

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

“DISEÑO DE UNA MÁQUINA SECADORA DE HOJAS AROMÁTICAS”

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

ANDRADE LAVANDA LUIS ALBERTO

betto_@hotmail.com

RODRIGUEZ MARTINEZ HENRY MARCELO

faghen@hotmail.com

DIRECTOR: ING. JAIME VARGAS

jvargas@epn.edu.ec

Quito, septiembre 2009

DECLARACIÓN

Nosotros, Luis Alberto Andrade Lavanda y Henry Marcelo Rodríguez Martínez, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por normativa institucional vigente.

Luis Alberto Andrade Lavanda

Henry Marcelo Rodríguez Martínez

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por Luis Alberto Andrade Lavanda y Henry Marcelo Rodríguez Martínez, bajo mi supervisión.

Ing. Jaime Vargas.

DIRECTOR DE PROYECTO

Ing. Jorge Escobar.

COLABORADOR

Ing. Orwield Guerrero.

COLABORADOR

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por haber brindado su ayuda en el camino de mi vida y preparación.

A mi madre, hermana, y a toda mi familia por haberme apoyado durante toda mi Carrera Estudiantil.

A mi amigo y compañero de tesis Marcelo, por su amistad sincera eh incondicional.

Un agradecimiento a todos mis compañeros a lo largo de mi carrera, en especial a mi promoción y a la promoción "Huaroumas"; por su amistad durante los estudios en la facultad.

A todos los docentes que conforman la facultad de ingeniería mecánica por los conocimientos impartidos, en especial:

Al Ing. Jaime Vargas T. por su colaboración y amistad en la realización de este proyecto de titulación.

Al Ing. Orwield Guerrero que aparte de ser mi profesor fue un amigo.

Luis Alberto

A Dios, por haberme permitido cumplir una meta.

Al Ingeniero Jaime Vargas por su dedicación y constante asesoría a lo largo de toda la carrera

A toda mi familia ya que gracias a ellos tuve la oportunidad de cumplir un sueño.

A mi amigo y compañero de tesis Luis, por su amistad sincera eh incondicional.

Un agradecimiento a todos mis profesores compañeros a lo largo de toda la carrera.

Henry Marcelo.

DEDICATORIA

A mi madre Fanny que es lo más importante en mi vida y que es un apoyo fundamental en mi crecimiento como ser humano y profesional y confió en mí y con su tiempo y cariño ayudo a ser posible la culminación de mi carrera, me hizo entender que con dedicación y perseverancia se logran las metas en la vida.

A mi hermana María del Cisne que supo apoyarme y escucharme en mis momentos de malos ratos como ser humano que tuve, mi sobrina Gabriela que me ha llenado de alegría y cariño en mi vida.

A mi tía María que me apoyo en algunos momentos de mi carrera y la admiro mucho, mi Abuela Carmen que ha estado junto a mí y supo apoyarme a su manera durante mis estudios.

Luis Alberto.

El presente proyecto de titulación lo dedico primeramente a Dios por ser mi confidente y amigo

A mi madre Anita y a mi padre Manuel ya que ellos están siempre apoyándome en todos los proyectos y ambiciones de mi vida.

Marcelo Rodríguez

ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
RESUMEN...	XI
PRESENTACIÓN	XII
1 HIERBAS MEDICINALES Y AROMÁTICAS	1
1.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	1
1.1.1 <i>VARIEDADES</i>	1
1.2 ANÁLISIS DEL PRODUCTO A SECAR	2
1.2.1 <i>INTRODUCCIÓN</i>	2
1.2.2 <i>BOTÁNICA DEL CEDRON</i>	2
1.2.3 <i>SECADO</i>	3
1.2.4 <i>INCONVENIENTES ANTES DEL SECADO</i>	3
1.2.5 <i>MERCADO</i>	3
1.2.6 <i>ENFERMEDADES</i>	3
1.2.7 <i>TRATAMIENTO POS COSECHA</i>	3
1.2.8 <i>MERCADO</i>	4
1.2.8.1 Comercio.....	4
1.2.8.2 Comercialización internacional del cedrón	4
2 SECADO DE HIERBAS AROMÁTICAS Y MEDICINALES.....	6
2.1 MÉTODOS DE SECADO	7
2.1.1 <i>SECADO NATURAL</i>	7
2.1.2 <i>SECADO MECÁNICO</i>	8
2.1.3 <i>CLASIFICACIÓN DE LOS SECADORES MECÁNICOS</i> <i>SEGÚN SU TIPO</i>	9
2.1.3.1 Métodos de operación.....	9
2.1.3.2 Condiciones físicas de alimentación	11
2.1.3.3 Escala de producción	13
3 EL SECADO DE SÓLIDOS	14
3.1 CARACTERÍSTICAS	14
3.2 OBJETIVOS DEL SECADO	14
3.3 DESVENTAJAS.....	14
3.4 CONTENIDO DE HUMEDAD.....	15
3.4.1 <i>CONTENIDO DE HUMEDAD EN BASE HÚMEDA</i>	15
3.4.2 <i>CONTENIDO DE HUMEDAD EN BASE SECA</i>	15
3.5 NATURALEZA DE LA HUMEDAD DE LOS PRODUCTOS SÓLIDOS.....	15
3.5.1 <i>SUSTANCIAS HÚMEDAS</i>	16
3.5.2 <i>SUSTANCIAS HIGROSCÓPICAS</i>	16
3.5.3 <i>HUMEDAD DESLIGADA</i>	16
3.6 HUMEDAD EN EQUILIBRIO.....	16

3.7	BALANCES DE MATERIA Y ENERGÍA.....	17
3.7.1	<i>BALANCE DE MATERIA</i>	17
3.7.2	<i>BALANCE DE ENERGÍA</i>	18
3.8	VELOCIDAD Y TIEMPO DE SECADO.....	19
3.9.1	<i>VELOCIDAD DE SECADO</i>	19
3.9.2	<i>SECADO A VELOCIDAD CONSTANTE O SECADO DE BULBO HÚMEDO</i>	21
3.9.3	<i>PERÍODO DE VELOCIDAD DECRECIENTE</i>	22
3.9.4	<i>TIEMPO DE SECADO</i>	22
	A velocidad constante	22
	A velocidad constantemente decreciente:	23
4	ESTUDIO Y SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVAS DE DISEÑO	24
4.1	INTRODUCCIÓN.....	24
4.1.1	<i>ESTUDIO DE MERCADO</i>	24
4.1.2	<i>ENCUESTAS REALIZADAS</i>	24
4.1.3	<i>ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LAS ENCUESTAS REALIZADAS</i>	24
4.2	ANÁLISIS Y SELECCIÓN DEL TIPO DE SISTEMA DE SECADO	27
4.2.1	<i>INTRODUCCIÓN</i>	27
4.2.2	<i>ANÁLISIS Y SELECCIÓN</i>	27
4.2.3	<i>JUSTIFICACIÓN DE LOS FACTORES DE COMPARACIÓN</i>	28
4.2.3.1	Costo de Producción	28
4.2.3.2	Facilidad de Mantenimiento.....	28
4.2.3.3	Adaptabilidad.....	29
4.2.3.4	Capacidad de Carga	29
4.2.3.5	Facilidad de Montaje y Desmontaje	29
4.2.3.6	Versatilidad.....	29
4.2.3.7	Facilidad de Construcción	29
4.2.3.8	Códigos de equivalencia	30
4.2.3.9	Valoración de alternativas	30
4.2.3.10	Selección de alternativa	32
4.3	ANÁLISIS Y SELECCIÓN DEL SECADOR MECÁNICO	32
4.3.1	<i>INTRODUCCIÓN</i>	32
4.3.2	<i>ANÁLISIS Y REQUERIMIENTOS TÉCNICOS QUE DEBE TENER EL SECADOR</i>	33
4.3.2.1	Necesidades y disponibilidades	33
4.3.2.2	Requerimientos	33
4.3.2.3	Elección del secador	34
4.3.2.4	Características particulares del secador	34
4.3.2.5	Uniformidad del secado.....	35
4.3.2.6	Construcción	35
4.3.2.7	Potencia requerida	35
4.3.2.8	Capacidad de secado.....	35

4.3.2.9	Caudal de aire	35
4.3.2.10	Obstrucciones	36
4.3.2.11	Adaptación a diferentes tipos de hojas.....	36
4.3.2.12	Contaminación al exterior.....	36
4.3.2.13	Fisura en la hoja.....	36
4.3.2.14	Pérdidas de calor	36
4.3.3	CONFORMACIÓN DE ALTERNATIVAS.....	36
4.3.3.1	Introducción.....	36
4.3.3.2	Presentación de alternativas	37
4.3.3.3	Alternativa 1: “Secadores atmosféricos de bandejas discontinuos o por tandas”	37
4.3.3.3.1	<i>Campo de aplicación</i>	38
4.3.3.3.2	<i>Limitaciones del tratamiento teórico</i>	39
4.3.3.3.3	<i>Efecto de la temperatura y de la humedad</i>	39
4.3.3.3.4	<i>Descripción detallada de los equipos</i>	40
4.3.3.3.5	<i>Método de operación</i>	44
4.3.3.3.6	<i>Rendimiento</i>	44
4.3.3.3.7	<i>Circulación de aire sobre el material</i>	45
4.3.3.3.8	<i>Ventajas</i>	45
4.3.3.3.9	<i>Desventajas</i>	46
4.3.3.4	Alternativa 2 “Secadores discontinuos de bandejas al vacío”	46
4.3.3.4.1	<i>Aplicaciones</i>	46
4.3.3.4.2	<i>Teoría</i>	46
4.3.3.4.3	<i>Aplicación general de los secadores discontinuos de bandejas al vacío</i>	47
4.3.3.4.4	<i>Descripción de sus dimensiones y materiales</i>	47
4.3.3.4.5	<i>Ventajas</i>	48
4.3.3.4.6	<i>Desventajas</i>	49
4.3.3.5	Alternativa 3 “secadores continuos de banda y bandejas”	49
4.3.3.5.1	<i>Descripción general</i>	49
4.3.3.5.2	<i>Descripción en detalle del secador de banda perforada continua con circulación transversal</i>	51
4.3.3.5.3	<i>Materiales de construcción</i>	53
4.3.3.5.1	<i>Ventajas</i>	54
4.3.3.5.2	<i>Desventajas</i>	54
4.3.4	SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA DEL SECADOR	54
4.3.4.1	Introducción.....	54
4.3.4.2	Códigos de equivalencia	55
4.3.4.3	Valoración de alternativas	55
4.3.4.4	Selección de alternativa	57
5	DISEÑO	58
5.1	PARÁMETROS DE LA MÁQUINA	58

5.2 ANÁLISIS PSICROMETRICO.....	58
5.2.1 PARA LA VELOCIDAD DECRECIENTE.....	63
5.3 DISEÑO DE LA CÁMARA DE SECADO	66
5.3.1 CONSIDERACIONES	66
5.3.2 DETERMINACIÓN DE LA GEOMETRÍA DE LA CÁMARA	66
5.3.3 SELECCIÓN DE MATERIALES	66
5.3.4 DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE LA PARED Y PÉRDIDAS DE CALOR.	67
5.3.5 ESPECIFICACIÓN Y PARAMETROS DE LOS MATERIALES.....	69
5.3.5.1 Acero	69
5.3.5.2 Refractario.....	69
5.3.5.3 Diatomita	69
5.3.6 CÁLCULOS DE PÉRDIDAS DE LAS PAREDES DE LA CÁMARA DE SECADO.	70
5.3.6.1 Dimensiones y material a usar en las paredes laterales	72
5.3.6.1.1 Dimensiones de paredes laterales.....	72
5.3.6.1.2 Dimensiones de la pared de atrás de la cámara de secado.	75
5.3.6.1.3 Dimensiones pared frontal.....	75
5.3.6.2 Dimensiones de base de la cámara de secado.....	77
5.3.6.3 Dimensiones de la parte superior de la cámara de secado	78
5.3.7 SELECCIÓN DE LA CHIMENEA DE LA CÁMARA DE SECADO	79
5.3.8 DESCRIPCIÓN DE LA CÁMARA DE SECADO.....	80
5.3.8.1 Entrada del aire	82
5.3.8.2 Ventoleras de salida del aire	82
5.3.8.3 Puerta.....	82
5.3.8.4 Ventilador	84
5.3.8.4.1 Selección del ventilador.....	84
5.3.8.4.2 Pérdidas por fricción	84
5.3.8.4.3 Requerimientos del ventilador y corrección por altura.....	87
5.3.8.4.4 Descripción de ventilador escogido	89
5.4 RESISTENCIA ELÉCTRICA DE NICROM.	90
5.4.1 RESISTIVIDAD ELÉCTRICA	90
5.5 SELECCIÓN DEL MATERIAL Y CARACTERISTICA DEL CANAL DE FLUJO.	94
5.5.1 SELECCIÓN DEL MATERIAL DEL CANAL	94
5.5.1.1 Diseño y selección de pernos.....	97
5.5.1.2 Cálculo del módulo de rigidez del perno	98
5.5.1.3 Cálculo de la constante de las juntas empernadas	99
5.5.1.4 Cálculo de la constante c	99
5.5.1.5 Precarga de pernos.....	99

5.5.1.6	Cálculo de la carga de prueba.....	100
5.5.1.7	Cálculo de la precarga	100
5.5.1.8	Diseño estático de los pernos	100
5.5.1.9	Para el perno a y el resto de pernos que conforman la seguridad del canal.....	101
5.5.2	<i>DISEÑO ESTÁTICO</i>	101
5.6	DISEÑO Y CONSTRUCCION DE LAS BANDEJAS.....	104
5.6.1	<i>CONSTRUCCIÓN DE LAS BANDEJAS</i>	104
5.7	DISEÑO Y CONSTRUCCION DE LOS BASTIDORES	104
5.8	DISEÑO Y CONSTRUCCION DE SOPORTE DEL TABLERO DE CONTROL	107
5.9	DISEÑO Y CONSTRUCCION DE LOS EJES HUECOS ROSCADOS O SUJETADORES DEL VENTILADOR Y TECHO DE TOL DE LA CAMARA DE SECADO.	108
5.9.1	<i>DISEÑO Y SELECCIÓN DE PERNOS QUE SUJETARAN EL TECHO CON LA PARED</i>	109
5.9.2	<i>ANALISIS PARA EL PERNO A Y EL RESTO DE PERNOS QUE CONFOMAN LA SUJECION DEL CANAL DE FLUJO CONTRA LA PARED</i>	111
5.9.2.1	Diseño estático.....	111
5.10	CONTROL DE TEMPERATURA.....	113
5.10.1	<i>RETROALIMENTACIÓN</i>	114
5.10.2	<i>ENTRADA DE REFERENCIA</i>	116
5.10.3	<i>ETAPA DE COMPARACIÓN</i>	117
5.10.4	<i>CIRCUITO DE CONTROL POR HISTERESIS</i>	117
5.10.5	<i>ETAPA DE POTENCIA</i>	119
5.11	CONTROL DEL MOTOR	122
6	CONSTRUCCIÓN, MONTAJE Y ANALISIS DE COSTOS	123
6.1	CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA	123
6.1.1	<i>REQUERIMIENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN</i>	123
6.1.1.1	Máquinas y equipos	123
6.1.1.2	Herramientas.....	124
6.1.1.3	Instrumentos de medición y verificación.....	124
6.1.1.4	Materia prima	124
6.1.1.5	Elementos normalizados y seleccionados.....	124
6.1.1.6	Elementos a construir.....	125
6.1.2	<i>HOJAS DE PROCESOS</i>	125
6.2	MONTAJE DE LA MÁQUINA SECADORA DE HOJAS AROMÁTICAS	148
6.2.1	<i>SISTEMA DE CÁMARA DE SECADO O ESTRUCTURA</i>	148
6.2.2	<i>SISTEMA DE CALENTAMIENTO Y FLUJO DE AIRE</i>	149
6.2.3	<i>SISTEMA DE SALIDA DE FLUJO DE AIRE</i>	149
6.2.4	<i>SISTEMA DE CONTROL</i>	149

