormente ser entregados a un gestor autorizado por la Secretaría Ambiental del Distrito Metropolitano de Quito⁹.

FIGURA 3.38 TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE ACEITES Y LUBRICANTES USADOS



Las emisiones atmosféricas que se originan en el proceso de secado incluyen material particulado, monóxido de carbono (CO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x) y dióxido de azufre (SO₂).

Novopan para disminuir al máximo estas emisiones realiza monitoreos, controles operativos, calibraciones, mantenimientos y limpieza de los equipos y de la maquinaria que conforma la estructura del secadero.

CAPÍTULO 4

BALANCE DE MATERIA DEL PROCESO DE SECADO

Los procesos industriales se caracterizan por el uso de insumos y materias primas, que sometidos a una transformación dan lugar a productos, subproductos, residuos y desechos. Entendiendo como residuo a un subproducto que puede o no ser reutilizado y desecho a la materia que no es un producto, subproducto o residuo.

Los desechos que no pueden ser tratados en la planta industrial necesitan ser transportados fuera para su tratamiento y/o disposición final en empresas gestoras. El transporte y tratamiento de estos desechos fuera de las plantas son frecuentemente costosos. Por lo tanto, la minimización de éstos significará ahorros económicos y reducción de la contaminación ambiental.

Para lograr este objetivo se debe examinar cada operación involucrada en un contexto global del proceso, a fin de identificar el origen de los mismos, los problemas operativos y las posibles soluciones o mejoras. Por esta razón el análisis se enfoca al uso no eficiente o pérdidas de insumos.

Para esto se requiere de un balance de masa que consiste en medir el flujo de entrada y salida de materia en un sistema, basándose en la ley generalizada de la conservación de masas.

La mencionada ley es un conteo de flujo y cambio de masa en el inventario de materiales de un sistema. La siguiente ecuación describe el principio del balance de materia aplicable a procesos con reacción química y sin ella:

$$\left\{ \begin{array}{c} \text{acumulación} \\ \text{de} \\ \text{masa} \\ \text{en el sistema} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{c} \text{entrada de} \\ \text{masa a través} \\ \text{de los límites} \\ \text{del sistema} \end{array} \right\} - \left\{ \begin{array}{c} \text{salida de} \\ \text{masa a través} \\ \text{de los límites} \\ \text{del sistema} \end{array} \right\} + \left\{ \begin{array}{c} \text{generación} \\ \text{de masa en} \\ \text{el sistema} \end{array} \right\} - \left\{ \begin{array}{c} \text{consumo} \\ \text{de masa} \\ \text{en el} \\ \text{sistema} \end{array} \right\} \quad (4.1)$$

La generación y consumo se refieren a la ganancia o pérdida mediante reacción química. Cabe recordar que esta ecuación se utiliza para cualquier intervalo de tiempo con el que se desee trabajar.

La ecuación (4.1) se aplica en el balance de masa del proceso de secado, destinado a auxiliar en el control operacional y en la optimización del mismo.

4.1 DIAGRAMA DE FLUJO

El proceso de secado de madera está constituido por varias operaciones unitarias¹. A continuación se han identificado todas las operaciones unitarias y sus interrelaciones en un diagrama de flujo (ver figura 4.1 y figura 4.2) que refleja fielmente lo que ocurre en el proceso.

FIGURA 4.1 DIAGRAMA DEL PROCESO DE SECADO CON SUS ENTRADAS Y SALIDAS DE MATERIA

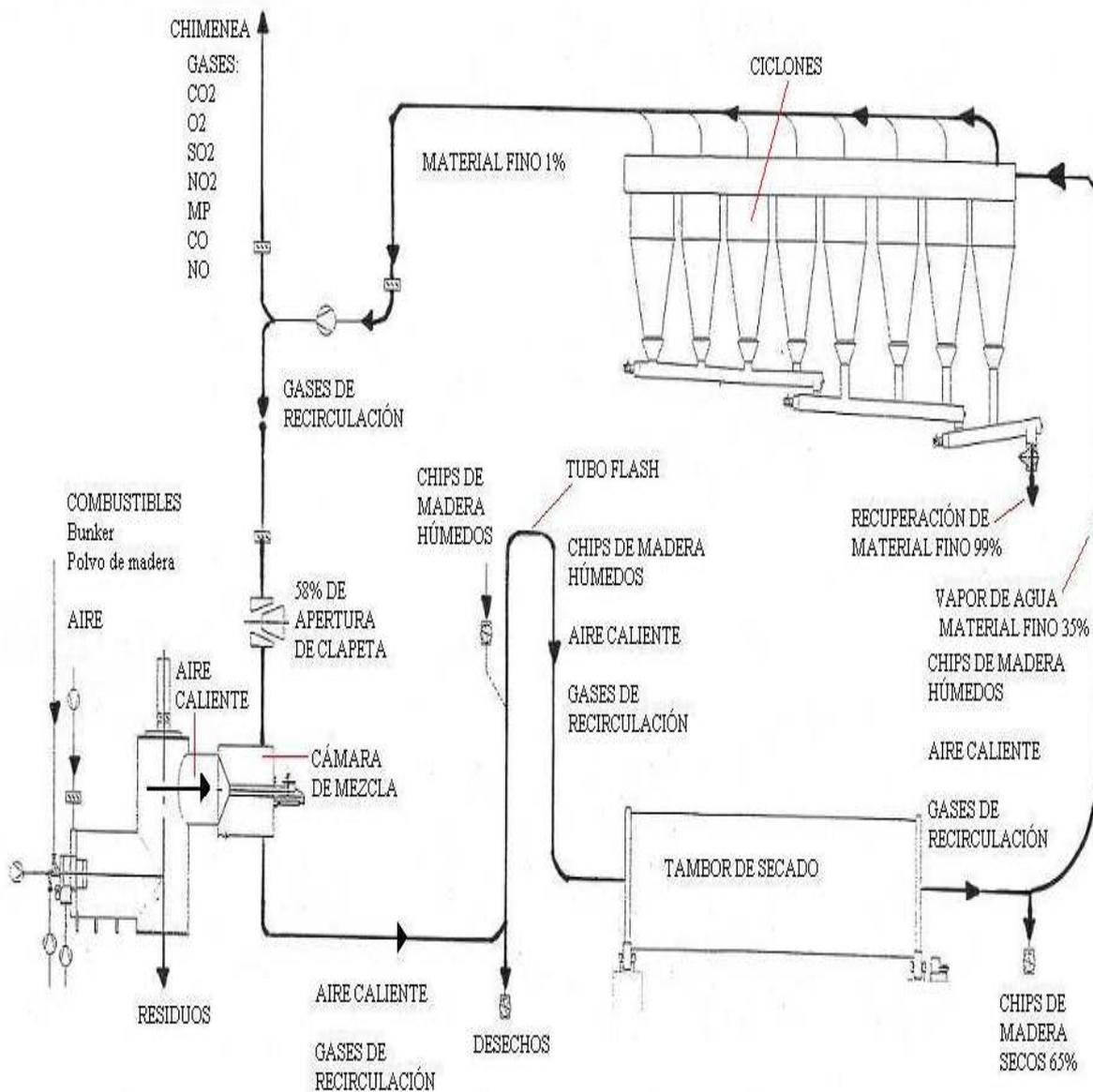
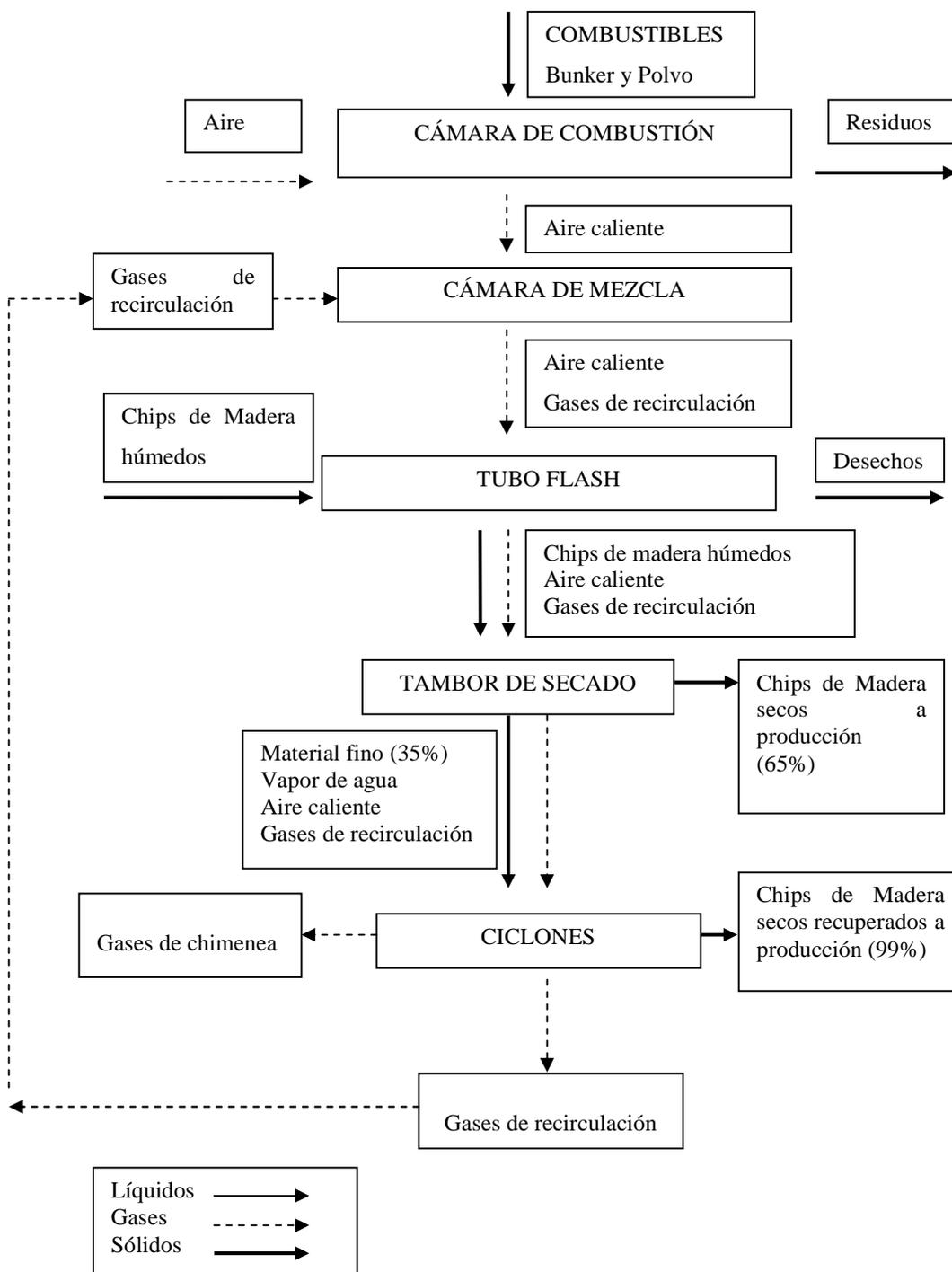


FIGURA 4.2 DIAGRAMA DE FLUJO DE MATERIA DEL PROCESO DE SECADO



4.2 CUANTIFICACIÓN DE LAS ENTRADAS

Los insumos de entrada al proceso de secado incluyen materias primas, combustibles, agua, aire y otros que deben ser cuantificados.

En el cuadro 4.1 se presentan todas las entradas del proceso de secado expresadas en flujo másico y de acuerdo al lugar en el que se integran al proceso. Los datos mostrados son un promedio estadístico de todos los datos utilizados en la realización del balance de masa.

CUADRO 4.1 ENTRADAS DE MATERIAL AL PROCESO DE SECADO

LUGAR DEL PROCESO	AIRE PARA EL PROCESO (kg/h)	BUNKER (kg/h)	POLVO (kg/h)	MATERIAL HÚMEDO (kg/h)	MATERIAL (kg/h)	GASES DE RECIRCULACIÓN (kg/h)
CÁMARA DE COMBUSTIÓN	11933,99791	606,92	1198,29			
CAMARA DE MEZCLA						14014,54
TUBO FLASH				24839,2		
TAMBOR DE SECADO					24835,65	

4.3 CUANTIFICACIÓN DE LAS SALIDAS

La cuantificación de las masas de salida del proceso requiere del registro detallado de las cantidades del producto principal, los subproductos, los residuos, las emisiones gaseosas y los desechos sólidos que necesitan ser almacenados y/o enviados fuera del proceso para su disposición final.

En el cuadro 4.2 se presentan todas las salidas del proceso de secado expresadas en flujo másico y de acuerdo al lugar en el que salen del proceso. Los datos mostrados son un promedio aritmético de todos los datos utilizados en la realización del balance de masa.

CUADRO 4.2 SALIDAS DE MATERIAL DEL PROCESO DE SECADO

LUGAR DE PROCESO	RESIDUOS (kg/h)	DESECHOS (kg/h)	MATERIAL A PRODUCCIÓN (kg/h)	MATERIAL A PRODUCCIÓN (kg/h)	GASES DE CHIMENEA (kg/h)	GASES DE RECIRCULACIÓN (kg/h)
CAMARA DE COMBUSTION	2.203					
TUBO FLASH		3.55				
TAMBOR DE SECADO			9366.28			
CICLONES				5043.4	10148.46	14014.54

4.4 ELABORACIÓN DEL BALANCE DE MATERIA DEL PROCESO DE SECADO

4.4.1 OBTENCIÓN DE DATOS

La realización del balance de masa se ha logrado gracias a la observación, medición, registro y procesamiento de datos involucrados en el proceso de secado, la mayoría de los cuales fueron tomados de cada uno de los tres turnos que realizaron los operadores del proceso de secado durante los primeros 25 días del mes de Agosto del año 2010.

Los datos a disposición en el cuarto de control del secadero (ver cuadro 4.3) son:

- Flujo másico del material húmedo que ingresa al tubo flash.
- Flujo másico del material seco total que se destina a producción.
- Ingreso de bunker en litros por hora a la cámara de combustión.
- Ingreso de polvo en kilogramos por hora a la cámara de combustión.
- Ingreso de aire en metros cúbicos por hora a la cámara de combustión.
- Masa de residuos en kilogramos generados en la cámara de combustión cada hora.
- Porcentaje de apertura de la clapeta de recirculación de gases al proceso de secado.

CUADRO 4.3 DATOS DISPONIBLES PARA REALIZAR EL BALANCE DE MASA

FECHA	TURNO	MATERIAL HÚMEDO (kg/h)	MATERIAL SECO (kg/h)	CONSUMO DE BUNKER (l/h)	CONSUMO DE POLVO (kg/h)
25/08/2010	3ro	20563	11962	498	1222
25/08/2010	2do	26090	15891	696	1473
25/08/2010	1ro	25864	15592	389	1399
24/08/2010	3ro	25851	14767	512	1645
24/08/2010	2do	26586	16135	617	1552
24/08/2010	1ro	28426	17020	645	1551
23/08/2010	3ro	23918	14071	601	1560
23/08/2010	1ro	26916	15967	591	1044
21/08/2010	1ro	23867	13810	506	1337
20/08/2010	3ro	22069	13087	751	0
20/08/2010	1ro	28179	16227	427	1808
19/08/2010	3ro	27918	16576	491	1466
19/08/2010	1ro	29023	16564	667	1617
18/08/2010	3ro	26810	15593	630	1120
18/08/2010	1ro	30297	16507	484	1756
17/08/2010	1ro	23073	11655	331	1778
16/08/2010	1ro	20193	11725	1115	0
15/08/2010	2do	26438	15474	595	1060
15/08/2010	1ro	28315	16424	601	1520
14/08/2010	2do	24647	14520	486	1148
14/08/2010	1ro	26491	15840	416	1741
13/08/2010	3ro	19993	12256	717	699
13/08/2010	2do	21350	12932	631	673
13/08/2010	1ro	22365	13202	293	1821
12/08/2010	3ro	20887	12039	444	1650
12/08/2010	2do	25821	15264	527	1989
12/08/2010	1ro	29295	17027	426	1781
11/08/2010	3ro	26114	15744	559	1617
11/08/2010	2do	28043	17901	579	1626
11/08/2010	1ro	25138	15863	302	1459
10/08/2010	3ro	27282	16696	530	1552
10/08/2010	2do	26843	16003	670	1719
10/08/2010	1ro	17152	10596	303	1087
09/08/2010	3ro	25644	14074	631	1401
09/08/2010	2do	23994	13581	969	762

07/08/2010	2do	26674	15401	783	1219
07/08/2010	1ro	29154	16505	589	1403
06/08/2010	3ro	23909	13461	992	0
06/08/2010	2do	24654	14389	968	0
06/08/2010	1ro	29079	16528	648	1223
05/08/2010	3ro	18971	10626	453	1157
05/08/2010	2do	22648	11948	753	848
05/08/2010	1ro	22992	12576	442	1341
04/08/2010	3ro	19711	10687	1082	0
04/08/2010	2do	21682	11627	1184	0
04/08/2010	1ro	21002	10787	641	611
03/08/2010	3ro	21906	11111	1055	459
03/08/2010	2do	26255	15817	1155	0
03/08/2010	1ro	27086	15740	337	1556
02/08/2010	3ro	25001	14675	752	1226
02/08/2010	2do	28528	16785	591	1229
02/08/2010	1ro	29539	16708	555	1611
01/08/2010	3ro	22516	13051	595	1432
01/08/2010	2do	21193	12637	492	1553
01/08/2010	1ro	22201	12887	716	1405

Los datos de entrada de aire al proceso (ver cuadro 4.4) fueron obtenidos de los registros de los operadores del 20 al 25 de Agosto del año 2010.

CUADRO 4.4 DATOS DISPONIBLES PARA REALIZAR EL BALANCE DE MASA

AIRE DE ENTRADA AL PROCESO (m³/h)
15655
14736
16021
12931
12026
11068
12795

13787
12947
13441
17053
14938
16029
16364
13823
16309
11971
12861

Los datos de residuos de la cámara de combustión (ver cuadro 4.5) fueron obtenidos de los registros que se llevan a cabo en cada mantenimiento que se da a la cámara cada quince días.

CUADRO 4.5 DATOS DISPONIBLES PARA REALIZAR EL BALANCE DE MASA

RESIDUOS DE LA CÁMARA DE COMBUSTIÓN (kg/h)
1,607
1,805
1,458
2,5
2,708
2,142
2,275
2,618
2,752
1,879

Los datos de apertura de la clapeta de recirculación (ver cuadro 4.6) fueron obtenidos de los registros de los operadores del 20 al 25 de Agosto del año 2010.

CUADRO 4.6 DATOS DISPONIBLES PARA REALIZAR EL BALANCE DE MASA

APERTURA DE CLAPETA DE RECIRCULACIÓN (%)
57
59
65
60
59
57
59
58
60
56
56
57
54
49

Para el cálculo del flujo másico de desechos provenientes del tubo flash (ver cuadro 4.7) se realizó una medición, que consistió en determinar la masa total de desecho generada en 24 horas.

CUADRO 4.7 DATOS DISPONIBLES

MATERIAL DE DESECHO DEL TUBO FLASH (kg/d)
85,182

4.4.2 BALANCE DE MASA

Todos los insumos que entran a un proceso salen como productos, desechos y residuos. En este sentido, el balance de masa se define como la verificación de la igualdad cuantitativa de masas que debe existir entre los insumos de entrada y los

productos, desechos y residuos de salida. No es posible identificar todas las salidas, por lo que se incluye una diferencia de masas no identificadas que se las considera como pérdidas de materia.

Los materiales de salida no identificados se atribuyen a pérdidas de insumos y productos por derrames, fugas y otras causas similares, cuyo origen no puede ser detectado y por ende sus masas no pueden ser cuantificadas.

En un ambiente industrial, pese a esfuerzos considerables, no es posible establecer un balance de masa con 99.9% de certeza. Los errores al medir y determinar la cantidad de materia de desecho, al obtener muestras representativas, al analizar los datos, al determinar el destino de las materias primas alimentadas al sistema y los productos removidos de éste impiden que se tenga un 100% de precisión.

Entendiendo por sistema a cualquier porción arbitraria o completa de un proceso establecido específicamente para el análisis, se presenta al proceso de secado de chips de madera como un sistema abierto ya que la materia se transfiere a través de la frontera del mismo.

4.4.2.1 Ejemplo de Cálculo

El ejemplo de cálculo que se presenta a continuación fue realizado con los datos que resultaron de hacer un promedio estadístico de los 55 datos disponibles analizados anteriormente.

Los datos disponibles son:

Material húmedo = 24839.2 kg/h

Material seco = 14409.65 kg/h

Consumo de bunker = 625.69 l/h

Para realizar un balance de masa se necesita de preferencia usar unidades de peso, ya que la magnitud del volumen cambia con la temperatura, es así que para la transformación de unidades del consumo de bunker se utiliza la definición de densidad que relaciona la masa de ésta y su volumen.

Ecuación que define la densidad de una sustancia:

$$V = \frac{m}{\rho} \quad (4.2)$$

Donde:

V= volumen

M = masa

ρ = densidad

$$V = \frac{m}{\rho} \longrightarrow m = V * \rho \longrightarrow m = 625.69 \text{ litros} * 0.97 \text{ kg/litros} = 606.92 \text{ kg}$$

Entonces el consumo de bunker es igual a 606.92 kg/h

Consumo de polvo = 1198.29 kg/h

Aire de entrada al proceso = 13791.40 m³/h

Para obtenerlo se calculó el valor de una desviación estándar² para el grupo de datos disponibles de aire de entrada al proceso (ver cuadro 4.8), con lo que se puede descartar a los datos que no se encuentren en el rango que indica la

desviación y por último aplicar un promedio estadístico al grupo de datos restantes que corresponden a un 55% del total, lo que brinda un resultado más exacto.

CUADRO 4.8 DATOS DISPONIBLES CON SU PROMEDIO ARITMÉTICO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR

AIRE DE ENTRADA AL PROCESO (m ³ /h)	
15655	
14736	
16021	
12931	
12026	
11068	
13787	
12947	
13441	
17053	
14938	
16029	
16364	
13823	
16309	
11971	
12861	
14153,06	media aritmética
1785,253	desviación estándar

CUADRO 4.9 DATOS UTILIZADOS EN EL BALANCE DE MATERIA

AIRE DE ENTRADA AL PROCESO (m ³ /h)
15655
14736
12931

12795	
13787	
12947	
13441	
14938	
13823	
12861	
13791,4	media aritmética
55	% datos utilizados

Ahora el valor se debe pasar a unidades de masa, por las razones explicadas con anterioridad, es así que usando la ecuación de estado de los gases ideales se tiene que:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T \quad (4.3)$$

Donde:

P = Presión

V = Volumen

n = Moles de Gas. \longrightarrow n = masa/Peso Molecular

R = Constante universal de los gases ideales.

T = Temperatura absoluta

Las condiciones utilizadas son las que presenta el sector donde se encuentra ubicada la planta industrial de Novopan del Ecuador S.A.

P = 0,718421053 atm

V = 13791,40 m³

Asumiendo que el aire está compuesto por 21% de O₂ y 79% de N₂, y conociendo que el peso molecular del oxígeno es 16 g/mol y el del nitrógeno 14 g/mol, entonces se tiene que el peso molecular del aire es igual a:

$$\mathbf{PM\ aire = (0.21*32) + (0.79*28) = 28.84\ g/mol = 0,02884\ kg/mol}$$

$$\mathbf{R = 0,082\ litros-at/^{\circ}K-mol = 0,000082\ m^3-at/^{\circ}K-mol}$$

Teniendo en cuenta que en la planta industrial de Novopan se tiene una temperatura ambiente promedio de 19 °C se calcula que:

$$\mathbf{T = 273 + 19 = 292\ ^{\circ}K}$$

Es así que utilizando la ecuación (4.3):

$$\mathbf{Masa\ aire = \frac{P*V*PM}{R*T}}$$

$$\mathbf{Masa\ aire = \frac{0,718421053 * 13791,40 * 0,02884}{0,000082 * 292} = 11933.99791\ kg}$$

Entonces el flujo de aire que entra al proceso es igual a 11933.99791 kg/h

$$\mathbf{Residuos\ de\ la\ cámara\ de\ combustión = 2.203\ kg/h}$$

Para la obtención de este valor se calculó el valor de una desviación estándar para el grupo de datos disponibles de residuos de la cámara de combustión (ver cuadro 4.5), con lo que se puede descartar a los datos que no se encuentren en el rango que indica la desviación y por último aplicar un promedio estadístico con el grupo de datos restantes que corresponden a un 60% del total, lo que brinda un resultado más exacto.

CUADRO 4.10 DATOS DISPONIBLES CON SU PROMEDIO ARITMÉTICO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR

RESIDUOS DE LA CÁMARA DE COMBUSTIÓN (kg/h)	
1,607	
1,805	
1,458	
2,5	
2,708	
2,142	
2,275	
2,618	
2,752	
1,879	
2,174	media aritmética
0,470	desviación estándar

CUADRO 4.11 DATOS UTILIZADOS EN EL BALANCE DE MATERIA

RESIDUOS DE LA CÁMARA DE COMBUSTIÓN (kg/h)	
1,805	
2,5	
2,142	
2,275	
2,618	
1,879	
2,203	media aritmética
60	% datos utilizados

Apertura de clapeta de recirculación = 58%

Para la obtención de este valor se calculó el valor de una desviación estándar para el grupo de datos disponibles de apertura de clapeta³ de recirculación de gases (ver cuadro 4.12), con lo que se puede descartar a los datos que no se encuentren en el rango que indica la desviación y por último aplicar un promedio estadístico con el grupo de datos restantes que corresponden a un 78.57% del total, lo que brinda un resultado más exacto.

CUADRO 4.12 DATOS DISPONIBLES CON SU PROMEDIO ARITMÉTICO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR

APERTURA DE CLAPETA DE RECIRCULACIÓN (%)	
57	
59	
65	
60	
59	
57	
59	
58	
60	
56	
56	
57	
54	
49	
57,57	media aritmética
3,567	desviación estándar

CUADRO 4.13 DATOS CON LOS QUE SE REALIZA EL BALANCE DE MATERIA

CONSUMO DE POLVO (kg/h)	
57	
59	
60	
59	
57	
59	
58	
60	
56	
56	
57	
58	media aritmética
78.57	% datos utilizados

Material de desecho del tubo flash = 85,182 kg/d = 3,55 kg/hora

Se realizaron los balances de masa en diferentes puntos que forman parte del secado de chips de madera, entre éstos se tienen:

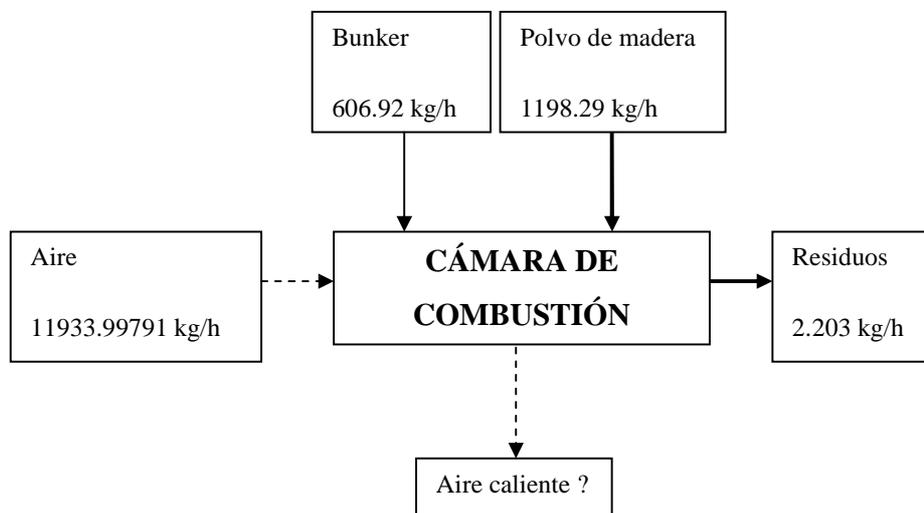
- Cámara de combustión
- Cámara de mezcla
- Tubo flash
- Tambor de secado
- Ciclones

Con esto se logró determinar los diferentes flujos de las corrientes de entrada y salida en cada punto relevante del proceso.

CÁMARA DE COMBUSTIÓN

El siguiente diagrama muestra, las entradas y salidas que se presentan en la cámara de combustión:

FIGURA 4.3 ENTRADAS Y SALIDAS DE MATERIA DE LA CÁMARA DE COMBUSTIÓN



Para realizar el balance de materia se emplea la ecuación (4.1) anteriormente expuesta.

Se considera que en la cámara de combustión no existe consumo, generación y tampoco acumulación, solo existe una transformación de materia en calor es decir la salida de aire caliente. Entonces se tiene que:

Entradas = Salidas

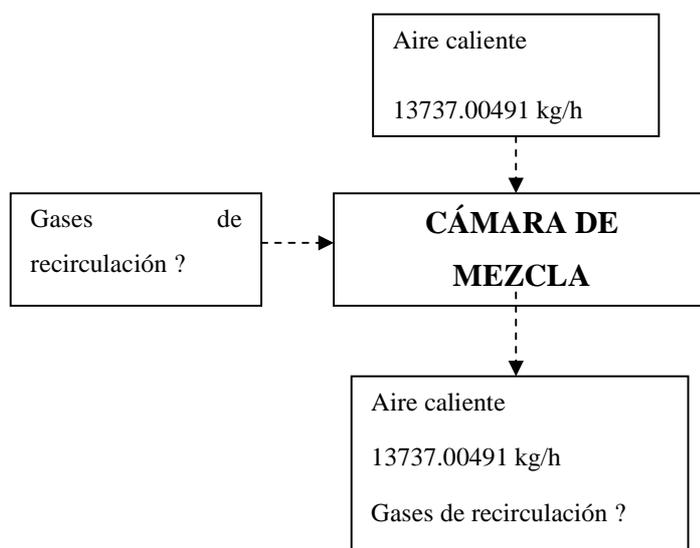
$$606.92 \text{ kg/h} + 1198.29 \text{ kg/h} + 11933.99791 \text{ kg/h} = 2.203 \text{ kg/h} + \text{Aire caliente}$$

Aire caliente = 13737.00491 kg/h

CÁMARA DE MEZCLA

El siguiente diagrama muestra, las entradas y salidas que se presentan en la cámara de mezcla:

FIGURA 4.4 ENTRADAS Y SALIDAS DE MATERIA DE LA CÁMARA DE MEZCLA



Para realizar el balance de materia se emplea la ecuación (4.1) anteriormente expuesta.