6.2.5	<i>PUERTA</i>	150
6.2.6	<i>MONTAJE FINAL</i>	150
6.3	COSTOS	151
6.3.1	<i>INTRODUCCIÓN</i>	151
6.3.2	<i>ANÁLISIS DE COSTOS DIRECTOS</i>	151
6.3.2.1	Costos de materia prima	151
6.3.2.1.1	<i>Cálculo del material a ocupar</i>	151
6.3.2.1.1.1	<i>Cálculo de ladrillos que se necesitan</i>	151
6.3.2.1.2	<i>Cálculo de las planchas de acero que se necesitan para las paredes de la cámara de secado</i>	152
6.3.2.1.3	<i>Cálculo de la diatomita a usar</i>	152
6.3.2.1.4	<i>Cálculo del material a usar en la chimenea</i>	153
6.3.2.1.5	<i>Cálculo del material a ocupar en la puerta</i>	153
6.3.2.1.6	<i>Cálculo del material que se va a ocupar en el canal de flujo</i>	153
6.3.2.1.7	<i>Cálculo del material de las bandejas</i>	153
6.3.2.1.8	<i>Cálculo del material de los bastidores donde van a ser ubicadas las bandejas</i>	153
6.3.2.1.9	<i>Cálculo del material de soporte del tablero de control</i>	153
6.3.2.1.10	<i>Cálculo del material de eje cilíndrico hueco</i>	154
6.3.3	COSTOS DE ELEMENTOS NORMALIZADOS ADICIONALES	154
6.3.4	COSTO DE MAQUINADO	155
6.3.5	COSTO DE MONTAJE	156
6.3.6	COSTO DIRECTO TOTAL	156
6.4	ANÁLISIS DE COSTOS INDIRECTOS	157
6.4.1	COSTO DE MATERIALES INDIRECTOS	157
6.4.2	COSTOS DE INGENIERÍA	157
6.4.3	COSTOS IMPREVISTOS	158
6.4.4	COSTO TOTAL INDIRECTO	159
6.5	COSTO TOTAL DE LA MÁQUINA	159
7	PRUEBAS DE CAMPO	161
7.1	DATOS OBTENIDOS	161
8	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	164
8.1	CONCLUSIONES	164
8.2	RECOMENDACIONES	164

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2.1 HUMEDADES MÁXIMAS DE ALGUNAS HIERBAS AROMÁTICAS	6
TABLA 4.1 MARCA DE CADA UNA DE LAS COMPLEJIDADES DE LA OPERACIÓN DE LA MÁQUINA.	26
TABLA 4.2 CÓDIGOS DE EQUIVALENCIA.....	30
TABLA 4.3 DOBLE ENTRADA, CALIFICACIÓN EN BASE A ALTERNATIVAS Y CRITERIOS IMPORTANTES.....	31
TABLA 4.4 NORMALIZACIÓN DE LA TABLA No4.3.....	32
TABLA 4.5 RESULTADOS OBTENIDOS	32
TABLA 4.6 CÓDIGOS DE EQUIVALENCIA.....	55
TABLA 4.7 CALIFICACIÓN EN BASE A ALTERNATIVAS Y CRITERIOS IMPORTANTES.....	56
TABLA 4.8 NORMALIZACIÓN DE LA YABLA No4.7.....	57
TABLA 4.9 RESULTADOS OBTENIDOS.....	57
TABLA 5.1 CONDICIONES DE SECADO	61
TABLA 5.2 PÉRDIDA DE HUMEDAD	61
TABLA 5.3 ECUACIONES CARACTERÍSTICAS	64
TABLA 5.4 RESULTADOS PARA LA VELOCIDAD DECRECIENTE	64
TABLA 5.5 RESULTADOS POR LAS PÉRDIDAS DE LAS PAREDES FRONTAL Y TRASERA	71
TABLA 5.6 RESULTADOS POR LAS PÉRDIDAS DE LAS PAREDES LATERALES.....	71
TABLA 5.7 ELECCIÓN DE ESPESORES	72
TABLA 5.8 ELECCIÓN DE ESPESORES	72
TABLA 5.9 ELECCIÓN DE ESPESORES	72
TABLA 5.10 PÉRDIDAS POR LA PUERTA.....	72
TABLA 5.11 CUADRO DE RESULTADOS.....	86
TABLA 5.12 PARÁMETROS PARA LA SELECCIÓN DEL VENTILADOR.....	88
TABLA 5.13 TABLA DE MODELOS DE VENTILADORES A SELECCIONAR.	88
TABLA 5.14 TAMAÑOS DE VENTILADORES CON SUS CARACTERÍSTICAS.	89
TABLA 5.15 CUADRO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA	91
TABLA 6.1 COSTOS DE MATERIAS PRIMAS	154
TABLA 6.2 COSTOS DE ELEMENTOS NORMALIZADOS	154
TABLA 6.3 COSTOS DE MAQUINADO.....	155
TABLA 6.4 COSTOS DE MONTAJE.....	156
TABLA 6.5 COSTO DIRECTO TOTAL	156
TABLA 6.6 COSTOS DE MATERIALES INDIRECTOS.....	157
TABLA 6.7 TAREAS Y TIEMPOS UTILIZADOS EN INGENIERÍA.....	158
TABLA 6.8 COSTOS IMPREVISTOS	158
TABLA 6.9 COSTO TOTAL INDIRECTO	159
TABLA 6.10 COSTO TOTAL DE LA MÁQUINA.....	159
TABLA 7.1 PROTOCOLO DE PRUEBAS	161

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1	PLANTA DEL CEDRÓN.....	2
FIGURA 2.1	CLASIFICACIÓN DE LOS SECADORES SEGÚN SU TIPO DE PRODUCCIÓN	10
FIGURA 2.2	CLASIFICACIÓN DE LOS SECADORES SEGÚN SUS CONDICIONES FÍSICAS DE ALIMENTACIÓN.	12
FIGURA 2.3	CLASIFICACIÓN DE LOS SECADORES POR SU ESCALA DE PRODUCCIÓN.....	13
FIGURA 3.1	CURVAS DE EQUILIBRIO DE DIVERSAS SUBSTANCIAS	17
FIGURA 3.2	VELOCIDAD DE SECADO	21
FIGURA 4.1	PORCENTAJE PREGUNTA 1.....	25
FIGURA 4.2	PORCENTAJE PREGUNTA 3.....	26
FIGURA 4.3	PORCENTAJE PREGUNTA 4.....	27
FIGURA 4.4	SECADOR ATMOSFÉRICO DE BANDEJAS DISCONTINUOS.....	38
FIGURA 4.5	SECADOR CON DOS BASTIDORES INTERCAMBIADORES.....	40
FIGURA 4.6	SECADOR TÍPICOS A PRESIÓN ATMOSFÉRICA, DE CUATRO BASTIDORES CON BANDEJAS Y CIRCULACIÓN DE AIRE DE LADO A LADO.	41
FIGURA 4.7	DISPOSICIÓN DE SECADOR A PRESIÓN ATMOSFÉRICA CON TRES BASTIDORES	42
FIGURA 4.8	SECADOR CON DOS BASTIDORES DE BANDEJAS Y CIRCULACIÓN DE AIRE DE LADO.....	43
FIGURA 4.9	SECADOR TÍPICO, A PRESIÓN ATMOSFÉRICA, DE CUATRO BASTIDORES.....	43
FIGURA 4.10	SECADOR TÍPICO A PRESIÓN ATMOSFÉRICA, CON CIRCULACIÓN DE AIRE A TRAVÉS	44
FIGURA 4.11	FORMA SENCILLA DE LOS SECADORES DISCONTINUOS DE BANDEJAS AL VACIO.	48
FIGURA 4.12	SECADOR CONTINUÓ DE BANDA CON DOS ZONAS POR CIRCULACIÓN.....	51
FIGURA 4.13	SECADOR CONTINUÓ DE BANDA CON EL CALEFACTOR COLOCADO FUERA DE LA.....	52
FIGURA 4.14	SECADOR CONTINUÓ DE BANDEJA CON CIRCULACIÓN TRANSVERSAL DE DOS ZONAS	53
FIGURA 5.1	FIGURA PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL AIRE DE T ALTA	59
FIGURA 5.2	FIGURA PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL AIRE T NORMAL	60
FIGURA 5.3	CURVAS DE SECADO.....	63
FIGURA 5.4	RESULTADOS DE LAS PROPIEDADES DEL AIRE A T ALTA	65
FIGURA 5.5	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.....	68
FIGURA 5.6	PARÁMETROS DE DISEÑO.....	70

FIGURA 5.7 PARED DE ACERO	73
FIGURA 5.8 PARED DE LADRILLO	73
FIGURA 5.9 PARED DE DIATOMITA	74
FIGURA 5.10 ENSAMBLE DE LA PARED LATERAL DE LA CÁMARA DE SECADO	74
FIGURA 5.11 A) PARED DE ACERO DE LA PARTE DE ATRÁS. B) PARED DE LADRILLO	75
FIGURA 5.12 A) PARED DE ACERO PARTE FRONTAL. B) PARED DE LADRILLO.....	76
FIGURA 5.13 PARED FRONTAL ENSAMBLADA.	76
FIGURA 5.14 A) BASE DE ACERO. B) BASE DE LADRILLO.....	77
FIGURA 5.15 ENSAMBLE DEL PISO DE LA CÁMARA DE SECADO.	77
FIGURA 5.16 CIRCULACIÓN DE AIRE	78
FIGURA 5.17 PLANCHA DE ACERO.	78
FIGURA 5.18 DIATOMITA.....	79
FIGURA 5.19 CHIMENEA	79
FIGURA 5.20 SOLDADURA CHIMENEA CON TECHO DE CÁMARA DE SECADO.....	80
FIGURA 5.21 DESCRIPCIÓN DE LA CÁMARA DE SECADO.	81
FIGURA 5.22 CIRCUITO DE CIRCULACIÓN DEL AIRE.....	82
FIGURA 5.23 BISAGRAS.....	83
FIGURA 5.24 CARACTERÍSTICAS DE LA BOMBA ELEGIDA.	90
FIGURA 5.25 UBICACIÓN DEL CANAL DE ENTRADA DE FLUJO	94
FIGURA 5.26 GEOMETRÍA DEL CANAL.	95
FIGURA 5.27 PARED DEL CANAL.....	96
FIGURA 5.28 PERNOS QUE SUJETAN AL VENTILADOR	96
FIGURA 5.29 PERNOS SUJETADORES DEL CANAL A LA PARED.	97
FIGURA 5.30 DIAGRAMA DE LAS FUERZAS QUE ACTÚAN EN UN PERNO.	97
FIGURA 5.31 BANDEJA	104
FIGURA 5.32 DIMENSIONES DEL PERFIL DEL BASTIDOR.....	105
FIGURA 5.33 CUADRANTE DE BASE DE BANDEJA.....	105
FIGURA 5.34 DESTAJE EN PERFIL.	106
FIGURA 5.35 BASTIDOR COMPLETO.	106
FIGURA 5.36 DESTAJE DE PERFIL.	107
FIGURA 5.37 TABLERO DE CONTROL	107
FIGURA 5.38 ENSAMBLE TECHO CON LADRILLOS	108
FIGURA 5.39 DIMENSIONES DE ÁREA QUE OCUPA LA DIATOMITA EN LA PARED SUPERIOR.	109
FIGURA 5.40 DIAGRAMA DE LAS FUERZAS QUE ACTÚAN EN UN PERNO.	110
FIGURA 5.41 DIAGRAMA DE CONTROL DE TEMPERATURA.....	114
FIGURA 5.42 CURVA CARACTERÍSTICA DEL SENSOR LM335	114
FIGURA 5.43 AJUSTE DE TEMPERATURA	115
FIGURA 5.44 ACONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL A °C.....	115
FIGURA 5.45 ENTRADA DE REFERENCIA.....	116
FIGURA 5.46 ETAPA DE COMPARACIÓN	117
FIGURA 5.47 CIRCUITO DE HISTÉRESIS	118
FIGURA 5.48 CONTROL POR HISTÉRESIS.....	119

FIGURA 5.49	FORMAS DE ONDA.	120
FIGURA 5.50	CIRCUITO DE CONTROL DE TEMPERATURA	121
FIGURA 5.51	CIRCUITO VARIADOR DE VELOCIDAD DEL MOTOR	122

RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo principal diseñar una máquina secadora de hojas aromáticas, con la finalidad de cumplir una necesidad específica de un sector de la producción local del secado de hojas aromáticas. A pesar de la gran variedad de tipos de industrias existentes en el país, solo un reducido grupo de productores locales cuenta con equipos modernos de secadores de hojas.

La gran mayoría de los pequeños productores no cuentan con equipos y realizan el proceso de secado a la intemperie, con el sol como única fuente de calor.

Al interior del documento se referencia además del producto a secar, el diseño y proceso de construcción, considerando los objetivos y las limitaciones impuestos para obtener la aprobación de nuestro mercado meta.

Se determinan las propiedades, características del producto a secar, a partir de lo cual se exponen las alternativas, posteriormente se realiza la elección, cálculos y selección de los elementos constitutivos de la máquina.

Se incluye las respectivas hojas de procesos para cada uno de los elementos, además de los planos respectivos necesarios para la fabricación y montaje del mismo.

Finalmente se presenta el análisis de costos relacionados con el diseño, las conclusiones y recomendaciones que debe tener en cuenta para el correcto funcionamiento de la máquina.

PRESENTACIÓN

En el presente trabajo, tiene como objetivo dar a conocer a los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Mecánica, el proceso de secado de hojas aromáticas, que lamentablemente no se aplica a nivel industrial en nuestro país.

Por medio de este proyecto se espera que los estudiantes se familiaricen con este proceso de secado con miras a crear nuevos diseños con facilidad y así fortalecer la economía de nuestro país.

Esta máquina puede llegar a tener una producción de acuerdo a las necesidades de los agricultores.

El diseño e la maquina tiene como aspecto importante la facilidad de construcción y montaje de la misma, con el propósito de obtener cualquier tipo de hojas aromáticas secas.

El presente proyecto tiene como finalidad, explicar que con una misma máquina se puede secar diferentes tipos de hojas aromáticas conociendo las curvas ideales de secado.

CAPITULO 1

HIERBAS MEDICINALES Y AROMÁTICAS

1.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

Las plantas aromáticas tienen un olor característico agradable. Al frotarlas entre los dedos desprenden un delicado y riquísimo olor en el caso del cedrón es olor a limón, sus flores son pequeñas de colores claros y fuertes. La mayoría de plantas utilizadas para la fabricación de estos medicamentos son colectadas silvestremente, el buen manejo de los recursos de plantas medicinales es crítico, especialmente donde prevalece la medicina tradicional. Algunas especies son difíciles de obtener para el mercado interno.¹

1.1.1 VARIEDADES

Para la mayoría de plantas aromáticas no existe información científica básica ni técnica, que permita conocer las mejores condiciones de obtención o producción de materia prima suficiente para suplir la demanda existente. Respecto a las variedades, existen las siguientes clasificaciones:

- Plantas introducidas y nativas o de origen desconocido,
- Plantas silvestres o cultivadas
- Plantas con efectos comprobados (sustancias activas identificadas) y plantas
- Plantas aromáticas

¹ www.herbotecnia.com.ar

1.2 ANÁLISIS DEL PRODUCTO A SECAR

1.2.1 INTRODUCCIÓN



Figura 0.1 Planta del cedrón²

El cedrón (Figura 1.1) es una especie sudamericana. Se la cultiva en numerosas partes del mundo: América, desde Estados Unidos hasta la Argentina, e introducida en el sur de Europa y África del Norte, donde Marruecos es el principal productor.

Dado que en los últimos tiempos el uso del cedrón se ha vuelto muy habitual además del interés de los agricultores de la comunidad de Pillaro, se realiza el análisis de esta hierba.

1.2.2 BOTÁNICA DEL CEDRON

El Cedrón (*Aloysia citrodora*) es una planta arbustiva que mide entre 1,50 y 2,50 metros de altura. Sus tallos son largos, leñosos, redondos o angulosos, ramificados en la parte superior, provistos de finas rayas lineares. Las hojas son simples, rugosas, reunidas en conjuntos de tres, raro cuatro, su limbo, entero o un poco dentado, de color verde pálido, presenta una nervadura mediana, saliente en la cara inferior, de la cual se destaca una serie de

² www.herbotecnia.com.ar

nervaduras secundarias paralelas, que se reúnen para formar una especie de cordón paralelo al borde foliar, y despiden al ser restregadas, un agradable olor a limón, lo mismo que las flores; éstas son pequeñas, con la corola ensanchada superiormente y bilabiada, blancas por fuera y azul violáceo por dentro, y se ubican al extremo de los tallos en espigas agrupadas en panojas. El fruto es una drupa que encierra dos granos que a veces no llegan a la madurez.

1.2.3 SECADO

El secado se puede realizar de diferentes formas o métodos como secado natural o mecánico.

1.2.4 INCONVENIENTES ANTES DEL SECADO

Que las hojas no estén en el punto adecuado de humedad neta en la misma.

1.2.5 MERCADO

No es habitual, pero si las condiciones de cultivo no son idóneas, pueden sufrir ataques de araña roja, pulgón, etc.

1.2.6 ENFERMEDADES

La humedad excesiva del suelo provoca la pudrición de las raíces. En el país no se conocen otros problemas de importancia en el cultivo.

1.2.7 TRATAMIENTO POS COSECHA

La calidad de la producción es mayor si el secado de las hojas se realiza a la sombra, en un lugar ventilado, disponiéndose sobre bastidores de alambre, polipropileno, etc. hasta que su desecación sea completa, removiéndose a menudo para que no se deteriore el producto con la humedad.

Si se han puesto a secar las ramas enteras, el secado puede realizarse de la misma forma, pero es necesario deshojar las ramas posteriormente.

En el comercio se acepta cierto porcentaje de palo en el producto, pero su precio sufre una merma considerable, en relación a la hoja pura.

1.2.8 MERCADO

1.2.8.1 Comercio

A pesar de tratarse de una especie nativa de Argentina, se ha importado cedrón durante los últimos años: en 1997, 50.586 kg.; en 1998, 6.132 kg. y en 1999, 51.892 kg, en gran porcentaje procedente de Paraguay y menor de Chile, pero se ha dado el caso, en 1994, que se importó 35.996 kg. de hojas de cedrón, de las cuales 19.346 kg. provinieron de Chile y 16.650 kg. de Italia.

Su esencia es conocida en el comercio con el nombre de "Lemon Verbena".

1.2.8.2 Comercialización internacional del cedrón

Tradicionalmente, la mayor parte de la producción de hierbas ha estado concentrada en regiones con clima moderado o semitropical. En los últimos años la producción se ha extendido a países como Italia, Polonia, Checoslovaquia y algunas zonas en Norte América. Otras significativas áreas de producción son Yugoslavia, Alemania, Bulgaria y Hungría. China y Corea son los dos mayores productores de hierbas medicinales en Asia.

Los productores en Asia (mayor proveedor de la Unión Europea), considerados entre los mayores productores a nivel mundial, han tenido que enfrentar nuevos competidores como Malasia e Indonesia.

De las 2000 especies de plantas medicinales y aromáticas usadas a nivel comercial en Europa, dos tercios son nativas de ese continente. Se estima que se cultivan unas 70.000 Ha. de plantas(CBI 2000). De las especies medicinales sobresalen la lavanda, el opium poppy, caraway, y fennel, mientras las hierbas de cocina más cultivadas en la Unión Europea son: albahaca, hojas de laurel, apio, eneldo, cedro de virginia, mejorana, perejil, romero, salvia, estragón, tomillo y berros. La mayor parte de la producción cultivada se da en los países del Mediterráneo, Francia y España. El mayor productor de tomillo es España. Francia Italia y Grecia son importantes productores de hierbas deshidratadas. En Alemania la mayor parte de la producción cultivada es propia de los más

importantes productores fitofarmacéuticos (medicina herbal), por ejemplo de hypericum (hierba de San Juan) y la Echinacea. Como el cultivo es mucho más económico en los países de Europa del Este, países como Bulgaria, Hungría, y Albania se convirtieron en importantes proveedores.

CAPITULO II



SECADO DE HIERBAS AROMÁTICAS Y MEDICINALES

La razón más importante desde el punto de vista técnico por la que se seca las hierbas es su conservación; por este método se mantiene los componentes del vegetal fresco y se evita la proliferación de microorganismos.

También hay aspectos comerciales: la desecación debe llevarse a cabo en las mejores condiciones para que las hierbas no pierdan nada del aspecto que deben presentar, para que cautiven y ejerzan mejor atracción, mayor demandas y , sobre todo un mejor precio.

Tabla 0.1 Humedades máximas de algunas hierbas aromáticas³

HIERBA	HUMEDAD MAXIMA
Albahaca dulce	10 %
Laurel hojas	9 %
Eneldo	10 %
Mejorana	10 %
Orégano	11 %
Romero	9 %
Salvia	10 %
Ajedrea	12 %
Estragón	10 %
Tomillo	9 %

Los productos que se secan son los órganos de los vegetales pueden ser: hojas, flores, frutos, semillas, raíces, cortezas, o plantas enteras, que a menudo se hallan en estado herbáceo. Cada uno de estos órganos puede estar completamente aislado de los otros o tener adherida una parte, como las hojas con una parte de las ramas, la raíz completa o descortezada o bien con el rizoma, etc. Cada producto tiene una desecación diferente.

³ www.herbotecnia.com.ar

Es posible utilizar diversos métodos para el secado, sea en forma natural o mecánica; de ésta última el más utilizado es por aire caliente forzado.

Siempre conviene realizar el secado en condiciones que no permitan la contaminación del vegetal, ni la disminución de su calidad terapéutica y comercial.⁴

2.1 MÉTODOS DE SECADO

2.1.1 SECADO NATURAL

Si se cuenta con condiciones climáticas adecuadas, baja humedad relativa y temperaturas elevadas, el secado natural requiere poco gasto y es sencillo de realizar.

Colocando el material sobre el suelo, al sol y removiendo cada tiempo con una horquilla, obteniendo un producto de mala calidad, contaminado y de bajo valor comercial.

Es conveniente disponer las hierbas en capas delgadas sobre catres que se exponen al aire libre durante algunos días, teniendo la precaución de removerlos frecuentemente y de cubrirlos o guardarlos bajo techo durante la noche para evitar que el rocío ennegrezca el producto. Las medidas de los catres deben ser adecuadas para su manipuleo por una persona.

En la producción casera, de pequeña cantidad, las hierbas pueden ser colgadas en manojos con los extremos de los tallos hacia abajo.

El tiempo de secado depende de las condiciones climáticas y de la naturaleza del material a secar.

El principal inconveniente del secado natural es que no se pueden controlar las condiciones climáticas, que no permiten un buen secado y por tanto, una buena conservación.

⁴ Nonhebel G; "El secado de sólidos en la industria Química" España Ed. Reverte. 1979, Capítulo 2, pág. 29

2.1.2 SECADO MECÁNICO

El secado artificial o mecánico determina mayores gastos pero tiene ventajas, pues al controlarse las variables del tratamiento, en el lapso de unas horas, es posible obtener un producto homogéneo y de excelente calidad comercial.

Hay diversos métodos para deshidratar las hierbas, que pueden clasificarse, de la siguiente manera:

- a.- Desección por aire caliente.
- b.- Desección por contacto directo con una superficie caliente.
- c.- Desección por aporte de energía de una fuente radiante de microondas o dieléctrica.
- d.- Liofilización.

De ellos, el más utilizado es la aplicación de una corriente de aire caliente. Sobre éste método se toman algunas consideraciones con la intención de ayudar a comprender el proceso y su control.

Al desecar una hierba húmeda con aire caliente, el aire que se aplica aporta el calor para la evaporación de la humedad y actúa como transporte para eliminar el vapor de agua que se forma en la cercanía de la superficie de evaporación.

Si se considera un sólido inerte, mojado con agua pura, que se deseca en una corriente de aire caliente que circula paralelamente a la superficie de desecación, y suponiendo además que la temperatura y la humedad del aire sobre la superficie del sólido se mantienen constantes durante todo el ciclo de desecado y que todo el calor necesario es aportado por dicha corriente de aire.⁵

⁵ Nonhebel G "El secado de sólidos en la industria Química" España Ed. Reverté. 1979

2.1.3 CLASIFICACIÓN DE LOS SECADORES MECÁNICOS SEGÚN SU TIPO

En el mercado de equipos para la industria hay muchos tipos de secadores, cada uno diseñado para su propia especialidad y algunos lo suficientemente versátiles como para secar más de un tipo de material húmedo. Los secadores pueden clasificarse de acuerdo con el modo de operar o con el servicio requerido. Sin embargo, la elección de un secador se reduce a decidir entre no más de tres tipos, teniendo en cuenta el rendimiento y la economía de cada uno de ellos.

2.1.3.1 Métodos de operación

La tabla clasifica a los secadores según su método de operación. Se hace una primera subdivisión según la forma de Transferencia de Calor.

- Calentamiento por conducción
- Calentamiento por convección
- Calentamiento infrarrojo o sea todas las formas de calentamiento por radiación.
- Calentamiento dieléctrico.

La liofilización puede incluirse en la clasificación como un caso especial de calentamiento por conducción. La siguiente subdivisión principal es por tipo de recipiente de secado, bandejas, tambor rotatorio, lecho fluidizado, neumático o pulverización. La tabla también muestra cuáles son los recipientes que realmente se adaptan mejor a la operación, al vacío o con atmósferas inertes.

La figura 2.1 muestra en forma de diagrama la mayoría de esos tipos de secadores.

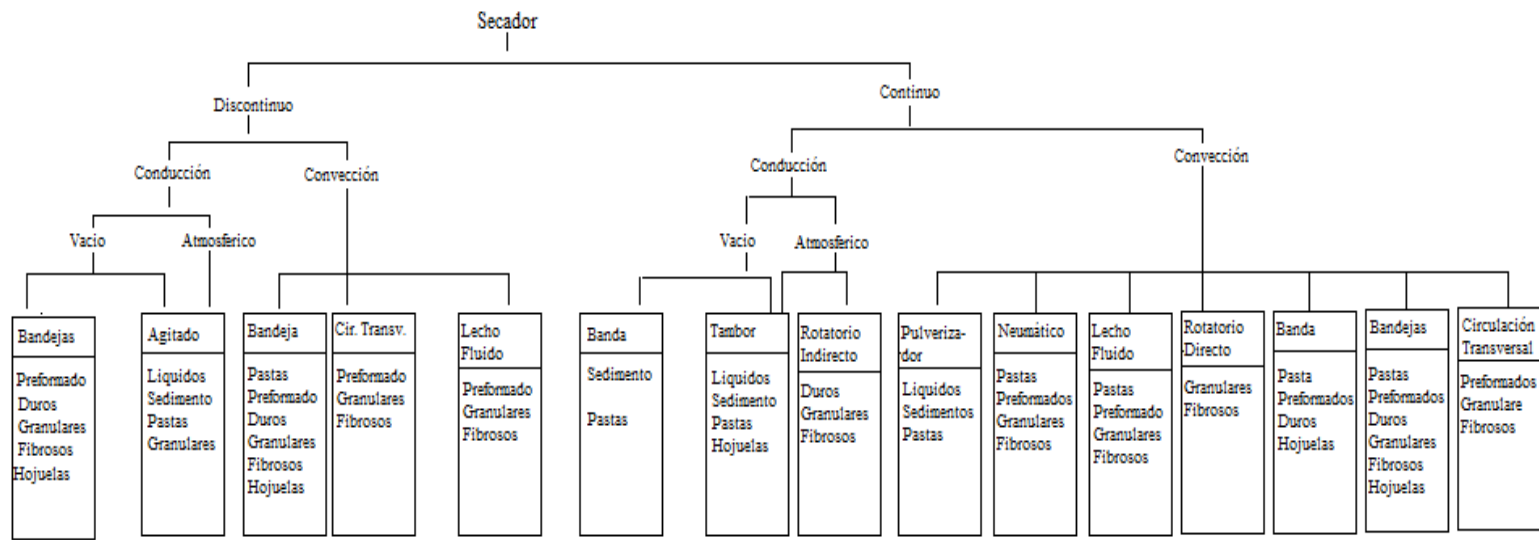


Figura 0.1. Clasificación de los secadores según su tipo de producción⁶

⁶ Nonhebel G "El secado de sólidos en la industria Química" España Ed. Reverté. 1979

2.1.3.2 Condiciones físicas de alimentación

En primer lugar, debe ponerse de relieve que antes de proceder al secado, deben usarse medios puramente mecánicos para reducir la humedad de la alimentación a la menor cantidad posible, pues con pocas excepciones, los procesos de evaporación, filtración y centrifugación son más rápidos y baratos que los procesos equivalentes en la planta de secado.

En la tabla se clasifican los secadores desde el punto de vista de las condiciones físicas del material que va a ser secado.

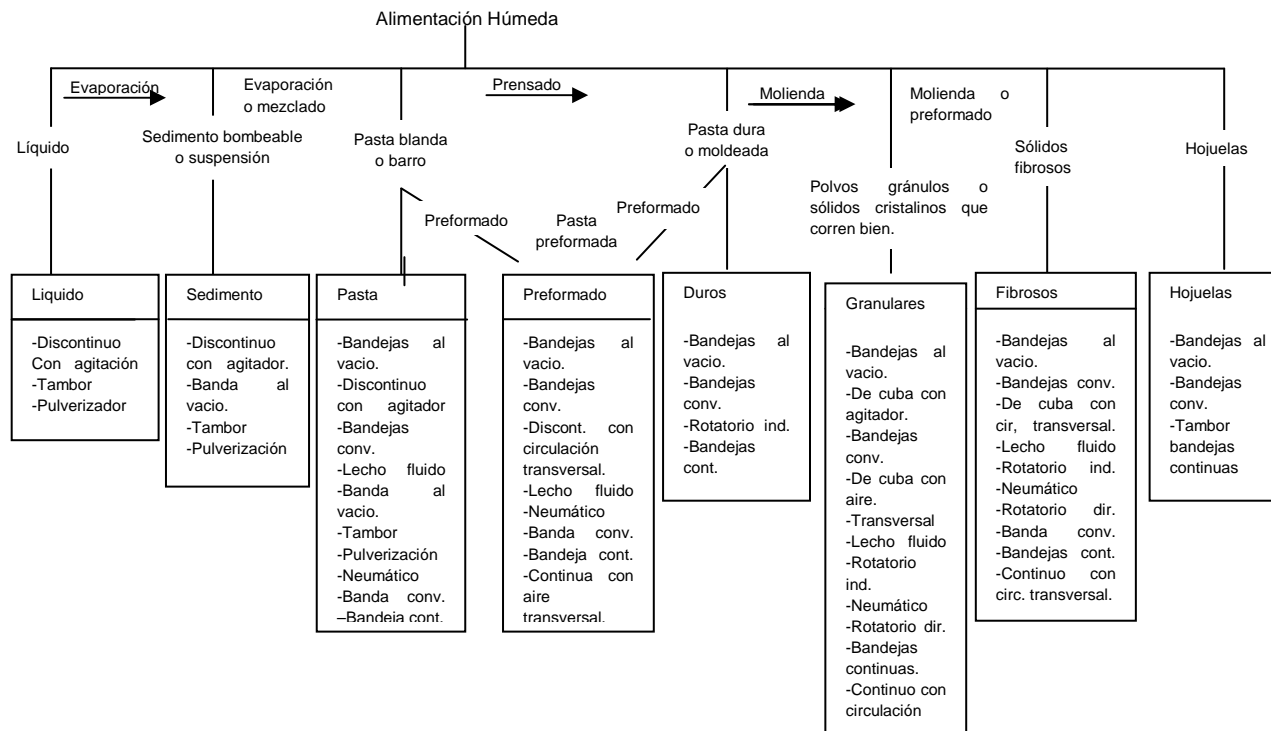


Figura 0.2 Clasificación de los secadores según sus condiciones físicas de alimentación.

2.1.3.3 Escala de producción

La figura 2.3 muestra los diversos tipos de secadores disponibles, clasificados de acuerdo a la escala de producción. Puede verse que la cantidad de tipos de secadores disponibles para secado continuo en gran escala es mucho más limitada que para equipos de tamaño medio.

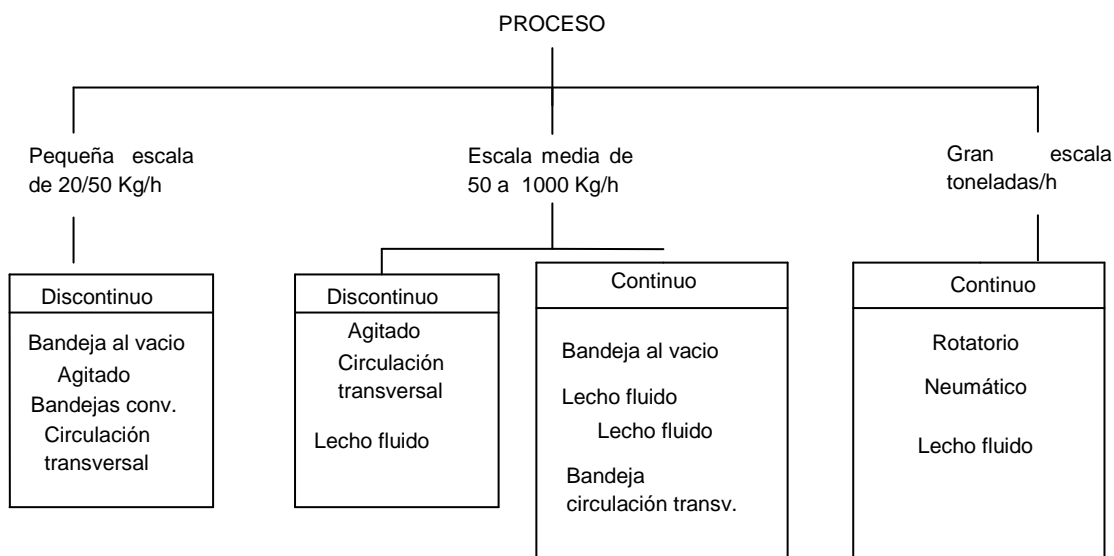


Figura 0.3. Clasificación de los secadores por su escala de producción.⁷

⁷ Nonhebel G "El secado de sólidos en la industria Química" España Ed. Reverté. 1979

CAPITULO III

EL SECADO DE SÓLIDOS

3.1 CARACTERÍSTICAS

Es un mecanismo que permite separar el líquido del sólido, se debe prestar atención a dos factores importantes los cuales son

- Mecanismo de transferencia de calor
- Mecanismo de transporte de masa

El mecanismo de transferencia de calor puede ocurrir por conducción, convección, radiación o una mezcla de cualquiera de los tres anteriores.