Se considera que en la cámara de mezcla no existe consumo, generación y tampoco acumulación, solo existe una homogenización de los gases de recirculación con el aire caliente generado en la cámara de combustión. Para facilitar los cálculos, tanto los gases de recirculación como el aire caliente generado se han tratado de forma separada, de esta manera se tiene que:

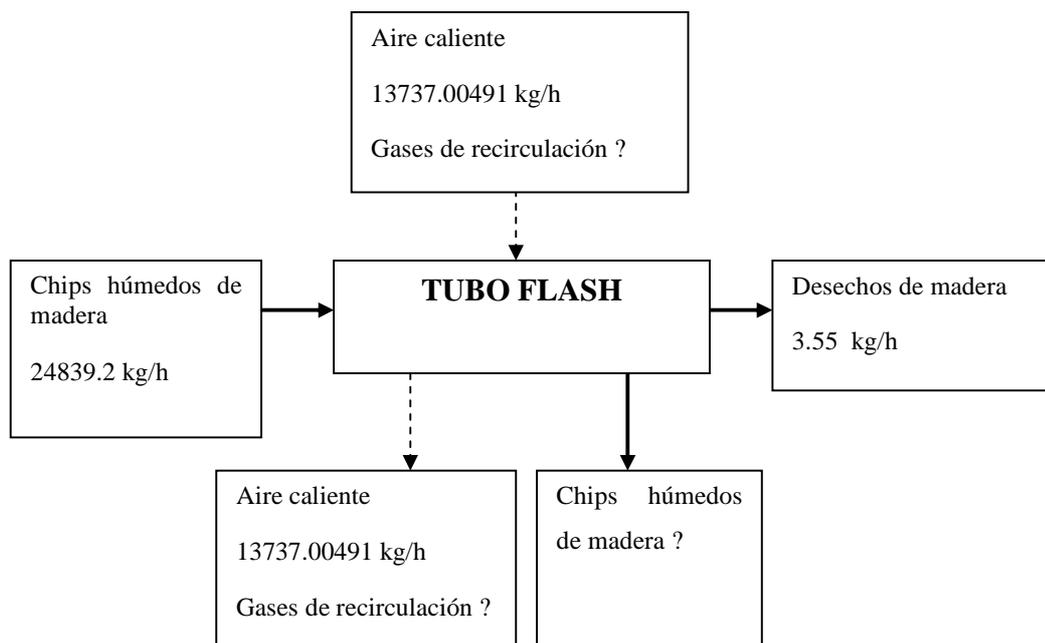
Entradas = Salidas

13737.00491 kg/h + Gases de recirculación = 13737.00491 kg/h + Gases de recirculación

TUBO FLASH

El siguiente diagrama muestra, las entradas y salidas que se presentan en el tubo flash:

FIGURA 4.5 ENTRADAS Y SALIDAS DE MATERIA DEL TUBO FLASH



Para realizar el balance de materia se emplea la ecuación (4.1) anteriormente expuesta.

Se considera que en el tubo flash no existe consumo, generación y tampoco acumulación, solo existe una entrada de material húmedo y salida de material de desecho, los gases de recirculación y el aire caliente del proceso se mantienen. Para facilitar los cálculos, tanto los gases de recirculación como el aire caliente generado se han tratado de forma separada, de esta manera se tiene que:

Para el material húmedo:

Entradas = Salidas

24839.2 kg/h = 3.55 kg/h + chips húmedos de madera

Chips húmedos de madera = 24835.65 kg/h

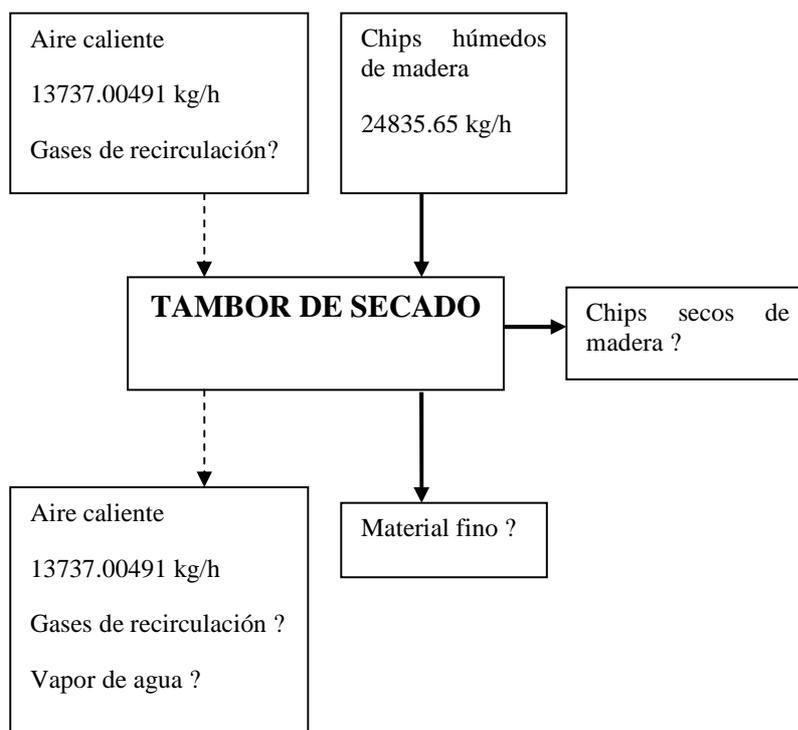
Para los gases:

Entradas = Salidas

13737.00491 kg/h + Gases de recirculación = 13737.00491 kg/h + Gases de recirculación

TAMBOR DE SECADO

FIGURA 4.6 ENTRADAS Y SALIDAS DE MATERIA DEL TAMBOR DE SECADO



Para realizar el balance de materia se emplea la ecuación (4.1) anteriormente expuesta.

Se considera que en el tambor de secado no existe consumo, generación y tampoco acumulación, solo existe una entrada de material húmedo y salida de material seco y fino, los gases de salida de recirculación y el aire caliente del proceso se mantienen, adicionalmente se presenta una salida de vapor de agua. Para facilitar los cálculos, tanto los gases de recirculación como el aire caliente generado y el vapor de agua se han tratado de forma separada.

Se cuenta con el valor total de material seco que está destinado a producción, cuyo valor es igual a 14409.65 kg/h, aparte se conoce que el 65% de este material va a producción después que sale del tambor y la parte restante va a producción una vez que ha sido recuperada por los ciclones, los cuales tienen una capacidad de recuperación del 99% de material.

Considerando estos aspectos se tiene que:

Material seco a producción = chips secos de madera + material fino recuperado

Chips secos de madera = material seco a producción * 0.65

Chips secos de madera = 14409.65 kg/h * 0.65 = 9366.28 kg/h

Material fino recuperado = 14409.65 kg/h - 9366.28 kg/h = 5043.37 kg/h

Material fino = 5043.37 kg/h * $\frac{100}{99}$ = 5094.32 kg/h

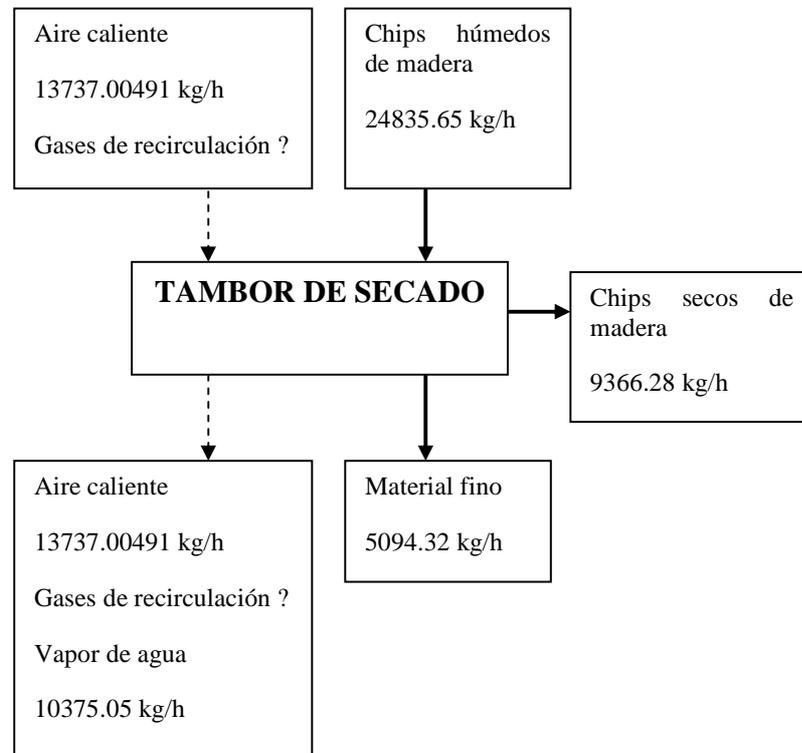
Entradas = salidas

24835.65 kg/h = chips secos de madera + material fino + vapor de agua

24835.65 kg/h = 9366.28 kg/h + 5094.32 kg/h + vapor de agua

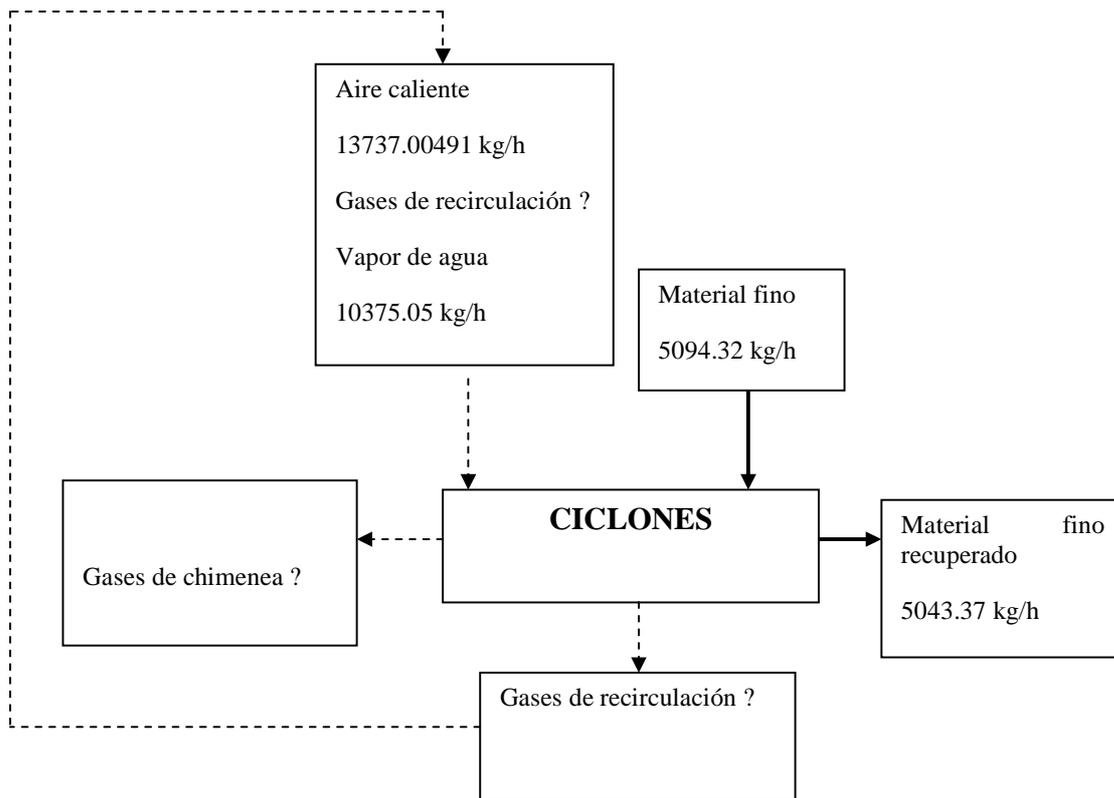
Vapor de agua = 10375.05 kg/h

FIGURA 4.7 ENTRADAS Y SALIDAS DE MATERIA DEL TAMBOR DE SECADO



CICLONES

FIGURA 4.8 ENTRADAS Y SALIDAS DE MATERIA DE LOS CICLONES



Para realizar el balance de materia se emplea la ecuación (4.1) anteriormente expuesta

Para los gases se considera que en los ciclones no existe consumo ni generación, pero se debe tomar en cuenta la acumulación de gases de recirculación que proviene desde la cámara de mezcla.

Se considera que el material fino que no es recuperado por los ciclones (1%) se mezcla completamente con los gases que van a salir por la chimenea y con los gases de recirculación.

Un dato muy importante que se tiene a disposición es el porcentaje de apertura de la clapeta de recirculación (58%) y que para el balance de materia se lo ha considerado como indicador del porcentaje de gas que va a ser recirculado en el proceso.

Considerando estos aspectos se tiene que:

Para el material fino:

Entradas = Salidas

$$5094.32 \text{ kg/h} = 5043.37 \text{ kg/h} + \text{Material fino no recuperado}$$

$$\text{Material fino no recuperado} = 50.95 \text{ kg/h}$$

Para los gases:

Acumulación = Entradas - Salidas

$$\text{Gases de recirculación} = \text{Aire caliente} + \text{Vapor de agua} - \text{Gases de chimenea} \quad (4.4)$$

$$\frac{\text{Gases de recirculación}}{\text{Gases de chimenea}} = \frac{58}{42} \quad (4.5)$$

Reemplazando (4.5) en (4.4) se tiene que:

$$\text{Gases de recirculación} = 13737.00491 \text{ kg/h} + 10375.05 \text{ kg/h} - \left(\frac{\text{Gases de recirculacion} * 42}{58} \right)$$

$$\text{Gases de recirculación} = 13984.99185 \text{ kg/h}$$

A este valor se le suma el 58% del material fino no recuperado, entonces se tiene que:

$$\text{Gases de recirculación} = 13984.99185 \text{ kg/h} + (50.95 \text{ kg/h} * 0.58) = 14014.55 \text{ kg/h}$$

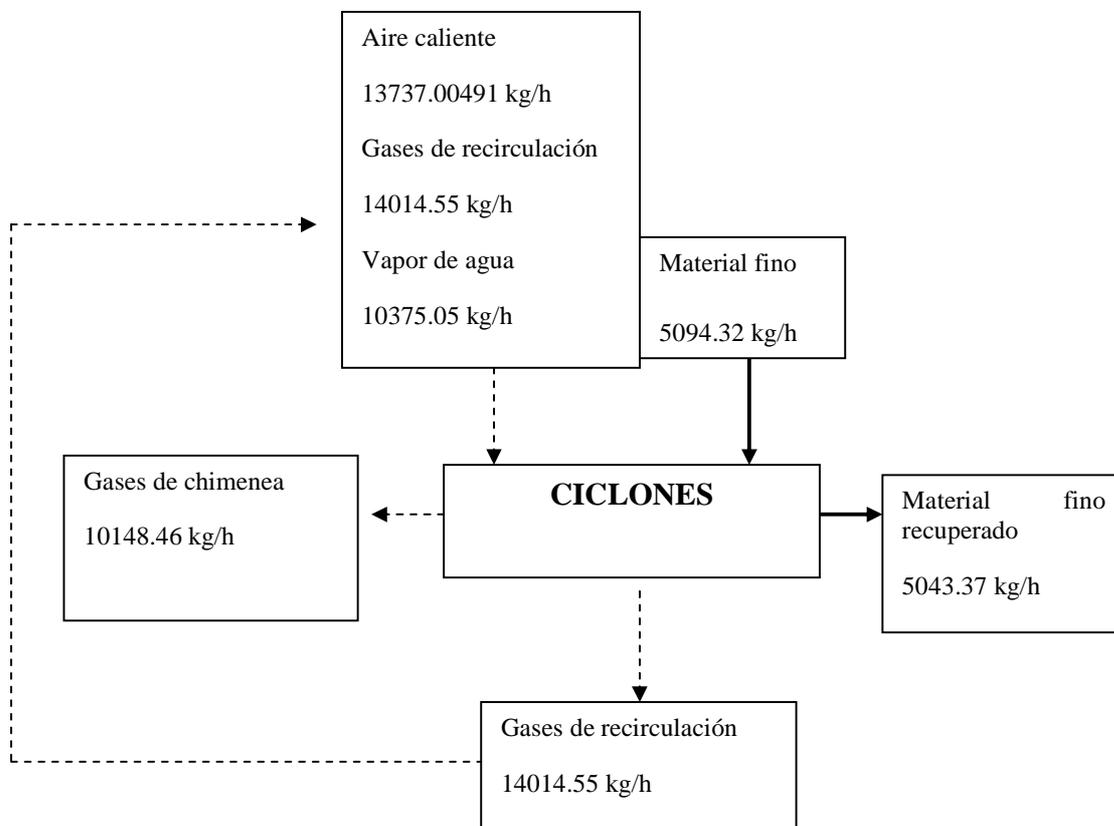
Reemplazando el valor de 13984.99185 kg/h en la ecuación 2 se obtiene que:

$$\text{Gases de chimenea} = 10127.06306 \text{ kg/h}$$

A este valor se le suma el 42% de material fino no recuperado, entonces se tiene que:

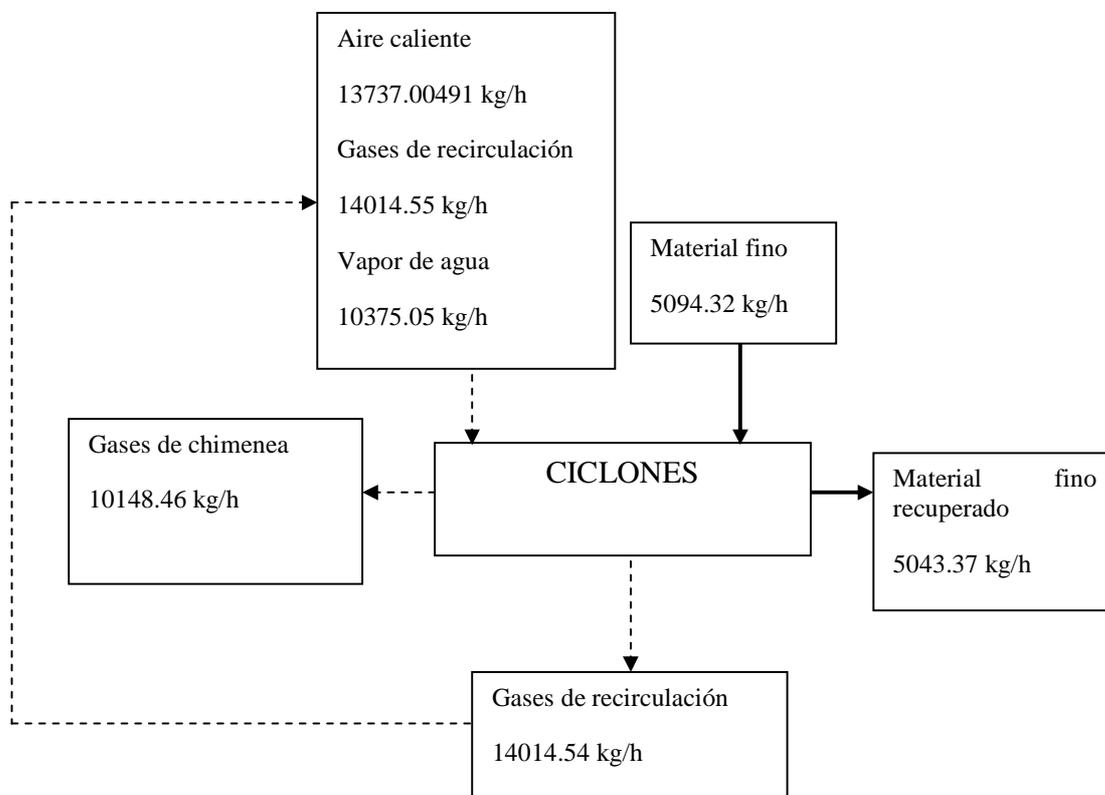
$$\text{Gases de chimenea} = 10127.06306 \text{ kg/h} + (50.95 \text{ kg/h} * 0.42) = 10148.46 \text{ kg/h}$$

FIGURA 4.9 ENTRADAS Y SALIDAS DE MATERIA DE LOS CICLONES



Haciendo un balance final de los gases y asumiendo que los gases de recirculación son una salida, se pueden calcular las pérdidas:

FIGURA 4.10 ENTRADAS Y SALIDAS DE MATERIA DE LOS CICLONES



Entradas = Salidas

Aire caliente + Vapor de agua = Gases de chimenea + Gases de recirculación

$13737.00491 \text{ kg/h} + 10375.05 \text{ kg/h} = 10148.46 \text{ kg/h} + \text{Gases de recirculación}$

Gases de recirculación = 13963.6 kg/h

Y haciendo una comparación con el valor de gases de recirculación obtenido anteriormente se tiene que:

$$\% \text{ pérdidas} = \frac{14014.54 - 13963.6}{14014.54} * 100$$

$$\% \text{ pérdidas} = 0.363$$

$$\% \text{ eficiencia} = 100 - 0.363 = 99.64$$

4.4.2.2 Resultados

En el anexo 3 se presentan los resultados de haber realizado los balances de masa con los datos disponibles para cada fecha y cada turno de trabajo.

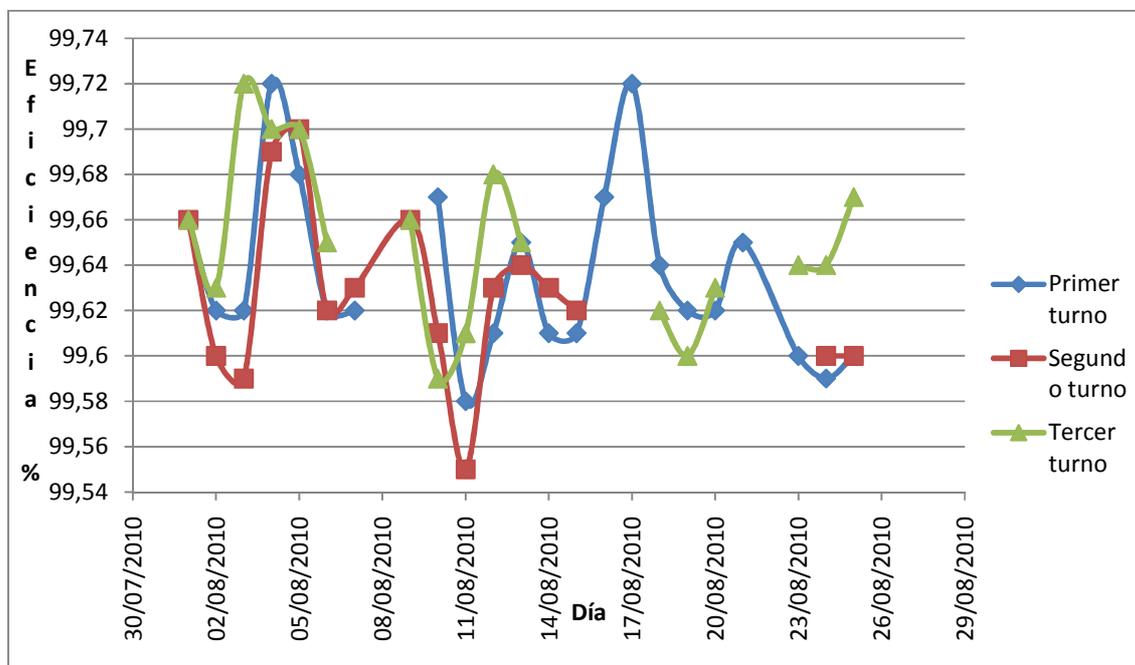
Del balance de masa se puede destacar que el porcentaje de pérdidas de materia o materia no identificada es muy bajo (0.36%) y en consecuencia el porcentaje de eficiencia del proceso de secado es elevado (99.64 %).

Para complementar el trabajo se presentan cuatro gráficos que describen la variación de la eficiencia según el día, el turno, el flujo másico de chips que van a ser secados y la cantidad de combustible consumido en la cámara de combustión ya sea polvo de madera o bunker.

Comparando las eficiencias en los tres turnos se puede verificar que:

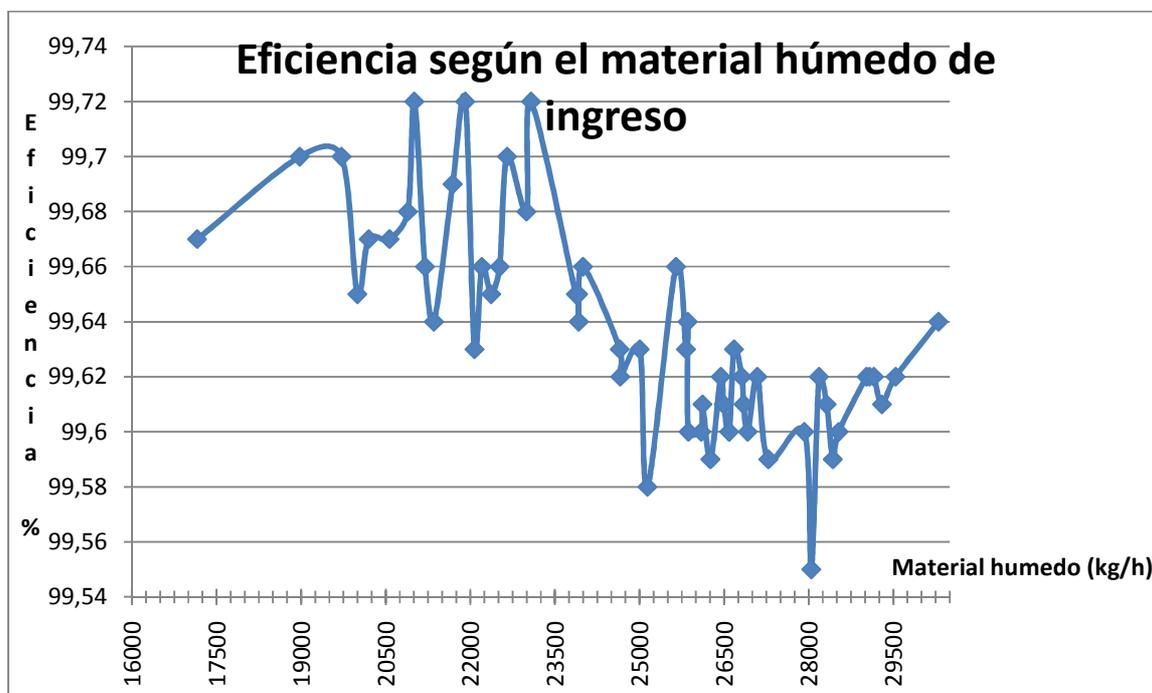
El primero que se realiza de 7h00 a 15h00 mantiene una eficiencia mayor (64%) al que presenta el segundo turno (63%) que se realiza de 15h00 a 23h00 pero menor al tercero (65%) que se lleva a cabo de 23h00 a 7h00. Es decir el proceso de secado presenta mayores eficiencias en el tercer turno (ver gráfico 4.1).

GRÁFICO 4.1 EFICIENCIA DEL PROCESO SEGÚN EL TURNO DE TRABAJO



El gráfico 4.2 muestra que cuando el flujo de chips de madera húmeda es alto la eficiencia en el proceso disminuye y viceversa.

GRÁFICO 4.2 EFICIENCIA DEL PROCESO SEGÚN LA CANTIDAD DE MATERIAL HÚMEDO DE INGRESO



Haciendo una comparación de los dos gráficos que se muestran a continuación (ver gráficos 4.3 y 4.4) se puede resaltar que en el proceso de secado los días que presentan mayor eficiencia son debido a que las relaciones polvo/bunker o bunker/polvo en esos días han sido altas, con valores de 5.53 y 4.61 respectivamente.

GRÁFICO 4.3 EFICIENCIA DEL PROCESO SEGÚN EL DÍA

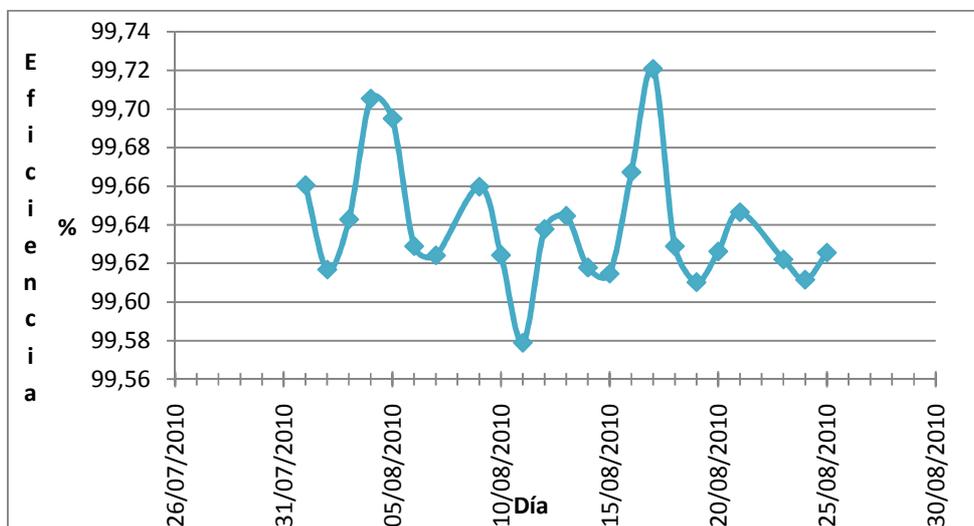
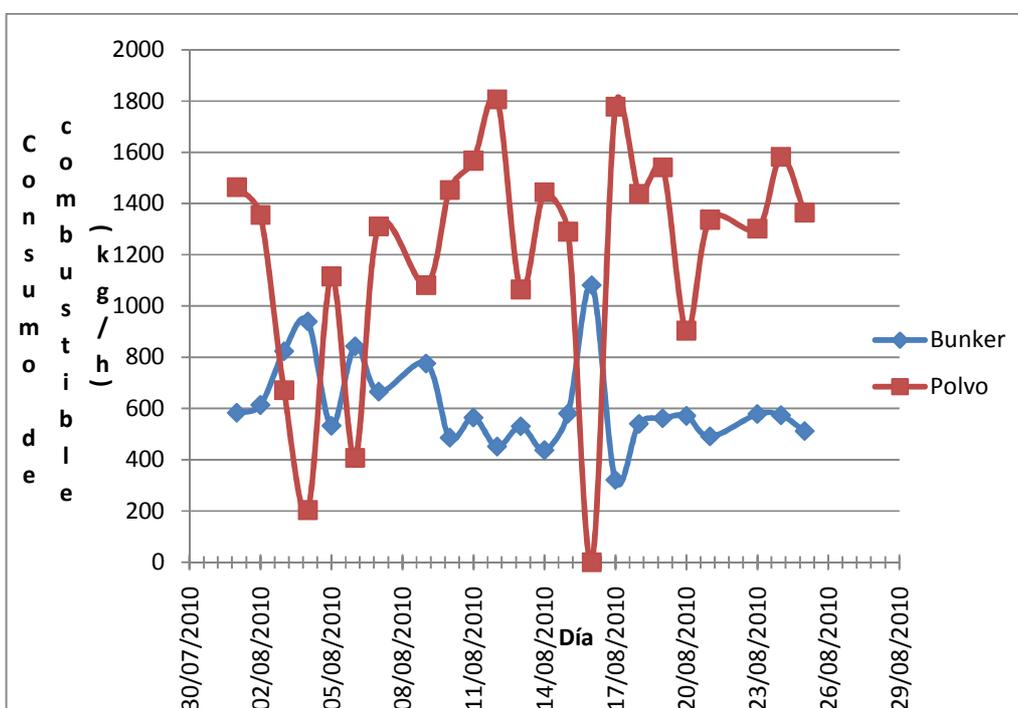


GRÁFICO 4.4 CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN EL DÍA



4.4.3 ANÁLISIS DEL MONITOREO DE GASES DE LA CHIMENEA

FIGURA 4.11 CHIMENEA DEL PROCESO DE SECADO



NOVOPAN DEL ECUADOR S.A. se encuentra sujeta al cumplimiento de la Ordenanza 213 de la Secretaría Ambiental que regula las emisiones a la atmósfera generadas por las diferentes actividades productivas y de servicios.