Por motivo de requerimientos del material a ser secado, se utiliza el mecanismo de transferencia de calor por convección, el cual emplea una corriente de aire caliente para extraer la humedad del sólido.

3.2 OBJETIVOS DEL SECADO

Básicamente son:

- Conservación para prolongar la vida del producto
- Reducción de peso y volumen para facilitar empaque y transporte
- Presentación de alternativas de consumo

Pueden producirse cambios no deseables que afectan tanto la calidad como la aceptación del producto.

3.3 DESVENTAJAS

Se producen cambios y alteraciones no necesariamente deseables en:

- La textura
- El sabor
- El color
- La calidad nutritiva y la forma

Es una operación que consume mucha energía y eso aumenta el costo del producto terminado.

3.4 CONTENIDO DE HUMEDAD

En el proceso de secado, resulta conveniente definir y conocer algunos términos que permiten expresar la cantidad de agua que contiene el sólido a secar, así como la cantidad de agua que es necesario eliminar para secarlo. Al igual que en el caso del aire húmedo, se considera que el sólido húmedo está formado por una parte completamente seca (sólido seco) más una cierta cantidad de agua.

3.4.1 CONTENIDO DE HUMEDAD EN BASE HÚMEDA.

Es la cantidad de agua que contiene el sólido referido al sólido húmedo (sólido seco + agua).

$$W = \frac{m_w}{m_w + m_s} = \text{kg de agua/ kg sólido (x100 = \%)} \quad \text{Ec. 3.1}$$

3.4.2 CONTENIDO DE HUMEDAD EN BASE SECA

Es la cantidad de agua referida al sólido seco:

$$W_s = \frac{m_w}{m_s} = \text{kg de agua/kg sólido seco} = (\text{x100} = \%) \quad \text{Ec. 3.2}$$

Hay que tener en cuenta que este porcentaje puede ser mayor del 100% en el caso de que el producto contenga más agua que parte sólida.

Se relaciona un contenido con el otro:

$$W = W_s/(W_s+1) \quad W_s = W/(1-W) \quad \text{Ec. 3.3}$$

3.5 NATURALEZA DE LA HUMEDAD DE LOS PRODUCTOS SÓLIDOS

La humedad contenida en los cuerpos sólidos se presenta en forma de líquido pura, en la mayoría de los casos es agua en forma de solución en la que el agua constituye por lo general el disolvente. A menudo la humedad puede presentarse como agua químicamente combinada cuya separación no puede siempre considerarse como un problema de secado.

Considerando a los sólidos como insolubles, en el proceso de secado, se puede distinguir dos tipos de sustancias sólidas:

- Sustancias húmedas.
- Sustancias higroscópicas.

Esta clasificación se realiza de acuerdo a la naturaleza de la unión existente entre la humedad y la materia seca

3.5.1 SUSTANCIAS HÚMEDAS

Son aquellas en las que la presión de vapor del agua que acompaña al sólido es igual a la presión de saturación del vapor de agua a esa temperatura. El cuerpo húmedo está totalmente inerte para el agua que le acompaña.

3.5.2 SUSTANCIAS HIGROSCÓPICAS.

Son aquellas sustancias en las que la presión de vapor de agua que acompaña al sólido es menor que la presión de saturación a la misma temperatura. En este caso, el cuerpo higroscópico modifica la presión de vapor del agua que está ocluida en sus poros o entre las partículas del mismo, por efectos de capilaridad.

3.5.3 HUMEDAD DESLIGADA

Es la diferencia entre la humedad de equilibrio del sólido y la humedad ligada.

La variación de humedad de un sólido con respecto a la presión de vapor del aire que lo rodea y para una determinada temperatura de equilibrio, es característica para cada tipo de material. Esta variación se puede conocer en las llamadas curvas isotérmicas de equilibrio higroscópico.

3.6 HUMEDAD EN EQUILIBRIO.

Cuando una sustancia se expone al aire (no saturado), esta comienza evaporarse o condensarse agua en él hasta que las presiones parciales del vapor contenido en el aire y del líquido contenido en el sólido se igualen. Entonces se dice; que, el sólido y el aire están en equilibrio, llamándose humedad en equilibrio (W_e), al contenido de agua en base seca que tiene el sólido en ese momento y siempre que no cambien las circunstancias externas (temperatura o humedad principalmente). Para una temperatura dada, la humedad en equilibrio del sólido depende de la humedad relativa que tenga el aire. Al representar gráficamente H_R frente a W_e (o viceversa) se obtiene una curva de equilibrio, que es distinta para cada sustancia y para cada temperatura.

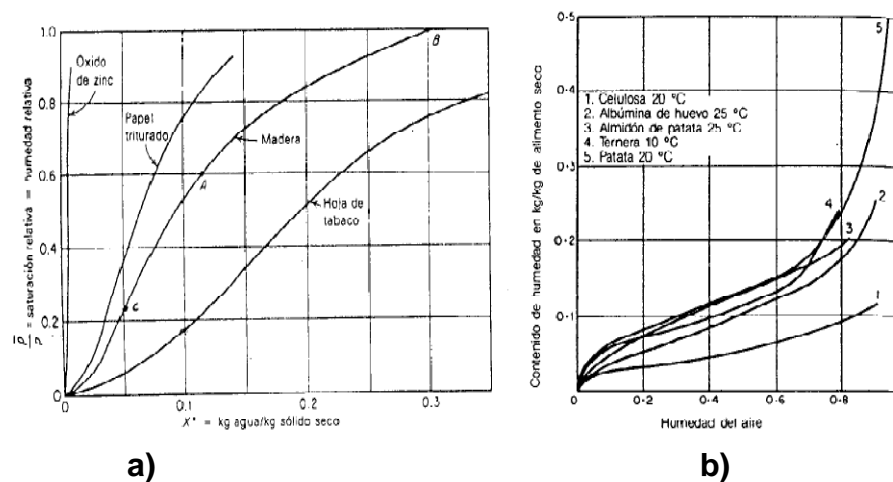


Figura 0.1 Curvas de equilibrio de diversas sustancias

En la figura 3.1 muestra como se obtiene la humedad de equilibrio de un sólido cuando se encuentra en contacto con aire a distintas temperaturas y humedades relativas.

3.7 BALANCES DE MATERIA Y ENERGÍA.

3.7.1 BALANCE DE MATERIA

En el proceso de secado se supone que toda el agua que sale del producto pasa al aire, entonces debe cumplirse:

Disminución de agua en el producto = Aumento de agua en el aire

$$m_w = m_s \Delta W_s = m_a \Delta X \quad \text{Ec. 3.2}$$

Siendo m_w la cantidad de agua, m_s la masa de producto seco, m_a la masa de aire seco, ΔW_s la humedad perdida por el producto en base seca y ΔX la humedad ganada por cada kg de aire seco. En esta ecuación también pueden utilizarse caudales en lugar de masas.

3.7.2 BALANCE DE ENERGÍA.

Para establecer el balance de energía hay que realizar una serie de suposiciones:

- Se supone que, en principio y siempre que no existan pérdidas de energía, la temperatura del termómetro húmedo permanece constante durante el proceso de secado. Esto significa que la variación de entalpía específica es muy pequeña y positiva, pero no exactamente cero (como sería si el proceso fuese estrictamente isoentálpico).
- La mayor parte de la energía que aporta el aire se emplea en la evaporación del agua contenida en el sólido. Esto quiere decir, que se supone que el producto a secar se mantiene siempre, o al menos cuando la velocidad de secado es constante, a la temperatura del termómetro húmedo del aire, T_h . En estas condiciones debe cumplirse el siguiente balance de energía:

$$m_a(\Delta h_2^* - \Delta h_1^*) \approx m_s \Delta W_s c_w(T_h) T_h \quad \text{Ec. 3.3}$$

donde $(\Delta h_2^* - \Delta h_1^*)$ es la variación de entalpía específica que sufre el aire, $(m_s \Delta W_s) = m_w$ es el agua evaporada del sólido e incorporada al aire, y $c_w(T_h)$ es el calor específico del agua líquida a la temperatura del termómetro húmedo.

Resolviendo el sistema de ecuaciones formado por el balance de materia y por el de energía, se encuentra:

1. Cantidad de sólido seco y la humedad de aire que sale, determina la cantidad de aire seco que entra.
2. Cantidad de aire necesario y cantidad de producto seco determina la humedad del aire que sale.

Estos cálculos se simplifican mucho si se utiliza el diagrama psicrométrico, en el que el proceso de secado sigue la línea de T_h constante, siendo sumamente sencillo encontrar todos los términos del balance de energía una vez que se conoce el balance de masas.

Así, si se utiliza el diagrama psicrométrico, y se obtiene el calor específico del agua mediante una tabla, no es necesario resolver el sistema de ecuaciones, y el balance de energía se utiliza solamente para comprobar si se cumple (al menos aproximadamente) la suposición de que el sólido a secar no cambia su temperatura durante el secado y que ésta es precisamente T_h .

Teniendo en cuenta las condiciones anteriores, puede definirse un rendimiento térmico del proceso de secado, como el cociente (en %) entre el calor necesario para la vaporización del agua contenida en el producto a una temperatura aproximadamente igual a la del termómetro húmedo, y la entalpía del aire al comienzo del proceso de secado.

$$Rt = \frac{mw L_v (T_h)}{ma \Delta h^*} \quad \text{Ec. 3.6}$$

3.8 VELOCIDAD Y TIEMPO DE SECADO.

Aparte de los balances de materia y energía, otros parámetros involucrados en el secado son la velocidad a la que éste se produce y, dependiendo de ella, el tiempo que tarda en realizarse el proceso.

3.9.1 VELOCIDAD DE SECADO.

Es la cantidad de agua que se consigue eliminar por unidad de tiempo:

$$\dot{m}_w = \dot{m}_a \Delta X = \dot{m}_s \Delta W_s$$

En muchas ocasiones esta velocidad es una velocidad específica, referida a la unidad de masa de sólido seco ó referida a la superficie de producto:

•

$$V = \frac{\dot{m}_w}{\dot{m}_s} = \frac{\Delta W_s}{t} \quad \text{kg agua}/(\text{s kg sólido seco})$$

$$V = \frac{\dot{m}_w}{A} = m_s \frac{\Delta W_s}{t} \quad \text{kg agua}/(\text{s m}^2)$$

La velocidad de secado viene determinada por multitud de factores, siendo el más importante la transmisión de calor, por convección, entre el aire y el producto que se está secando. Si se conoce el coeficiente de convección, h ($\text{W m}^{-2} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$), es posible calcular la velocidad de secado suponiendo que el producto permanece a temperatura constante T_h , de la siguiente forma:

$$\dot{Q} = \frac{Q}{t} = h A \Delta T = \dot{m}_w L_v(T_h) \quad \text{Ec. 3.7}$$

Donde ΔT es la diferencia de temperaturas entre el aire que entra y el producto a secar.

La relación es más sencilla para calcular la velocidad por unidad de área:

$$VA = \frac{h \Delta T}{L_v(T_h)} \quad \text{Ec. 3.8}$$

La velocidad de secado no es la misma durante todo el proceso, es decir, que la eliminación de agua se realiza en una serie de etapas en la que la velocidad de secado es diferente. La representación gráfica de la velocidad de secado frente a la humedad del producto o frente al tiempo se denomina “curvas de secado”, y son diferentes según sea el tipo de producto a deshidratar. Generalmente la forma de las curvas es complicada y deben obtenerse experimentalmente. Desde el punto de vista teórico pueden realizarse algunos cálculos aproximados en alguna de las etapas anteriormente mencionadas.

En la figura 3.2 se representa una posible curva de secado. El producto se encuentra inicialmente en el punto A. La etapa inicial de secado (AB) ocurre según el producto y el agua se van calentando lentamente. Posteriormente se produce una gran disminución del contenido de agua manteniéndose la velocidad constante (BC). Esta etapa finaliza cuando se alcanza la llamada humedad crítica W_c , fácilmente identificable en las curvas de secado por el cambio brusco de la misma. Finalmente la velocidad empieza a decrecer (CD), pudiendo existir uno o varios períodos de velocidad decreciente.

Desde el punto de vista teórico, y con el fin de calcular el tiempo de secado, se considera únicamente los períodos de velocidad constante, donde la humedad en base seca disminuye desde W_0 hasta W_c , y de velocidad constantemente decreciente, donde la humedad en base seca disminuye desde W_c hasta W_1 .

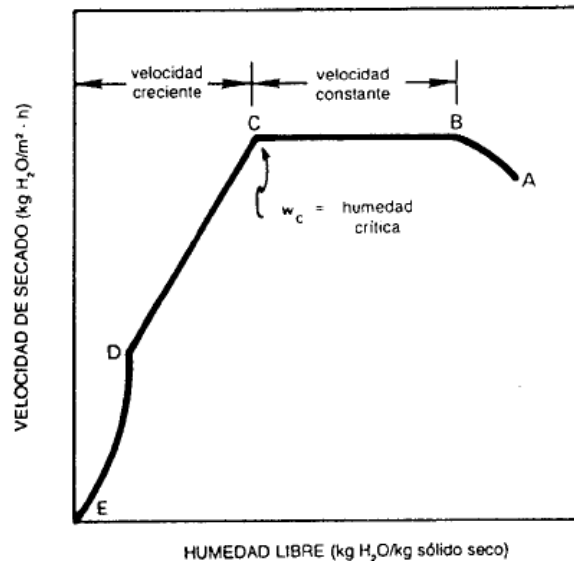


Figura 0.2 Velocidad de secado

3.9.2 SECADO A VELOCIDAD CONSTANTE O SECADO DE BULBO HÚMEDO

El mecanismo del secado a velocidad constante está dado por la evaporación desde una superficie líquida y la presencia del sólido no afecta a este mecanismo. Sin embargo, el sólido puede alterar las propiedades de la superficie líquida y con ello la velocidad de evaporación es a veces distinta a la obtenida con el líquido puro. Este efecto del sólido es relativamente pequeño y habitualmente la reducción en la velocidad de evaporación no es mayor del 20%.

La velocidad de secado está determinada por la velocidad de difusión del vapor a través de la película gaseosa que recubre la superficie del secado hacia la corriente de gas, y una vez alcanzado el equilibrio, con la presencia de una

cantidad relativamente grande de gas de secado, las condiciones son aproximadamente las que definen la temperatura de bulbo húmedo.

Cualquier punto de la superficie tiende entonces a adquirir la temperatura del bulbo húmedo correspondiente a la temperatura, humedad y cantidad del gas de secado. Si la cantidad de gas y sus características en el punto dado permanecen constantes, la temperatura superficial o de bulbo húmedo también es constante.

De acuerdo con ello la presión parcial y humedad en la superficie es también la presión parcial de saturación y la humedad de saturación a la temperatura de bulbo húmedo.

$$Rc = \frac{10^3(Ws-Wc)W}{A\theta c} \quad \text{Ec. 3.9}$$

3.9.3 PERÍODO DE VELOCIDAD DECRECIENTE

Después de alcanzar la humedad crítica, el secado continúa a una velocidad decreciente.

La velocidad de secado puede ser lineal con respecto a la disminución de humedad.

En algunos productos puede haber más de un período de velocidad decreciente.

En el período de velocidad constante la superficie del alimento está saturada con agua.

Conforme el agua se evapora ocurre migración de agua desde el interior del sólido.

Cuando esta migración no es suficientemente rápida como para mantener la superficie saturada ocurre el período decreciente.

3.9.4 TIEMPO DE SECADO.

A velocidad constante, V_c (por unidad de masa de sólido seco):

$$t_c = m_s (W_0 - W_c) / w m = (W_0 - W_c) / V_c \quad \text{Ec. 3.10}$$

A velocidad constantemente decreciente:

$$t_d = (W_c / V_c) \ln (W_c / W_1) \quad \text{Ec. 3.4}$$

donde, en ambos casos, las humedades W están expresadas en base seca, y \ln indica logaritmo neperiano.

CAPITULO IV

ESTUDIO Y SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVAS DE DISEÑO

4.1 INTRODUCCIÓN

Este capítulo tiene como objetivo analizar y seleccionar la alternativa de diseño más adecuada para construir un equipo apropiado para el secado de hojas aromáticas, el análisis se ayuda con el estudio del mercado.

4.1.1 ESTUDIO DE MERCADO

El estudio de mercado se realiza para obtener información de los requerimientos de la máquina. El método de investigación que se utiliza es la encuesta; la misma que se realiza a los pequeños agricultores.