Es así que los gases de chimenea productos del proceso de secado son monitoreados cuatro veces al año tal como indica la Norma Técnica 213 para emisiones atmosféricas de fuentes fijas de combustión.

El monitoreo de las emisiones es realizado por el Laboratorio de Consultoría Técnica Ambiental Chemeng que se encuentra registrado en la Secretaría Ambiental (ver anexos 4 y 5).

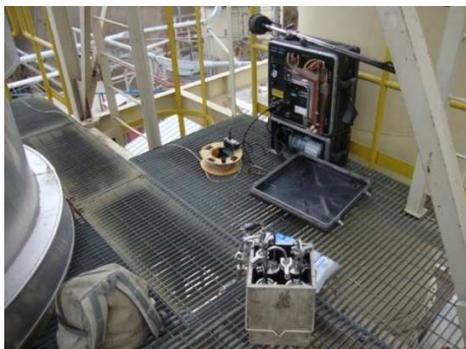
FIGURA 4.12 CHIMENEA DEL PROCESO DE SECADO



FIGURA 4.13 MONITOREO DE GASES PRODUCTOS DEL PROCESO DE SECADO



FIGURA 4.14 MONITOREO DE GASES PRODUCTOS DEL PROCESO DE SECADO



Los parámetros que se monitorean en el secadero son:

- Oxígeno
- Dióxido de carbono
- Monóxido de carbono
- Óxidos de nitrógeno
- Dióxido de azufre
- Material particulado
- Flujo de gas seco
- Temperatura de emisión

Los resultados del último monitoreo realizado el 25 de Agosto del año 2010 para los parámetros que son normados son:

CUADRO 4.14 RESULTADOS DEL MONITOREO DE GASES DEL PROCESO DE SECADO

PARÁMETRO	UNIDADES	MEDIDA 25/08/2010
Monóxido de Carbono(CO ₂)	mg/m ³ de gas	64
Óxidos de Nitrógeno (Nox)	mg/m ³ de gas	302
Dióxido de Azufre (SO ₂)	mg/m ³ de gas	69
Material Particulado (MP)	mg/m ³ de gas	197,7

FUENTE: Novopan del Ecuador S.A.

Entonces realizando una comparación entre los parámetros medidos en el monitoreo y la Norma Técnica para Emisiones a la Atmosfera de Fuentes Fijas de Combustión 213 se afirma que las concentraciones de los parámetros medidos en los gases de salida de la chimenea producidas en el proceso de secado están bajo los valores que la normativa establece, es decir NOVOPAN DEL ECUADOR S.A cumple con las

regulaciones de la Norma Técnica 213 lo que minimiza cualquier efecto adverso que puede originar la emisión de gases contaminantes hacia el aire ambiente.

CUADRO 4.15 VALORES MÁXIMOS PERMISIBLES DE EMISIONES AL AIRE PARA FUENTES FIJAS DE COMBUSTIÓN

PARÁMETRO	UNIDADES	MEDIDA 25/08/2010	VALORES MÁXIMOS NORMADOS (mg/ m ³ de gas)
Monóxido de Carbono(CO ₂)	mg/m ³ de gas	64	1800
Óxidos de Nitrógeno (Nox)	mg/m ³ de gas	302	900
Dióxido de Azufre (SO ₂)	mg/m ³ de gas	69	N/A
Material Particulado (MP)	mg/m ³ de gas	197,7	200

GRÁFICO 4.5 COMPARACIÓN VALOR DE CO₂ MEDIDO Y CO₂ NORMADO



GRÁFICO 4.6 COMPARACIÓN VALOR DE NO_x MEDIDO Y NO_x NORMADO**GRÁFICO 4.7 COMPARACIÓN VALOR DE MP MEDIDO Y MP NORMADO**

CAPÍTULO 5

BALANCE DE ENERGÍA DEL PROCESO DE SECADO

La energía representa un insumo importante en la industria y su uso eficiente tiene mucha importancia debido a que:

- Es uno de los recursos más caros e indispensables dentro de un proceso productivo;
- La modernización tecnológica de las empresas suele incluir un aumento de uso de la energía y
- La demanda mundial de energía está aumentando notablemente.

Una evaluación energética es un análisis que revela donde y como se usa la energía. A su vez establece medidas de administración y mejoramiento de la eficiencia energética, con lo que se generan oportunidades para ahorrar energía con beneficios económicos y ambientales.

Para esto se requiere de un balance de energía que consiste en medir el flujo de entrada y salida de energía en un sistema¹, tal como indica la ecuación que se presenta a continuación:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Energía total} \\ \text{suministrada} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \text{Energía total} \\ \text{de salida} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \text{Energía útil} \\ \text{o aprovechada} \\ \text{en el producto} \end{array} \right\} + \left\{ \begin{array}{l} \text{Energía perdida o} \\ \text{no aprovechada} \end{array} \right\} \quad (5.1)$$

Cabe recalcar que el elevado consumo de energía y la utilización de fuentes no renovables y altamente impactantes en el ambiente son uno de los principales responsables de la crisis ecológica, ya que de toda la energía consumida en el mundo gran parte proviene de quemar combustibles fósiles.

5.1 GENERALIDADES

El proceso de secado en Novopan del Ecuador es una operación donde se lleva a cabo una transferencia simultánea de masa y calor, esta última se lleva a cabo por convección forzada gracias a la acción de un ventilador inverso (fan principal). Dicha operación se realiza exponiendo a los chips de madera húmedos a una mezcla de gases calientes.

El mecanismo de secado se realiza por la transferencia de calor por parte del gas caliente a los chips húmedos, el agua del sólido es evaporada y arrastrada en conjunto con la mezcla de gases calientes por medio de un proceso de transferencia de masa.

Los gases calientes salen del secador a una temperatura menor a la que obtuvieron en la cámara de combustión debido al calor cedido: primero al sólido húmedo alimentado, con el fin de incrementar su temperatura, al líquido para evaporarlo del sólido y por último al medio ambiente o exterior del equipo como pérdida de calor.

Es importante hacer notar que los gases de salida ven incrementada su humedad relativa al salir del equipo, debido a la evaporación del agua del sólido.

El recorrido que efectúa el aire por el secador es el siguiente: el aire entra a la cámara de combustión donde es calentado, posteriormente entra en contacto con los sólidos y los lleva hacia la recolección en los ciclones. Debido a la evaporación

del agua en el sólido, la temperatura del aire se ve disminuida a lo largo del recorrido.

5.1.1 FUENTE FIJA DE COMBUSTIÓN CON AIRE INDUCIDO Y TIRO FORZADO

Se llama tiro a la corriente de aire en la caldera, necesaria para la combustión. El tiro forzado consiste en hacer entrar aire a la cámara de combustión mediante ventiladores, mientras que el aire inducido extrae los gases de la cámara de combustión y los expulsa hacia la chimenea, pero el inconveniente que tiene es que el ventilador que extrae el aire de la cámara se encuentra trabajando en una zona conflictiva por la elevada temperatura, donde hay gases corrosivos² y hay sólidos como ceniza, que pueden llegar a estropear las paletas de los ventiladores.

Este trabajo en conjunto ayuda a presurizar³ la cámara de combustión, ya que por lo general en una cámara de combustión se originan pérdidas de presión muy considerables. Si solo se tuviera tiro forzado aumentaría la presión de la cámara de combustión y si solo hubiese aire inducido se originaría mucho vacío, que provocaría deformaciones a la cámara de combustión.

5.1.2 CICLONES

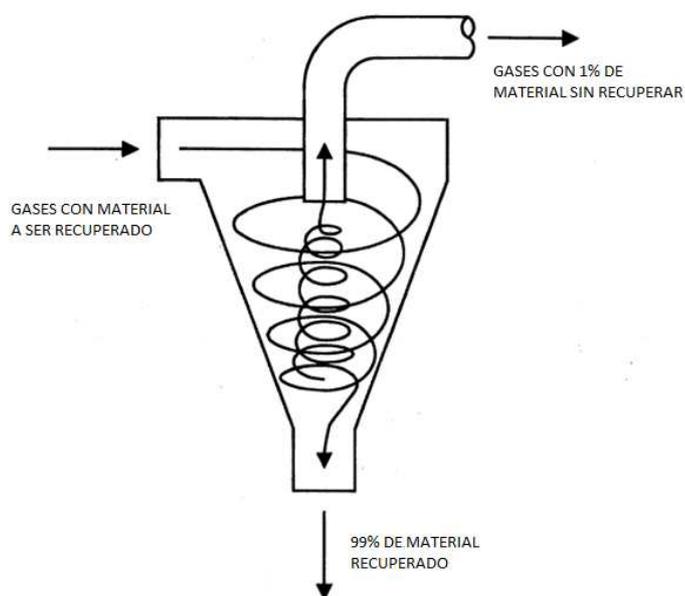
Debido a las exigencias ambientales y en base a la adquisición de nueva tecnología Novopan del Ecuador cuenta con un sistema de ciclones que tienen aplicación como equipos de recuperación de chips de madera, es decir los separan de la corriente gaseosa.

Están compuestos básicamente por un cilindro vertical con fondo cónico, dotado de una entrada tangencial normalmente rectangular en la parte superior y una salida

para el material en el fondo. El material con los que están hechos son de chapa de acero⁴.

La corriente gaseosa cargada con los chips de madera se introduce tangencialmente en el recipiente cilíndrico, el gas realiza una espiral hacia abajo, adyacente a la pared, el cual trata de alcanzar el fondo del cono, pero a cierta altura cambia ascendiendo en espiral de menor diámetro por la zona interior describiendo igualmente una hélice saliendo a través de una abertura central situada en la parte superior.

FIGURA 5.1 ESQUEMA GENERAL DE UN CICLÓN



5.2 CUANTIFICACIÓN DE LA ENERGÍA DE ENTRADA

Para realizar el balance de energía se debe registrar la entrada de combustibles utilizados y convertirlos en su equivalente energético, conociendo previamente el poder calorífico de los combustibles (ver cuadro 5.1).

CUADRO 5.1 COMBUSTIBLES USADOS EN LA CÁMARA DE COMBUSTIÓN

COMBUSTIBLE	PODER CALORIFICO (Kcal/kg)
Bunker	9804
Polvo de madera	4042

Una vez que se cuenta con el valor del poder calorífico de los combustibles y según la cantidad que entra al proceso se puede calcular la energía total liberada en el proceso de combustión. Si se asume una combustión completa se tiene que:

Energía liberada en la combustión de bunker

$$606.92 \frac{\text{kg}}{\text{h}} * 9804 \frac{\text{Kcal}}{\text{kg}} = \mathbf{5950243.68 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}}$$

Energía liberada en la combustión de polvo de madera

$$1198.29 \frac{\text{kg}}{\text{h}} * 4042 \frac{\text{Kcal}}{\text{kg}} = \mathbf{4843488.18 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}}$$

Energía total liberada en la combustión

$$5950243.68 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}} + 4843488.18 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}} = \mathbf{10793731.86 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}}$$

Los valores de entrada de combustibles son un promedio estadístico de todos los datos utilizados en los balances de masa y de energía (ver cuadro 4.3).

5.3 CUANTIFICACIÓN DE LA ENERGÍA DE SALIDA

La energía de salida en el proceso (ver figura 5.2) de secado se verifica en cuatro puntos que son:

Energía que sale junto a los desechos en el tubo flash

Energía transferida a los chips secos que salen del tubo flash = **12.65 Kcal/h**

Energía transferida a la humedad que sale del tubo flash = **31.34 Kcal/h**

Energía que sale junto a los chips de madera secos que van a producción

Energía transferida a los chips secos que van a producción = **298125,79 Kcal/h**

Energía transferida a la humedad que va a producción = **68445,49 Kcal/h**

Energía que sale junto al material recuperado por los ciclones

Energía transferida al material fino que va a producción = **150408,73 Kcal/h**

Energía transferida a la humedad del material recuperado = **36855,26 Kcal/h**

Energía de los gases que salen por la chimenea = 4300753,546 Kcal/h

Los valores mostrados son el resultado de realizar un promedio estadístico con los datos utilizados para efectuar el balance de energía. Su cálculo se expone más adelante.

5.4 ELABORACIÓN DEL BALANCE ENERGÉTICO DEL PROCESO DE SECADO

5.4.1 OBTENCIÓN DE DATOS

La realización del balance de energía se ha logrado gracias a la observación, medición, registro y procesamiento de datos involucrados en el proceso de secado, la mayoría de los cuales fueron tomados de cada uno de los tres turnos que realizaron los operadores del proceso de secado durante los primeros 25 días del mes de Agosto del año 2010.

Los datos a disposición en el cuarto de control del secadero son:

- Poder calorífico del bunker y del polvo de madera en Kcal/kg
- Porcentaje de humedad del material que va a producción
- Temperatura de la cámara de combustión en °C
- Temperatura de los gases a la entrada del tubo flash °C

- Temperatura de los gases a la entrada del tambor °C
- Temperatura a la salida del tambor °C
- Temperatura en los ciclones °C
- Temperatura de los gases de chimenea °C
- Temperatura de los gases de retorno °C
- Temperatura de los chips cuando entran al tubo flash °C
- Temperatura de los chips a la salida del tubo flash °C
- Temperatura de los chips a la entrada del tambor °C

Aparte de los datos que ya fueron citados en el CAPITULO 4 para el balance de materia.

CUADRO 5.2 DATOS DISPONIBLES USADOS EN EL BALANCE DE ENERGÍA

FECHA	TURNO	HUMEDAD DEL MATERIAL SECO %
25/08/2010	3ro	1,2
25/08/2010	2do	1,2
25/08/2010	1ro	1,2
24/08/2010	3ro	1,2
24/08/2010	2do	1,1
24/08/2010	1ro	1,2
23/08/2010	3ro	1,2
23/08/2010	1ro	1,2
21/08/2010	1ro	1,2
20/08/2010	3ro	1,1

20/08/2010	1ro	1,2
19/08/2010	3ro	1,2
19/08/2010	1ro	1,1
18/08/2010	3ro	1,2
18/08/2010	1ro	1,2
17/08/2010	1ro	1,2
16/08/2010	1ro	1,3
15/08/2010	2do	1,1
15/08/2010	1ro	1,1
14/08/2010	2do	1,2
14/08/2010	1ro	1,2
13/08/2010	3ro	1,2
13/08/2010	2do	1,2
13/08/2010	1ro	1,2
12/08/2010	3ro	1,2
12/08/2010	2do	1,2
12/08/2010	1ro	1,2
11/08/2010	3ro	1,2
11/08/2010	2do	1,1
11/08/2010	1ro	1,2
10/08/2010	3ro	1,1
10/08/2010	2do	1,1
10/08/2010	1ro	1,2
09/08/2010	3ro	1,1
09/08/2010	2do	1,2
07/08/2010	2do	1,1
07/08/2010	1ro	1,2
06/08/2010	3ro	1,2
06/08/2010	2do	1,1
06/08/2010	1ro	1,1
05/08/2010	3ro	1,2
05/08/2010	2do	1,2
05/08/2010	1ro	1,2
04/08/2010	3ro	1,2
04/08/2010	2do	1,2
04/08/2010	1ro	1,4
03/08/2010	3ro	1,2
03/08/2010	2do	1,2
03/08/2010	1ro	1,1

02/08/2010	3ro	1,2
02/08/2010	2do	1,1
02/08/2010	1ro	1,2
01/08/2010	3ro	1,2
01/08/2010	2do	1,1
01/08/2010	1ro	1,1

CUADRO 5.3 DATOS DISPONIBLES USADOS EN EL BALANCE DE ENERGÍA

FECHA	TEMPERATURA DE ENTRADA AL TUBO FLASH °C		TEMPERATURA DE ENTRADA AL TAMBOR °C		TEMPERATURA DE SALIDA DEL TAMBOR °C	
25/08/2010	389,7	382,033	242,6	240,84	128	129
	392,8		245,11		129	
	363,6		234,8		130	
24/08/2010	376,2	390,27	240,5	245,43	128	128
	390,11		246,5		128	
	404,5		249,3		128	
23/08/2010	392,11	371,84	249,3	241,8	127	129,53
	367,8		236,6		129	
	355,6		239,5		132,6	
21/08/2010	380,62	371,37	242,5	238,67	129,6	129,87
	360,3		236,7		130	
	373,2		236,8		130	
20/08/2010	399,3	404,17	254,1	256,16	133	132,33
	399,6		253,5		131	
	413,6		260,88		133	
19/08/2010	377,7	399,17	245,6	254,5	132	131,77
	408,3		258,4		130,7	
	411,5		259,5		132,6	
18/08/2010	371,66	396,62	248,3	264,73	133,5	134,6
	400,1		257,2		131	
	418,1		288,7		139,3	
17/08/2010	405,8	400,37	270,7	269,47	142	139
	389,3		267,1		137	
	406		270,6		138	

16/08/2010	406,7	388,12	265,1	257,82	139,4	137,97
	383,1		253,6		139	
	374,55		254,77		135,5	
15/08/2010	385,44	393,58	271,77	262,09	133	132,6
	394		257,7		131,8	
	401,3		256,8		133	
14/08/2010	378,1	375	254,7	247,05	133	129,7
	381,3		249		128,1	
	365,6		237,44		128	
13/08/2010	344	332,967	223,4	222,39	127	127,67
	329,3		217,1		127	
	325,6		226,66		129	
12/08/2010	390	386	243,5	244,2	131	128,9
	394,6		253,4		128,7	
	373,4		235,7		127	
11/08/2010	384,8	388,98	236,6	231,30	126	127,3
	390,55		213,11		128	
	391,6		244,2		128	
10/08/2010	394,77	368,06	252	241,57	130,1	130,07
	352,1		234,4		131,1	
	357,3		238,3		129	
09/08/2010	403	389,3	256,3	251,9	131,4	130,25
	375,6		247,5		129,1	
07/08/2010	396,5	421,6	253,7	267,1	127	128
	429,6		269		128	
	438,7		278,6		128	
06/08/2010	411,7	402,05	232,3	247,23	129	129,33
	399,55		252,8		128,5	
	394,9		256,6		130,5	
05/08/2010	420,3	416,67	256,6	264,74	131	133,57
	419,22		263,88		133,7	
	410,5		273,75		136	
04/08/2010	410,7	411,98	268,7	270,32	135	135,33
	433		275		135	
	392,25		267,25		136	
03/08/2010	428,22	418,997	272,77	262,60	127,6	127,27
	404,66		252,8		126	
	424,11		262,22		128,2	

02/08/2010	409,55	413,36	261,22	255,97	129	129
	420,22		256,1		129	
	410,3		250,6		128	
01/08/2010	362,2	383,8	231,55	241,09	128	127,3
	379,1		241,33		127	
	410,1		250,4		127	
		391,58		251,26		130,80
		PROMEDIO		PROMEDIO		PROMEDIO

CUADRO 5.4 DATOS DISPONIBLES USADOS EN EL BALANCE DE ENERGÍA

FECHA	TEMPERATURA DE LA CÁMARA DE COMBUSTIÓN *C	
25/08/2010	933,8	888,67
	867,4	
	864,8	
24/08/2010	889,7	898,23
	881,3	
	923,7	
23/08/2010	888,6	858,90
	814,5	
	873,6	
21/08/2010	899,8	893,87
	869,7	
	912,1	
20/08/2010	863	902,18
	905,2	
	938,33	
19/08/2010	881,5	898,1
	899,8	

	913	
18/08/2010	909,4	911,5
	879	
	946,1	
17/08/2010	960,6	920,53
	898,8	
	902,2	
16/08/2010	932,5	903,4
	882,7	
	895	
15/08/2010	857,8	874,8
	870,4	
	896,2	
14/08/2010	848	895,63
	912,6	
	926,3	
13/08/2010	895,1	886,62
	882,77	
	882	
12/08/2010	829,3	871,6
	865,5	
	920	
11/08/2010	830,44	862,98
	842,2	
	916,3	
10/08/2010	883,6	862,31
	823,22	
	880,1	
09/08/2010	810,11	826,56

	843	
07/08/2010	881,2	882,27
	877,5	
	888,1	
06/08/2010	941,11	918,34
	915,22	
	898,7	
05/08/2010	865,22	864,05
	828,8	
	898,12	
04/08/2010	935,5	940,92
	939,5	
	947,75	
03/08/2010	954,8	937,82
	954,33	
	904,33	
02/08/2010	880,55	867,64
	879,6	
	842,77	
01/08/2010	723,33	816,28
	843	
	882,5	
		886,23
		PROMEDIO

Los siguientes datos de temperatura (ver cuadro 5.5) fueron obtenidos de los registros de los operadores del 21 al 25 de Agosto del año 2010:

CUADRO 5.5 DATOS DISPONIBLES USADOS EN EL BALANCE DE ENERGÍA

TEMPERATURA DE LOS CICLONES *C	TEMPERATURA DE GASES DE RETORNO *C	TEMPERATURA DE GASES DE CHIMENEA *C
124,5	121	119
124,5	121	119
124	121	118
120,5	117	118
120,5	117	118
120,5	117	120
119,5	116	117
118,5	115	117
127,5	124	118
127,5	123	118
128	124	119
126	122	121
126	123	121
126	124	122
123,82	120,36	118,93
PROMEDIO	PROM EDIO	PROMEDIO

Los siguientes datos de temperatura (ver cuadro 5.6) son los que se usan para la operación del secadero.

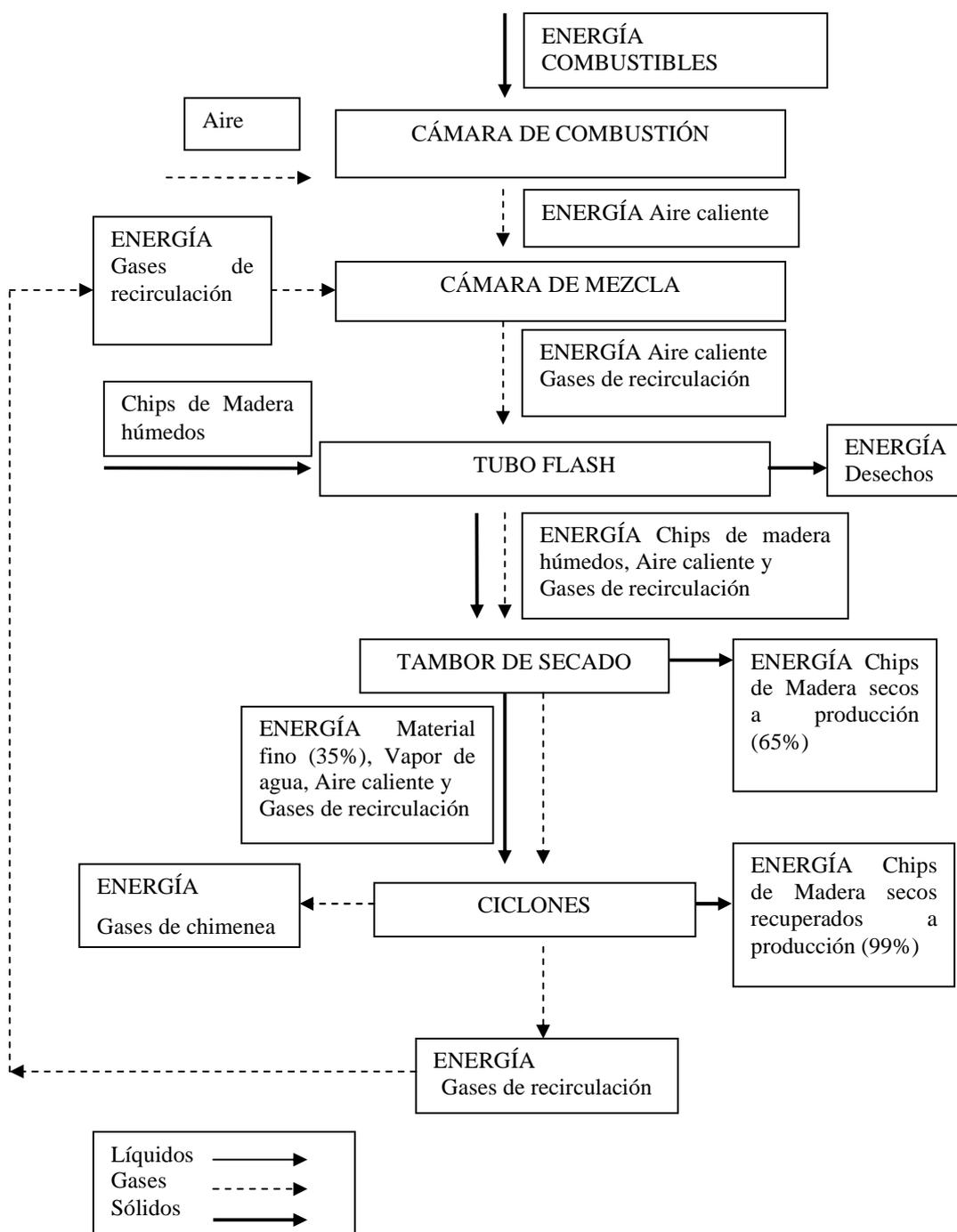
CUADRO 5.6 DATOS DISPONIBLES USADOS EN EL BALANCE DE ENERGÍA

TEMPERATURA DE ENTRADA DE LOS CHIPS HÚMEDOS *C	TEMPERATURA DE SALIDA DE LOS CHIPS HÚMEDOS DEL TUBO FLASH *C	TEMPERATURA DE ENTRADA DE LOS CHIPS HÚMEDOS AL TAMBOR *C
19	40	60

5.4.2 BALANCE DE ENERGÍA

El proceso de secado de madera está constituido por varias operaciones unitarias, en cada una de las cuales interviene energía. A continuación se han identificado todas las operaciones unitarias y sus interrelaciones en un diagrama de flujo energético que refleja lo que ocurre en el proceso.

FIGURA 5.2 DIAGRAMA DE FLUJO ENERGÉTICO DEL PROCESO DE SECADO



5.4.2.1 Ejemplo de Cálculo

El ejemplo de cálculo que se presenta a continuación ha sido realizado con los datos que resultaron de hacer un promedio estadístico de los datos disponibles analizados anteriormente (ver cuadros 5.2 al 5.6).

5.4.2.1.1 Determinación de la humedad de los chips que ingresan al proceso de secado

Utilizando la ecuación para determinar el porcentaje de humedad de la madera se tiene que:

$$\% H = \frac{\text{Peso húmedo} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} * 100 \quad (5.2)$$

$$\% H = \frac{24839.2 \text{ kg/h} - 14409.65 \text{ kg/h}}{14409.65 \text{ kg/h}} = \mathbf{72.38\%}$$

5.4.2.1.2 Determinación del flujo de materia que entra al tubo flash

Del ingreso de material al proceso de secado se determina cuanto es agua y cuanto es chip de madera. Se utilizan los datos del flujo de material que ingresa al proceso y su humedad (ver cuadro 4.3).

Chips de madera

Utilizando la ecuación 5.2 se tiene que:

$$\text{Peso seco} = \frac{\text{Peso húmedo}}{H+1} = \frac{24839.2 \text{ kg/h}}{0.7238+1} = \mathbf{14409.56 \text{ kg/h}}$$

$$\text{Humedad} = (24839.2 - 14409.56) \text{ kg/h} = \mathbf{10429.64 \text{ kg/h}}$$

5.4.2.1.3 Determinación del flujo de materia que sale del tubo flash

Del material de desecho saliente del tubo flash se determina cuanto es agua y cuanto es chip de madera. Se utilizan los datos del flujo de material que sale del tubo y su humedad (ver anexo 6).

Chips de madera

Utilizando la ecuación 5.2 se tiene que:

$$\text{Peso seco} = \frac{\text{Peso húmedo}}{H+1} = \frac{3.55 \text{ kg/h}}{0.7238+1} = \mathbf{2.06 \text{ kg/h}}$$

$$\text{Humedad} = (3.55 - 2.06) \text{ kg/h} = \mathbf{1.49 \text{ kg/h}}$$

5.4.2.1.4 Determinación del flujo de materia que entra al tambor

Del ingreso de material al tambor se determina cuanto es agua y cuanto es chip de madera. Se utilizan los datos del flujo de material que ingresa al tambor y su humedad (ver anexo 6)

Chips de madera

Utilizando la ecuación 5.2 se tiene que:

$$\text{Peso seco} = \frac{\text{Peso húmedo}}{H+1} = \frac{24835.65 \text{ kg/h}}{0.7238+1} = \mathbf{14407.50 \text{ kg/h}}$$

$$\text{Humedad} = (24835.65 - 14407.50) \text{ kg/h} = \mathbf{10428.15 \text{ kg/h}}$$

5.4.2.1.5 Determinación del flujo de materia que sale del tambor y va a producción

Del material que se dirige directamente a producción después de salir del tambor se determina cuanto es agua y cuanto es chip de madera. Se utilizan los datos del flujo de material que sale del tambor y su humedad (ver anexo 6).

Chips de madera

Utilizando la ecuación 5.2 se tiene que:

$$\text{Peso seco} = \frac{\text{Peso húmedo}}{H+1} = \frac{9366.28 \text{ kg/h}}{0.012+1} = \mathbf{9255.21 \text{ kg/h}}$$

$$\text{Humedad} = (9366.28 - 9255.21) \text{ kg/h} = \mathbf{111.06 \text{ kg/h}}$$

5.4.2.1.6 Determinación del flujo de materia que va a los ciclones

Del material que se dirige a los ciclones se determina cuanto es agua y cuanto es chip de madera. Se utilizan los datos del flujo de material que van a los ciclones y su humedad (ver anexo 6).

Chips de madera

Utilizando la ecuación 5.2 se tiene que:

$$\text{Peso seco} = \frac{\text{Peso húmedo}}{H+1} = \frac{5094.32 \text{ kg/h}}{0.012+1} = \mathbf{5033.91 \text{ kg/h}}$$

$$\text{Humedad} = (5094.32 - 5033.91) \text{ kg/h} = \mathbf{60.40 \text{ kg/h}}$$

5.4.2.1.7 *Determinación del flujo de materia que es recuperado por los ciclones*

Del material que es recuperado por los ciclones se determina cuanto es agua y cuanto es chip de madera. Se utilizan los datos del flujo de material recuperado y su humedad (ver anexo 6).

Chips de madera

Utilizando la ecuación 5.2 se tiene que:

$$\text{Peso seco} = \frac{\text{Peso humedo}}{H+1} = \frac{5043.40 \text{ kg/h}}{0.012+1} = \mathbf{4983.60 \text{ kg/h}}$$

$$\text{Humedad} = (5043.40 - 4983.60) \text{ kg/h} = \mathbf{59.8 \text{ kg/h}}$$

5.4.2.1.8 *Energía transferida al aire que ingresa al proceso*

El calor ganado o perdido (Q) por un cuerpo o una sustancia, que recibe o transfiere calor a otro hasta alcanzar el equilibrio térmico, es directamente proporcional a la variación de temperatura (ΔT) y a la masa (m) del cuerpo.