Mediante la encuesta se simplifica el análisis de las necesidades del mercado y permite desarrollar un análisis estadístico para obtener las mejores conclusiones.

4.1.2 ENCUESTAS REALIZADAS

Ver ANEXO 2.

4.1.3 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LAS ENCUESTAS REALIZADAS.

Pregunta 1.- ¿Utiliza Ud. como fuente de calor para secar las hojas, el sol?

De las personas que han sido encuestadas, el 90% utiliza el sol como fuente de calor para secar las hojas que obtienen en la cosecha.

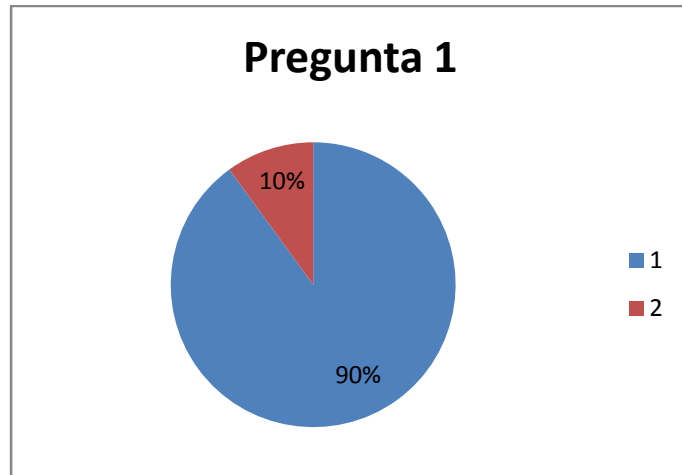


Figura 0.1 Porcentaje pregunta 1.

Pregunta 2.- Del siguiente listado de rangos de cantidades de cosechas de hojas aromáticas en cuál de estos entra usted en producción.

En esta pregunta 40 personas fueron encuestadas.

El inconveniente que se les presenta es que manualmente es difícil secar grandes cantidades de hojas aromáticas.

Rangos:

- 50 a 70lb = 5 personas
- 71 a 90lb=5 personas
- 91 a 110lb=10personas
- Más de 111 lb=20personas

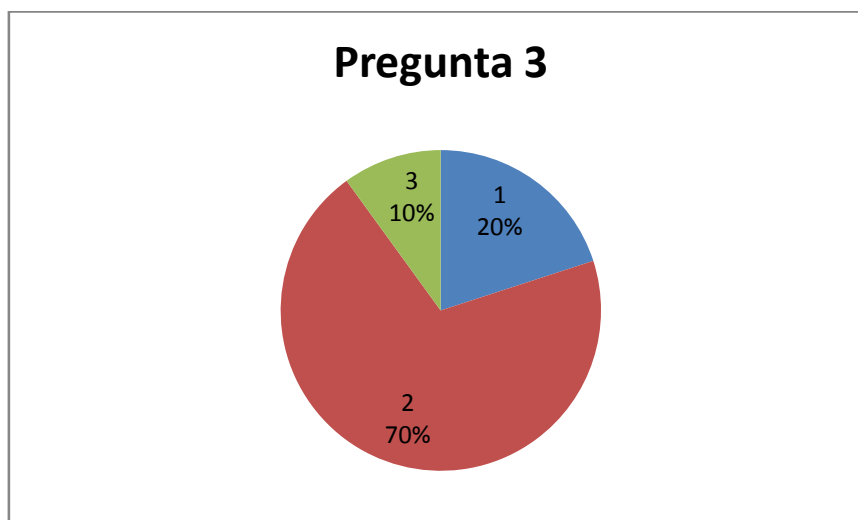
Como se observa en los resultados de la encuesta el mayor porcentaje de personas encuestadas prefieren una máquina con un rango mayor a 111lb.

Pregunta 3.- Complejidad de la máquina para la operación vs costo de fabricación.

Se realiza el gráfico de marcas que tiene cada una de las opciones.

Tabla 0.1 Marca de cada una de las complejidades de la operación de la máquina.

COMPLEJIDAD	COSTO	NUMERO	MARCA
Pequeña	Alto	1	20
Mediana	mediano	2	10
Grande	pequeño	3	70

**Figura 0.2** Porcentaje pregunta 3.

Pregunta 4.- ¿Desearía Ud. utilizar una máquina para secar las hojas?

De las personas que han sido encuestadas, el 95% desea utilizar una máquina como ayuda para el secado de las hojas aromáticas.

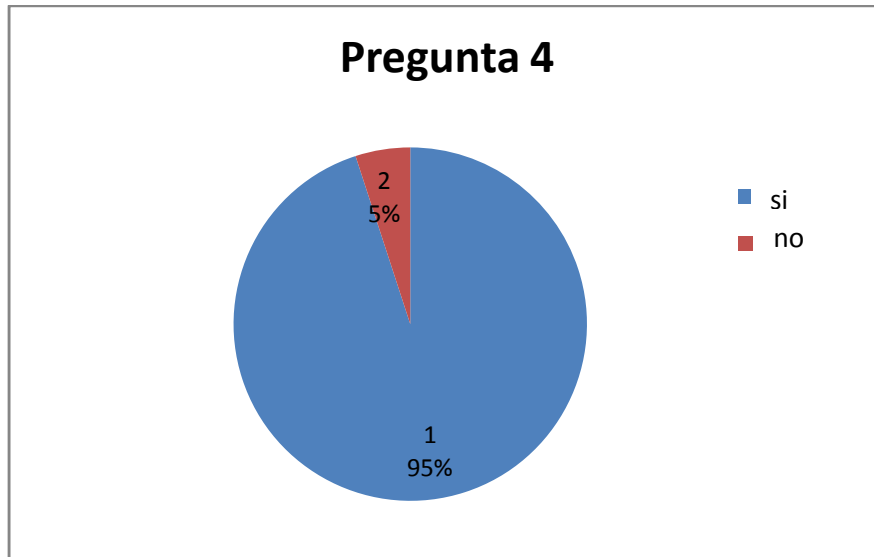


Figura 0.3 Porcentaje pregunta 4.

4.2 ANALISIS Y SELECCIÓN DEL TIPO DE SISTEMA DE SECADO

4.2.1 INTRODUCCIÓN

Antes de realizar la presentación de alternativas de secador se necesita establecer cuál es la mejor fuente de calor para el sistema de secado de hojas aromáticas.

En el apartado 2.1 se habla de los métodos de secado. A continuación se realiza la selección del mismo.

4.2.2 ANÁLISIS Y SELECCIÓN

Se realiza una breve justificación de los factores más importantes que se toman en consideración, para así obtener la mejor alternativa que cumpla con los requerimientos que se busca para solucionar el problema propuesto. Para esto se tiene en cuenta los siguientes factores que son:

- Adaptabilidad
- Capacidad de carga
- Facilidad de montaje y desmontaje
- Versatilidad
- Facilidad de construcción
- Costo de producción

- Facilidad de mantenimiento

A los cuales posteriormente se les realiza una cuantificación para cada alternativa correspondiente.

4.2.3 JUSTIFICACIÓN DE LOS FACTORES DE COMPARACIÓN

Se consideran los siguientes factores de comparación como los más importantes, los cuales permiten la valoración de cada alternativa, obteniendo así la más óptima de las alternativas, que cumpla con los requerimientos para satisfacer las necesidades y exigencias del proyecto.

4.2.3.1 Costo de Producción

El objetivo de este factor es analizar el costo de la alternativa que posea mayores beneficios a un precio más económico.

Se hace el análisis y la calificación tomando en consideración el costo de cada alternativa eso es de acuerdo a la disponibilidad de los materiales en el mercado, la alternativa que tenga mayor calificación será la de más alto precio de producción, y la de bajo tendrá una calificación menor.

4.2.3.2 Facilidad de Mantenimiento

En este factor dependiendo de cada alternativa, se toma en consideración los siguientes parámetros como son: el tipo de mantenimiento que se debe realizar en el secado natural y mecánico, la complejidad y el tiempo en que se demora en cada uno de los mantenimientos a cada sistema constitutivo correspondiente a cada alternativa.

Se califica dependiendo de los parámetros anteriormente descritos, pero primordialmente se refiere al costo y al tiempo del mantenimiento, es decir, se tendrá una menor calificación a un valor alto de fabricación de la máquina y tiempo elevado de mantenimiento.

4.2.3.3 Adaptabilidad

Esta característica se refiere al nivel de capacitación de las personas que van a operar la máquina, es decir, una persona con un alto nivel de capacitación, produce un alto costo de operación. También se debe al sistema de control de cada máquina, la cual proporciona la seguridad necesaria para operar la máquina.

Entonces se procede a calificar de forma que, si un sistema cuenta con mayor adaptabilidad y no requiere de una gran capacitación para operarla, tendrá la calificación más alta, ya que esto determina un menor costo de operación de la misma.

4.2.3.4 Capacidad de Carga

En este factor se analizará que alternativa tiene mayor capacidad de carga, que alternativa tiene la mayor producción. A mayor valor se obtiene una calificación alta.

4.2.3.5 Facilidad de Montaje y Desmontaje

Se analiza cual es la facilidad de montar y armar los elementos y en si todo el sistema en el sitio de operación, el tiempo que se demora en poner en servicio la máquina, y del nivel de confiabilidad para operar la misma. Se tiene una mayor calificación mayor a mayor facilidad de montaje y desmontaje de la máquina.

4.2.3.6 Versatilidad

Este factor está relacionado con el espacio físico, tomando en cuenta cada máquina, su estado de operación y de funcionamiento, es decir, en su operación se considera sus movimientos que realiza y también el tiempo para llevar a cabo el proceso que en este caso será el secado de hojas aromáticas. También se refiere a los grados de libertad que tiene la máquina.

4.2.3.7 Facilidad de Construcción

Se toma en cuenta los siguientes parámetros como son: tiempo y costo de fabricación y obtención de los diferentes elementos que constituyen la máquina, tipo de geometría, las máquinas y herramientas a utilizar, lo que se busca es que

su construcción no sea muy compleja y que se pueda construir en cualquier taller mecánico, así se abarata costos y en si disminuye su tiempo de construcción. Se califica de manera, que a menor complejidad de construcción se obtiene una mayor calificación.

4.2.3.8 Códigos de equivalencia

Tabla 0.2 Códigos de equivalencia

CÓDIGO DE VALORACIÓN		
FACTORES	VALORACION 10	VALORACION 1
Costo De Producción	Alta	Baja
Facilidad de mantenimiento	Costo Bajo	Costo Elevado
Adaptabilidad	Buena	Regular
Capacidad de carga	Mayor	Menor
Facilidad de montaje y desmontaje	Alta	Baja
Versatilidad	Alta	Baja
Facilidad de construcción	Complejidad menor	Complejidad mayor

Fuente: propia

Elaborado: Luis Andrade, Marcelo Rodríguez.

En la tabla 4.2 se muestra la valoración de cada uno de los factores.

4.2.3.9 Valoración de alternativas

Alternativas:

- A. Secado natural
- B. Secado mecánico

Factores importantes:

- I. Adaptabilidad
- II. Capacidad de carga
- III. Facilidad de montaje y desmontaje
- IV. Versatilidad

- V. Facilidad de construcción
- VI. Costo de producción
- VII. Facilidad de mantenimiento

En la tabla 4.3, se presenta la forma de la valoración de cada alternativa tomando en consideración los factores anteriormente descritos, por lo tanto se procede a calificar con un margen del 100%; de acuerdo al grado de importancia de cada factor, teniendo su puntuación correspondiente, además, de acuerdo a la importancia relevante de cada factor en su respectiva alternativa se tiene su puntuación correspondiente, es decir, se califica con un factor que se valora de (1-10) que anteriormente se ha llamado como código de valoración.

Además se debe tener en cuenta que la suma de los porcentajes de todos los factores debe sumar el 100% ese es el ponderado. En todos los factores anteriormente descritos existen unos con una mayor o igual importancia que otros, por lo que se les designará con un valor diferente o igual respectivamente y así tener una calificación final apropiada de cada alternativa propuesta (Tablas 4.3 y 4.4)

Tabla 0.3 Doble entrada, calificación en base a alternativas y criterios importantes

	I	II	III	IV	V	VI	VII	PONDERADO	
A	7	5	8	6	6	10	8	25%	I
B	10	9	7	9	8	7	7	10%	II
								5%	III
								15%	IV
								15%	V
								20%	VI
								10%	VII
TOTAL	17	14	15	15	14	17	15	100%	

Fuente: propia

Elaborado: Luis Andrade, Marcelo Rodríguez.

Tabla 0.4 Normalización de la Tabla No. 4.3.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	PONDERADO	
A	0.411	0.357	0.533	0.4	0.428	0.588	0.533	0.25	I
B	0.588	0.642	0.466	0.6	0.571	0.411	0.466	0.10	II
								0.05	III
								0.15	IV
								0.15	V
								0.20	VI
								0.10	VII
TOTAL	1	1	1	1	1	1	1	1	

Fuente: propia

Elaborado: Luis Andrade, Marcelo Rodríguez.

Tabla 0.5 Resultados Obtenidos

A	0,46
B	0,538

4.2.3.10 Selección de alternativa

De acuerdo con los resultados de la Tabla 4.5, se obtiene con mayor puntuación de 0,538, la ALTERNATIVA A, la cual trata de el secado de hojas por secado mecánico.

4.3 ANÁLISIS Y SELECCIÓN DEL SECADOR MECÁNICO

4.3.1 INTRODUCCIÓN

Antes de realizar la selección del secador y su diseño se indican los requerimientos técnicos y económicos que debe cumplir, también se analiza las características técnicas y el funcionamiento de todo el sistema.

4.3.2 ANÁLISIS Y REQUERIMIENTOS TÉCNICOS QUE DEBE TENER EL SECADOR

4.3.2.1 Necesidades y disponibilidades

Para realizar la selección de una máquina de estas características se debe iniciar con el estudio y análisis del problema que se quiere solucionar, analizando las necesidades del sector a beneficiar y disponibilidad de la materia prima de construcción que permitan alcanzar las condiciones adecuadas de construcción con los más alto estándares y beneficio económico.

4.3.2.2 Requerimientos

En el Ecuador son pocos los agricultores que se dedican al secado de productos agrícolas debido a que no cuentan con los recursos necesarios y los pocos que se dedican al mismo obtienen un producto final de mala calidad por las diferentes técnicas de proceso que no cuentan con estándares de calidad, el secado lo realizan de forma convencional, las variables que entran en juego para el proceso no son las adecuadas.

El proceso de secado con paneles solares es económicamente rentable pero el mismo requiere de un tiempo muy amplio y en cuanto a una producción para hojas aromáticas no es la adecuada porque la producción es en grandes masas por la alta plusvalía en las zonas en las que se la cultiva, por lo tanto no constituye la solución más adecuada sobre todo estimando que para secar volúmenes menores se necesita una elevada inversión para la construcción de un secador de esas características, el costo de secado es un punto muy importante el diseño del mismo y hay que tomarlo muy en cuenta, así como el grado de dificultad de manejo de la máquina que va ser realizado por el personal.

La máquina a construir debe demandar mínimos recursos económicos para la obtención de un producto con niveles de exportación y poder competir con países de primer mundo.

Así el país cuente con hojas aromáticas con propiedades insuperables las inadecuadas técnicas de secado actual imposibilitan competir y conquistar mercados exigentes.

Para conseguir las propiedades organolépticas adecuadas del secado de las hojas aromáticas debe ser lento, a una temperatura promedio.

4.3.2.3 Elección del secador

Para que el diseño satisfaga las condiciones de secado debe cumplir con los siguientes parámetros de funcionamiento:

Parámetros técnicos:

- . Fuente de energía: GLP y eléctrica
- . Circulación de aire: forzado
- . Distribución de las hojas: homogénea
- . Adaptabilidad del medio
- . Parámetros económicos: bajo costo de producción

4.3.2.4 Características particulares del secador

El secador a ser seleccionado debe ser muy útil y desempeñarse de manera adecuada en el secado del producto para dar el mejor beneficio al agricultor dando un bajo costo de operación obteniendo así un beneficio económico en la venta del producto.

Existen diferentes tipos de secadores con diferente tipo de flujo para seleccionar una de ellas es necesario saber cuál es la que reúne con las características requeridas para ello se debe tomar en cuenta la potencia requerida, el flujo que se necesita en la cámara y que se adapte a diferente tipo de hojas.

Las secadoras de flujo continuo o intermitente son muy usadas en el secado de hojas en muchos países.

A continuación se detalla las características de las secadoras de flujo continuo o intermitente:

4.3.2.5 Uniformidad del secado

Al ser por bandejas la colocación de las hojas en la cámara de secado se tiene una mejor distribución de las hojas en cada una de las bandejas en espesores de hojas adecuados y uniforme, además por la forma y ubicación de las bandejas las hojas son secas por el aire caliente ya sea por flujo cruzado, por contracorriente y por acción concurrente, de manera que se mejora notablemente el contacto de el aire con la hoja.