Entonces:

$$Q = m * C_p * \Delta T \tag{5.3}$$

Donde:

C_p = Calor específico a presión constante, que se define como la cantidad de calor necesaria para elevar un grado de temperatura una masa unitaria de sustancia, mientras no cambie su estado.

Se tiene que la energía transferida al aire ambiente que ingresa hasta que alcanza la temperatura de la cámara de combustión, utilizando la ecuación 5.3, es:

$$Q = 11933.99791 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * 0.26 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} * (886.23 - 19) ^\circ\text{C}$$

$$Q = 2690875.46 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

El valor de Cp para el aire es calculado con la siguiente ecuación:

$$C_p = a + b(T) + c(T)^2 + d(T)^3 \quad (5.4)$$

Donde:

$$a = 28.94$$

$$b = 0.4147 * 10^{-2}$$

$$c = 0.3191 * 10^{-5}$$

$$d = -1.965 * 10^{-9}$$

El valor de temperatura es variado desde los 19 a los 900 °C y se obtiene un promedio estadístico del valor de Cp para cada temperatura. Al resultado de aplicar la fórmula se lo debe multiplicar por 0.2390 y dividir para el peso molecular del aire (29) para que las unidades obtenidas sean Kcal/Kg °C.

Utilizando la ecuación 5.4 se tiene que:

$$C_p = 28.94 + (0.4147 * 10^{-2})(19) + (0.3191 * 10^{-5})(19)^2 + (-1.965 * 10^{-9})(19)^3$$

$$C_p = 28.94 + 0.078793 + 1.151951 * 10^{-3} - 1.34779 * 10^{-5} = 29.01$$

$$C_p = (29.01 * 0.2390) / 29.02 = 0.24 \text{ Kcal/Kg } ^\circ\text{C}$$

C_p a 900 °C = 0.28 Kcal/Kg °C

$$C_p \text{ promedio} = 0.26 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}}$$

5.4.2.1.9 Energía transferida al material que sale del tubo flash

Chips de madera

$$Q = m * C_p * \Delta T = 2.06 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * 0.292 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} * (40 - 19) ^\circ \text{C}$$

$$Q = 12.63 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

El valor de C_p para la madera es calculado con la siguiente ecuación:

$$C_p = 0.28 \left\{ h \left(1 + \frac{t}{100} \right) \right\}^2 \quad (5.5)$$

Donde:

t = Es la temperatura del chip en ° C

h = Humedad del chip

El valor de temperatura es variado desde los 19 a los 135 °C y se obtiene un promedio estadístico del valor de C_p para cada temperatura. La humedad considerada es con la que el material entra al proceso (ver anexo 6).

$$C_p = 0.292 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}}$$

Humedad

$$Q = m * C_p * \Delta T = 1.49 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * 1.000255 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} * (40 - 19) ^\circ \text{C}$$

$$Q = 31.29 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

El valor de C_p para el agua es calculado con la ecuación 5.4:

Donde:

$$a = 75.4$$

El valor de temperatura es variado desde los 19 a los 135 °C y se obtiene un promedio estadístico del valor de C_p para cada temperatura. Al resultado de aplicar la fórmula se lo debe multiplicar por 0.2390 y dividir para el peso molecular del agua (18) para que las unidades obtenidas sean Kcal/Kg °C.

$$C_p = 1.000255 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}}$$

5.4.2.1.10 Energía transferida al material que entra al tambor

Chips de madera

$$Q = m * C_p * \Delta T = 14409.65 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * 0.292 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} * (60 - 19) ^\circ \text{C}$$

$$Q = 172512.33 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

Humedad

$$Q = m * C_p * \Delta T = 10426 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * 1.000255 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} * (60 - 19) ^\circ \text{C}$$

$$\mathbf{Q = 427575 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}}$$

*5.4.2.1.11 Energía transferida en el tambor***Chips de madera**

$$Q = m * C_p * \Delta T = 14409.65 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * 0.292 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} * (130.8 - 60) ^\circ \text{C}$$

$$\mathbf{Q = 297899.34 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}}$$

Humedad

Para que el agua alcance la temperatura de evaporación en Quito que es igual a 90.3 °C.

$$Q = m * C_p * \Delta T = 10426 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * 1.000255 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} * (90.3 - 60) ^\circ \text{C}$$

$$\mathbf{Q = 315988.35 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}}$$

El calor total para que una masa (m) empiece a evaporar está dado por la siguiente ecuación:

$$Q = m * L_v \tag{5.6}$$

Donde:

L_v = Es el calor latente de vaporización que se define como la cantidad de calor necesaria para evaporar una masa unitaria.

El valor de L_v para el agua es igual a 540.5 (cal/g)

Entonces aplicando la ecuación 5.6:

$$Q = 10426 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * 540.5 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}} = \mathbf{5635253 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}}$$

Para que el vapor de agua alcance la temperatura de salida del tambor.

$$Q = m * C_p * \Delta T = 10426 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * 0.46 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} * (130.8 - 90.3) ^\circ\text{C}$$

$$\mathbf{Q = 194236.38 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}}$$

5.4.2.1.12 Energía transferida al material que va a producción

Chips de madera

$$Q = m * C_p * \Delta T = 9257.68 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * 0.292 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} * (130.8 - 19) ^\circ\text{C}$$

$$\mathbf{Q = 302222.52 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}}$$

Humedad

Para este cálculo se plantean las siguientes relaciones:

$$\frac{\text{Energía transferida a la humedad que entra al tambor}}{\text{Humedad que entra al tambor}} = \frac{\text{Energía transferida a la humedad que va a producción}}{\text{Humedad que va a producción}}$$

$$\text{Energía transferida a la humedad que va a producción} = \frac{\text{Humedad que va a producción}}{\text{Humedad que entra al tambor}} * \text{Energía transferida a la humedad que entra al tambor}$$

$$\text{Energía transferida a la humedad que va a producción} = \frac{108.60 \text{ Kg/h}}{10426 \text{ Kg/h}} * 427575 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}} = \mathbf{4453.73 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}}$$

$$\frac{\text{Energía transferida a la humedad en el tambor}}{\text{Humedad que entra al tambor}} = \frac{\text{Energía transferida a la humedad que va a producción}}{\text{Humedad que va a producción}}$$

$$\text{Energía transferida a la humedad que va a producción} = \frac{\text{Humedad que va a producción}}{\text{Humedad que entra al tambor}} * \text{Energía transferida a la humedad en el tambor}$$

$$\text{Energía transferida a la humedad que va a producción} = \frac{108.60 \text{ Kg/h}}{10426 \text{ Kg/h}} * 6143639.82 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}} = \mathbf{63993.793 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}}$$

$$\text{Energía total} = 4453.73 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}} + 63993.793 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}} = \mathbf{68447.523 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}}$$

5.4.2.1.13 Energía transferida al material recuperado por los ciclones

Chips de madera

$$Q = m * C_p * \Delta T = 4984.90 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * 0.292 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} * (123.82 - 19) ^\circ\text{C}$$

$$Q = \mathbf{152575.02 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}}$$

Humedad

Para este cálculo se plantean las siguientes relaciones:

$$\frac{\text{Energía transferida a la humedad que entra al tambor}}{\text{Humedad que entra al tambor}} = \frac{\text{Energía transferida a la humedad recuperada en los ciclones}}{\text{Humedad que sale de los ciclones}}$$

$$\text{Energía transferida a la humedad recuperada en los ciclones} = \frac{\text{Humedad que sale de los ciclones}}{\text{Humedad que entra al tambor}} * \text{Energía transferida a la humedad que entra al tambor}$$

$$\text{Energía transferida a la humedad recuperada en los ciclones} = \frac{58.47 \text{ Kg/h}}{10426 \text{ Kg/h}} * 427575 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}} = 2397.88 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

$$\frac{\text{Energía transferida a la humedad en el tambor}}{\text{Humedad que entra al tambor}} = \frac{\text{Energía transferida a la humedad recuperada en los ciclones}}{\text{Humedad que sale de los ciclones}}$$

$$\text{Energía transferida a la humedad recuperada en los ciclones} = \frac{\text{Humedad que sale de los ciclones}}{\text{Humedad que entra al tambor}} * \text{Energía transferida a la humedad en el tambor}$$

$$\text{Energía transferida a la humedad que va a producción} = \frac{58.47 \text{ Kg/h}}{10426 \text{ Kg/h}} * 6143639.82 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}} = 34454.11 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

$$\text{Energía total} = 2397.88 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}} + 34454.11 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}} = 36852 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

5.4.2.1.14 Resultados

Entonces se tiene que la energía total aprovechada en el proceso de secado es:

$$10292536.47 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

La eficiencia térmica global del proceso de secado se define como la relación entre el calor suministrado al secador en relación al calor usado en el proceso:

$$\% \text{ eficiencia} = \frac{10292536.47}{10793731.86} * 100 = 95.36$$

$$\% \text{ pérdidas} = 100 - 95.36 = 4.64$$

Con todos los datos que se han obtenido hasta el momento se va a realizar un balance general de energía para determinar la cantidad que sale con los gases de chimenea y la cantidad de energía que se encuentra con los gases de recirculación. Se va a asumir que la recirculación es una salida.

De acuerdo a la ecuación 5.1 se tiene que:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Energía total} \\ \text{suministrada} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \text{Energía total} \\ \text{de salida} \end{array} \right\}$$

Energía liberada por la combustión = Energía de los chips que salen del tubo flash + Energía de la humedad que sale del tubo flash + Energía de los chips que salen a producción + Energía de la humedad que va a producción + Energía de los chips que salen de los ciclones + Energía de la humedad que sale de los ciclones + Energía de los Gases de salida.

$$\text{Energía de los Gases de salida} = 10793731.86 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}} - 12.63 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}} - 31.29 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}} - 302222.52 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}} - 68447.523 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}} - 152575.02 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}} - 36852 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

$$\text{Energía de los Gases de salida} = 10233590.88 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

Y sabiendo que el porcentaje de apertura de la clapeta de recirculación de gases es del 58% se obtiene que:

$$\text{Energía de los Gases de recirculación} = 0.58 * 10233590.88 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}} = \mathbf{5935482.709 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}}$$

$$\text{Energía de los Gases de chimenea} = 10233590.88 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}} - 5935482.709 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}} = \mathbf{4298108.171 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}}$$

5.4.2.1.15 Calor perdido por los gases

Los siguientes cálculos corresponden al calor perdido por los gases en todo el proceso de secado.

La concentración de los componentes de los gases del proceso es:

CUADRO 5.7 CONCENTRACIÓN DE LOS COMPONENTES DE LOS GASES DEL PROCESO DE SECADO

CONCENTRACIÓN DE CO ₂ EN LOS GASES %	CONCENTRACIÓN DE O ₂ EN LOS GASES %	CONCENTRACIÓN DE SO ₂ EN LOS GASES ppm
3,22	16,75	34

CUADRO 5.8 CONCENTRACIÓN DE LOS COMPONENTES DE LOS GASES DEL PROCESO DE SECADO

CONCENTRACIÓN DE CO EN LOS GASES ppm	CONCENTRACIÓN DE NO EN LOS GASES ppm	CONCENTRACIÓN DE NO ₂ EN LOS GASES ppm
73	207	2

Y teniendo en cuenta que 10000 ppm es igual al 1% y que 1 ppm es igual a 1 ug/mL se obtiene que:

CUADRO 5.9 CONCENTRACIÓN DE LOS COMPONENTES DE LOS GASES DEL PROCESO DE SECADO EN Kg/m³

CONCENTRACIÓN DE CO ₂ EN LOS GASES Kg/m ³	CONCENTRACIÓN DE O ₂ EN LOS GASES Kg/m ³	CONCENTRACIÓN DE SO ₂ EN LOS GASES Kg/m ³
32.2	167.5	0.034

**CUADRO 5.10 CONCENTRACIÓN DE LOS COMPONENTES DE LOS GASES
DEL PROCESO DE SECADO EN Kg/m³**

CONCENTRACIÓN DE CO EN LOS GASES Kg/m ³	CONCENTRACIÓN DE NO EN LOS GASES Kg/m ³	CONCENTRACIÓN DE NO ₂ EN LOS GASES Kg/m ³
0.073	0.207	0.002

Haciendo una relación porcentual se obtiene que un determinado volumen de gas presenta en masa:

16.09 % de CO₂, 83.74 % de O₂, 0.017 % de SO₂, 0.0365 % de CO, 0.1055 % NO y 0.013 % de NO₂.

En consecuencia los gases calientes del proceso presentan:

**CUADRO 5.11 FLUJO DE LOS COMPONENTES DE LOS GASES DEL PROCESO
DE SECADO**

kg/h CO ₂	kg/h O ₂	kg/h SO ₂
2210,28	11503,37	2,34

**CUADRO 5.12 FLUJO DE LOS COMPONENTES DE LOS GASES DEL PROCESO
DE SECADO**

kg/h CO	kg/h NO	kg/h NO ₂
5,01	14,22	1,79

Y los gases de recirculación:

CUADRO 5.13 FLUJO DE LOS COMPONENTES DE LOS GASES DE RECIRCULACIÓN DEL PROCESO DE SECADO

kg/h CO ₂	kg/h O ₂	kg/h SO ₂
2254,94	11735,78	2,382

CUADRO 5.14 FLUJO DE LOS COMPONENTES DE LOS GASES DE RECIRCULACIÓN DEL PROCESO DE SECADO

kg/h CO	kg/h NO	kg/h NO ₂
5,1153	14,785	1,8219

5.4.2.1.16 Calor perdido por el CO₂ de los gases de combustión

El calor perdido por el CO₂ desde que se encuentra en la cámara de combustión hasta que sale de la chimenea es:

$$Q = m * C_p * \Delta T = 2210.28 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * 0.26 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} * (118.93 - 886.23) ^\circ\text{C}$$

$$Q = 440946.44 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

El valor de C_p para el CO₂ es calculado con la ecuación 5.4:

Donde:

$$a = 36.11$$

$$b = 4.233 * 10^{-2}$$

$$c = -2.887 * 10^{-5}$$

$$d = 7.464 * 10^{-9}$$

El valor de temperatura es variado desde los 19 a los 900 °C y se obtiene un promedio estadístico del valor de Cp para cada temperatura. Al resultado de aplicar la fórmula se lo debe multiplicar por 0.2390 y dividir para el peso molecular del CO₂ (44) para que las unidades obtenidas sean Kcal/Kg °C.

$$C_p \text{ promedio} = 0.26 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}}$$

5.4.2.1.17 Calor perdido por el O₂ de los gases de combustión

El calor perdido por el O₂ desde que se encuentra en la cámara de combustión hasta que sale de la chimenea es:

$$Q = m * C_p * \Delta T = 11503.37 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * 0.25 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} * (118.93 - 886.23) ^\circ\text{C}$$

$$Q = 2206633.95 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

El valor de Cp para el O₂ es calculado con la ecuación 5.4:

Donde:

$$a = 29.10$$

$$b = 1.158 * 10^{-2}$$

$$c = - 0.6076 * 10^{-5}$$

$$d = 1.311 * 10^{-9}$$

El valor de temperatura es variado desde los 19 a los 900 °C y se obtiene un promedio estadístico del valor de Cp para cada temperatura. Al resultado de aplicar la fórmula se lo debe multiplicar por 0.2390 y dividir para el peso molecular del O₂ (32) para que las unidades obtenidas sean Kcal/Kg °C.

$$C_p \text{ promedio} = 0.25 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}}$$

5.4.2.1.18 Calor perdido por el SO₂ de los gases de combustión

El calor perdido por el SO₂ desde que se encuentra en la cámara de combustión hasta que sale de la chimenea es:

$$Q = m * C_p * \Delta T = 2.34 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * 0.18 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} * (118.93 - 886.23) ^\circ\text{C}$$

$$Q = 323.187 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

El valor de C_p para el SO₂ es calculado con la ecuación 5.4:

Donde:

$$a = 38.91$$

$$b = 3.904 * 10^{-2}$$

$$c = -3.104 * 10^{-5}$$

$$d = 8.606 * 10^{-9}$$

El valor de temperatura es variado desde los 19 a los 900 °C y se obtiene un promedio estadístico del valor de C_p para cada temperatura. Al resultado de aplicar la fórmula se lo debe multiplicar por 0.2390 y dividir para el peso molecular del SO₂ (64) para que las unidades obtenidas sean Kcal/Kg °C.

$$C_p \text{ promedio} = 0.18 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}}$$

5.4.2.1.19 Calor perdido por el CO de los gases de combustión

El calor perdido por el CO desde que se encuentra en la cámara de combustión hasta que sale de la chimenea es:

$$Q = m * C_p * \Delta T = 5.01 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * 0.27 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} * (118.93 - 886.23) ^\circ\text{C}$$

$$Q = 1037.93 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

El valor de C_p para el CO es calculado con la ecuación 5.4:

Donde:

$$a = 28.95$$

$$b = 0.4110 * 10^{-2}$$

$$c = 0.3548 * 10^{-5}$$

$$d = -2.220 * 10^{-9}$$

El valor de temperatura es variado desde los 19 a los 900 °C y se obtiene un promedio estadístico del valor de C_p para cada temperatura. Al resultado de aplicar la fórmula se lo debe multiplicar por 0.2390 y dividir para el peso molecular del CO (28) para que las unidades sean Kcal/Kg °C.

$$C_p \text{ promedio} = 0.27 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}}$$

5.4.2.1.20 Calor perdido por el NO de los gases de combustión

El calor perdido por el NO desde que se encuentra en la cámara de combustión hasta que sale de la chimenea es:

$$Q = m * C_p * \Delta T = 14.22 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * 0.26 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} * (118.93 - 886.23) ^\circ\text{C}$$

$$Q = 2836.861 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

El valor de C_p para el NO es calculado con la ecuación 5.4:

Donde:

$$a = 29.50$$

$$b = 0.8188 * 10^{-2}$$

$$c = -0.2925 * 10^{-5}$$

$$d = 0.3652 * 10^{-9}$$

El valor de temperatura es variado desde los 19 a los 900 °C y se obtiene un promedio estadístico del valor de C_p para cada temperatura. Al resultado de aplicar la fórmula se lo debe multiplicar por 0.2390 y dividir para el peso molecular del NO (30) para que las unidades obtenidas sean Kcal/Kg °C.

$$C_p \text{ promedio} = 0.26 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}}$$

5.4.2.1.21 Calor perdido por el NO₂ de los gases de combustión

El calor perdido por el NO₂ desde que se encuentra en la cámara de combustión hasta que sale de la chimenea es:

$$Q = m * C_p * \Delta T = 1.79 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * 0.24 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} * (118.93 - 886.23) ^\circ\text{C}$$

$$Q = 329.632 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

El valor de C_p para el NO_2 es calculado con la ecuación 5.4:

Donde:

$$a = 36.07$$

$$b = 3.97 \cdot 10^{-2}$$

$$c = -2.88 \cdot 10^{-5}$$

$$d = 7.87 \cdot 10^{-9}$$

El valor de temperatura es variado desde los 19 a los 900 °C y se obtiene un promedio estadístico del valor de C_p para cada temperatura. Al resultado de aplicar la fórmula se lo debe multiplicar por 0.2390 y dividir para el peso molecular del NO_2 (46) para que las unidades obtenidas sean Kcal/Kg °C.

$$C_p \text{ promedio} = 0.24 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}}$$

5.4.2.1.22 Resultados

El calor total perdido por los gases de la combustión en el proceso es igual a **2652108 Kcal/h**

Ahora el calor total perdido por el vapor de agua desde que sale del tambor hasta el final del proceso de secado es:

$$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta T = 10375.05 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} \cdot 0.4556 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} \cdot (118.93 - 130.80)^\circ\text{C}$$

$$Q = 56107.98 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

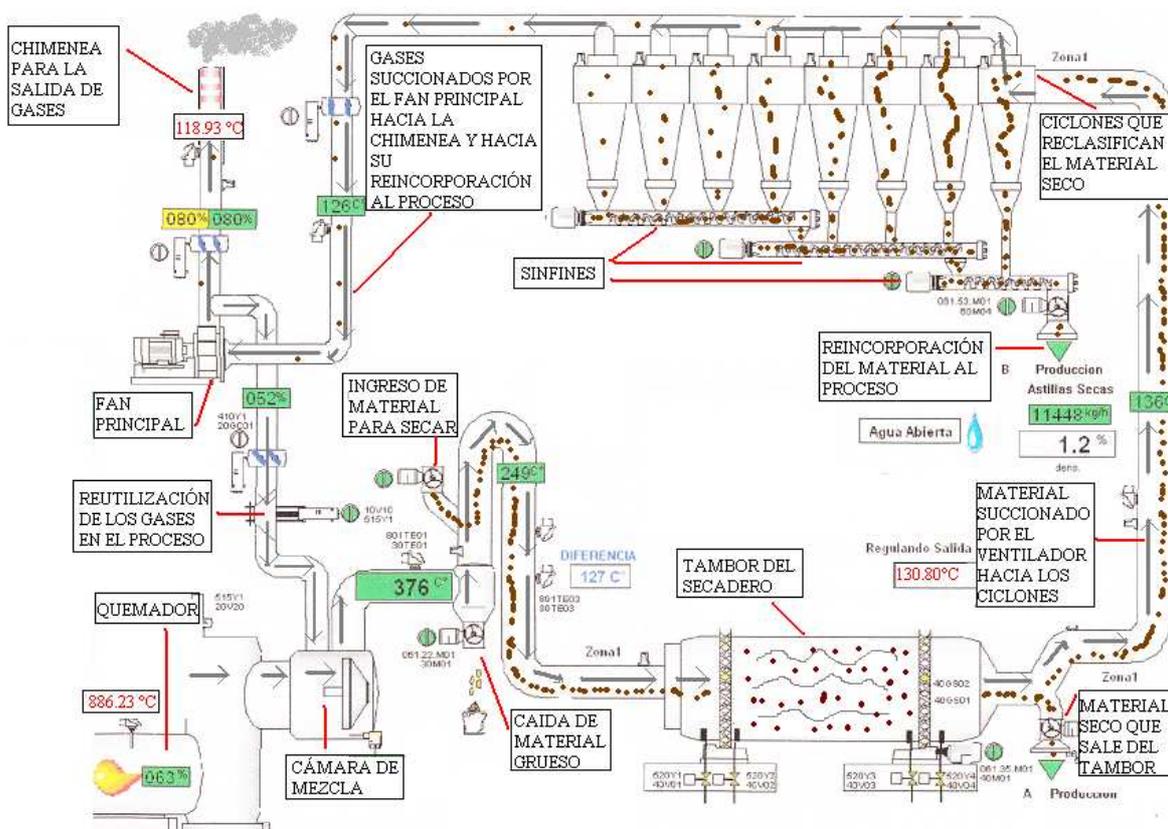
Finalmente el calor perdido por los gases del proceso es **2708216 Kcal/h**

Y el porcentaje de calor perdido es:

$$\% \text{ Calor perdido} = \frac{2708216 \text{ Kcal/h}}{10793737.32 \text{ Kcal/h}} * 100 = 25$$

En la figura 5.3 se observa el trayecto que los gases calientes realizan desde que salen de la cámara de combustión hasta que son expulsados por la chimenea. Se puede notar que la pérdida de temperatura de los gases es elevada, esto genera que se presenten pérdidas de calor que representan el 25% del calor total registrado en el proceso.

FIGURA 5.3 TRAYECTO DE LOS GASES EN EL PROCESO DE SECADO



5.4.2.1.23 Calor perdido por el CO₂ de los gases de recirculación

El calor perdido por el CO₂ desde que se encuentra en la cámara de mezcla hasta que inicia su proceso de recirculación es:

$$Q = m * C_p * \Delta T = 2254.94 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * 0.26 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} * (120.36 - 391.58) ^\circ\text{C}$$

$$Q = 159012.055 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

5.4.2.1.24 Calor perdido por el O₂ de los gases de recirculación

El calor perdido por el O₂ desde que se encuentra en la cámara de mezcla hasta que inicia su proceso de recirculación es:

$$Q = m * C_p * \Delta T = 11735.78 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * 0.25 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} * (120.36 - 391.58) ^\circ\text{C}$$

$$Q = 795744.563 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

5.4.2.1.25 Calor perdido por el SO₂ de los gases de recirculación

El calor perdido por el SO₂ desde que se encuentra en la cámara de mezcla hasta que inicia su proceso de recirculación es:

$$Q = m * C_p * \Delta T = 2.382 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * 0.18 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} * (120.36 - 391.58) ^\circ\text{C}$$

$$Q = 116.2883 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

5.4.2.1.26 *Calor perdido por el CO de los gases de recirculación*

El calor perdido por el CO desde que se encuentra en la cámara de mezcla hasta que inicia su proceso de recirculación es:

$$Q = m * C_p * \Delta T = 5.1153 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * 0.27 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} * (120.36 - 391.58) ^\circ\text{C}$$

$$Q = 374.59 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

5.4.2.1.27 *Calor perdido por el NO de los gases de recirculación*

El calor perdido por el NO desde que se encuentra en la cámara de mezcla hasta que inicia su proceso de recirculación es:

$$Q = m * C_p * \Delta T = 14.785 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * 0.26 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} * (120.36 - 391.58) ^\circ\text{C}$$

$$Q = 1042.6 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

5.4.2.1.28 *Calor perdido por el NO₂ de los gases de recirculación*

El calor perdido por el NO₂ desde que se encuentra en la cámara de mezcla hasta que inicia su proceso de recirculación es:

$$Q = m * C_p * \Delta T = 1.8219 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * 0.24 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} * (120.36 - 391.58) ^\circ\text{C}$$

$$Q = 118.59 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

El calor total perdido por los gases de recirculación en el proceso es igual a **956408.7 Kcal/h**

El calor transferido a los gases de recirculación en la cámara de mezcla es:

5.4.2.1.29 Calor cedido al CO₂

El calor cedido al CO₂ en la cámara de mezcla es:

$$Q = m * C_p * \Delta T = 2254.94 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * 0.26 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} * (391.58 - 120.36) ^\circ\text{C}$$

$$Q = 159012.055 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

5.4.2.1.30 Calor cedido al O₂

El calor cedido al O₂ en la cámara de mezcla es:

$$Q = m * C_p * \Delta T = 11735.78 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * 0.25 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} * (391.58 - 120.36) ^\circ\text{C}$$

$$Q = 795744.563 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

5.4.2.1.31 Calor cedido al SO₂

El calor cedido al SO₂ en la cámara de mezcla es:

$$Q = m * C_p * \Delta T = 2.382 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * 0.18 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} * (120.36 - 391.58) ^\circ\text{C}$$

$$Q = 116.2883 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

5.4.2.1.32 Calor cedido al CO

El calor cedido al CO en la cámara de mezcla es:

$$Q = m * C_p * \Delta T = 5.1153 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * 0.27 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} * (120.36 - 391.58)^\circ \text{C}$$

$$Q = 374.59 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

5.4.2.1.33 Calor cedido al NO

El calor cedido al NO en la cámara de mezcla es:

$$Q = m * C_p * \Delta T = 14.785 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * 0.26 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} * (120.36 - 391.58)^\circ \text{C}$$

$$Q = 1042.6 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

5.4.2.1.34 Calor cedido al NO₂

Calor cedido al NO₂ en la cámara de mezcla es:

$$Q = m * C_p * \Delta T = 1.8219 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * 0.24 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} * (120.36 - 391.58)^\circ \text{C}$$

$$Q = 118.59 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

5.4.2.1.35 Resultados

La energía total cedida a los gases de recirculación en la cámara de mezcla es igual a **956408.7 Kcal/h**

Lo que demuestra que todo el calor que los gases de recirculación pierden en el trayecto del proceso lo vuelven a recuperar en la cámara de mezcla.

5.4.2.1.36 Consumo de calor por producto

$$\text{Consumo de calor por producto} = \frac{\text{Energía total aprovechada en el proceso de secado}}{\text{Material total seco}} \quad (5.7)$$

$$\text{Consumo de calor por producto} = \frac{\text{Energía total aprovechada en el proceso de secado}}{\text{Material total seco}} = \frac{10292536.47 \text{ Kcal/h}}{14409.65 \text{ Kg/h}}$$

Consumo de calor por producto = **714.28 Kcal / Kg de producto seco**

5.4.2.1.37 Consumo de calor por agua evaporada

$$\text{Consumo de calor por agua evaporada} = \frac{\text{Energía total aprovechada en el proceso de secado}}{\text{Vapor de agua}} \quad (5.8)$$

$$\text{Consumo de calor por agua evaporada} = \frac{\text{Energía total aprovechada en el proceso de secado}}{\text{Vapor de agua}} = \frac{10292536.47 \text{ Kcal/h}}{10375.05 \text{ Kg/h}}$$

Consumo de calor por agua evaporada = **992.047 Kcal / Kg de agua evaporada**

5.4.2.1.38 Humedad de entrada de material en base seca

$$\text{Humedad de entrada de material en base seca} = \frac{\frac{\%H}{100}}{1 - \frac{\%H}{100}} \quad (5.9)$$

$$\text{Humedad de entrada de material en base seca} = \frac{\frac{\%H}{100}}{1 - \frac{\%H}{100}} = \frac{\frac{72.95}{100}}{1 - \frac{72.95}{100}} = 2.69$$

Humedad de entrada de material en base seca = **2.69 Kg agua / Kg de material seco**

5.4.2.1.39 Capacidad de alimentación en base de sólidos secos (CABSS)

$$\text{CABSS} = \text{chips de madera secos} - \left(\text{chips de madera secos} * \frac{\% \text{ H chips secos}}{100} \right) \quad (5.10)$$

$$\text{CABSS} = 14409.65 - \left(14409.65 * \frac{1.18}{100} \right) = \mathbf{12709.31 \text{ Kg/h}}$$

5.4.2.1.40 Humedad de salida de material en base seca

Utilizando la ecuación 5.9 se tiene que:

$$\text{Humedad de salida de material en base seca} = \frac{\frac{\%H}{100}}{1 - \frac{\%H}{100}} = \frac{\frac{1.18}{100}}{1 - \frac{1.18}{100}}$$

Humedad de salida de material en base seca = **0.0119 Kg agua / Kg de material seco**

5.4.2.1.41 Capacidad de secado como cantidad de agua evaporada

Capacidad de secado = (Humedad de entrada de material en base seca – Humedad de salida de material en base seca) * CABSS (5.11)

$$\text{Capacidad de secado} = (2.69 - 0.0119) * 12709.31 \text{ Kg/h}$$

$$\text{Capacidad de secado} = \mathbf{34036.8 \text{ Kg de agua evaporada/h}}$$

5.4.2.2 Resultados

Los resultados de haber realizado los balances de energía con los datos disponibles para cada fecha y cada turno de trabajo se presentan en el anexo 6.

Adicionalmente a continuación se muestran los resultados del balance de energía realizado sin tener en cuenta el aprovechamiento energético durante el proceso de secado y también los resultados del balance de energía tomando en cuenta las transferencias energéticas.

En la figura 5.4 se puede ver un balance general energético que no toma en cuenta las transferencias realizadas en el proceso, simplemente las entradas y salidas.

La figura 5.5 muestra el ingreso de energía que se registra desde la cámara de combustión y todas las transferencias energéticas que se realizan en todo el proceso hasta que se consigue la materia prima seca necesaria para producir el tablero aglomerado.

FIGURA 5.4 DIAGRAMA DE FLUJO ENERGÉTICO DEL PROCESO DE SECADO

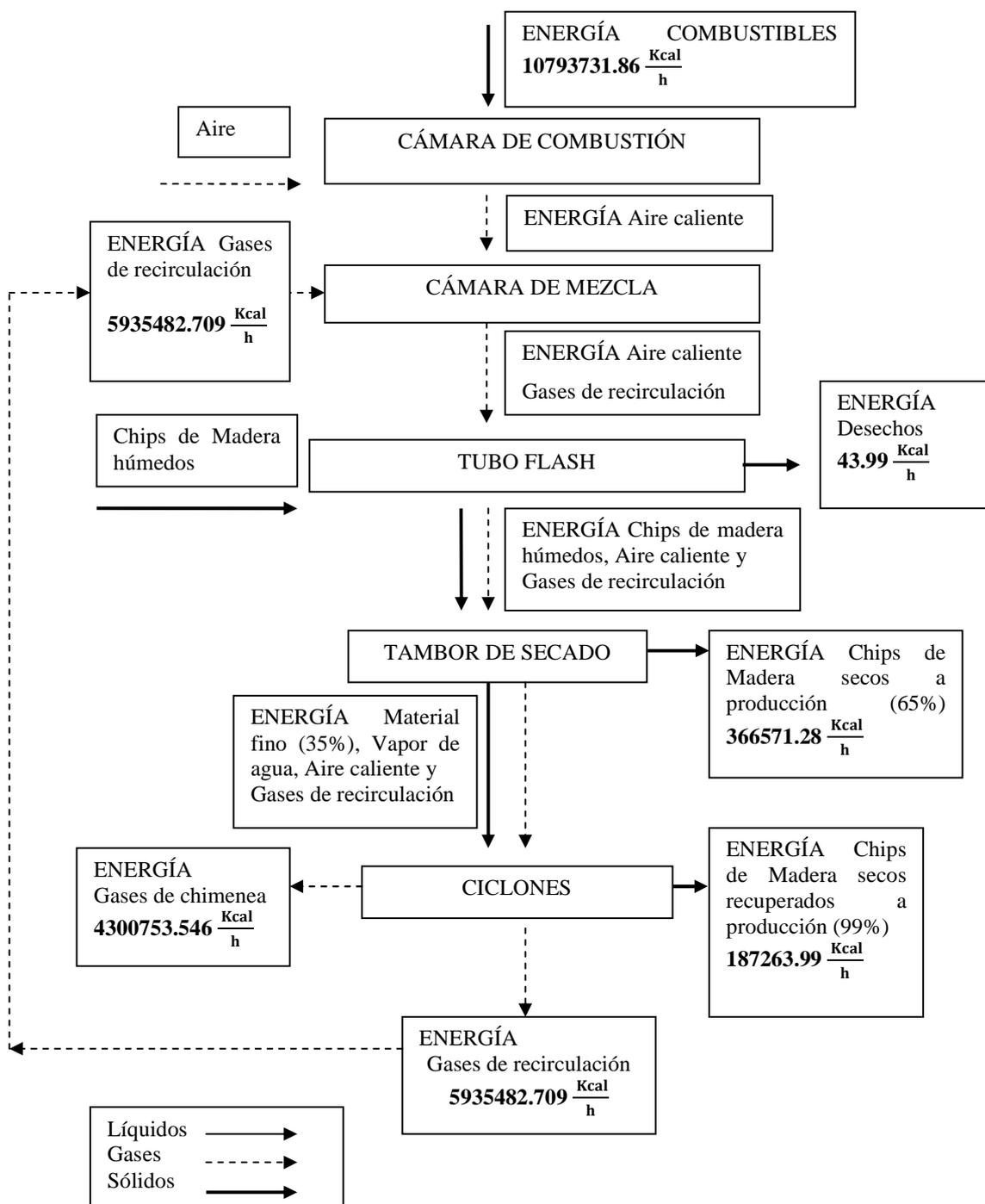
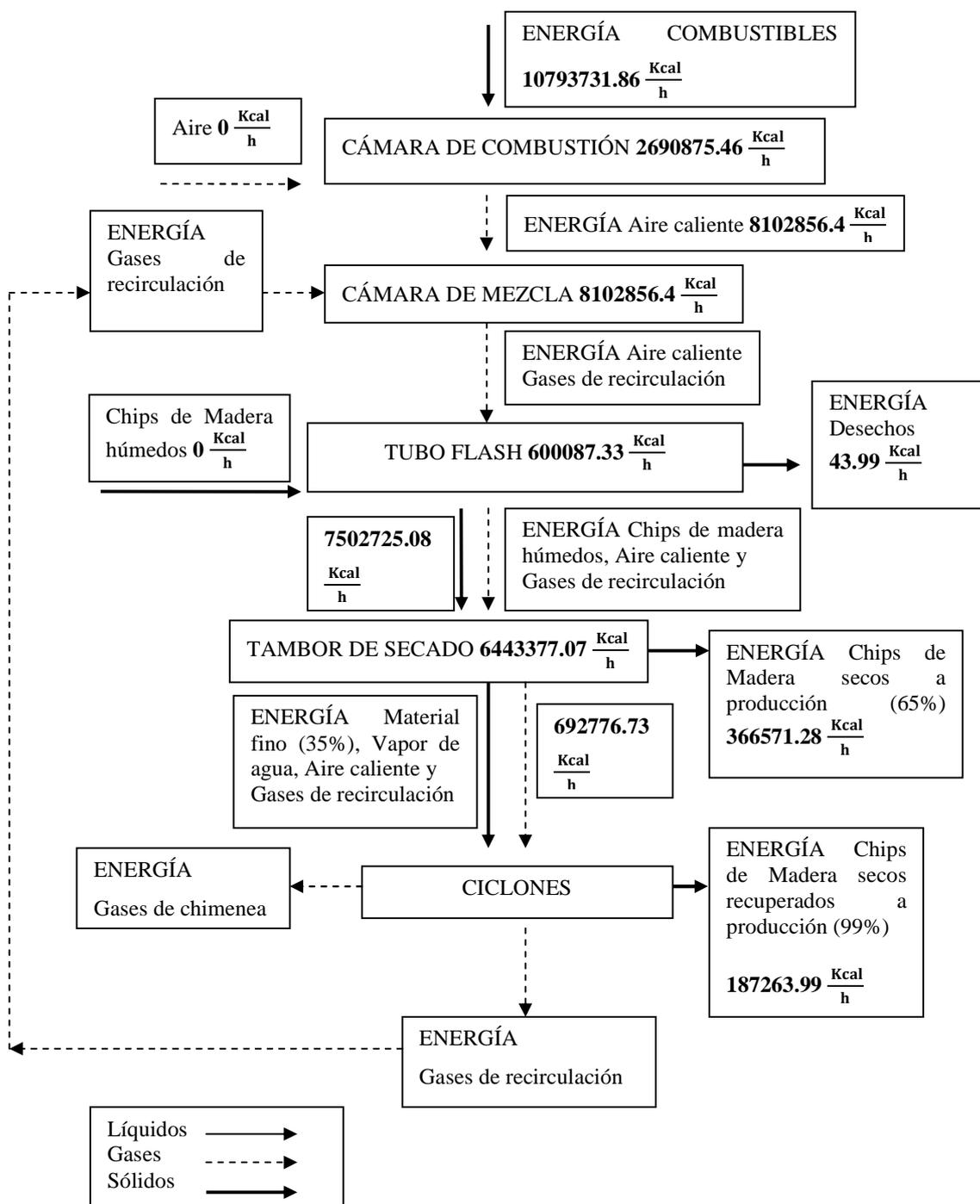


FIGURA 5.5 DIAGRAMA DE FLUJO ENERGÉTICO DEL PROCESO DE SECADO



5.4.3 IMPACTOS AMBIENTALES PRODUCIDOS POR PÉRDIDAS ENERGÉTICAS

Las salidas más significativas de energía se presentan con la salida de los gases por la chimenea ya que aproximadamente con los gases salen 4300753,546 Kcal/h

Conociendo esto y dado que el consumo de energía y la contaminación ambiental están relacionados, se puede decir que la energía que menos contamina es la que no se consume.

Sin embargo, no es posible una reducción drástica del consumo energético, ya que esto afectaría al proceso.

Por lo tanto no se trata de no consumir energía, sino de consumirla mejor, mediante la adopción de técnicas que permitan gastar menos para el mismo fin, en otras palabras el objetivo que se debe perseguir no es la total eliminación de la contaminación sino un adecuado control de la misma.

Las transformaciones energéticas de mayor interés en la utilización de recursos energéticos y en la generación de contaminantes van asociadas particularmente al proceso de combustión de materia fósil (bunker en este caso) con aire atmosférico.

La composición química del bunker, debido a su origen orgánico, es mayoritaria en carbono (C), con porcentajes variables de hidrógeno (H), oxígeno (O), azufre (S) y nitrógeno (N) entre otros.

Por ello, el contaminante atmosférico más abundante que se produce es el dióxido de carbono (CO₂). En menores proporciones, dióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x), y monóxido de carbono (CO).

5.4.3.1 CO₂ y el efecto invernadero

El dióxido de carbono es un gas incoloro e incombustible, representando el más alto porcentaje de efluentes atmosféricos en el proceso de secado con el 16.09%

Una de las particularidades de este gas es que deja pasar a través de él radiaciones de baja longitud de onda del espectro solar⁵. Sin embargo, es capaz de absorber buena parte de la energía calorífica de la irradiación de la Tierra, cuyas longitudes de onda son más altas. De este modo, se forma una capa casi impermeable a la evacuación del calor terrestre, provocando un aumento de la temperatura del planeta. Este proceso da lugar al efecto invernadero.

5.4.3.2 SO₂ y la lluvia ácida

El dióxido de azufre emitido a la atmósfera (0.0017%) es mucho menor en cantidad que el CO₂. El SO₂ es un gas indeseable desde el punto de vista sanitario ya que en el mundo millones de personas deben soportar problemas respiratorios a causa del SO₂.

Por otra parte, el SO₂ producido se difunde por la atmósfera y es arrastrado por los vientos. Mediante la humedad y la lluvia, se transforma sucesivamente en ácido sulfuroso y sulfúrico diluidos, capaces de atacar los materiales con los que entre en contacto.

Uno de los aspectos más importantes de este fenómeno son las consecuencias de la lluvia ácida sobre las masas forestales y los cultivos. Por esta razón los árboles enferman y mueren.

Pero como se puede verificar en el Capítulo 4 de este Estudio al realizar una comparación entre los parámetros medidos en el monitoreo y la Norma Técnica para

Emisiones a la Atmosfera de Fuentes Fijas de Combustión 213 se afirma que las concentraciones de los parámetros medidos en los gases de salida de la chimenea producidas en el proceso de secado están bajo los valores que la normativa establece, es decir NOVOPAN DEL ECUADOR S.A cumple con las regulaciones de la Norma Técnica 213 lo que minimiza cualquier efecto adverso que puede originar la emisión de gases contaminantes hacia el aire ambiente.

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

Al finalizar el presente proyecto se llegó a las siguientes conclusiones:

Certificaciones y Reducción de la Contaminación ambiental

- Hoy son cada vez más las empresas que apuestan por conseguir certificaciones de calidad, ambiente o seguridad y Novopan es una empresa pionera en este sentido. Es la primera empresa de tableros aglomerados en Sudamérica en conseguir los certificados ISO 9001 e ISO 14001. La dirección tiene presente que más que un costo, es una inversión, y principalmente ha tenido en cuenta que hay que hacerlo bien, consiguiendo reconocimiento por parte de entidades que afirman que la empresa está haciendo las cosas de acuerdo con los requisitos legales establecidos, por parte de sus clientes, por parte del mercado y principalmente el reconocimiento general al ver su interés por el cuidado del ambiente que es lo que ha generado que en el proceso de secado no se registre contaminación ambiental significativa.

- Novopan del Ecuador S.A., ha asumido el compromiso de mejorar continuamente su Sistema de Gestión de Calidad basado en los requisitos normativos de ISO 9001, su Sistema de Gestión de Control de Seguridad basado en los requisitos normativos de BASC, su sistema de Gestión ambiental basado en los requisitos normativos de ISO 14001 y su Sistema de Gestión de Seguridad y Salud basado en los requisitos normativos de OHSAS 18001, cumpliendo de esta manera con la legislación vigente de acuerdo a la actividad industrial.

El Sistema de Gestión de Calidad se enfoca en cumplir con los acuerdos establecidos con los clientes, para preservarlos mediante la satisfacción de sus necesidades, además de entregar productos de alta calidad, ajustados a normas y certificaciones nacionales e Internacionales (Bureau Veritas Certification, ANAB Accredited,) otorgando respaldo técnico y garantía a los productos y servicios.

El Sistema de Gestión Ambiental propicia una relación favorable con el ambiente manteniendo programas de prevención, control y minimización de los impactos ambientales, adicionalmente programas para el manejo de desechos, contingencias y emergencias, respaldados con capacitación permanente al personal de la empresa.

El Sistema de Gestión de Seguridad y Salud favorece a los trabajadores ya que se orienta en proteger la salud e integridad del personal en relación a los peligros identificados en las actividades, mediante un control de los riesgos asociados a cada proceso, manteniendo un programa de protección a la salud y seguridad, que permite un mejor desarrollo integral.

El Sistema de Gestión de Control de Seguridad le permite a Novopan desarrollar todas sus actividades administrativas, de producción, de control

de calidad, embalaje y despacho bajo estándares de seguridad y control, con el fin de lograr que sus productos no sean contaminados por ningún estupefaciente.

- Novopan ha logrado desarrollar un industria altamente respetable del ambiente, con certificaciones internacionales que así lo respaldan, produciendo un producto de alta calidad a través del manejo sustentable de la materia prima, pensado en el aporte al desarrollo de la industria de la madera reflejada en el eje entre tecnología de punta, innovación de productos, responsabilidad ambiental y compromiso social, cada uno de los cuales está encaminado al desarrollo del país y la región.

Además Novopan del Ecuador ha generado una gran relación con las comunidades aledañas a la planta industrial con las cuales se ha comprometido a apoyar sus necesidades e iniciativas, generando empleo permanente en la zona, con lo cual se muestra el interés que posee por ser una empresa encaminada hacia un marcado compromiso social.

- Novopan del Ecuador S.A., al estar sujeta al cumplimiento de la Ordenanza 213 de la Secretaría Ambiental del Distrito Metropolitano de Quito, que regula la gestión integral de los residuos en las industrias y las emisiones de sustancias contaminantes hacia el ambiente, se encarga de la gestión de los residuos y de la regulación de las sustancias contaminantes generadas en el proceso de secado de una manera rigurosa para que no se registren impactos ambientales significativos. Es por esta razón que las emisiones atmosféricas del proceso presentan valores mucho más bajos a los que exige la normativa.
- El personal de Novopan que está relacionado directamente con los procesos productivos y en este caso con el proceso de secado tiene clara

conciencia sobre la preservación del ambiente evidenciando su compromiso en los resultados obtenidos en el desarrollo de este estudio en lo referente a la generación de contaminación ambiental.

- Con la puesta en marcha de tecnologías más limpias, Novopan del Ecuador ha logrado reducir la generación de residuos gracias a la gestión integral que realiza, es decir la reducción, reutilización y reciclaje de los mismos. Aparte, la disminución de emisiones a la atmósfera se ha logrado gracias a la ejecución de calibraciones, mantenimientos y controles de operación de equipos y maquinaria. Y por último la empresa ha conseguido reducir la emisión de material particulado ya que el polvo generado en el proceso de secado es succionado y dirigido hacia un silo, en donde es almacenado para luego ser utilizado como combustible en la cámara de combustión.

Balance de materia

- Del balance de masa realizado en el proceso de secado se puede destacar que el porcentaje de pérdidas de materia o materia no identificada es muy bajo (0.36%) y en consecuencia el porcentaje de eficiencia del proceso de secado en lo que se refiere a producción es elevado (99.64 %).
- Comparando las eficiencias en los tres turnos se puede verificar que el primero que se realiza de 7h00 a 15h00 mantiene una eficiencia en promedio mayor (64%) al que presenta el segundo turno (63%) que se realiza de 15h00 a 23h00 pero menor al tercero (65%) que se lleva a cabo de 23h00 a 7h00. Es decir el proceso de secado presenta mayores eficiencias en el tercer turno, esto debido a que en el primer turno e inicios del segundo muchas veces se realizan pruebas de operación en las cuales se varía parámetros del proceso.

- El balance de materia realizado demuestra que la eficiencia del proceso de secado en lo que se refiere a producción disminuye cuando la cantidad de material húmedo alimentado al tubo flash aumenta. Es necesario destacar que esto no siempre ocurre ya que la eficiencia del proceso está ligada también a otros factores.
- En el proceso de secado los días que presentan mayor eficiencia son debido a que las relaciones polvo/bunker o bunker/polvo en esos días han sido altas, con valores de 5.53 generando una energía de 10334446.28 Kcal/h y 4.61 generando una energía de 10038307.86 Kcal/h respectivamente.

Balance de energía

- Del balance de energía realizado en el proceso de secado se puede destacar que el porcentaje de pérdidas o energía no identificada presenta un valor del 4.64% y en consecuencia el porcentaje de eficiencia del proceso de secado en lo que se refiere a aprovechamiento de energía es del 95.36 %.
- El porcentaje de calor perdido por concepto de convección, ductos de secado, aislamiento, colector ciclónico, entre otras es del 25%. Hay que tener en cuenta que el calor perdido es aprovechado antes de que se pierda.
- Todo el calor que los gases de recirculación pierden en el trayecto del proceso lo vuelven a recuperar en la cámara de mezcla al ponerse en contacto con los gases que ingresan al proceso.

- En el cuarto de control del secadero se opera con el dato de que la capacidad de secado como cantidad de agua evaporada es de 14 toneladas por hora, pero con el balance de energía realizado se obtuvo un valor aproximado de 34 toneladas por hora. Lo que hace ver que el proceso de secado se estaría efectuando al 243% de lo que en verdad se estima.
- Los gases de salida ven incrementada su humedad debido a la evaporación del agua que se encuentra en el chip de madera al inicio del proceso, esto representa una limitante en la recuperación total de la energía de los gases a través de la recirculación de los mismos que estando muy húmedos ya no secarían más.
- La energía no aprovechada en el proceso presenta un valor de 501200.85 Kcal/h de las cuales 276296,14 Kcal/h corresponden a las generadas por el bunker. Para la generación de esta cantidad de energía se emplean 29.05 litros de bunker por hora y teniendo en cuenta que Novopan adquiere el bunker a 63 ctvs cada galón, se pierden 4.8 dólares cada hora aproximadamente. Evitando éstas pérdidas se minimizaría el consumo de bunker y por ende la generación de gases de chimenea y adicionalmente se lograría ahorro económico.
- Las salidas más significativas de energía se presentan con la salida de los gases por la chimenea ya que aproximadamente con los gases salen 4300753,546 Kcal/h, pero al realizar una comparación entre los parámetros medidos en el monitoreo y la Norma Técnica para Emisiones a la Atmosfera de Fuentes Fijas de Combustión 213 se afirma que las concentraciones de los parámetros medidos en los gases de salida de la chimenea producidas en el proceso de secado están bajo los valores que la normativa establece, es decir NOVOPAN DEL ECUADOR S.A cumple con las regulaciones de la

Norma Técnica 213 lo que minimiza cualquier efecto adverso que puede originar las pérdidas energéticas en el proceso de secado.

.Variables de operación

- Temperatura de alimentación del aire: El incremento de esta variable produce una disminución en los requerimientos de calor por parte del secador para un determinado flujo.
- Flujo de sólidos: Para lograr una óptima utilización del calor se requiere alimentar el máximo flujo de sólidos posibles. Esto se debe a que el calor requerido para evaporar una cierta cantidad dada de agua es la misma sin importar la cantidad de producto que se obtiene a la salida. Es decir la capacidad evaporativa (34036.8 Kg de agua evaporada/h) va a ser siempre la misma independientemente del flujo de material húmedo que se presente en el proceso. Entonces se va requerir menor cantidad de calor para producir una unidad de sólido seco ya que el aprovechamiento de calor suministrado será mucho más eficiente al que se tuviera con un flujo de sólidos menor.
- Diferencial de la temperatura del aire: A mayor diferencia de temperatura entre la entrada y la salida del aire, menor será el requerimiento de calor para producir una unidad de producto con una determinada humedad. Se puede obtener un mayor ΔT incrementando la temperatura de entrada (por medio de un mayor calentamiento al aire). También puede obtenerse disminuyendo la temperatura de salida pero esto ocasionaría que el sólido salga con mayor contenido de humedad.

- Temperatura de sólidos de alimentación: Un aumento en esta variable reduce el calor requerido para producir una unidad de sólidos secos. El precalentamiento de los sólidos normalmente es utilizado para reducir su viscosidad y por lo tanto la atomización dentro del secador sea mejor, o bien para prevenir la cristalización que pudiera ocasionar el manejo de partículas muy difíciles de atomizar que bloquearan el secador.

6.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda a Novopan del Ecuador considerar en la medida en que sea posible el análisis efectuado a las variables de operación citadas en las conclusiones del presente estudio para la aplicación de mejoras en el proceso de secado y adicionalmente que la empresa mantenga los altos estándares que posee con respecto a calidad del producto, al cuidado del ambiente y seguridad del personal que trabaja en la empresa.
- Se recomienda que el personal que opera el proceso de secado planifique de mejor manera el proceso, revise y haga un análisis del alcance de sus actividades a cumplir para mejorar continuamente sus controles operativos, obteniendo resultados aun más alentadores para la empresa.
- Las empresas del sector maderero deben optimizar sus procesos de secado tomando como ayuda de consulta lo expuesto en esta tesis principalmente para minimizar la contaminación producida por pérdidas energéticas.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

CAPITULO 2

¹ **Conorcios:** Asociación económica en la que una serie de empresas buscan desarrollar una actividad conjunta mediante la creación de una nueva sociedad.

² **Pino radiata, Eucalipto, Ciprés y Acacias:** Una de las razones por las que Novopan produce estas especies porque el pino radiata, el eucalipto y el ciprés son de crecimiento rápido y las acacias son de rápida germinación y de fácil cuidado.

³ **Manejo silvicultural:** La silvicultura es la ciencia que se encarga del cultivo y el cuidado de los bosques, es decir, de las técnicas que se aplican a las masas forestales para obtener de ellas una producción continua y sostenible de bienes y servicios demandados por la sociedad. Su objetivo es garantizar la persistencia y mejora de la masa (continuidad en el tiempo y aumento de su calidad) y su uso múltiple. Cabe destacar que la silvicultura siempre ha estado orientada a la conservación del medio ambiente y de la naturaleza, a la protección de cuencas hidrográficas, al mantenimiento de pastos para el ganado y a la satisfacción pública de los bosques.

⁴ **Molinos Homback:** Son equipos usados para la molienda y viruteado de la madera.

FIGURA 1 MOLINO HOMBACK

⁵ **Molino HRL-600:** Es un equipo usado para la molienda y chipeado de la madera.

FIGURA 2 MOLINO HRL-600

⁶ **Zaranda:** Es una herramienta habitual en forma de cernidor que permite tamizar los chips de madera según los requerimientos.

FIGURA 3 ZARANDA DEL PROCESO DE SECADO

⁷ **Papel melamínico, tipo KOR y Tipo FOIL:** El papel melamínico tipo KOR o tipo FOIL es una lamina decorativa impregnada con resina melamínica en el tablero MDP.

FIGURA 4 PAPEL MELAMÍNICO IMPREGNADO EN EL TABLERO

⁸ **Fenómeno de convección:** La convección es una forma de transferencia de calor y se caracteriza porque se produce por intermedio de un fluido (en este caso aire) que transporta el calor entre zonas con diferentes temperaturas.

⁹ **Ventilador radial negativo:** Es un dispositivo que se compone de un impulsor alimentado por un motor eléctrico. El giro del impulsor hace que el aire se ponga en movimiento, el aire se aspira desde el lado de entrada del ventilador y se expulsa por el lado de salida del ventilador.

CAPITULO 3

¹ **Higroscópica:** Se refiere a la capacidad de la madera de absorber o ceder humedad al medioambiente.

² **Rueda alveolar:** Es un mecanismo para controlar el acceso y la descarga de material.

³ **Tolvas:** Son dispositivos destinados a depósito y canalización de materiales granulares o pulverizados.

⁴ **Sinfines:** Es un transportador helicoidal (en forma de tornillo) de material.

⁵ **Mariposa:** Una válvula tipo mariposa es un dispositivo para interrumpir o regular el flujo de un fluido en un conducto.

⁶ **Electrodo:** Se refiere al cuerpo conductor en contacto con un medio del cual recibe o al que transmite una corriente eléctrica para generar una chispa.

⁷ **Asfaltenos:** Son una familia de compuestos químicos orgánicos que resultan de la destilación fraccionada del petróleo crudo y representan los compuestos más pesados.

⁸ **Termocuplas:** Son sensores de temperatura muy usados en la industria.

⁹ **Gestor autorizado por la Secretaría Ambiental del Distrito Metropolitano de Quito:** Novopan utiliza los servicios de la empresa Biofactor como gestora de sus aceites y lubricantes usados.

CAPITULO 4

¹ **Operaciones unitarias:** Se llama operación unitaria a una parte de cualquier proceso de transformación, sea físico, químico o de naturaleza biológica, de una materia prima en otro producto de características diferentes.

Los procesos de transformación en general y las operaciones unitarias tienen como objetivo el modificar las condiciones de una determinada cantidad de materia en forma más útil a un fin específico.

Las operaciones unitarias son comunes en los procesos industriales, sean químicos, físicos o biológicos y se refieren a las etapas individuales y diferenciables entre sí, en que pueden ser divididos tales procesos.

² **Desviación estándar:** Es una medida que informa de la media de distancias que tienen los datos respecto de su media aritmética, expresada en las mismas unidades que la variable y que sirve para tener una visión de los mismos más acorde con la realidad a la hora de describirlos e interpretarlos para la toma de decisiones.

³ **Clapeta:** Es una válvula de retención que tiene como particularidad la poca resistencia que ofrece al paso del gas, ya que no reducen el paso ni cambian el sentido del flujo, suelen instalarse en posición horizontal o vertical, y es necesario montarlas de modo que el fluido ejerza una presión por la parte inferior de la clapeta.

FIGURA 5 CLAPETA

CAPITULO 5

¹ **Sistema:** Cualquier porción arbitraria o completa de un proceso establecido específicamente para el análisis.

² **Gases corrosivos:** Una vez que estos elementos afectan un sistema eléctrico o electrónico pueden manifestarse en pérdida de los equipos o interrupción inesperada del proceso, lo que dependiendo del grado de deterioro puede traducirse en consecuencias potencialmente muy costosas.

³ **Presurizar:** Bombeo activo de aire para aumentar la presión de aire dentro de la cámara de combustión.

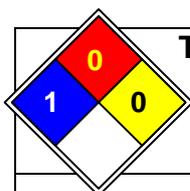
⁴ **Chapa de acero:** Se denomina chapa a una lámina delgada de metal que se utiliza en calderos y en procesos sometidos a altas temperaturas.

⁵ **Radiaciones de baja longitud de onda:** Rayos gamma, Rayos x, Rayos ultravioleta.

ANEXOS

ANEXO N° 1

HOJA DE SEGURIDAD DE RESINA M-U-F 858



TELEFONOS DE EMERGENCIAS

Central de Emergencias: 911.

Bomberos: 102

Cruz Roja: 131

IDENTIFICACION
RESINA M-U-F

EN CASO DE EMERGENCIA DAR AVISO INMEDIATAMENTE

PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS

- **APARIENCIA** : Líquido claro a blanco nuboso con ligero olor característico
- **PUNTO DE INFLAMACION**: N/A
- **INCOMPATIBLE**: Evitar el contacto con sustancias ácidas, cloruro de amonio, sulfato de amonio, ácidos minerales y orgánicos, en general toda sal de ácido fuerte y de ácido débil.
- **LA COMBUSTION**: Puede producir monóxido y dióxido de carbono, aldehídos incluido el formolaldehído, cianuro de hidrógeno, óxidos de nitrógeno, partículas y otros compuestos orgánicos incluido el metanol.

RIESGOS PRINCIPALES

- Líquido que no presenta inflamabilidad
- La resina no se incendia en estado líquido.
- Es combustible cuando el agua se ha evaporado

PELIGROS PARA LA SALUD

- **INHALACION**: No se espera que sea nocivo bajo condiciones normales de uso. Sin embargo, si se permite la acumulación en el ambiente puede causar la irritación de la nariz, garganta y pulmones.
- **INGESTION**: Irritante, no se espera que sea nocivo bajo condiciones normales de uso.
- **OJOS**: Puede causar irritación en contacto prolongado o repetitivo.
- **PIEL**: Puede causar irritación en contacto prolongado o repetitivo.
- **OTROS**: Puede causar reacciones a la piel en personas hipersensibles.

ELEMENTOS DE PROTECCION PERSONAL

- **OJOS**: Usar gafas de seguridad.
- **RESPIRACION**: Usar mascarilla con filtro para vapores orgánicos.
- **ROPA**: Usar guantes y botas con punta de acero en caso de manejo con tambores.
- **VENTILACION**: Ventilación mecánica (extracción local y general), que aseguren que el flujo de aire mantenga la concentración dentro de los límites de exposición ocupacional. La contaminación en el ambiente se genera cuando el producto es calentado y manipulado. Disponer de duchas y de estaciones lavaojos.
- **PRACTICAS DE HIGIENE**: Lavarse las manos con agua y jabón, luego de haber tocado el producto y antes de comer, no tocarse los ojos con las manos contaminadas.

MEDIOS Y MEDIDAS PARA COMBATIR EL FUEGO

- En caso de fuego, mantener fríos los tanques de almacenamiento. Evacuar o aislar el área de peligro. Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección, Ubicarse a favor del viento.
- **AGENTES DE EXTINCION DE INCENDIO**: Usar agua en forma de rocío.

CONTROL DE DERRAMES

- **DETENGA LA FUGA** y evite que el producto entre a alcantarillas o corrientes de agua.
- **AISLE**: El área afectada para confinar el producto derramado.
- **RECUPERE EL PRODUCTO**: con material absorbente como arena y colóquelo en un recipiente apropiado.

TRATAMIENTOS MEDICOS DE EMERGENCIA

- **INHALACION**: Llevar al paciente al aire fresco. De ser necesario, dar respiración artificial.
- **INGESTION**: no inducir al vomito. Lavar la boca con agua y solicitar asistencia medica
- **PIEL**: Quitarse la ropa contaminada. Lavar minuciosamente con agua y jabón.
- **OJOS**: Lavarse inmediatamente con agua limpia durante 15 minutos. Solicitar asistencia medica.