Esta mejor distribución entre aire y hojas permite reducir las diferencias entre las humedades cada una de las hojas, el secado será más uniforme.

4.3.2.6 Construcción

En la construcción de la máquina la mayor dificultad de este tipo de secadores es la cámara en donde se va a producir el secado ya que se debe poner énfasis que no se produzca fuga de calor, los demás componentes y elementos son de construcción y adquisición sencilla.

4.3.2.7 Potencia requerida

Como el espesor de las hojas a secar no es grande y el aire no debe atravesar ningún objeto con perforaciones y el tramo que este debe viajar no es grande entonces no se requiere para este tipo de secador una gran potencia.

4.3.2.8 Capacidad de secado

La capacidad del secado va a variar de acuerdo a la necesidad del productor.

4.3.2.9 Caudal de aire

No se requiere de un caudal de aire grande ya que el espesor de producto a secar son hojas y estas no tienen un espesor considerable, se necesita poco caudal debido a que las hojas no tienen un gran peso y estas pueden salir desprendidas.

4.3.2.10 Obstrucciones

Las obstrucciones van a ser mínimas y si las hubiese serán por la suciedad que las hojas en si provoquen.

4.3.2.11 Adaptación a diferentes tipos de hojas

El diseño no tiene problema en ese aspecto ya que las hojas son colocadas en bandejas las cuales son adecuadas para todo tipo de hojas, estas bandejas son de mallas.

4.3.2.12 Contaminación al exterior

Como el producto a secar no tiene ningún químico o contaminante la contaminación al exterior es nula al ser secado el producto, además la generación del aire caliente no va expedir ningún tipo de gases contaminantes, el ventilador es el único elemento que puede ocasionar algún tipo de suciedad en el ambiente.

4.3.2.13 Fisura en la hoja

No se produce ninguna fisura en la hoja ya que el flujo del aire es pequeño, así este no generara fuerzas extremas que dañen la hoja.

4.3.2.14 Pérdidas de calor

En el diseño del sistema se prefiere que no haya pérdidas o si las hay estas son muy pequeñas ya que se provee de materiales que ayuden a que el aire caliente tenga el menor contacto con la temperatura exterior por todo el trayecto en la que circulará el mismo.

4.3.3 CONFORMACIÓN DE ALTERNATIVAS

4.3.3.1 Introducción

Se realiza un estudio de todas las alternativas de secadores de hojas aromáticas que pueden haber con las mejores características que interesan para el diseño, se procede hacer el estudio correspondiente para tener la mejor alternativa.

Antes de realizar la respectiva selección de las alternativas se da una reseña de lo que son los secadores mecánicos y su clasificación.

4.3.3.2 Presentación de alternativas

A continuación se da a conocer las alternativas elegidas para realizar el respectivo estudio de análisis.

4.3.3.3 Alternativa 1: “Secadores atmosféricos de bandejas discontinuos o portandas”

Es común referirse a los secadores de bandeja, a presión atmosférica y discontinuos, denominándolos de bandeja, u horno con compartimientos, y llamados hornos de Grinnel, nombre que procede de una vieja patente alemana. Esencialmente consisten en una o más cámaras o compartimientos donde se ubican las bandejas que contienen el material a secar. Generalmente las bandejas se colocan sobre bastidores que pueden moverse como unidades para colocarlos en la cámara o ser retirados de ella.

El secado se realiza con aire caliente (u otro gas) soplado sobre las bandejas mediante uno o varios ventiladores. En algunos casos las bandejas están perforadas y el aire de secado pasa a través del material que está sobre ellas. A veces circula el aire por convección natural y se utilizan también distintos dispositivos para la distribución y recirculación del aire.

Generalmente el calor se suministra mediante vapor de agua o agua caliente que circula por serpentines dispuestos dentro o fuera del compartimiento de secado. A veces se usa calefacción eléctrica, gas, petróleo, o gases de combustión.

La cámara de secado debe construirse de material como acero, ladrillos, láminas de asbesto, aluminio, etc. De manera similar, las bandejas pueden ser de acero, acero esmaltado, acero austenítico, aluminio, vidrio, plásticos, etc.

Entre los equipos auxiliares se incluyen los conjuntos de bastidores y bandejas que se necesitan para poder cambiar fácilmente de un producto a otro, vehículos para mover los bastidores con bandejas hacia y desde el secador, equipos especiales para la carga uniforme de las pastas dentro de las bandejas y zonas especiales con corrientes de aire (que sirven para quitar el polvo) para la

descarga del producto seco desde las bandejas. También son necesarios equipos para el lavado de las bandejas, entre diferentes operaciones o al cambiar de producto.

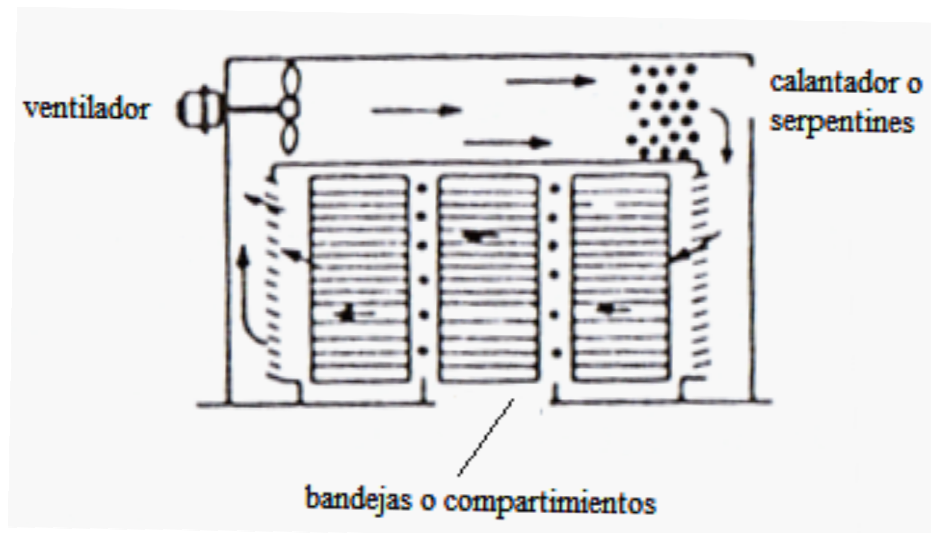


Figura 0.4 .secador atmosférico de bandejas discontinuas.⁸

4.3.3.3.1 *Campo de aplicación*

Esta clase de secadores es útil para secar casi cualquier tipo de material. Su costo operativo no es tan alto debido a que el trabajo requerido es relativamente grande y esta consideración restringe su uso a producciones inferiores a 20 kg/h de material seco. Se usan particularmente en aquellos casos donde se manipula una gran cantidad de productos diferentes, siendo relativamente pequeña la producción de cada uno de ellos, por ejemplo, sólidos, colorantes y productos farmacéuticos.

La limpieza es fácil, reduciéndose a veces a lavar las bandejas fuera del secador, es fácil construirlas de materiales resistentes a la corrosión.

⁸ Nonhebel G "El secado de sólidos en la industria Química" España Ed. Reverté. 1979

4.3.3.3.2 *Limitaciones del tratamiento teórico*

Es posible hacer una estimación razonable del funcionamiento del secador en el período de secado a velocidad constante, mediante el uso de las ecuaciones para la transferencia de masa y calor y con un balance de materia para el caso particular de circulación de aire. Sin embargo, es prácticamente imposible hacer alguna predicción para el período de velocidad decreciente sin datos experimentales sobre el secado del material. Aun con estos datos, el cálculo del funcionamiento del secador a escala natural con un material dado requiere una cantidad de simplificaciones, además es aritméticamente complicado por el cambio de las condiciones operativas durante el ciclo de secado. Por otra parte es muy sencillo hacer pruebas de secado a escala natural en un secador simple y flexible de este tipo y se recomienda hacerlo siempre que sea posible. Si no se pueden llevar a cabo pruebas reales, puede deducirse el funcionamiento por analogía con materiales similares, de comportamiento conocido durante el secado a gran escala. En general, con los conocimientos que se tienen en la actualidad para calcular el funcionamiento de un secador mediante consideraciones teóricas o a partir de datos de laboratorio solamente, puede considerarse tedioso y poco seguro, por esto no se recomienda.

Las consideraciones teóricas reseñadas más abajo sólo interesan para comprender cómo trabaja el secador, lo que permite una elección de las mejores condiciones de operación para un caso dado.

4.3.3.3.3 *Efecto de la temperatura y de la humedad*

En general el calor se transporta hasta el material mediante aire caliente (u otro gas) y el agua (u otro líquido) es eliminado como vapor en la corriente de aire. Cuando la transferencia de calor se realiza totalmente por convección (como sucede con frecuencia), la velocidad de secado, durante el período de velocidad constante, puede expresarse cuantitativamente en base a la temperatura y humedad del gas de secado.

4.3.3.3.4 Descripción detallada de los equipos

Clasificación

La forma más conveniente de sistematizar el estudio de los secadores de bandejas discontinuos a presión atmosférica, consiste en clasificarlos según la forma de circulación del aire en el secador:

- (a) Circulación por convección natural.
- (b) Circulación forzada de lado a lado sobre las bandejas.
- (c) Circulación forzada de atrás hacia delante sobre las bandejas.
- (d) Circulación forzada a través de bandejas perforadas.

a) Circulación constante aire por convección natural

Esta es la forma más elemental de secador. La eficiencia es baja y su uso se limita a las instalaciones más primitivas y antiguas.

En la Fig. 4.5 se ilustra esquemáticamente un secador que usa dos conjuntos de bastidores intercambiables con bandejas y calefacción mediante serpentines de vapor en los costados y a nivel del piso.

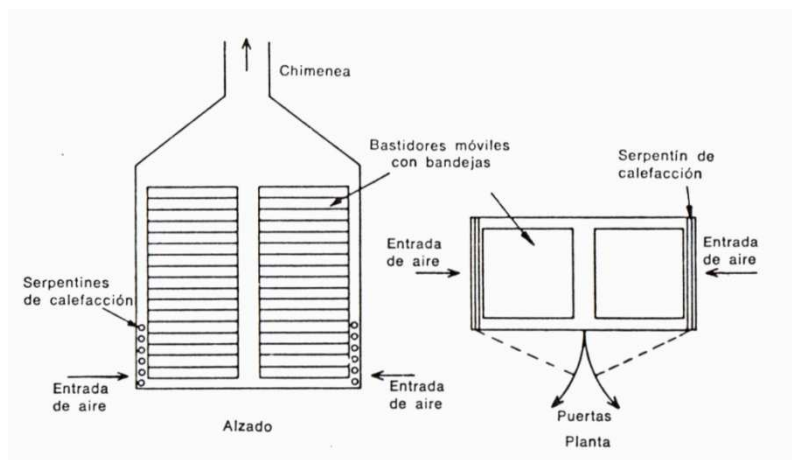


Figura 0.5 Secador con dos bastidores intercambiadores.

b) Circulación forzada de lado a lado sobre las bandejas

Este método se usa comúnmente en secadores patentados.

En la Fig. 4.6 se muestra una disposición típica. Las persianas ajustables sirven para ayudar a obtener un flujo de aire razonablemente uniforme sobre las bandejas y mediante un regulador de tiro ajustable, ubicado a la salida, se controla la proporción de aire recirculado. Puede hacerse un diseño similar pero con sólo dos bastidores.

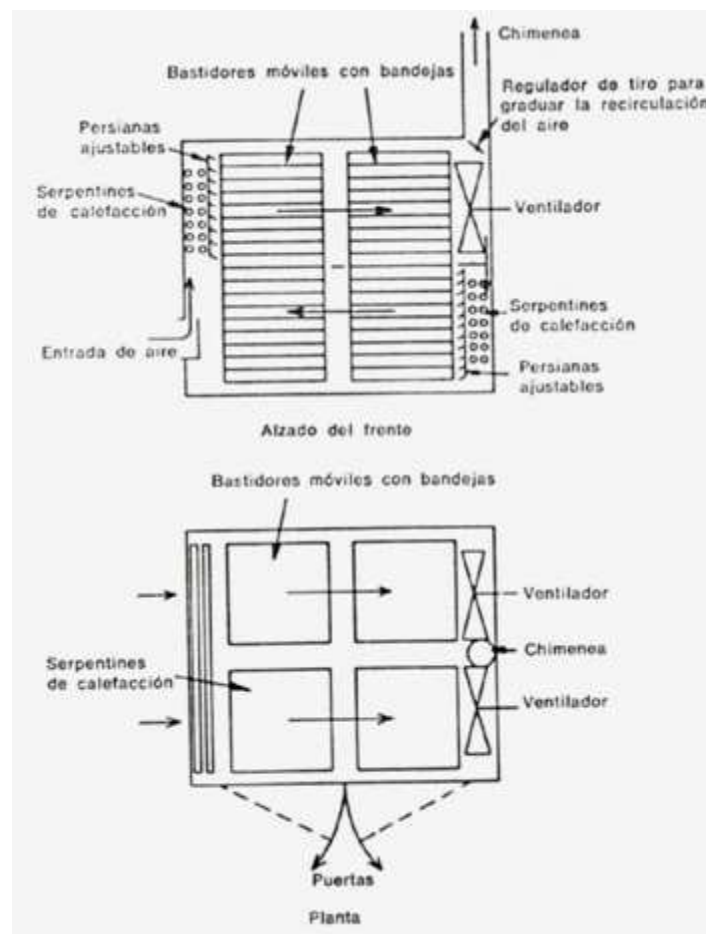


Figura 0.6 Secador típico a presión atmosférica, de cuatro bastidores con bandejas y circulación de aire de lado a lado.

En la Fig. 4.7 se muestra una disposición con tres bastidores. En este caso el ventilador puede ser reversible de manera que se pueda invertir el flujo de aire durante el ciclo.

Existe otra disposición para dos bastidores (Fig. 4.8) con el ventilador montado verticalmente entre los bastidores.

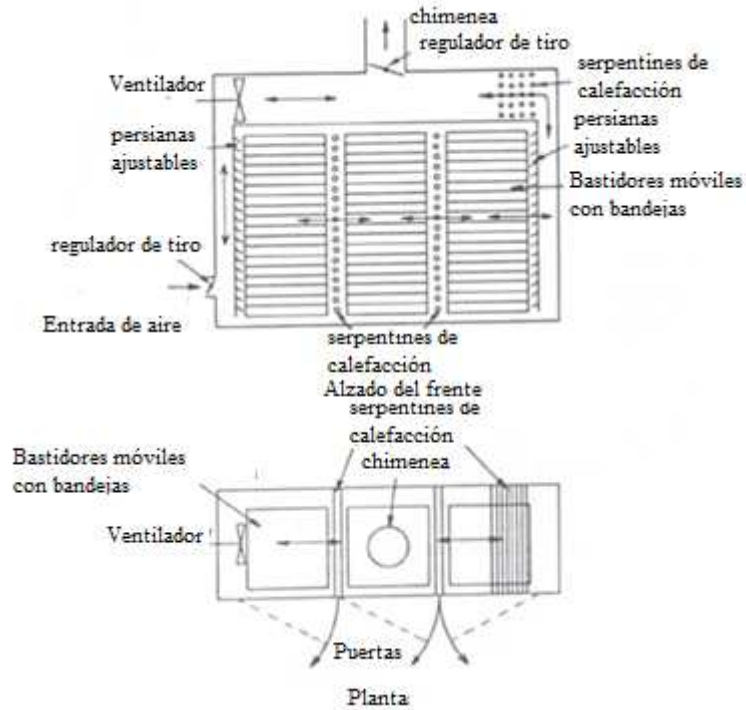


Figura 0.7 Disposición de secador a presión atmosférica con tres bastidores y circulación de aire de lado a lado.⁹

⁹ Nonhebel G "El secado de sólidos en la industria Química" España Ed. Reverté. 1979

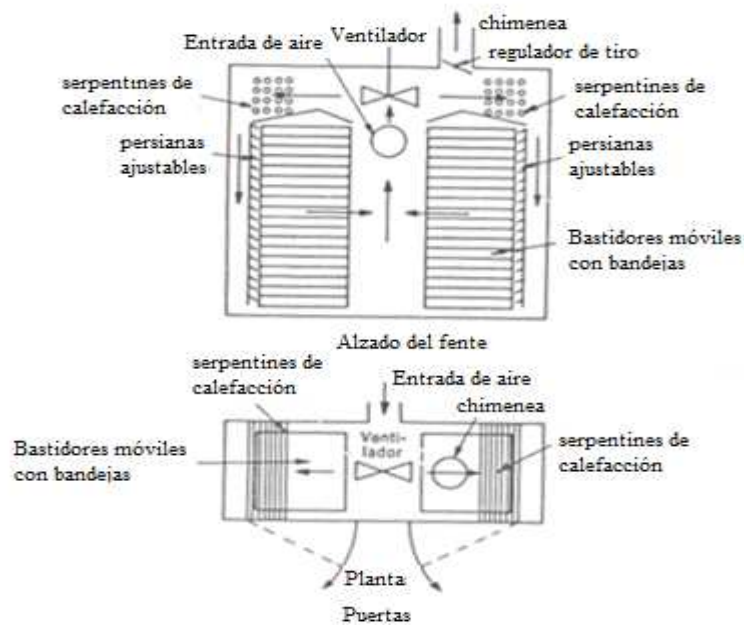


Figura 0.8 Secador con dos bastidores de bandejas y circulación de aire de lado a lado.¹⁰

c) Circulación forzada de atrás hacia delante sobre las bandejas.