Los tres primeros riesgos están divididos del cero (0) al cuatro (4).

a. Riesgos para la salud (cuadrante azul)	
0 Riesgo mínimo	No hay riesgo para la salud.
1 Riesgo leve	Posible irritación o lesión menor reversible.
2 Riesgo moderado	Puede ocurrir lesión menor o temporal.
3 Riesgo alto	Probable lesión mayor a menor en donde se tome una acción rápida.
4 Riesgo extremo	Una exposición simple o repentina que puede causar daño o la muerte.

b. Riesgo de Inflamabilidad (cuadrante rojo)	
0 Riesgo mínimo	Materiales estables en condiciones normales.
1 Riesgo leve	Materiales con un punto de inflamabilidad de 93.4 grados centígrados o superior.
2 Riesgo moderado	Materiales con punto de inflamabilidad superior a 37.8.
3 Riesgo alto	Punto de inflamabilidad de inferior a 22.8 ebullición mayor a 37.8 grados centígrados.
4 Riesgo extremo	Punto de inflamabilidad menor a 22.8 grados centígrados y punto de ebullición menor a 37.8 grados centígrados.

c. Reactividad (cuadrante amarillo)	
0 Riesgo mínimo	Normalmente estables, no reaccionan con el agua
1 Riesgo leve	Normalmente estables, pero a elevadas presiones y temperaturas son inestables. Pueden reaccionar con el agua con escape de energía pero no violentamente.
2 Riesgo moderado	Normalmente inestables, experimenta con facilidad cambio químico violento. Pueden reaccionar con el agua.
3 Riesgo alto	Son capaces de detonar por sí mismos, pero requieren fuente iniciadora, algunos reaccionan violentamente con el agua.
4 Riesgo extremo	Fácilmente capaces de detonar o sufrir descomposición a temperatura y presiones normales.

ANEXO N° 2

HOJA DE REPORTE DEL SECADERO



REPORTE SECADERO

FECHA: _____ OPERADOR: _____ ESPESOR: _____ TURNO: _____

HORA	DENSIDAD Y HUMEDAD MATERIAL ENTRADA			HORA	HUMED. SALIDA TAMBOR	DOSIFICACION DE MATERIAL						TEMPERATURA (°C)				REFINADOR		QUEMADOR	
	SILO 1	SILO 2	SILO 3			% DE APORTE			CORRIENTE TORNILLOS (AMP)			CAMARA COMB.	ENTRAD. FLASH	TAMBOR		CORRIEN AMP	% APORTE	POT %	CAMP mBar
						SILO 1	SILO 2	SILO 3	SILO 1	SILO 2	SILO 3			ENTRADA	SALIDA				
	HUM.																		
	DENS.																		
	HUM.																		
	DENS.																		
	HUM.																		
	DENS.																		

HORA	COMBUSTIBLE					TANQUE DIARIO BUNKER			CLASIFIC. CLAPETA ABIERTA (%)	SECADERO FAN PRINCIPAL (%)	NIVEL DE SILOS EN VENTANAS						
	BUNKER		DIESEL %	PRES. ENTRAD. (PSI)	SERVO (%)	NIVEL	TEMP (°C)	LIMPIEZA FILTROS			1	2	3	4	5	6	7
	POLVO %	TEMP (°C)															

TECNOCOMUNISTAS - EN-INDUSTRIA

OBSERVACIONES: _____

FIRMA OPERADOR

FIRMA SUPERVISOR DE PRODUCCION

RPA-09

ANEXO N° 3

**RESULTADOS DEL BALANCE DE MATERIA REALIZADO
AL PROCESO DE SECADO**

FECHA	TURNO	MATERIAL HÚMEDO (kg/h)	MATERIAL SECO (kg/h)	CONSUMO DE BUNKER (l/h)	CONSUMO DE BUNKER (kg/h)	CONSUMO DE POLVO (kg/h)	MATERIAL DE DESECHO DEL TUBO FLASH (kg/d)
25/08/2010	3ro	20563	11962	498	483,06	1222	85,182
25/08/2010	2do	26090	15891	696	675,12	1473	85,182
25/08/2010	1ro	25864	15592	389	377,33	1399	85,182
24/08/2010	3ro	25851	14767	512	496,64	1645	85,182
24/08/2010	2do	26586	16135	617	598,49	1552	85,182
24/08/2010	1ro	28426	17020	645	625,65	1551	85,182
23/08/2010	3ro	23918	14071	601	582,97	1560	85,182
23/08/2010	1ro	26916	15967	591	573,27	1044	85,182
21/08/2010	1ro	23867	13810	506	490,82	1337	85,182
20/08/2010	3ro	22069	13087	751	728,47	0	85,182
20/08/2010	1ro	28179	16227	427	414,19	1808	85,182
19/08/2010	3ro	27918	16576	491	476,27	1466	85,182
19/08/2010	1ro	29023	16564	667	646,99	1617	85,182
18/08/2010	3ro	26810	15593	630	611,1	1120	85,182
18/08/2010	1ro	30297	16507	484	469,48	1756	85,182
17/08/2010	1ro	23073	11655	331	321,07	1778	85,182
16/08/2010	1ro	20193	11725	1115	1081,55	0	85,182
15/08/2010	2do	26438	15474	595	577,15	1060	85,182
15/08/2010	1ro	28315	16424	601	582,97	1520	85,182
14/08/2010	2do	24647	14520	486	471,42	1148	85,182

14/08/2010	1ro	26491	15840	416	403,52	1741	85,182
13/08/2010	3ro	19993	12256	717	695,49	699	85,182
13/08/2010	2do	21350	12932	631	612,07	673	85,182
13/08/2010	1ro	22365	13202	293	284,21	1821	85,182
12/08/2010	3ro	20887	12039	444	430,68	1650	85,182
12/08/2010	2do	25821	15264	527	511,19	1989	85,182
12/08/2010	1ro	29295	17027	426	413,22	1781	85,182
11/08/2010	3ro	26114	15744	559	542,23	1617	85,182
11/08/2010	2do	28043	17901	579	561,63	1626	85,182
11/08/2010	1ro	25138	15863	302	292,94	1459	85,182
10/08/2010	3ro	27282	16696	530	514,1	1552	85,182
10/08/2010	2do	26843	16003	670	649,9	1719	85,182
10/08/2010	1ro	17152	10596	303	293,91	1087	85,182
09/08/2010	3ro	25644	14074	631	612,07	1401	85,182
09/08/2010	2do	23994	13581	969	939,93	762	85,182
07/08/2010	2do	26674	15401	783	759,51	1219	85,182
07/08/2010	1ro	29154	16505	589	571,33	1403	85,182
06/08/2010	3ro	23909	13461	992	962,24	0	85,182
06/08/2010	2do	24654	14389	968	938,96	0	85,182
06/08/2010	1ro	29079	16528	648	628,56	1223	85,182
05/08/2010	3ro	18971	10626	453	439,41	1157	85,182
05/08/2010	2do	22648	11948	753	730,41	848	85,182
05/08/2010	1ro	22992	12576	442	428,74	1341	85,182
04/08/2010	3ro	19711	10687	1082	1049,54	0	85,182
04/08/2010	2do	21682	11627	1184	1148,48	0	85,182
04/08/2010	1ro	21002	10787	641	621,77	611	85,182
03/08/2010	3ro	21906	11111	1055	1023,35	459	85,182

03/08/2010	2do	26255	15817	1155	1120,35	0	85,182
03/08/2010	1ro	27086	15740	337	326,89	1556	85,182
02/08/2010	3ro	25001	14675	752	729,44	1226	85,182
02/08/2010	2do	28528	16785	591	573,27	1229	85,182
02/08/2010	1ro	29539	16708	555	538,35	1611	85,182
01/08/2010	3ro	22516	13051	595	577,15	1432	85,182
01/08/2010	2do	21193	12637	492	477,24	1553	85,182
01/08/2010	1ro	22201	12887	716	694,52	1405	85,182

FECHA	TURNO	MATERIAL DE DESECHO DEL TUBO FLASH (kg/h)	HUMEDAD DEL MATERIAL SECO %	AIRE DE ENTRADA PARA EL PROCESO (m3/h)	AIRE DE ENTRADA PARA EL PROCESO (kg/h)	RESIDUOS DE LA CÁMARA DE COMBUSTIÓN (kg/h)
25/08/2010	3ro	3,55	1,2	13791,40	11933,99791	2,203
25/08/2010	2do	3,55	1,2	13791,40	11933,99791	2,203
25/08/2010	1ro	3,55	1,2	13791,40	11933,99791	2,203
24/08/2010	3ro	3,55	1,2	13791,40	11933,99791	2,203
24/08/2010	2do	3,55	1,1	13791,40	11933,99791	2,203
24/08/2010	1ro	3,55	1,2	13791,40	11933,99791	2,203
23/08/2010	3ro	3,55	1,2	13791,40	11933,99791	2,203
23/08/2010	1ro	3,55	1,2	13791,40	11933,99791	2,203
21/08/2010	1ro	3,55	1,2	13791,40	11933,99791	2,203
20/08/2010	3ro	3,55	1,1	13791,40	11933,99791	2,203
20/08/2010	1ro	3,55	1,2	13791,40	11933,99791	2,203
19/08/2010	3ro	3,55	1,2	13791,40	11933,99791	2,203

19/08/2010	1ro	3,55	1,1	13791,40	11933,99791	2,203
18/08/2010	3ro	3,55	1,2	13791,40	11933,99791	2,203
18/08/2010	1ro	3,55	1,2	13791,40	11933,99791	2,203
17/08/2010	1ro	3,55	1,2	13791,40	11933,99791	2,203
16/08/2010	1ro	3,55	1,3	13791,40	11933,99791	2,203
15/08/2010	2do	3,55	1,1	13791,40	11933,99791	2,203
15/08/2010	1ro	3,55	1,1	13791,40	11933,99791	2,203
14/08/2010	2do	3,55	1,2	13791,40	11933,99791	2,203
14/08/2010	1ro	3,55	1,2	13791,40	11933,99791	2,203
13/08/2010	3ro	3,55	1,2	13791,40	11933,99791	2,203
13/08/2010	2do	3,55	1,2	13791,40	11933,99791	2,203
13/08/2010	1ro	3,55	1,2	13791,40	11933,99791	2,203
12/08/2010	3ro	3,55	1,2	13791,40	11933,99791	2,203
12/08/2010	2do	3,55	1,2	13791,40	11933,99791	2,203
12/08/2010	1ro	3,55	1,2	13791,40	11933,99791	2,203
11/08/2010	3ro	3,55	1,2	13791,40	11933,99791	2,203
11/08/2010	2do	3,55	1,1	13791,40	11933,99791	2,203
11/08/2010	1ro	3,55	1,2	13791,40	11933,99791	2,203
10/08/2010	3ro	3,55	1,1	13791,40	11933,99791	2,203
10/08/2010	2do	3,55	1,1	13791,40	11933,99791	2,203
10/08/2010	1ro	3,55	1,2	13791,40	11933,99791	2,203
09/08/2010	3ro	3,55	1,1	13791,40	11933,99791	2,203
09/08/2010	2do	3,55	1,2	13791,40	11933,99791	2,203
07/08/2010	2do	3,55	1,1	13791,40	11933,99791	2,203
07/08/2010	1ro	3,55	1,2	13791,40	11933,99791	2,203
06/08/2010	3ro	3,55	1,2	13791,40	11933,99791	2,203
06/08/2010	2do	3,55	1,1	13791,40	11933,99791	2,203

06/08/2010	1ro	3,55	1,1	13791,40	11933,99791	2,203
05/08/2010	3ro	3,55	1,2	13791,40	11933,99791	2,203
05/08/2010	2do	3,55	1,2	13791,40	11933,99791	2,203
05/08/2010	1ro	3,55	1,2	13791,40	11933,99791	2,203
04/08/2010	3ro	3,55	1,2	13791,40	11933,99791	2,203
04/08/2010	2do	3,55	1,2	13791,40	11933,99791	2,203
04/08/2010	1ro	3,55	1,4	13791,40	11933,99791	2,203
03/08/2010	3ro	3,55	1,2	13791,40	11933,99791	2,203
03/08/2010	2do	3,55	1,2	13791,40	11933,99791	2,203
03/08/2010	1ro	3,55	1,1	13791,40	11933,99791	2,203
02/08/2010	3ro	3,55	1,2	13791,40	11933,99791	2,203
02/08/2010	2do	3,55	1,1	13791,40	11933,99791	2,203
02/08/2010	1ro	3,55	1,2	13791,40	11933,99791	2,203
01/08/2010	3ro	3,55	1,2	13791,40	11933,99791	2,203
01/08/2010	2do	3,55	1,1	13791,40	11933,99791	2,203
01/08/2010	1ro	3,55	1,1	13791,40	11933,99791	2,203

FECHA	TURNO	APERTURA DE CLAPETA DE RECIRCULACIÓN (%)	GASES DE SALIDA DE LA CHIMENEA (kg/h)	GASES DE RECIRCULACIÓN (kg/h)	VAPOR DE AGUA (kg/h)	AIRE CALIENTE DEL PROCESO (kg/h)	MATERIAL DE ENTRADA AL TAMBOR (kg/h)
25/08/2010	3ro	58,00	9338,408	12895,89719	8555,16	13636,85474	20559,45
25/08/2010	2do	58,00	10195,654	14079,71199	10139,27	14079,91474	26086,45
25/08/2010	1ro	58,00	10070,162	13906,41379	10213,33	13708,12474	25860,45

24/08/2010	3ro	58,00	10564,632	14589,25359	11028,24	14073,43474	25847,45
24/08/2010	2do	58,00	10302,489	14227,24659	10390,41	14082,28474	26582,45
24/08/2010	1ro	58,00	10714,576	14796,31939	11342,28	14108,44474	28422,45
23/08/2010	3ro	58,00	10045,651	13872,56499	9793,70	14074,76474	23914,45
23/08/2010	1ro	58,00	10287,697	14206,81899	10889,00	13549,06474	26912,45
21/08/2010	1ro	58,00	10001,488	13811,57799	10004,63	13759,61474	23863,45
20/08/2010	3ro	58,00	9088,261	12550,45499	8932,18	12660,26474	22065,45
20/08/2010	1ro	58,00	10963,023	15139,41259	11891,08	14153,98474	28175,45
19/08/2010	3ro	58,00	10589,257	14623,25899	11279,85	13874,06474	27914,45
19/08/2010	1ro	58,00	11193,519	15457,71659	12396,89	14195,78474	29019,45
18/08/2010	3ro	58,00	10448,065	14428,28039	11158,32	13662,89474	26806,45
18/08/2010	1ro	58,00	11736,365	16207,36079	13728,09	14157,27474	30293,45
17/08/2010	1ro	58,00	10687,033	14758,28299	11373,25	14030,86474	23069,45
16/08/2010	1ro	58,00	9020,674	12457,12139	8423,00	13013,34474	20189,45
15/08/2010	2do	58,00	10302,346	14227,04939	10905,74	13568,94474	26434,45
15/08/2010	1ro	58,00	10887,331	15034,88499	11829,39	14034,76474	28311,45
14/08/2010	2do	58,00	9943,360	13731,30599	10072,12	13551,21474	24643,45
14/08/2010	1ro	58,00	10383,982	14339,78399	10591,45	14076,31474	26487,45
13/08/2010	3ro	58,00	8845,089	12214,64659	7690,12	13326,28474	19989,45
13/08/2010	2do	58,00	9085,153	12546,16299	8368,73	13216,86474	21346,45
13/08/2010	1ro	58,00	9742,511	13453,94419	9112,78	14037,00474	22361,45
12/08/2010	3ro	58,00	9599,909	13257,01679	8801,89	14012,47474	20883,45
12/08/2010	2do	58,00	10493,883	14491,55259	10499,49	14431,98474	25817,45
12/08/2010	1ro	58,00	11083,996	15306,46999	12204,25	14126,01474	29291,45
11/08/2010	3ro	58,00	10272,140	14185,33579	10310,79	14091,02474	26110,45
11/08/2010	2do	58,00	10188,308	14069,56779	10075,16	14119,42474	28039,45
11/08/2010	1ro	58,00	9641,178	13314,00759	9215,37	13683,73474	25134,45

10/08/2010	3ro	58,00	10323,745	14256,60039	10523,42	13997,89474	27278,45
10/08/2010	2do	58,00	10557,601	14579,54439	10779,87	14300,69474	26839,45
10/08/2010	1ro	58,00	8343,365	11521,79019	6514,99	13312,70474	17148,45
09/08/2010	3ro	58,00	10714,753	14796,56299	11516,69	13944,86474	25640,45
09/08/2010	2do	58,00	10098,134	13945,04179	10361,44	13633,72474	23990,45
07/08/2010	2do	58,00	10575,497	14604,25819	11215,00	13910,30474	26670,45
07/08/2010	1ro	58,00	11151,662	15399,91379	12587,10	13906,12474	29150,45
06/08/2010	3ro	58,00	9802,164	13536,32159	10396,86	12894,03474	23905,45
06/08/2010	2do	58,00	9715,526	13416,67919	10210,58	12870,75474	24650,45
06/08/2010	1ro	58,00	11058,938	15271,86719	12489,02	13783,35474	29075,45
05/08/2010	3ro	58,00	9185,255	12684,40019	8303,88	13528,20474	18967,45
05/08/2010	2do	58,00	10166,795	14039,86019	10654,21	13510,20474	22644,45
05/08/2010	1ro	58,00	10127,874	13986,11159	10367,99	13701,53474	22988,45
04/08/2010	3ro	58,00	9240,750	12761,03559	8982,67	12981,33474	19707,45
04/08/2010	2do	58,00	9715,325	13416,40079	10010,35	13080,27474	21678,45
04/08/2010	1ro	58,00	9817,927	13558,08899	10173,31	13164,56474	20998,45
03/08/2010	3ro	58,00	10166,350	14039,24539	10752,17	13414,14474	21902,45
03/08/2010	2do	58,00	9864,370	13622,22539	10378,53	13052,14474	26251,45
03/08/2010	1ro	58,00	10565,997	14591,13859	11286,80	13814,68474	27082,45
02/08/2010	3ro	58,00	10168,068	14041,61759	10270,57	13887,23474	24997,45
02/08/2010	2do	58,00	10698,877	14774,63899	11680,11	13734,06474	28524,45
02/08/2010	1ro	58,00	11301,610	15606,98539	12768,38	14081,14474	29535,45
01/08/2010	3ro	58,00	9829,006	13573,38939	9415,31	13940,94474	22512,45
01/08/2010	2do	58,00	9456,084	13058,40159	8507,77	13962,03474	21189,45
01/08/2010	1ro	58,00	9803,542	13538,22399	9264,89	14031,31474	22197,45

FECHA	TURNO	PRODUCCIÓN A (kg/h)	MATERIAL FINO A CICLONES (kg/h)	PRODUCCIÓN B (kg/h)	MATERIAL NO RECUPERADO DE LOS CICLONES 1% (kg/h)	BALANCE FINAL DE LOS GASES DE RECIRCULACIÓN (kg/h)	PÉRDIDAS %	EFICIENCIA DEL PROCESO %
25/08/2010	3ro	7775,3	4228,99	4186,7	42,29	12853,607	0,328	99,67
25/08/2010	2do	10329,15	5618,03	5561,85	56,18	14023,532	0,399	99,60
25/08/2010	1ro	10134,8	5512,32	5457,2	55,12	13851,291	0,396	99,60
24/08/2010	3ro	9598,55	5220,66	5168,45	52,21	14537,047	0,358	99,64
24/08/2010	2do	10487,75	5704,29	5647,25	57,04	14170,204	0,401	99,60
24/08/2010	1ro	11063	6017,17	5957	60,17	14736,148	0,407	99,59
23/08/2010	3ro	9146,15	4974,60	4924,85	49,75	13822,819	0,359	99,64
23/08/2010	1ro	10378,55	5644,90	5588,45	56,45	14150,370	0,397	99,60
21/08/2010	1ro	8976,5	4882,32	4833,5	48,82	13762,755	0,353	99,65
20/08/2010	3ro	8506,55	4626,72	4580,45	46,27	12504,188	0,369	99,63
20/08/2010	1ro	10547,55	5736,82	5679,45	57,37	15082,044	0,379	99,62
19/08/2010	3ro	10774,4	5860,20	5801,6	58,60	14564,657	0,401	99,60
19/08/2010	1ro	10766,6	5855,96	5797,4	58,56	15399,157	0,379	99,62
18/08/2010	3ro	10135,45	5512,68	5457,55	55,13	14373,154	0,382	99,62
18/08/2010	1ro	10729,55	5835,81	5777,45	58,36	16149,003	0,360	99,64
17/08/2010	1ro	7575,75	4120,45	4079,25	41,20	14717,078	0,279	99,72
16/08/2010	1ro	7621,25	4145,20	4103,75	41,45	12415,669	0,333	99,67
15/08/2010	2do	10058,1	5470,61	5415,9	54,71	14172,343	0,385	99,62
15/08/2010	1ro	10675,6	5806,46	5748,4	58,06	14976,820	0,386	99,61
14/08/2010	2do	9438	5133,33	5082	51,33	13679,973	0,374	99,63
14/08/2010	1ro	10296	5600,00	5544	56,00	14283,784	0,391	99,61
13/08/2010	3ro	7966,4	4332,93	4289,6	43,33	12171,317	0,355	99,65
13/08/2010	2do	8405,8	4571,92	4526,2	45,72	12500,444	0,364	99,64

13/08/2010	1ro	8581,3	4667,37	4620,7	46,67	13407,270	0,347	99,65
12/08/2010	3ro	7825,35	4256,21	4213,65	42,56	13214,455	0,321	99,68
12/08/2010	2do	9921,6	5396,36	5342,4	53,96	14437,589	0,372	99,63
12/08/2010	1ro	11067,55	6019,65	5959,45	60,20	15246,274	0,393	99,61
11/08/2010	3ro	10233,6	5566,06	5510,4	55,66	14129,675	0,392	99,61
11/08/2010	2do	11635,65	6328,64	6265,35	63,29	14006,281	0,450	99,55
11/08/2010	1ro	10310,95	5608,13	5552,05	56,08	13257,926	0,421	99,58
10/08/2010	3ro	10852,4	5902,63	5843,6	59,03	14197,574	0,414	99,59
10/08/2010	2do	10401,95	5657,63	5601,05	56,58	14522,968	0,388	99,61
10/08/2010	1ro	6887,4	3746,06	3708,6	37,46	11484,330	0,325	99,67
09/08/2010	3ro	9148,1	4975,66	4925,9	49,76	14746,806	0,336	99,66
09/08/2010	2do	8827,65	4801,36	4753,35	48,01	13897,028	0,344	99,66
07/08/2010	2do	10010,65	5444,80	5390,35	54,45	14549,810	0,373	99,63
07/08/2010	1ro	10728,25	5835,10	5776,75	58,35	15341,563	0,379	99,62
06/08/2010	3ro	8749,65	4758,94	4711,35	47,59	13488,732	0,352	99,65
06/08/2010	2do	9352,85	5087,02	5036,15	50,87	13365,809	0,379	99,62
06/08/2010	1ro	10743,2	5843,23	5784,8	58,43	15213,435	0,383	99,62
05/08/2010	3ro	6906,9	3756,67	3719,1	37,57	12646,834	0,296	99,70
05/08/2010	2do	7766,2	4224,04	4181,8	42,24	13997,620	0,301	99,70
05/08/2010	1ro	8174,4	4446,06	4401,6	44,46	13941,651	0,318	99,68
04/08/2010	3ro	6946,55	3778,23	3740,45	37,78	12723,253	0,296	99,70
04/08/2010	2do	7557,55	4110,56	4069,45	41,11	13375,295	0,306	99,69
04/08/2010	1ro	7011,55	3813,59	3775,45	38,14	13519,953	0,281	99,72
03/08/2010	3ro	7222,15	3928,13	3888,85	39,28	13999,964	0,280	99,72
03/08/2010	2do	10281,05	5591,87	5535,95	55,92	13566,307	0,410	99,59
03/08/2010	1ro	10231	5564,65	5509	55,65	14535,492	0,381	99,62
02/08/2010	3ro	9538,75	5188,13	5136,25	51,88	13989,736	0,369	99,63

02/08/2010	2do	10910,25	5934,09	5874,75	59,34	14715,298	0,402	99,60
02/08/2010	1ro	10860,2	5906,87	5847,8	59,07	15547,917	0,378	99,62
01/08/2010	3ro	8483,15	4613,99	4567,85	46,14	13527,249	0,340	99,66
01/08/2010	2do	8214,05	4467,63	4422,95	44,68	13013,725	0,342	99,66
01/08/2010	1ro	8376,55	4556,01	4510,45	45,56	13492,664	0,337	99,66

ANEXO N° 4

**INFORME DEL MONITOREO DE GASES DE LA
CHIMENEA DEL PROCESO DE SECADO REALIZADO POR
EL GRUPO CONSULTOR CHEMENG**



CHEM – I (07) – 09 – 647

INFORME DEL MONITOREO DE EMISIONES GASEOSAS

**EMPRESA: NOVOPAN
(Vía La Troncal La Distrital E-35)**

GRUPO CONSULTOR CHEMENG CIA. LTDA.

AGOSTO 2010



PERSONAL RESPONSABLE DEL MONITOREO AMBIENTAL

DIRECTORA TÉCNICA:

Ing. Lucía Montenegro A.

TÉCNICOS DE CAMPO:

Arq. Jaime Bohórquez V.
Ing. Santiago Bohórquez V.
Ing. Diego Barona D.
Ing. Ana Rosa Cueva A.
Ing. Luis Granda S.
Ing. Gloria Montenegro A.
Quim. Patricio Troncoso S.

DIRECTORA DE CALIDAD:

Ing. Gloria Montenegro A.

PERSONAL ADMINISTRATIVO:

Ing. Tania Bohórquez V.
Eco. Jessenia Chonlong M.



1. ANTECEDENTES

La empresa NOVOPAN S.A. ubicada dentro del Distrito Metropolitano de Quito, se encuentra sujeta al cumplimiento de la Ordenanza 213 de la Dirección Metropolitana Ambiental que regula las descargas líquidas, emisiones a la atmósfera y ruido generado por las diferentes actividades productivas y de servicios.

El presente reporte técnico presenta los resultados obtenidos en los monitoreos de fuentes fijas de combustión realizados por el Grupo Consultor CHEMENG, los días 4 y 24 de febrero, 6 y 13 de mayo, 05 y 25 de agosto del presente año.

2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPO MONITOREADOS

Las características técnicas de los equipos monitoreados se presentan en la Tabla No. 1.

TABLA No. 1
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS MONITOREADOS

Tipo de fuente	Tipo de combustible	Capacidad de la fuente (kW)	Altura de chimenea (m)	Diámetro de chimenea (cm)
CALDERO LAMINADORA 1	Diesel	349	11	33
CALDERO LAMINADORA 2	Diesel	400	12	31
CALDERO PRENSA	Diesel	2800	15	55
SECADERO	Bunker/Polvo de Madera	16000	16	160

3. PARAMETROS

Los parámetros que se monitorearon en las fuentes fijas son:

- Flujo de gas seco
- Oxígeno
- Dióxido de carbono
- Temperatura de emisión
- Monóxido de carbono
- Óxidos de nitrógeno
- Dióxido de azufre
- Material particulado

Cabe señalar que no todos están normados, pero si son necesarios para realizar las transformaciones a valor norma.



4. METODOLOGIA DE MONITOREO

La metodología de monitoreo aplicada se rigió por lo estipulado en los siguientes Reglamentos:

- Ordenanza Sustitutiva del Capítulo V, "Del Medio Ambiente", Libro Segundo, del Código Municipal para el Distrito Metropolitano de Quito, Ordenanza 213.
- Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (Actualizado a enero del 2007)

Con respecto a las metodologías específicas de muestreo y medición de los diferentes parámetros en emisiones gaseosas se toman como obligatorios los métodos establecidos en el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria y se presentan a continuación en la Tabla No. 2.

TABLA No. 2
MÉTODOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN DE EMISIONES DE COMBUSTION

PARAMETRO	MÉTODO DE MUESTREO	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN	PRINCIPIO DE DETERMINACION
VELOCIDAD	EPA, Parte 60, Apéndice A, Método 1	Pitot y manómetro diferencial inclinado	Medición de presión dinámica
HUMEDAD	EPA, Parte 60, Apéndice A, Método 4	Tren de borboteo	Condensación del agua y pesaje
PRESION	EPA, Parte 60, Apéndice A, Método 1	Pitot estático y Manómetro	Diferencial de presión
TEMPERATURA	EPA, Parte 60, Apéndice A, Método 1	Termocupla tipo K	Potenciometría
MATERIAL PARTICULADO	ASTM 3685, Parte B	Tren isocinético	Succión de 1,25 m ³ de gas, y gravimetría
OXIGENO (O ₂)	EPA, Parte 60, Apéndice A, Método 3	Sensor Electroquímico	Extracción de un volumen de gas y análisis electroquímico.
DIOXIDO DE CARBONO (CO ₂)	--	Cálculo	--
MONOXIDO DE CARBONO (CO)	EPA, CTM 30	Sensor Electroquímico	Extracción de un volumen de gas y análisis electroquímico
DIOXIDO DE NITROGENO (NO ₂) Y MONOXIDO DE NITROGENO (NO)	EPA, CTM 30	Sensor Electroquímico	Extracción de un volumen de gas y análisis electroquímico
DIOXIDO DE AZUFRE	EPA, CTM 22	Sensor Electroquímico	Extracción de un volumen de gas y análisis electroquímico



5. EQUIPOS PARA EL MONITOREO

Para el Análisis de Emisiones Gaseosas se dispone de los siguientes equipos:

- ANALIZADOR DE GASES DE COMBUSTION TESTO 350 M/XL

TABLA No. 3
RANGOS Y RESOLUCIONES DEL EQUIPO TESTO 350 M/XL

PARAMETRO	RANGO	RESOLUCION
Dióxido de carbono	0 – 25%	0.1 %
Oxígeno	0 – 25 %	0.1 %
Temperatura	-20 - 1200 °C	0.1 °C
Monóxido de carbono	0 – 10000	1 ppm
Monóxido de nitrógeno	0 – 5000	1 ppm
Dióxido de nitrógeno	0 – 200 ppm	0.1 ppm
Oxidos de azufre	0 – 4000 ppm	1 ppm
Velocidad	0 – 200 m/s	0.1 m/s

El método analítico corresponde al PE/CHEM/01:2010. Medida de Emisiones Gaseosas (Determinación de concentraciones de CO, NO, NO₂, NO_x y SO₂), procedimiento interno desarrollado por Chemeng Cia. Ltda., método basado en sensores electroquímicos.

- MUESTREADOR ISOCINETICO APEX PARA MATERIAL PARTICULADO

TABLA No. 4
RANGOS Y RESOLUCIONES DEL MUESTREADOR ISOCINETICO

PARAMETRO	RANGO	RESOLUCION
Flujo	2.5 m ³ /h	0.016 m ³ /h
Humedad	1 – 100 %	1 %
Δ Presión	0-25 mm 30-250 mm	0.5 mm 2 mm
Δ H	0-25 mm 30-250 mm	0.5 mm 2 mm
Boquillas	3.2 mm; 4.6 mm; 6.4 mm; 7.8 mm; 9.4 mm; 11.2 mm 12.0 mm; 12.7 mm	---

El método analítico corresponde al PE/CHEM/03:2010. Medición de Material Particulado en Fuentes Fijas de combustión, procedimiento interno desarrollado por Chemeng Cia. Ltda., método basado el método ASTM 3685 (Equivalente al método EPA 5).

- PISTOLA PARA HUMO BACHARACH



TABLA No. 5
RANGOS Y RESOLUCIONES DE LA PISTOLA DE HUMO BACHARACH

PARÁMETRO	RANGO	RESOLUCIÓN
Número de humo	0 -9	1

- BALANZA ANALITICA

6. PUNTOS DE MUESTREO Y NÚMERO DE MEDICIONES Y LECTURAS

Para seguir las disposiciones establecidas en el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria en lo referente a los puntos de muestreo y número de mediciones, el monitoreo de fuentes fijas sigue los lineamientos presentados a continuación:

- Según el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria, la medición no se toma en un solo punto sino que, tomando en cuenta el diámetro de la chimenea, y las distancias desde el puerto de muestreo hasta la anterior y siguiente perturbación (generalmente la salida), se debe definir el número de puntos de muestreo en los cuales se realiza la medición de velocidad y la succión del gas para el análisis, de tal forma que una medición viene a ser el promedio de las lecturas tomadas en los diferentes puntos determinados.
- Independientemente del número de puntos tomados, el conjunto de lecturas del equipo en estos puntos, constituye una medición.

7. DATOS DE CAMPO

En las Tablas No. 6, 7, 8 y 9 se presentan los valores registrados durante los monitoreos.

TABLA No. 6
DATOS DE CAMPO DEL CALDERO DE LA LAMINADORA 1 (BAY)

PARAMETRO	UNIDADES	MEDIDA 1 04/02/2010	MEDIDA 2 13/05/2010	MEDIDA 3 05/08/2010
Materia particulada*	g/m ³	0.0523	0.0264	0.0342
Dióxido de carbono	%	6.61	6.87	6.70
Oxígeno	%	12.28	11.93	12.15
Dióxido de azufre *	ppm	60	50	50
Monóxido de carbono *	ppm	40	69	21
Oxidos de nitrógeno	ppm	34	37	38
Monóxido de nitrógeno *	ppm	34	37	38
Dióxido de nitrógeno	ppm	<2.0	<2.0	<2.0
Temperatura	°C	194.9	210.1	211.4
Eficiencia global	%	86.7	85.9	85.6
Número de humo	Escala Bacharach	1	3	2

(*) PARÁMETROS DENTRO DEL ALCANCE DE ACREDITACIÓN

TABLA No. 7

DATOS DE CAMPO DEL CALDERO DE LA LAMINADORA 2 (AFTNESS)

PARAMETRO	UNIDADES	MEDIDA 1 04/02/2010	MEDIDA 2 13/05/2010	MEDIDA 2 05/08/2010
Material particulado*	g/m ³	0.0195	0.0464	0.0367
Dióxido de carbono	%	11.78	11.38	11.06
Oxígeno	%	5.44	5.97	6.40
Dióxido de azufre *	ppm	101	81	45
Monóxido de carbono *	ppm	<10	<10	<10
Oxidos de nitrógeno	ppm	74	64	82
Monóxido de nitrógeno *	ppm	74	64	82
Dióxido de nitrógeno	ppm	<2.0	<2.0	<2.0
Temperatura	°C	162.2	162.4	161.1
Eficiencia global	%	93.5	93.2	93.5
Número de humo	Escala Bacharach	2	1	2

(*) : PARÁMETROS DENTRO DEL ALCANCE DE ACREDITACIÓN

TABLA No. 8

DATOS DE CAMPO DEL CALDERO DE LA PRENSA (ILTEC)

PARAMETRO	UNIDADES	MEDIDA 1 24/02/2010	MEDIDA 2 06/05/2010	MEDIDA 3 25/08/2010
Material particulado*	g/m ³	0.0324	0.0481	0.0227
Dióxido de carbono	%	8.46	9.76	11.32
Oxígeno	%	9.83	7.92	6.05
Dióxido de azufre *	ppm	20	50	35
Monóxido de carbono *	ppm	<10	<10	<10
Oxidos de nitrógeno	ppm	86	96	117
Monóxido de nitrógeno *	ppm	86	96	117
Dióxido de nitrógeno	ppm	<2.0	<2.0	<2.0
Temperatura	°C	127.6	130.9	137.3
Eficiencia global	%	93.2	88.6	94.1
Número de humo	Escala Bacharach	1	1	1

(*) : PARÁMETROS DENTRO DEL ALCANCE DE ACREDITACIÓN

TABLA No. 9
DATOS DE CAMPO DEL CALDERO DEL SECADERO

PARAMETRO	UNIDADES	MEDIDA 1 24/02/2010	MEDIDA 2 06/05/2010	MEDIDA 3 25/08/2010
Material particulado*	g/m ³	0.2041	0.1530	>0.250
Dióxido de carbono	%	2.45	2.96	3.22
Oxígeno	%	17.76	17.23	16.75
Dióxido de azufre *	ppm	15	29	34
Monóxido de carbono *	ppm	304	140	73
Oxidos de nitrógeno	ppm	100	142	208
Monóxido de nitrógeno *	ppm	102	142	207
Dióxido de nitrógeno	ppm	<2.0	<2.0	<2.0
Temperatura	°C	115.9	120.8	120.3
Eficiencia global	%	78.4	78.0	82.9
Número de humo	Escala Bacharach	5	5	4

(*) : PARAMETROS DENTRO DEL ALCANCE DE ACREDITACION

En la Tabla No. 10, se presenta los valores de incertidumbre de los parámetros acreditados.

TABLA No. 10
VALORES DE INCERTIDUMBRE EN PARÁMETROS ACREDITADOS

EQUIPO	Unidades	INCERTIDUMBRE			
		CO	NO	SO ₂	Material Particulado
TESTO EI-01	%	5.9	3.2	2.6	-
TESTO EI-05		4.8	2.7	3.8	-
TESTO EI-07		5.0	5.1	2.6	-
TESTO EI-17		5.1	2.6	3.4	-
TESTO EI-35		5.5	5.1	3.0	-
CONSOLA EI-19	mg/m ³	-	-	-	0.7
CONSOLA EI-29		-	-	-	0.4
CONSOLA EI-36		-	-	-	0.3

En las Tablas No. 11, 12, 13 y 14 se presentan los valores transformados a unidades norma para su comparación.



Tabla No. 11
PROMEDIOS DE VALORES TRANSFORMADOS A UNIDADES NORMA DEL
CALDERO DE LA LAMINADORA 1

PARAMETRO	UNIDADES	MEDIDA 1 04/02/2010	MEDIDA 2 13/05/2010	MEDIDA 3 05/08/2010	VALOR NORMA*
Monóxido de Carbono	mg/m ³ g.s.	79.3	133	42	250
Óxidos de Nitrógeno	mg/m ³ g.s.	112.1	117	124	500
Dióxido de Azufre	mg/m ³ g.s.	272.9	221	226	1650
Material Particulado	mg/m ³ g.s.	83.9	44.4	59.1	150

* NORMA TÉCNICA PARA EMISIONES ALA ATMOSFERA DE FUENTES FIJAS DE COMBUSTION - ORDENANZA 213

Tabla No. 12
PROMEDIOS DE VALORES TRANSFORMADOS A UNIDADES NORMA DEL
CALDERO DE LA LAMINADORA 2

PARAMETRO	UNIDADES	MEDIDA 1 04/02/2010	MEDIDA 2 13/05/2010	MEDIDA 3 05/08/2010	VALOR NORMA*
Monóxido de Carbono	mg/m ³ g.s.	<10	<10	<10	250
Óxidos de Nitrógeno	mg/m ³ g.s.	136.8	122	162	500
Dióxido de Azufre	mg/m ³ g.s.	259.8	216	123	1650
Material Particulado	mg/m ³ g.s.	17.5	47.2	38.4	150

* NORMA TÉCNICA PARA EMISIONES ALA ATMOSFERA DE FUENTES FIJAS DE COMBUSTION - ORDENANZA 213

Tabla No. 13
PROMEDIOS DE VALORES TRANSFORMADOS A UNIDADES NORMA DEL
CALDERO DE LA PRENSA

PARAMETRO	UNIDADES	MEDIDA 1 24/02/2010	MEDIDA 2 06/05/2010	MEDIDA 3 25/08/2010	VALOR NORMA*
Monóxido de Carbono	mg/m ³ g.s.	<10	<10	<10	250
Óxidos de Nitrógeno	mg/m ³ g.s.	221.5	211	225	500
Dióxido de Azufre	mg/m ³ g.s.	71.7	153	94	1650
Material Particulado	mg/m ³ g.s.	40.6	56.2	123.2	150

* NORMA TÉCNICA PARA EMISIONES ALA ATMOSFERA DE FUENTES FIJAS DE COMBUSTION - ORDENANZA 213

Tabla No. 14
PROMEDIOS DE VALORES TRANSFORMADOS A UNIDADES NORMA DEL
SECADERO

PARAMETRO	UNIDADES	MEDIDA 1** 24/02/2010	MEDIDA 2** 06/05/2010	MEDIDA 3** 25/08/2010	VALOR NORMA*
Monóxido de Carbono	mg/m ³ g.s.	352	139	64	1800
Óxidos de Nitrógeno	mg/m ³ g.s.	194	232	302	900
Dióxido de Azufre	mg/m ³ g.s.	40	66	69	N.A.
Material Particulado	mg/m ³ g.s.	206.3	132.9	197.7***	200

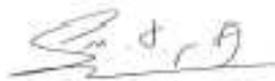
* NORMA TÉCNICA PARA EMISIONES ALA ATMOSFERA DE FUENTES FIJAS DE COMBUSTION - ORDENANZA 213

**): VALORES CORREGIDOS AL 18% DE OXIGENO

***): TRANSFORMACION A SOLICITUD DEL CLIENTE

**NOTAS:**

- Chemeng se responsabiliza exclusivamente de las medidas realizadas. El resultado se refiere únicamente a los ensayos realizados en los días indicados.
- Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin permiso por escrito del laboratorio.
- En caso de que el cliente requiera alguna conclusión o recomendación a partir de los resultados de este informe solicitarlo al laboratorio.



Ing. Lucia Monenegro A.
DIRECTORA TÉCNICA
GRUPO CONSULTOR CHEMENG

ANEXO N° 5

**DATOS DE CAMPO DEL MONITOREO REALIZADO POR
EL GRUPO CONSULTOR CHEMENG**

MEDIDA	CO2	O2	CO	NOx	NO	NO2	SO2	T
	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	°C
	2,45	17,76	304	100	2	102,0	15	115,9
	2,96	17,23	140	142	0	142,0	29	120,8
	3,22	16,75	73	207	0	208,0	34	120,3
	0,00	0,00	0	0	0	0,0	0	0,0

METODO DE CALCULO EPA 5 PARA UNIDADES METRICAS

Condiciones de referencia 20 °C y 760 mm Hg a

	M1	M2	M3	M4
1. Fecha	24/02/2010	06/05/2010	25/08/2010	00/01/1900
	1 = APEX EI-29 2 = TERMO ANDERSSEN EI-19 3 = TERMO ANDERSSEN EI-36			
2. Equipo Utilizado	1	1	1	
	EI-29	EI-29	EI-29	FALSO
3. Número de corrida	1	2	3	4
4. Constante tubo Pitot, Cp	0,84	0,84	0,84	0,84
5. Volumen recolectado en impingers en tiempo real	70	55	80	
6. Peso inicial silica(g)	156,1	146,3	142,9	
7. Peso Final Silica (g)	170,5	164	158	
8. Peso ganado, sílica (1 ml of H₂O pesa 1 g)	14,4	17,7	15,1	0
9. Agua total recolectada, V_{H2O} = (5.) + (6.)	84,4	72,7	95,1	0,0
10. Temperatura ambiente promedio, Tm °C	20,67	20,08	20,33	#iDIV/0!
11. Factor de Calibración Gasómetro	0,98	0,99	0,99	
12. Lectura Inicial del Gasómetro	1402,26	1492,25	1673,684	
13. Lectura Final del Gasometro	1403,557	1493,622	1674,981	
14. Volumen muestreado , Vm (m3)	1,27106	1,35828	1,28403	0
15. Tiempo real de muestreo, t (min)	60	60	60	60
16. Presión barométrica, PB (mm Hg)	540	540	540	540
17. Presión absoluta en la chimenea, P (mmHg)	540,9	541,0	540,9	#iDIV/0!
18. Temperatura promedio de gases, Ts °C	114,0	119,8	120,9	#iDIV/0!
19. ΔH prom (mm H2O)	34,0	35,0	34,0	#iDIV/0!
20. Raíz del promedio de caída de presión (Δp prom),	3,49	3,77	3,46	0,00
21. Promedio caída de presión, (dP)avg mm H2O	12,2	14,2	12	#iDIV/0!

22. Volumen de vapor de agua a condic. Std.,

$$V_{wstd} = 0.001337 * V_{H2O}$$

23. Volumen medido a condiciones estándar

$$V_{mc} = 0.386 * V_m \left[\frac{P_B + \frac{\Delta H_{prom}}{13.6}}{T_m + 273} \right]$$

24. Contenido de humedad en los gases de chimenea

$$B_{ws} = \frac{V_{wstd}}{V_{wstd} + V_{mc}} * 100$$

25. Composición gases de chimenea

% CO2=
% O2 =
% CO =
% SO2 =
% NO =
% NO2 =
% =

Total
100-Total% = %N2=

26. Peso molecular seco,

$$M_d = 0.44 * (\% CO_2) + 0.32 * (\% O_2) + 0.28 * (\% CO + N_2) + 0.64 * (\% SO_2) + 0.3 * (\% NO) + 0.46 * (\% NO_2)$$

27. Peso molecular gas de chimenea,

$$M_s = 0.18 * (B_{ws}) + \frac{M_d}{100} * (100 - B_{ws})$$

28. Velocidad promedio gases de chimenea (m/seg)

$$V_{S_{prom}} = 34.96 * C_p * \sqrt{dP_{prom}} * \sqrt{\frac{T_s - 273}{P_s * M_s}}$$

0,1	0,1	0,1	0,0
0,906	0,971	0,917	#iDIV/0!
11,1	9,1	12,2	#iDIV/0!
2,5	3,0	3,2	0,0
17,8	17,2	16,8	0,0
0,0304	0,014	0,0073	0
0,0015	0,0029	0,0034	0
0,0002	0,0000	0,0000	0,0000
0,0102	0,0142	0,0208	0,0000
20,3	20,2	20,0	0,0
79,75	79,78	80,00	100,00
29,1	29,2	29,2	28,0
27,9	28,1	27,8	#iDIV/0!
16,4	17,8	16,5	#iDIV/0!

29. Area transversal (m2)

$$A = \frac{PI * Ds^2}{4}$$

Donde Ds = diámetro chimenea (m)
or A = largo * ancho

30. Flujo de gas de chimenea, (m3/min)

$$Q_{SA} = 60((Vs)_{avg})A$$

31. Flujo de gas a condic. Std.(m3/min), húmedo

$$Q_{SW} = 0.386 * Q_{SA} * \frac{Ps}{Ts + 273}$$

32. Flujo de gas a condic. Std.(m3/min), seco

$$Q_{SD} = \left[\frac{100 - Bws}{100} \right] * Q_{SW}$$

32.1 Flujo de gas seco a 0°C y 1 atm

33. Diámetro de boquilla (mm)

34. Índice de isocinetismo

Debe estar entre 90 y 110

$$I = \frac{5.496 * 10^8 (Ts + 273) * Vmc}{t (Vs)_{prom} * Ps * Dn^2 * (100 - Bws)}$$

2,01	2,01	2,01	2,01
1982,4	2144,0	1985,4	#¡DIV/0!
1069,5	1139,8	1052,3	#¡DIV/0!
951,1	1036,1	924,1	#¡DIV/0!
1038,21	1130,95	1008,71	#¡DIV/0!
6,29	6,20	6,40	
103	104	103	#¡DIV/0!

35. Cantidad de material particulado recolectado en el filtro., Mf (gr)
35.1 Peso Inicial Filtro (g)
35.2 Peso Final Filtro (g)
36. Cantidad de material particulado recolectado en la sonda y el ciclón (gr)
36.1 Peso Inicial Lavado de Sonda (g)
36.2 Peso Final Lavado de Sonda (g)
37. Cantidad total recolectada, Mn = (30.) + (31.)
37.1 Particulado a 0°C y 1 atm
38. Porcentaje de mat. Particulado recolectado en el filtro. %
$\frac{Mf}{Mn} * (100) =$
39. Concentración de particulado en la chimenea (gr/m3 STD)
$Cs = \frac{Mn}{Vmc}$
40. Concentración de particulado en la chimenea (gr/m3 cond. normales)
$C_N = C_S * (298/273)$
41. Flujo másico de material particulado. (kg/hora)
$pmr = 0.003888 * C_S * Q_{SD}$

0,1764	0,1149	0,2089	0,0000
0,4255	0,4292	0,4377	
0,6019	0,5441	0,6466	
0,0086	0,0336	0,0263	0
0,8273	0,8347	0,8407	
0,8359	0,8683	0,867	
1,85E-01	1,49E-01	2,35E-01	0,00E+00
0,2019	0,1621	0,2567	0,0000
95,35	77,37	88,82	#¡DIV/0!
0,2041	0,1530	0,2566	#¡DIV/0!
0,222806009	0,167007502	0,280085183	#¡DIV/0!
7,55E-01	6,16E-01	9,22E-01	#¡DIV/0!

ANEXO N° 6

**RESULTADOS DEL BALANCE DE ENERGÍA REALIZADO
AL PROCESO DE SECADO**

FECHA	TURNO	ENERGÍA LIBERADA EN LA COMBUSTIÓN BUNKER (Kcal/h)	ENERGÍA LIBERADA EN LA COMBUSTIÓN POLVO (Kcal/h)	ENERGÍA TOTAL LIBERADA EN LA COMBUSTIÓN (Kcal/h)	% HUMEDAD DE CHIPS DE MADERA	CHIPS SIN HUMEDAD QUE SALEN DEL TUBO FLASH (kg/h)
25/08/2010	3ro	4735920,24	4939324	9675244,24	71,87	2,07
25/08/2010	2do	6618876,48	5953866	12572742,48	64,16	2,16
25/08/2010	1ro	3699343,32	5654758	9354101,32	65,86	2,14
24/08/2010	3ro	4869058,56	6649090	11518148,56	75,04	2,03
24/08/2010	2do	5867595,96	6273184	12140779,96	64,75	2,15
24/08/2010	1ro	6133872,6	6269142	12403014,6	66,99	2,13
23/08/2010	3ro	5715437,88	6305520	12020957,88	69,96	2,09
23/08/2010	1ro	5620339,08	4219848	9840187,08	68,55	2,11
21/08/2010	1ro	4811999,28	5404154	10216153,28	72,80	2,05
20/08/2010	3ro	7141919,88	0	7141919,88	68,61	2,11
20/08/2010	1ro	4060718,76	7307936	11368654,76	73,63	2,04
19/08/2010	3ro	4669351,08	5925572	10594923,08	68,40	2,11
19/08/2010	1ro	6343089,96	6535914	12879003,96	75,20	2,03
18/08/2010	3ro	5991224,4	4527040	10518264,4	71,91	2,06
18/08/2010	1ro	4602781,92	7097752	11700533,92	83,52	1,93
17/08/2010	1ro	3147770,28	7186676	10334446,28	97,94	1,79
16/08/2010	1ro	10603516,2	0	10603516,2	72,19	2,06
15/08/2010	2do	5658378,6	4284520	9942898,6	70,83	2,08

15/08/2010	1ro	5715437,88	6143840	11859277,88	72,38	2,06
14/08/2010	2do	4621801,68	4640216	9262017,68	69,72	2,09
14/08/2010	1ro	3956110,08	7037122	10993232,08	67,22	2,12
13/08/2010	3ro	6818583,96	2825358	9643941,96	63,10	2,18
13/08/2010	2do	6000734,28	2720266	8721000,28	65,07	2,15
13/08/2010	1ro	2786394,84	7360482	10146876,84	69,38	2,10
12/08/2010	3ro	4222386,72	6669300	10891686,72	73,46	2,05
12/08/2010	2do	5011706,76	8039538	13051244,76	69,14	2,10
12/08/2010	1ro	4051208,88	7198802	11250010,88	72,03	2,06
11/08/2010	3ro	5316022,92	6535914	11851936,92	65,84	2,14
11/08/2010	2do	5506220,52	6572292	12078512,52	56,64	2,27
11/08/2010	1ro	2871983,76	5897278	8769261,76	58,45	2,24
10/08/2010	3ro	5040236,4	6273184	11313420,4	63,38	2,17
10/08/2010	2do	6371619,6	6948198	13319817,6	67,72	2,12
10/08/2010	1ro	2881493,64	4393654	7275147,64	61,84	2,19
09/08/2010	3ro	6000734,28	5662842	11663576,28	82,18	1,95
09/08/2010	2do	9215073,72	3080004	12295077,72	76,65	2,01
07/08/2010	2do	7446236,04	4927198	12373434,04	73,17	2,05
07/08/2010	1ro	5601319,32	5670926	11272245,32	76,62	2,01
06/08/2010	3ro	9433800,96	0	9433800,96	77,59	2,00
06/08/2010	2do	9205563,84	0	9205563,84	71,31	2,07
06/08/2010	1ro	6162402,24	4943366	11105768,24	75,92	2,02
05/08/2010	3ro	4307975,64	4676594	8984569,64	78,50	1,99
05/08/2010	2do	7160939,64	3427616	10588555,64	89,53	1,87
05/08/2010	1ro	4203366,96	5420322	9623688,96	82,80	1,94

04/08/2010	3ro	10289690,16	0	10289690,16	84,41	1,92
04/08/2010	2do	11259697,92	0	11259697,92	86,45	1,90
04/08/2010	1ro	6095833,08	2469662	8565495,08	94,66	1,82
03/08/2010	3ro	10032923,4	1855278	11888201,4	97,12	1,80
03/08/2010	2do	10983911,4	0	10983911,4	65,97	2,14
03/08/2010	1ro	3204829,56	6289352	9494181,56	72,06	2,06
02/08/2010	3ro	7151429,76	4955492	12106921,76	70,34	2,08
02/08/2010	2do	5620339,08	4967618	10587957,08	69,94	2,09
02/08/2010	1ro	5277983,4	6511662	11789645,4	76,77	2,01
01/08/2010	3ro	5658378,6	5788144	11446522,6	72,50	2,06
01/08/2010	2do	4678860,96	6277226	10956086,96	67,68	2,12
01/08/2010	1ro	6809074,08	5679010	12488084,08	72,25	2,06

FECHA	TURNO	HUMEDAD DE SALIDA DEL TUBO FLASH (kg/h)	CHIPS SIN HUMEDAD QUE ENTRAN AL TUBO FLASH (kg/h)	HUMEDAD QUE ENTRA AL TUBO FLASH (kg/h)	CHIPS SIN HUMEDAD QUE ENTRAN AL TAMBOR (kg/h)	HUMEDAD QUE ENTRA AL TAMBOR (kg/h)
25/08/2010	3ro	1,48	11964,07	8598,93	11962	8597,45
25/08/2010	2do	1,39	15893,16	10196,84	15891	10195,45
25/08/2010	1ro	1,41	15594,14	10269,86	15592	10268,45
24/08/2010	3ro	1,52	14769,03	11081,97	14767	11080,45

24/08/2010	2do	1,39	16137,15	10448,85	16135	10447,45
24/08/2010	1ro	1,42	17022,13	11403,87	17020	11402,45
23/08/2010	3ro	1,46	14073,09	9844,91	14071	9843,45
23/08/2010	1ro	1,44	15969,11	10946,89	15967	10945,45
21/08/2010	1ro	1,50	13812,05	10054,95	13810	10053,45
20/08/2010	3ro	1,44	13089,11	8979,89	13087	8978,45
20/08/2010	1ro	1,51	16229,04	11949,96	16227	11948,45
19/08/2010	3ro	1,44	16578,11	11339,89	16576	11338,45
19/08/2010	1ro	1,52	16566,03	12456,97	16564	12455,45
18/08/2010	3ro	1,48	15595,06	11214,94	15593	11213,45
18/08/2010	1ro	1,62	16508,93	13788,07	16507	13786,45
17/08/2010	1ro	1,76	11656,79	11416,21	11655	11414,45
16/08/2010	1ro	1,49	11727,06	8465,94	11725	8464,45
15/08/2010	2do	1,47	15476,08	10961,92	15474	10960,45
15/08/2010	1ro	1,49	16426,06	11888,94	16424	11887,45
14/08/2010	2do	1,46	14522,09	10124,91	14520	10123,45
14/08/2010	1ro	1,43	15842,12	10648,88	15840	10647,45
13/08/2010	3ro	1,37	12258,18	7734,82	12256	7733,45
13/08/2010	2do	1,40	12934,15	8415,85	12932	8414,45
13/08/2010	1ro	1,45	13204,10	9160,90	13202	9159,45
12/08/2010	3ro	1,50	12041,05	8845,95	12039	8844,45
12/08/2010	2do	1,45	15266,10	10554,90	15264	10553,45
12/08/2010	1ro	1,49	17029,06	12265,94	17027	12264,45
11/08/2010	3ro	1,41	15746,14	10367,86	15744	10366,45
11/08/2010	2do	1,28	17903,27	10139,73	17901	10138,45

11/08/2010	1ro	1,31	15865,24	9272,76	15863	9271,45
10/08/2010	3ro	1,38	16698,17	10583,83	16696	10582,45
10/08/2010	2do	1,43	16005,12	10837,88	16003	10836,45
10/08/2010	1ro	1,36	10598,19	6553,81	10596	6552,45
09/08/2010	3ro	1,60	14075,95	11568,05	14074	11566,45
09/08/2010	2do	1,54	13583,01	10410,99	13581	10409,45
07/08/2010	2do	1,50	15403,05	11270,95	15401	11269,45
07/08/2010	1ro	1,54	16507,01	12646,99	16505	12645,45
06/08/2010	3ro	1,55	13463,00	10446,00	13461	10444,45
06/08/2010	2do	1,48	14391,07	10262,93	14389	10261,45
06/08/2010	1ro	1,53	16530,02	12548,98	16528	12547,45
05/08/2010	3ro	1,56	10627,99	8343,01	10626	8341,45
05/08/2010	2do	1,68	11949,87	10698,13	11948	10696,45
05/08/2010	1ro	1,61	12577,94	10414,06	12576	10412,45
04/08/2010	3ro	1,62	10688,92	9022,08	10687	9020,45
04/08/2010	2do	1,65	11628,90	10053,10	11627	10051,45
04/08/2010	1ro	1,73	10788,82	10213,18	10787	10211,45
03/08/2010	3ro	1,75	11112,80	10793,20	11111	10791,45
03/08/2010	2do	1,41	15819,14	10435,86	15817	10434,45
03/08/2010	1ro	1,49	15742,06	11343,94	15740	11342,45
02/08/2010	3ro	1,47	14677,08	10323,92	14675	10322,45
02/08/2010	2do	1,46	16787,09	11740,91	16785	11739,45
02/08/2010	1ro	1,54	16710,01	12828,99	16708	12827,45
01/08/2010	3ro	1,49	13053,06	9462,94	13051	9461,45

01/08/2010	2do	1,43	12639,12	8553,88	12637	8552,45
01/08/2010	1ro	1,49	12889,06	9311,94	12887	9310,45

FECHA	TURNO	CHIPS SIN HUMEDAD QUE VAN A PRODUCCIÓN (Kg/h)	HUMEDAD QUE VA A PRODUCCIÓN (kg/h)	MATERIAL FINO SIN HUMEDAD A CICLONES (kg/h)	HUMEDAD QUE VA A CICLONES (kg/h)	MATERIAL FINO SIN HUMEDAD RECUPERADO (kg/h)	HUMEDAD DE MATERIAL RECUPERADO (kg/H)
25/08/2010	3ro	7683,10	92,20	4178,84	50,15	4137,06	49,64
25/08/2010	2do	10206,67	122,48	5551,41	66,62	5495,90	65,95
25/08/2010	1ro	10014,62	120,18	5446,96	65,36	5392,49	64,71
24/08/2010	3ro	9484,73	113,82	5158,75	61,91	5107,16	61,29
24/08/2010	2do	10373,64	114,11	5642,23	62,06	5585,81	61,44
24/08/2010	1ro	10931,82	131,18	5945,82	71,35	5886,36	70,64
23/08/2010	3ro	9037,70	108,45	4915,61	58,99	4866,45	58,40
23/08/2010	1ro	10255,48	123,07	5577,96	66,94	5522,18	66,27
21/08/2010	1ro	8870,06	106,44	4824,43	57,89	4776,19	57,31
20/08/2010	3ro	8414,00	92,55	4576,38	50,34	4530,61	49,84
20/08/2010	1ro	10422,48	125,07	5668,79	68,03	5612,10	67,35
19/08/2010	3ro	10646,64	127,76	5790,71	69,49	5732,81	68,79
19/08/2010	1ro	10649,46	117,14	5792,24	63,71	5734,32	63,08
18/08/2010	3ro	10015,27	120,18	5447,31	65,37	5392,84	64,71
18/08/2010	1ro	10602,32	127,23	5766,61	69,20	5708,94	68,51
17/08/2010	1ro	7485,92	89,83	4071,60	48,86	4030,88	48,37

16/08/2010	1ro	7523,45	97,80	4092,01	53,20	4051,09	52,66
15/08/2010	2do	9948,66	109,44	5411,08	59,52	5356,97	58,93
15/08/2010	1ro	10559,45	116,15	5743,29	63,18	5685,86	62,54
14/08/2010	2do	9326,09	111,91	5072,46	60,87	5021,74	60,26
14/08/2010	1ro	10173,91	122,09	5533,60	66,40	5478,26	65,74
13/08/2010	3ro	7871,94	94,46	4281,55	51,38	4238,74	50,86
13/08/2010	2do	8306,13	99,67	4517,71	54,21	4472,53	53,67
13/08/2010	1ro	8479,55	101,75	4612,03	55,34	4565,91	54,79
12/08/2010	3ro	7732,56	92,79	4205,74	50,47	4163,69	49,96
12/08/2010	2do	9803,95	117,65	5332,38	63,99	5279,05	63,35
12/08/2010	1ro	10936,31	131,24	5948,27	71,38	5888,78	70,67
11/08/2010	3ro	10112,25	121,35	5500,06	66,00	5445,06	65,34
11/08/2010	2do	11509,05	126,60	6259,78	68,86	6197,18	68,17
11/08/2010	1ro	10188,69	122,26	5541,63	66,50	5486,22	65,83
10/08/2010	3ro	10734,32	118,08	5838,40	64,22	5780,02	63,58
10/08/2010	2do	10288,77	113,18	5596,07	61,56	5540,11	60,94
10/08/2010	1ro	6805,73	81,67	3701,64	44,42	3664,62	43,98
09/08/2010	3ro	9048,57	99,53	4921,52	54,14	4872,30	53,60
09/08/2010	2do	8722,97	104,68	4744,43	56,93	4696,99	56,36
07/08/2010	2do	9901,73	108,92	5385,56	59,24	5331,70	58,65
07/08/2010	1ro	10601,04	127,21	5765,91	69,19	5708,25	68,50
06/08/2010	3ro	8645,90	103,75	4702,51	56,43	4655,48	55,87
06/08/2010	2do	9251,09	101,76	5031,67	55,35	4981,36	54,79
06/08/2010	1ro	10626,31	116,89	5779,66	63,58	5721,86	62,94
05/08/2010	3ro	6825,00	81,90	3712,12	44,55	3675,00	44,10
05/08/2010	2do	7674,11	92,09	4173,95	50,09	4132,21	49,59
05/08/2010	1ro	8077,47	96,93	4393,34	52,72	4349,41	52,19