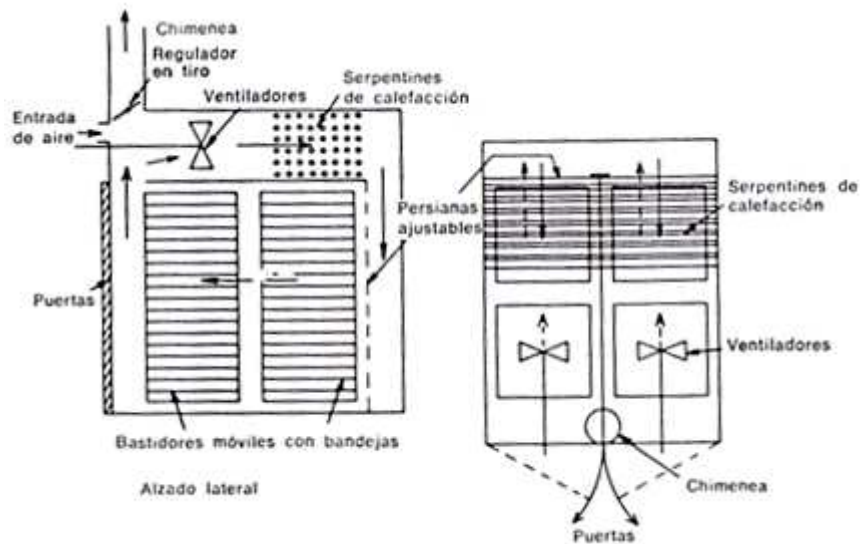


Figura 0.9 Secador típico, a presión atmosférica, de cuatro bastidores y circulación de aire de atrás hacia delante.¹¹

¹⁰ Nonhebel G "El secado de sólidos en la industria Química" España Ed. Reverté. 1979

¹¹ Nonhebel G "El secado de sólidos en la industria Química" España Ed. Reverté. 1979

d) Circulación forzada a través de bandejas perforadas

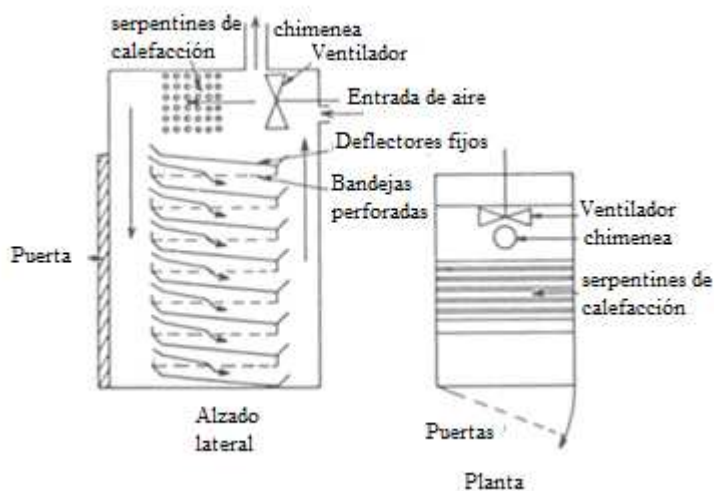


Figura 0.10 Secador típico a presión atmosférica, con circulación de aire a través de bandejas perforadas.¹²

4.3.3.3.5 Método de operación

Antes de discutir los datos del funcionamiento es conveniente describir los métodos habituales de operación de este tipo de secadores.

Los secadores operan normalmente como si se tratara de unidades individuales y las baterías formadas por un gran número de estas unidades se disponen generalmente en un área de secado común. Algunos secadores operan siempre con el mismo producto, mientras otros procesan un producto diferente en cada ciclo del proceso. La temperatura y el tiempo de proceso del mismo se determinan experimentalmente frecuentemente, se facilita rastrillando el producto parcialmente seco sobre las bandejas o por remoción de las mismas y rotura manual del producto una o más veces durante el ciclo.¹³

4.3.3.3.6 Rendimiento

El rendimiento real de un secador está condicionado en buena medida por la naturaleza del producto a procesar; los factores de mayor incidencia son: el

¹² Nonhebel G "El secado de sólidos en la industria Química" España Ed. Reverté. 1979

¹³ Nonhebel G "El secado de sólidos en la industria Química" España Ed. Reverté. 1979

contenido inicial y final de humedad, la temperatura máxima del proceso, la proporción que se disminuye de agua en la hoja que ocurre en el período de velocidad decreciente y la forma de la curva de secado a velocidad decreciente. Esta incidencia del producto en el funcionamiento global de la máquina, es particularmente notable en el caso de los secadores de bandeja a presión atmosférica, que admiten materiales en casi cualquier estado físico.

Por lo tanto es difícil dar datos sobre el funcionamiento global en forma sencilla y completa. Sin embargo, el rendimiento de esta máquina puede calcularse en el período de velocidad constante de secado, Teniendo en cuenta estas limitaciones, se considera a continuación el rendimiento de los dos tipos principales de secadores de bandejas a presión atmosférica (con circulación de aire sobre el material y con circulación de aire a través del material, respectivamente).

4.3.3.3.7 Circulación de aire sobre el material

Se han estudiado detalladamente todos los datos del secado de la arena húmeda en el período de velocidad constante, utilizando una variedad de diseños distintos de secadores, con técnicas de ensayo normalizadas, y a partir de estos datos se ha desarrollado un método de cálculo del rendimiento para un amplio margen de proporciones entre el aire circulado.

4.3.3.3.8 Ventajas

- Buena calidad final del producto
- Capacidad de carga por su estructura
- Tiene muchos campos de acción.
- Fácil mantenimiento
- La seguridad es fiable para el operario
- Costo operativo no tan alto
- Fácil construcción
- adaptabilidad

4.3.3.3.9 *Desventajas*

- Mayor espacio físico por su estructura.
- Mayor peso por la cantidad de material a utilizar
- Restringe a producciones pequeñas

4.3.3.4 **Alternativa 2 “Secadores discontinuos de bandejas al vacío”**

4.3.3.4.1 *Aplicaciones*

El tipo más sencillo de secador al vacío calentado indirectamente, consiste en una cámara hecha de fundición de hierro o chapa de acero, que contiene estantes calentados, donde se apoyan las bandejas que contienen el producto. Un diseño más reciente, consiste en una cantidad de compartimientos con uno o varios estantes, cada uno de los cuales opera independientemente dentro de la estructura principal del secador. En este caso cada bandeja se construye con una camisa de calentamiento para permitir altas velocidades de transferencia de calor.

Estos secadores, se usan extensamente para secar productos termo sensibles o fácilmente oxidables y también para pequeñas cantidades de sustancias costosas, donde deben evitarse pérdidas de material, ejemplo: en la manufactura de colorantes y de productos farmacéuticos. Sin embargo, no es utilizable para secar a muy bajas temperaturas, en general por debajo de 40°C.

La transferencia de calor tiene lugar principalmente por conducción a través de las superficies metálicas y de la superficie de contacto bandeja placa de calentamiento; también hay transferencia de calor por radiación (aunque es relativamente pequeña).

4.3.3.4.2 *Teoría*

El proceso es esencialmente una evaporación y el sólido tiende a adquirir la temperatura de ebullición del líquido y permanecer la mayor parte del tiempo a

esa temperatura. Sin embargo, al completarse el secado, la temperatura aumenta aproximándose a la del medio calefactor.

Como la temperatura del sólido varía levemente, manteniéndose alrededor del punto de ebullición del líquido, es conveniente suponer que la diferencia de temperatura es constante a lo largo del ciclo de secado y que varía el coeficiente de transferencia de calor, es decir, que la resistencia al secado crece a medida que éste se produce.

4.3.3.4.3 Aplicación general de los secadores discontinuos de bandejas al vacío.

Los secadores al vacío del tipo discontinuo se usan para secar sólidos granulares, pastas y raramente para secar sedimentos o soluciones. Encuentran aplicación especial en la industria farmacéutica y de colorantes, donde hay que secar productos termo sensibles u oxidables, sobre todo estos últimos, en cantidades pequeñas. Son apropiados para la operación con productos diferentes.

Su costo operativo, no tan elevado, se debe, principalmente, a la cantidad de mano de obra requerida, y respecto a este punto están en la misma categoría que los secadores de bandeja a presión atmosférica. Esto los coloca en desventaja en el secado de materiales de bajo costo, salvo que haya otros factores de mayor importancia, por ejemplo, la calidad de producto. Aunque estos se operan normalmente como unidades individuales, para obtener una mejor utilización de la mano de obra se disponen frecuentemente baterías de secadores en un área común.

4.3.3.4.4 Descripción de sus dimensiones y materiales

El secador más sencillo consiste básicamente en un armario de vacío que contiene estantes calentados en los cuales se colocan las bandejas con el material húmedo (Fig. 4.11). Para evitar nombres de marcas registradas, en esta obra se designará con las siglas SVT. Hay modelos que tienen de 14 a 20 estantes, siendo sus dimensiones normales de 1,5 x 2,0 m, y cada estante contiene de 2 a 8 bandejas, según su tamaño.

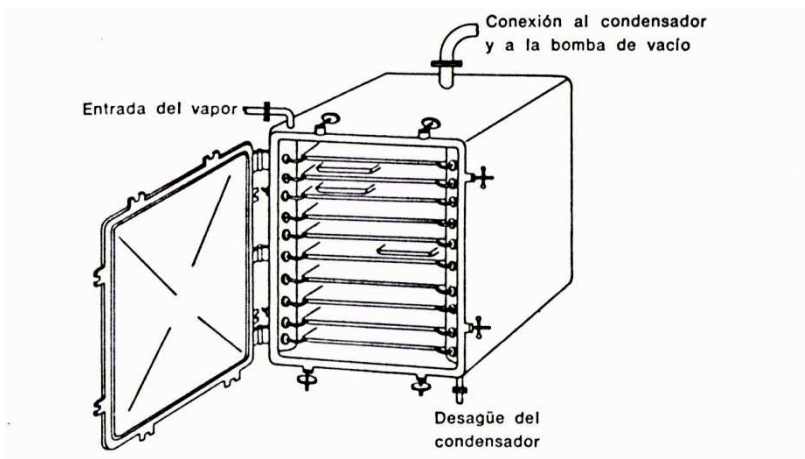


Figura 0.11 forma sencilla de los secadores discontinuos de bandejas al vacio.

Los estantes caldeados, están hechos de acero dulce, acero inoxidable o de acero dulce, tratado. El cuerpo y las puertas son de fundición de hierro o acero dulce, pero pueden estar recubiertos o aluminados cuando sea esencial la ausencia de herrumbre. El secador está provisto de dos puertas para permitir el libre acceso de carga y descarga de las bandejas.

El vapor que ingresa por la parte superior del secador pasa a un condensador tubular montado sobre un depósito que recibe el condensado, que se descarga mediante un purgador basculante; los no condensables son eliminados por medio de una bomba de vacío de una etapa (300 x 300 mm). (Este sistema elimina la posibilidad de inundación del compartimiento de secado por retroceso de agua desde eyectores o bombas de vacío húmedas). El tamaño promedio del condensador para un secador Passburg es de 18 de área externa de tubos, estando formado típicamente por 130 tubos de 22 mm de diámetro ext. y 2000 mm de largo.¹⁴

4.3.3.4.5 *Ventajas*

- Tipo más sencillo de secador al vacio calentando indirectamente
- Pueden secar productos termosensibles o fácilmente oxidables.
- Seca pequeñas sustancias costosas donde se requiere evitar pérdida de material.

¹⁴ Nonhebel G "El secado de sólidos en la industria Química" España Ed. Reverté. 1979

- Ocupa poco espacio físico
- Facilidad de mantenimiento

4.3.3.4.6 *Desventajas*

- No se utiliza para secar a muy bajas temperaturas <40°C
- Transferencia por radiación pequeña
- La resistencia al secado del producto crece a medida a que este se produce.
- Poca capacidad de carga¹⁵

4.3.3.5 **Alternativa 3 “secadores continuos de banda y bandejas”**

4.3.3.5.1 *Descripción general*

En este tipo de secadores, el material se procesa sobre una banda continua en un transportador de bandejas. Habitualmente el transportador es horizontal y está constituido por una banda perforada en la cual las partículas del material (como por ejemplo gránulos preformados) son dispuestos y secados por soplado de gas caliente a través de la banda (secador con circulación a través de la banda); en forma alternativa puede ser una banda sin perforar sobre la cual el material se seca por soplado de gas caliente por encima o por debajo de ella (secador en banda por convección); también puede calentarse el material por conducción mediante el paso de la banda sobre una superficie caliente y en este caso el aparato puede operarse en el vacío (secador en banda por conducción); finalmente la banda puede reemplazarse por una serie de bandejas, pero en este caso la máquina debe operarse de otra manera, de acuerdo con algunos de los principios ya descritos (secadores continuos de bandejas).

En consecuencia, hay muchos tipos de equipos de construcción y principios operativos distintos; sin embargo, en todos hay un hecho común que consiste en el movimiento relativamente lento del material mediante un transportador. Estos equipos tienen una acción suave sobre el material.

¹⁵ Fuente propia.

Se limitará al tratamiento detallado de los equipos (secadores continuos de banda y bandejas, los cuales son considerados particularmente aplicables a la industria de productos sólidos estos comprenden:

- a) El secador con circulación a través de la banda perforada; en el cual el material húmedo en forma de partículas es alimentado a una banda perforada, la cual circula a lo largo de una cámara de secado donde se sopla aire caliente que atraviesa la banda y el material. Habitualmente es necesario un equipo de preformado para convertir el material húmedo en partículas de la forma requerida, aunque en algunos casos la alimentación ya tiene el tamaño correcto.
- b) Secador en banda por convección: la banda transportadora no está perforada y el aire caliente (gas de secado) es soplado sobre el material o en algunos casos hacia abajo, saliendo entonces por los costados.
- c) Secador en banda por conducción: en el cual la banda sin perforar pasa por una superficie caliente (generalmente un recipiente con vapor) de manera que el material se calienta por conducción a través de la banda; la operación se realiza normalmente en el vacío, puesto que a presión atmosférica el secador de banda por convección es más conveniente y de mayor rendimiento.
- d) Secadores continuos de bandeja a los cuales se pueden aplicar los principios de cualquiera de los secadores de banda [(a), (b), o (c)] por sustitución de la banda por bandejas colocadas sobre una cinta transportadora, de cadena o listones. En la práctica el uso de bandejas ofrece la posibilidad de una construcción más compacta (y por ello más económica) de secadores con circulación total. Para secado por convección también se usan bandejas sin perforar en la forma de secadores continuos de túnel en los cuales se transportan pilas de bandejas a través de la cámara de secado.

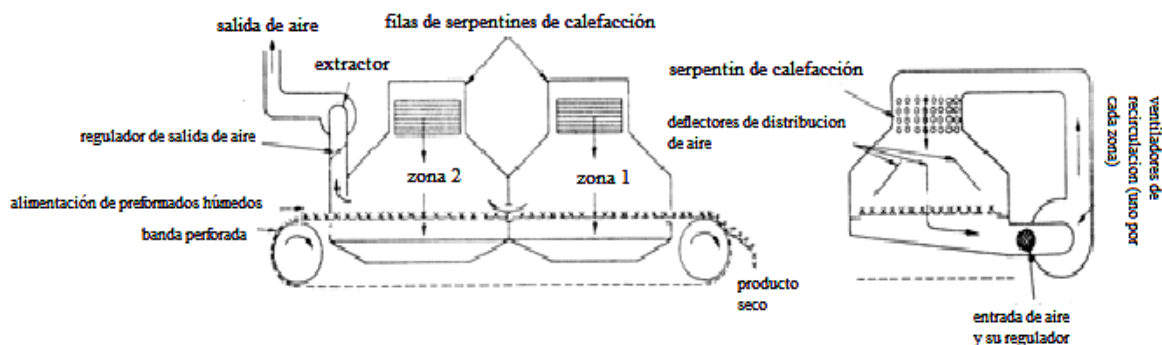


Figura 0.12 Secador continuo de banda con dos zonas por circulación transversal.¹⁶

4.3.3.5.2 Descripción en detalle del secador de banda perforada continua con circulación transversal.

En una disposición típica el material se alimenta continuamente desde un dispositivo de preformado, el cual coloca el material sobre una banda perforada horizontal que viaja a través del secador a una velocidad aproximada de 5 mm/s.