04/08/2010	3ro	6864,18	82,37	3733,43	44,80	3696,10	44,35
04/08/2010	2do	7467,93	89,62	4061,81	48,74	4021,20	48,25
04/08/2010	1ro	6914,74	96,81	3760,93	52,65	3723,32	52,13
03/08/2010	3ro	7136,51	85,64	3881,55	46,58	3842,74	46,11
03/08/2010	2do	10159,14	121,91	5525,56	66,31	5470,31	65,64
03/08/2010	1ro	10119,68	111,32	5504,10	60,55	5449,06	59,94
02/08/2010	3ro	9425,64	113,11	5126,61	61,52	5075,35	60,90
02/08/2010	2do	10791,54	118,71	5869,53	64,56	5810,83	63,92
02/08/2010	1ro	10731,42	128,78	5836,83	70,04	5778,46	69,34
01/08/2010	3ro	8382,56	100,59	4559,28	54,71	4513,69	54,16
01/08/2010	2do	8124,68	89,37	4419,02	48,61	4374,83	48,12
01/08/2010	1ro	8285,41	91,14	4506,44	49,57	4461,37	49,08

FECHA	TURNO	ENERGÍA TRANSFERIDA A LOS CHIPS SECOS QUE ENTRAN AL TAMBOR (Kcal/h)	ENERGÍA TRANSFERIDA A LA HUMEDAD QUE ENTRA AL TAMBOR (Kcal/h)	ENERGÍA TRANSFERIDA A LOS CHIPS SECOS QUE SALEN DEL TUBO FLASH (Kcal/h)	ENERGÍA TRANSFERIDA A LA HUMEDAD QUE SALE DEL TUBO FLASH (Kcal/h)	ENERGÍA TRANSFERIDA A LOS CHIPS SECOS EN EL TAMBOR (Kcal/h)	ENERGÍA TRANSFERIDA A LA HUMEDAD DEL TAMBOR PARA ALCANZAR LA T° DE EVAPORACIÓN (Kcal/h)
25/08/2010	3ro	143209,06	352585,48	12,66	31,18	247300,13	260569,27
25/08/2010	2do	190247,05	418120,21	13,26	29,14	328527,54	309001,03
25/08/2010	1ro	186667,42	421113,98	13,12	29,60	322346,07	311213,50
24/08/2010	3ro	176790,52	454414,48	12,43	31,96	305290,18	335823,38
24/08/2010	2do	193168,22	428454,85	13,21	29,30	333571,95	316638,58
24/08/2010	1ro	203763,44	467619,85	13,03	29,91	351868,27	345582,47
23/08/2010	3ro	168458,01	403684,53	12,81	30,69	290901,20	298332,71
23/08/2010	1ro	191156,92	448878,06	12,91	30,32	330098,75	331731,84
21/08/2010	1ro	165333,32	412296,73	12,60	31,41	285505,34	304697,34
20/08/2010	3ro	156677,56	368210,47	12,91	30,34	270558,17	272116,52
20/08/2010	1ro	194269,64	490011,56	12,53	31,62	335473,94	362130,50
19/08/2010	3ro	198447,87	464995,18	12,92	30,28	342689,10	343642,78
19/08/2010	1ro	198304,21	510803,87	12,42	32,00	342441,02	377496,52
18/08/2010	3ro	186679,40	459868,87	12,66	31,19	322366,74	339854,31
18/08/2010	1ro	197621,80	565388,80	11,86	33,93	341262,61	417836,12
17/08/2010	1ro	139533,66	468111,97	11,00	36,89	240953,27	345946,17
16/08/2010	1ro	140371,70	347131,09	12,64	31,26	242400,44	256538,34

15/08/2010	2do	185254,73	449493,22	12,74	30,91	319906,56	332186,45
15/08/2010	1ro	196628,13	487509,92	12,63	31,30	339546,68	360281,72
14/08/2010	2do	173833,44	415167,46	12,82	30,63	300183,74	306818,88
14/08/2010	1ro	189636,48	436656,94	13,02	29,97	327473,18	322700,13
13/08/2010	3ro	146728,83	317152,44	13,34	28,84	253378,23	234383,39
13/08/2010	2do	154821,90	345080,57	13,18	29,39	267353,73	255022,96
13/08/2010	1ro	158054,34	375633,37	12,85	30,54	272935,66	277602,22
12/08/2010	3ro	144130,91	362715,07	12,55	31,57	248892,02	268055,28
12/08/2010	2do	182740,61	432801,96	12,87	30,48	315565,06	319851,20
12/08/2010	1ro	203847,24	502970,87	12,65	31,22	352012,99	371707,74
11/08/2010	3ro	188487,17	425133,00	13,12	29,60	325488,49	314183,66
11/08/2010	2do	214310,77	415782,61	13,89	26,96	370081,90	307273,49
11/08/2010	1ro	189911,84	380226,54	13,74	27,50	327948,67	280996,69
10/08/2010	3ro	199884,51	433991,26	13,32	28,92	345169,96	320730,13
10/08/2010	2do	191587,92	444407,92	12,98	30,10	330843,01	328428,29
10/08/2010	1ro	126855,31	268719,07	13,45	28,49	219059,71	198589,95
09/08/2010	3ro	168493,93	474345,56	11,95	33,63	290963,22	350552,94
09/08/2010	2do	162591,73	426896,45	12,32	32,35	280771,04	315486,89
07/08/2010	2do	184380,77	462165,45	12,57	31,50	318397,37	341551,54
07/08/2010	1ro	197597,86	518595,86	12,32	32,34	341221,26	383254,99
06/08/2010	3ro	161155,09	428331,82	12,26	32,57	278290,18	316547,66
06/08/2010	2do	172265,11	420826,90	12,70	31,03	297475,48	311001,34
06/08/2010	1ro	197873,22	514576,83	12,37	32,17	341696,76	380284,83
05/08/2010	3ro	127214,47	342086,80	12,19	32,79	219679,92	252810,49
05/08/2010	2do	143041,46	438666,46	11,48	35,22	247010,70	324185,21

05/08/2010	1ro	150559,87	427019,48	11,91	33,77	259993,85	315577,81
04/08/2010	3ro	127944,76	369932,91	11,80	34,12	220941,02	273389,44
04/08/2010	2do	139198,44	412214,70	11,67	34,57	240374,41	304636,72
04/08/2010	1ro	129141,96	418776,38	11,18	36,25	223008,41	309485,96
03/08/2010	3ro	133020,89	442562,45	11,04	36,73	229706,72	327064,45
03/08/2010	2do	189361,12	427921,71	13,11	29,63	326997,68	316244,58
03/08/2010	1ro	188439,28	465159,22	12,65	31,22	325405,79	343764,01
02/08/2010	3ro	175689,10	423328,54	12,78	30,79	303388,19	312850,12
02/08/2010	2do	200950,02	481440,37	12,81	30,68	347009,93	355796,18
02/08/2010	1ro	200028,18	526059,76	12,31	32,38	345418,04	388771,00
01/08/2010	3ro	156246,57	388018,53	24,03	31,33	269813,92	286755,16
01/08/2010	2do	151290,16	350740,01	12,98	30,09	261254,96	259205,42
01/08/2010	1ro	154283,16	381825,95	12,64	31,27	266423,41	282178,69

FECHA	TURNO	ENERGÍA TRANSFERIDA A LA HUMEDAD DEL TAMBOR PARA QUE EMPIECE A EVAPORAR (Kcal/h)	ENERGÍA TRANSFERIDA A LA HUMEDAD DEL TAMBOR PARA QUE ALCANCE LA T° DEL TAMBOR (Kcal/h)	ENERGÍA TOTAL TRANSFERIDA A LA HUMEDAD DEL TAMBOR (Kcal/h)	ENERGÍA TRANSFERIDA A LOS CHIPS SECOS QUE VAN A PRODUCCIÓN (Kcal/h)	ENERGÍA TRANSFERIDA A LA HUMEDAD QUE VA A PRODUCCIÓN (Kcal/h)
25/08/2010	3ro	4646922,13	158656,69	5066148,09	250821,13	58109,35
25/08/2010	2do	5510641,13	188146,06	6007788,23	333205,02	77195,76
25/08/2010	1ro	5550097,63	189493,20	6050804,33	326935,54	75743,26
24/08/2010	3ro	5988983,63	204477,78	6529284,79	309636,81	71735,56
24/08/2010	2do	5646847,13	192796,45	6156282,16	338655,90	71920,38
24/08/2010	1ro	6163024,63	210419,95	6719027,05	356878,08	82680,24
23/08/2010	3ro	5320385,13	181650,28	5800368,12	295042,97	68354,51
23/08/2010	1ro	5916016,13	201986,50	6449734,47	334798,60	77564,95
21/08/2010	1ro	5433890,13	185525,60	5924113,07	289570,28	67086,61
20/08/2010	3ro	4852852,63	165687,64	5290656,79	274681,73	58334,18
20/08/2010	1ro	6458137,63	220495,79	7040763,91	340250,33	78827,99
19/08/2010	3ro	6128432,63	209238,89	6681314,30	347568,21	80523,37
19/08/2010	1ro	6732171,13	229851,93	7339519,58	347660,13	73832,61
18/08/2010	3ro	6060870,13	206932,15	6607656,59	326956,51	75748,12
18/08/2010	1ro	7451576,63	254414,10	8123826,84	346121,41	80188,18
17/08/2010	1ro	6169510,63	210641,39	6726098,19	244383,90	56617,99
16/08/2010	1ro	4575035,63	156202,32	4987776,29	245608,97	61643,63

15/08/2010	2do	5924123,63	202263,31	6458573,39	324782,23	68974,03
15/08/2010	1ro	6425167,13	219370,10	7004818,95	344721,69	73208,57
14/08/2010	2do	5471725,13	186817,38	5965361,39	304457,68	70535,67
14/08/2010	1ro	5754947,13	196487,23	6274134,50	332135,65	76948,01
13/08/2010	3ro	4179930,13	142712,50	4557026,02	256985,76	59537,55
13/08/2010	2do	4548010,63	155279,62	4958313,21	271160,24	62821,44
13/08/2010	1ro	4950683,13	169027,80	5397313,15	276821,64	64133,05
12/08/2010	3ro	4780425,63	163214,81	5211695,72	252435,67	58483,40
12/08/2010	2do	5704140,13	194752,56	6218743,90	320057,99	74149,90
12/08/2010	1ro	6628935,63	226327,23	7226970,60	357024,85	82714,25
11/08/2010	3ro	5603066,63	191301,68	6108551,97	330122,71	76481,65
11/08/2010	2do	5479832,63	187094,19	5974200,31	375722,29	79792,17
11/08/2010	1ro	5011219,13	171094,64	5463310,45	332617,92	77059,74
10/08/2010	3ro	5719814,63	195287,73	6235832,49	350430,67	74420,99
10/08/2010	2do	5857101,63	199975,02	6385504,95	335885,36	71332,00
10/08/2010	1ro	3541599,63	120918,42	3861108,00	222178,62	51473,55
09/08/2010	3ro	6251666,63	213446,39	6815665,96	295397,77	62733,65
09/08/2010	2do	5626308,13	192095,20	6133890,22	284768,58	65974,17
07/08/2010	2do	6091138,13	207965,57	6640655,25	323250,04	68648,64
07/08/2010	1ro	6834866,13	233358,17	7451479,29	346079,47	80178,46
06/08/2010	3ro	5645225,63	192741,09	6154514,38	282252,40	65391,23
06/08/2010	2do	5546314,13	189364,02	6046679,49	302009,28	64137,73
06/08/2010	1ro	6781897,13	231549,69	7393731,65	346904,53	73672,14
05/08/2010	3ro	4508554,13	153932,49	4915297,11	222807,66	51619,29
05/08/2010	2do	5781431,63	197391,48	6303008,32	250527,57	58041,34

05/08/2010	1ro	5627929,63	192150,56	6135658,01	263695,58	61092,05
04/08/2010	3ro	4875553,63	166462,70	5315405,78	224086,72	51915,61
04/08/2010	2do	5432809,13	185488,70	5922934,55	243796,79	56481,97
04/08/2010	1ro	5519289,13	188441,32	6017216,41	225737,42	61014,38
03/08/2010	3ro	5832779,13	199144,60	6358988,17	232977,22	53975,33
03/08/2010	2do	5639820,63	192556,55	6148621,76	331653,38	76836,28
03/08/2010	1ro	6130594,63	209312,71	6683671,35	330365,28	70159,70
02/08/2010	3ro	5579284,63	190489,71	6082624,46	307707,74	71288,64
02/08/2010	2do	6345173,13	216638,92	6917608,23	352298,68	74817,70
02/08/2010	1ro	6933237,13	236716,79	7558724,91	350336,01	81164,60
01/08/2010	3ro	5113914,13	174600,88	5575270,17	273655,45	63399,52
01/08/2010	2do	4622599,63	157826,27	5039631,32	265236,72	56328,34
01/08/2010	1ro	5032298,63	171814,34	5486291,66	270483,95	57442,70

FECHA	TURNO	ENERGÍA TRANSFERIDA AL MATERIAL FINO QUE VA A PRODUCCIÓN (Kcal/h)	ENERGÍA TRANSFERIDA A LA HUMEDAD DEL MATERIAL RECUPERADO (Kcal/h)	ENERGÍA QUE SALE CON LOS GASES (Kcal/h)	ENERGÍA QUE SALE A LA CHIMENEA (Kcal/h)	ENERGÍA QUE SE RECIRCULA (Kcal/h)
25/08/2010	3ro	126626,40	31289,65	9208385,06	3867521,725	5340863,33
25/08/2010	2do	168217,70	41566,95	11952543,80	5020068,396	6932475,40
25/08/2010	1ro	165052,57	40784,83	8745571,99	3673140,234	5072431,75
24/08/2010	3ro	156319,35	38626,84	10941817,57	4595563,38	6346254,19
24/08/2010	2do	170969,56	38726,36	11520494,56	4838607,717	6681886,85
24/08/2010	1ro	180168,98	44520,13	11738754,14	4930276,738	6808477,40
23/08/2010	3ro	148951,69	36806,27	11471789,64	4818151,647	6653637,99
23/08/2010	1ro	169022,21	41765,74	9217022,66	3871149,516	5345873,14
21/08/2010	1ro	146188,81	36123,56	9677171,41	4064411,994	5612759,42
20/08/2010	3ro	138672,36	31410,71	6638807,99	2788299,355	3850508,63
20/08/2010	1ro	171774,50	42445,84	10735343,58	4508844,302	6226499,27
19/08/2010	3ro	175468,92	43358,74	9947990,92	4178156,187	5769834,73
19/08/2010	1ro	175515,32	39756,02	12242227,45	5141735,53	7100491,92
18/08/2010	3ro	165063,15	40787,45	9909696,50	4162072,531	5747623,97
18/08/2010	1ro	169201,64	43178,25	11061832,58	4645969,683	6415862,90
17/08/2010	1ro	123376,58	30486,61	9879570,20	4149419,483	5730150,71
16/08/2010	1ro	123995,06	33192,72	10139063,17	4258406,532	5880656,64
15/08/2010	2do	163965,47	37139,86	9348024,27	3926170,192	5421854,07
15/08/2010	1ro	174031,86	39420,00	11227883,14	4715710,919	6512172,22

14/08/2010	2do	153704,67	37980,75	8695326,09	3652036,956	5043289,13
14/08/2010	1ro	167677,83	41433,54	10375024,04	4357510,098	6017513,94
13/08/2010	3ro	129738,60	32058,68	9165608,02	3849555,37	5316052,65
13/08/2010	2do	136894,55	33826,93	8216283,94	3450839,254	4765444,68
13/08/2010	1ro	139752,69	34533,18	9631623,42	4045281,835	5586341,58
12/08/2010	3ro	127441,50	31491,06	10421822,54	4377165,467	6044657,07
12/08/2010	2do	161580,45	39926,87	12455516,69	5231317,01	7224199,68
12/08/2010	1ro	180243,08	44538,44	10585477,61	4445900,595	6139577,01
11/08/2010	3ro	166661,60	41182,43	11237475,41	4719739,673	6517735,74
11/08/2010	2do	189682,43	42965,02	11390336,72	4783941,421	6606395,30
11/08/2010	1ro	167921,30	41493,70	8150155,37	3423065,256	4727090,11
10/08/2010	3ro	176914,02	40072,84	10671568,57	4482058,797	6189509,77
10/08/2010	2do	169570,86	38409,54	12704606,87	5335934,884	7368671,98
10/08/2010	1ro	112166,30	27716,53	6861599,19	2881871,659	3979727,53
09/08/2010	3ro	149130,80	33779,66	11122522,45	4671459,43	6451063,02
09/08/2010	2do	143764,68	35524,55	11765033,42	4941314,035	6823719,38
07/08/2010	2do	163191,95	36964,65	11781366,19	4948173,801	6833192,39
07/08/2010	1ro	174717,33	43173,02	10628084,71	4463795,579	6164289,13
06/08/2010	3ro	142494,40	35210,66	8908440,02	3741544,808	5166895,21
06/08/2010	2do	152468,61	34535,70	8652399,82	3634007,924	5018391,90
06/08/2010	1ro	175133,86	39669,61	10470375,72	4397557,802	6072817,92
05/08/2010	3ro	112483,88	27795,00	8569851,62	3599337,68	4970513,94
05/08/2010	2do	126478,20	31253,03	10122244,02	4251342,489	5870901,53
05/08/2010	1ro	133126,03	32895,72	9132867,67	3835804,423	5297063,25
04/08/2010	3ro	113129,60	27954,56	9872591,86	4146488,579	5726103,28

04/08/2010	2do	123080,18	30413,37	10805913,93	4538483,85	6267430,08
04/08/2010	1ro	113962,95	32853,90	8131915,25	3415404,405	4716510,85
03/08/2010	3ro	117617,95	29063,64	11454556,21	4810913,609	6643642,60
03/08/2010	2do	167434,35	41373,38	10366600,90	4353972,377	6012628,52
03/08/2010	1ro	166784,06	37778,30	8889081,57	3733414,26	5155667,31
02/08/2010	3ro	155345,46	38386,19	11534180,96	4844356,002	6689824,95
02/08/2010	2do	177857,08	40286,45	9942684,36	4175927,433	5766756,93
02/08/2010	1ro	176866,23	43704,02	11137562,23	4677776,136	6459786,09
01/08/2010	3ro	138154,25	34138,20	10937151,14	4593603,479	6343547,66
01/08/2010	2do	133904,08	30330,65	10470274,19	4397515,16	6072759,03
01/08/2010	1ro	136553,12	30930,68	11992660,99	5036917,616	6955743,37

FECHA	TURNO	HUMEDAD DE ENTRADA DE MATERIAL EN BASE SECA (Ws1) (kg agua/kg chip seco)	CAPACIDAD DE ALIMENTACIÓN BASE SÓLIDOS SECOS (Fs) (kg/h)	CAPACIDAD DE SECADO (CANTIDAD DE AGUA EVAPORADA) (W) (kg agua/h)	HUMEDAD DE SALIDA DE MATERIAL EN BASE SECA (Ws2) (kg agua/kg chip seco)	CONSUMO DE CALOR POR PRODUCTO (Kcal/Kg chip seco)	CONSUMO DE CALOR POR AGUA EVAPORADA (Kcal/Kg de agua)
25/08/2010	3ro	2,56	11818,46	30056,22	0,0121	860,44	1203,08
25/08/2010	2do	1,79	15700,31	27914,01	0,0121	647,70	1015,12
25/08/2010	1ro	1,93	15404,90	29526,98	0,0121	660,12	1007,76
24/08/2010	3ro	3,01	14589,80	43674,51	0,0121	697,00	933,29
24/08/2010	2do	1,84	15957,52	29134,85	0,0111	637,90	990,58
24/08/2010	1ro	2,03	16815,76	33928,24	0,0121	604,73	907,45
23/08/2010	3ro	2,33	13902,15	32200,99	0,0121	731,47	1050,93
23/08/2010	1ro	2,18	15775,40	34193,96	0,0121	644,61	945,22
21/08/2010	1ro	2,68	13644,28	36349,73	0,0121	745,30	1028,78
20/08/2010	3ro	2,19	12943,04	28140,59	0,0111	786,47	1152,30
20/08/2010	1ro	2,79	16032,28	44577,66	0,0121	634,28	865,57
19/08/2010	3ro	2,16	16377,09	35254,85	0,0121	620,93	912,47
19/08/2010	1ro	3,03	16381,80	49480,74	0,0111	621,38	830,25
18/08/2010	3ro	2,56	15405,88	39258,30	0,0121	660,07	922,41
18/08/2010	1ro	5,07	16308,92	82447,75	0,0121	623,53	749,74
17/08/2010	1ro	47,45	11515,14	546272,15	0,0121	883,10	904,98
16/08/2010	1ro	2,60	11572,58	29890,21	0,0132	877,83	1221,96
15/08/2010	2do	2,43	15303,79	36992,64	0,0111	665,15	943,77

15/08/2010	1ro	2,62	16243,34	42382,93	0,0111	626,68	870,08
14/08/2010	2do	2,30	14345,76	32858,16	0,0121	708,85	1021,88
14/08/2010	1ro	2,05	15649,92	31900,47	0,0121	649,78	971,78
13/08/2010	3ro	1,71	12108,93	20558,90	0,0121	839,80	1338,41
13/08/2010	2do	1,86	12776,82	23643,09	0,0121	795,90	1229,88
13/08/2010	1ro	2,27	13043,58	29395,20	0,0121	779,62	1129,46
12/08/2010	3ro	2,77	11894,53	32786,81	0,0121	854,93	1169,36
12/08/2010	2do	2,24	15080,83	33603,72	0,0121	674,30	980,29
12/08/2010	1ro	2,58	16822,68	43117,20	0,0121	604,48	843,36
11/08/2010	3ro	1,93	15555,07	29797,02	0,0121	653,74	998,23
11/08/2010	2do	1,31	17704,09	22925,91	0,0111	574,97	1021,58
11/08/2010	1ro	1,41	15672,64	21854,26	0,0121	648,84	1116,89
10/08/2010	3ro	1,73	16512,34	28398,93	0,0111	616,47	978,06
10/08/2010	2do	2,10	15826,97	33019,85	0,0111	643,16	954,79
10/08/2010	1ro	1,62	10468,85	16837,30	0,0121	971,36	1579,82
09/08/2010	3ro	4,61	13919,19	64049,54	0,0111	731,32	893,71
09/08/2010	2do	3,28	13418,03	43876,80	0,0121	757,86	993,35
07/08/2010	2do	2,73	15231,59	41377,14	0,0111	668,30	917,75
07/08/2010	1ro	3,28	16306,94	53230,10	0,0121	623,60	817,71
06/08/2010	3ro	3,46	13299,47	45886,33	0,0121	764,62	989,97
06/08/2010	2do	2,49	14230,72	35220,55	0,0111	715,31	1008,03
06/08/2010	1ro	3,15	16346,19	51344,51	0,0111	622,73	824,13
05/08/2010	3ro	3,65	10498,49	38205,05	0,0121	968,62	1239,48
05/08/2010	2do	8,55	11804,62	100745,65	0,0121	861,44	966,05
05/08/2010	1ro	4,81	12425,09	59646,95	0,0121	818,43	992,72

04/08/2010	3ro	5,41	10558,76	57022,63	0,0121	963,09	1145,82
04/08/2010	2do	6,38	11487,48	73146,54	0,0121	885,23	1028,19
04/08/2010	1ro	17,74	10635,98	188553,61	0,0142	954,16	1011,72
03/08/2010	3ro	33,77	10977,67	370591,88	0,0121	926,34	957,25
03/08/2010	2do	1,94	15627,20	30104,62	0,0121	650,73	991,71
03/08/2010	1ro	2,58	15566,86	39977,94	0,0111	653,91	911,91
02/08/2010	3ro	2,37	14498,90	34209,31	0,0121	701,37	1002,14
02/08/2010	2do	2,33	16600,37	38439,34	0,0111	613,20	881,20
02/08/2010	1ro	3,31	16507,50	54366,31	0,0121	616,02	806,10
01/08/2010	3ro	2,64	12894,39	33830,84	0,0121	788,64	1093,17
01/08/2010	2do	2,09	12497,99	26029,97	0,0111	814,48	1209,78
01/08/2010	1ro	2,60	12745,24	33036,58	0,0111	798,68	1110,92

ENERGÍA TOTAL APROVECHADA EN EL PROCESO DE SECADO (Kcal/h)	EFICIENCIA TÉRMICA GLOBAL %	PÉRDIDAS %	CALOR PERDIDO %
10292536,47	95,36	4,64	25,09

ANEXO FOTOGRAFICO



FOTOGRAFÍA 1: PLANTA INDUSTRIAL DE NOVOPAN DEL ECUADOR



FOTOGRAFÍA 2: CUARTO DE CONTROL DEL SECADERO



FOTOGRAFÍA 3: LAMINADORA DE TABLEROS



FOTOGRAFÍA 4: PRENSA CONTÍNUA



FOTOGRAFÍA 5: SECCIÓN FORESTAL DE LA REVISTA 2009 NOVOPAN DEL ECUADOR



PELIKANO

Tus técnicas de **pintura** en el mejor **tablero**

Sólo con la tecnología e innovación que te ofrecen nuestros tableros MDP Pelikano, tu creatividad nunca tendrá límites.



NUEVA
GENERACIÓN
DE TABLEROS

MDP



Espesores: mm.	Formatos: mts.
3 - 4 - 6 - 9 - 12 - 15	0.90x2.44 - 1.22x2.44
19 - 25 - 30 - 40 mm.	1.53x2.44 - 1.83x2.44
	2.15x2.44 - 2.44x2.44
	2.44x3.60 mts.

Red de Novocentros en todo el país

Guayaquil	Novocentros Mabilá	Tel: 2288988
Guayaquil	Novocentros Sur	Tel: 2300384
Guayaquil	Novocentros Centro	Tel: 2414275
Guayaquil	Novocentros Portales	Tel: 2311657
Guayaquil	Novocentros Guisanda	Tel: 2646238
Durán	Novocentros Durán	Tel: 2662258
Maritima	Novocentros Maritima	Tel: 2923316
Monte	Novocentros Zurita	Tel: 2504311
Portoviejo	Novocentros Zurita	Tel: 2651656
Esmeraldas	Novocentros Esmeraldas	Tel: 2700466
Quito	Novocentros Puntas Ullas	Tel: 2739864
Quito	Novocentros Comuna del Maestro	Tel: 2811886
Quito	Novocentros Proveniencia Sur	Tel: 2696838
Quito	Novocentros Proveniencia Norte	Tel: 2475271
Quito	Alvaro Barba S.A. Norte	Tel: 2469488
Quito	Alvaro Barba S.A. Centro	Tel: 2583969
Quito	Alvaro Barba S.A. Sur	Tel: 2616338
Tumbaco	Novocentros Tumbaco	Tel: 2377488
Los Chillos	Novocentros Los Chillos	Tel: 2869832
Los Chillos	Novocentros Sangolquí	Tel: 2339766
Itamba	Novocentros Mateo	Tel: 2646200
Sas. Domingo	Novocentros Megarrestos	Tel: 3750204
Ambato	Novocentros Cacha María	Tel: 2628817
Ambato	Novocentros Cañal	Tel: 2413228
Baños Viejos	Novocentros San Mateo	Tel: 2952832
Cuenca	Novocentros Oratablas	Tel: 3863503
Cuenca	Sucursal Oratablas	Tel: 3863505
Laja	Novocentros Suyo	Tel: 2372382
Laja Agria	Novocentros Ortaño	Tel: 2832933



**PRODUCTO
ECUATORIANO**

NOVOPAN
DEL ECUADOR S.A.

FABRICA DE TABLEROS AGLOMERADOS

Via la Troncal distrital E-35 que une la parroquia de Pifo con Sangolquí sector Itacachi
Tel: 39 66 900
email: novopan@pelikano.com
www.novopan.com.ec

FOTOGRAFÍA 6: TABLEROS COMERCIALIZADOS POR NOVOPAN DEL ECUADOR

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bucheli F, (1998), Fundamentos de Química, Volumen 2, EPN, Quito, Ecuador.
2. Centro Nacional de Producción más Limpia, (s/f), Energía y Balance Energético, Nicaragua.
<http://www.cnpml.org/html/archivos/Ponencias/Ponencias-ID87.pdf>
3. Courtland N & Bethel J, (1990), La industria Maderera, Séptima Edición, Editorial Limusa S.A., México D.F.
4. De La Poza J, (1991), La Madera y Su Secado Artificial, Primera Edición, Oikos Tau, S.A., Barcelona, España.
5. Dirección Metropolitana Ambiental, (2008), Norma Técnica para la Aplicación de la Codificación del Título V, “De la Prevención y Control del Medio Ambiente”, Resolución N°0002, Quito, Ecuador.
6. Himmelblau D, (1988), Balances de Materia y Energía, Cuarta Edición, Prentice Hall Hispanoamérica S.A., México, México.
7. Novopan del Ecuador, (2009), Estudio para la Propuesta de Corrección de Oxígeno en el Secadero de Madera, Quito, Ecuador.
8. Novopan del Ecuador, (2008), Guía del proceso del quemador, Primera revisión, Quito, Ecuador.
9. Novopan del Ecuador, (2008), Guía del proceso de secado, Primera revisión, Quito, Ecuador.

10. Novopan del Ecuador, (2010), Instructivo para Secadero y Quemador, Segunda revisión, Quito, Ecuador.
11. Schmalko M, Maciel S, Delfederico L, (s/f), Estudio de la Eficiencia Energética de un Secadero de Yerba Mate, Universidad Nacional de Misiones, Argentina.
http://www.alimentosargentinos.gov.ar/0-3/infusion/Trab_Interes/Eficiencia_Energetica.pdf
12. Universidad Iberoamericana, (s/f), Secado por Transporte Neumático.
<http://200.13.98.241/~rene/separacion/manuales/psneu.pdf>
13. Vallejo P, (2003), Física Vectorial Básica, Volumen 3, Séptima Edición, EPN Quito, Ecuador.