El aire se recircula a través del material y de la banda en dos o más zonas separadas, con una velocidad de 1 a 1,5 m/s. El material seco se descarga desde el extremo final de la banda. El aire fresco entra por el extremo de descarga del secador y el aire húmedo se elimina por el extremo de alimentación del mismo; esto produce un cierto grado de contracorriente en la circulación del aire respecto del producto a secar.

En la Fig. 4.13 se muestra la disposición típica de un equipo con dos zonas de secado. La velocidad del aire a través del lecho se controla mediante los ventiladores de recirculación y suele ser conveniente tener una zona de secado por cada ventilador de recirculación. El paso total de aire como circulación en contra corriente es controlado por el ventilador correspondiente al aire de salida y por el regulador de tiro situado en la toma de aire correspondiente al ventilador de la zona seca (zona 1).

¹⁶ Nonhebel G "El secado de sólidos en la industria Química" España Ed. Reverté. 1979

En algunos casos no es conveniente colocar los elementos calefactores directamente sobre la banda debido a la alta temperatura del calor de radiación que puede alcanzar al producto o (razón que es habitualmente la más importante) por el polvo descompuesto retenido en el calefactor que cae sobre la banda contaminando el producto. En la Fig. 4.13 se muestra la disposición típica de un calefactor situado en la corriente saliente, siendo una desventaja la mayor pérdida de calor. También se usan ventiladores de recirculación de flujo axial, montados sobre el cuerpo del secador, como alternativa a los sopladores de paletas colocados en la corriente de aire saliente mostrados en la fig. 4.12 y 4.13.

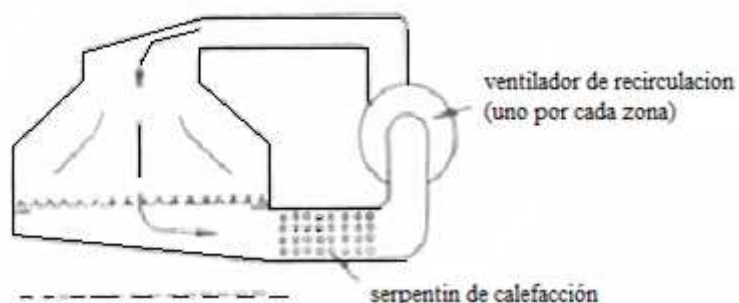


Figura 0.13 Secador continuo de banda con el calefactor colocado fuera de la cámara de secado.¹⁷

También es posible usar disposiciones en las cuales el aire se sopla alternativamente hacia arriba y luego hacia abajo de la banda. Con esto se obtiene un mejor contacto entre el aire de secado y el lado inferior del lecho granular, y colaborar en la descarga y prevenir el atascamiento de material en las perforaciones de la banda. Es dudoso que esas ventajas tengan algún significado práctico, pero el flujo alternado hacia arriba y hacia abajo conduce a una construcción más práctica particularmente desde el punto de vista de la posición de los calefactores. En la Fig. 4.14 se muestra un secador dispuesto según estas consideraciones.

En los secadores con más de dos zonas de secado tan sólo se aumenta la extensión de los ilustrados en las Figs. 4.12, 4.13.

¹⁷ Nonhebel G "El secado de sólidos en la industria Química" España Ed. Reverté. 1979

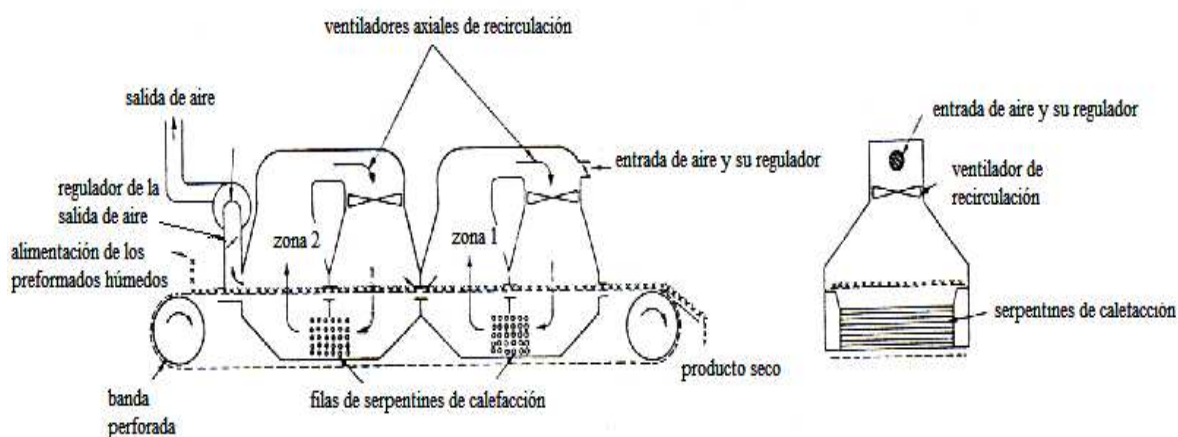


Figura 0.14 Secador continuo de bandeja con circulación transversal de dos zonas y circulación alternada hacia abajo y hacia arriba.¹⁸

4.3.3.5.3 Materiales de construcción

La carcasa del secador está construida generalmente de chapa sobre alguna forma de soporte. Son convenientes algunos de los materiales usuales y frecuentemente se usa la chapa de aluminio.

No se debe hacer una construcción endeble con materiales no metálicos, como placas de asbesto, debido a su débil resistencia mecánica y a la dificultad de hacer una estructura sin fugas. En algunos casos es posible hacer la cobertura de ladrillos.

Es necesario usar una superficie de calefacción grande y habitualmente se necesitan calefactores con aletas. La elección del material depende de las condiciones de trabajo y éste puede ser acero dulce, níquel, metal, acero austenítico, etc. El acero dulce galvanizado proporciona un calefactor de construcción económica que resiste bien muchas condiciones corrosivas.

La superficie de la carcasa de estos secadores es relativamente grande y las pérdidas de calor por conducción y radiación alcanzan al 20 ó 30 % del vapor consumido por ello es importante el aislamiento térmico de la carcasa y de las tuberías asociadas al equipo; este aislamiento puede ser obtenido con una construcción de doble pared y con el uso de recubrimientos apropiados.

¹⁸ Nonhebel G "El secado de sólidos en la industria Química" España Ed. Reverté. 1979

Se ha usado con éxito una pesada cinta de malla de alambre en secadores de hasta $25m^2$ de área.¹⁹

4.3.3.5.1 *Ventajas*

- Buena calidad final del producto
- Mayor capacidad de carga por su estructura
- Tiene muchos campos de acción.
- El mantenimiento no es tan periódico
- La seguridad es fiable

4.3.3.5.2 *Desventajas*

- Mayor espacio físico por su estructura.
- Manipulación más complicada.
- Menor adaptabilidad por su sistema de control.
- Mayor peso por la cantidad de material a utilizar
- Costo de operación alto

4.3.4 SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA DEL SECADOR

4.3.4.1 **Introducción**

Una vez analizadas cada una de las alternativas se procede a la selección de la más conveniente para el diseño a realizar, en el análisis del tipo de fuente de energía o calor se hace una breve justificación de los factores más importantes que se toman en consideración, para así obtener la mejor opción que cumpla con los requerimientos que se busca para solucionar el problema propuesto además se toma en cuenta los parámetros como: la eficiencia, uniformidad de secado eficiencia, caudal de aire.

Para esto se consideró los siguientes factores:

- Adaptabilidad
- Capacidad de carga

¹⁹ Nonhebel G "El secado de sólidos en la industria Química" España Ed. Reverté. 1979

- Facilidad de montaje y desmontaje
- Versatilidad
- Facilidad de construcción
- Costo de producción
- Facilidad de mantenimiento

A los cuales posteriormente se los realiza una cuantificación para cada alternativa correspondiente.

4.3.4.2 Códigos de equivalencia

Tabla 0.6 Códigos de equivalencia

CÓDIGO DE VALORACIÓN		
FACTORES	VALORACION 10	VALORACION 1
Costo De Producción	Alta	Baja
Facilidad de mantenimiento	Costo Bajo	Costo Elevado
Adaptabilidad	Buena	Regular
Capacidad de carga	Mayor	Menor
Facilidad de montaje y desmontaje	Alta	Baja
Versatilidad	Alta	Baja
Facilidad de construcción	Complejidad menor	Complejidad mayor

Fuente: propia

Elaborado: Luis Andrade, Marcelo Rodríguez.

4.3.4.3 Valoración de alternativas

Alternativas:

- Alternativa 1
- Alternativa 2
- Alternativa 3

Factores importantes:

- I. Adaptabilidad
- II. Capacidad de carga
- III. Facilidad de montaje y desmontaje
- IV. Versatilidad
- V. Facilidad de construcción
- VI. Costo de producción
- VII. Facilidad de mantenimiento

En la tabla 4.6, se presenta la forma de la valoración de cada alternativa tomando en consideración los factores anteriormente descritos, por lo tanto se procede a calificar en un margen del 100% esto es de acuerdo al grado de importancia de cada factor, se tiene su puntuación correspondiente, además, de acuerdo a la importancia relevante de cada factor en su respectiva alternativa se da su puntuación correspondiente, es decir, se califica con un factor que se valora de (1-10).

Además se debe tener en cuenta que la suma total de los porcentajes de las ponderaciones deberá sumar el 100%. En todos los factores anteriormente descritos existen unos con una mayor o igual importancia que otros, por lo que se les designará con un valor diferente o igual respectivamente y así se obtiene una calificación final apropiada de cada alternativa propuesta.

Tabla 0.7. Calificación en base a alternativas y criterios importantes.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	PONDERADO	
A	7	9	7	8	7	7	7	25%	I
B	7	5	8	6	8	8	7	10%	II
C	5	10	6	8	5	6	6	5%	III
								15%	IV
								15%	V
								20%	VI
								10%	VII
TOTAL	20	24	21	22	20	21	21	100%	

Fuente: propia

Elaborado: Luis Andrade, Marcelo Rodríguez.

Tabla 0.8 Normalización de la Tabla No4.7.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	PONDERADO	
A	0.35	0.375	0.333	0.363	0.35	0.333	0.333	0.25	I
B	0.35	0.208	0.380	0.272	0.4	0.380	0.333	0.10	II
C	0.25	0.416	0.285	0.363	0.25	0.285	0.285	0.05	III
								0.15	IV
								0.15	V
								0.20	VI
								0.10	VII
TOTAL	1	1	1	1	1	1	1	1	

Fuente: propia

Elaborado: Luis Andrade, Marcelo Rodríguez.

Tabla 0.9 Resultados Obtenidos

A	0,3485
B	0.3374
C	0.2958

4.3.4.4 Selección de alternativa

De acuerdo con los resultados de la Tabla 4.8, se obtiene con mayor puntuación de 0,3485, la ALTERNATIVA A, la cual trata del Secador atmosférico de bandejas discontinuos o por tandas.

CAPITULO V

DISEÑO

5.1 PARAMETROS DE LA MÁQUINA

Los requerimientos de la máquina son:

Capacidad de carga	42kg
Área de secado	21m ²
Lugar de operación	Quito
Tiempo de operación por carga	5 horas
Capacidad de producción	Depende de la humedad de las hojas
Rango de temperaturas de operación	30°C – 70°C

5.2 ANALISIS PSICROMETRICO

Para realizar el modelaje y posterior dimensionamiento, es necesario fijar ciertos parámetros técnicos tanto de diseño como del aire de secado.

Parámetros técnicos sobre el cedrón

- ❖ Temperatura del bulbo seco = 20 C
- ❖ Temperatura del bulbo húmedo = 15 C
- ❖ Altura 2800 mtrs
- ❖ W_s (Humedad inicial en base seca) = 2.8 Kg/Kg
- ❖ W_c (Humedad critica en base seca) = 0.18 Kg/Kg
- ❖ W_f (Humedad final en base seca) = 0.12 Kg/Kg
- ❖ θ_c (tiempo de secado a velocidad constante) = 5 h
- ❖ θ_t (Tiempo total de secado) = 6 h
- ❖ W_t (peso del sólido seco en el secador) = 42 Kg
- ❖ A (área de la superficie de secado) = 21m²

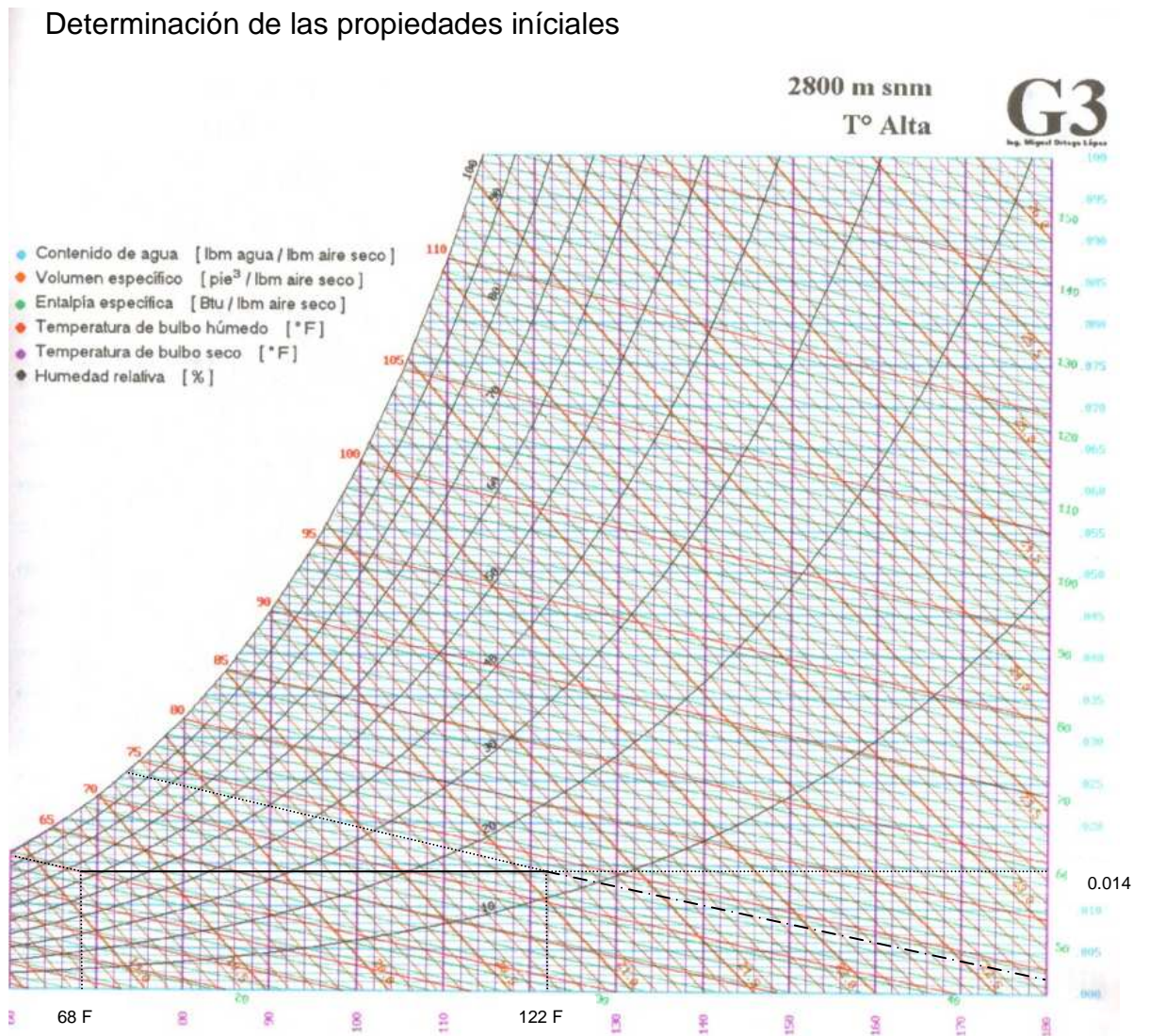








Figura 0.1 Figura para la determinación de las propiedades del aire de T alta

Los parámetros de la figura 5.1 se los puede observar diferenciando por los colores respectivamente, cada parámetro tiene asignado un color.

Parámetros de la figura 5.1:

-  Contenido de agua (lbm agua/ lbm aire seco)
-  Volumen específico (pie³ / lbm aire seco)
-  Entalpía específica (Btu / lbm aire seco)
-  Temperatura de bulbo húmedo (°F)
-  Temperatura de bulbo seco (°F)
-  Humedad relativa (%)

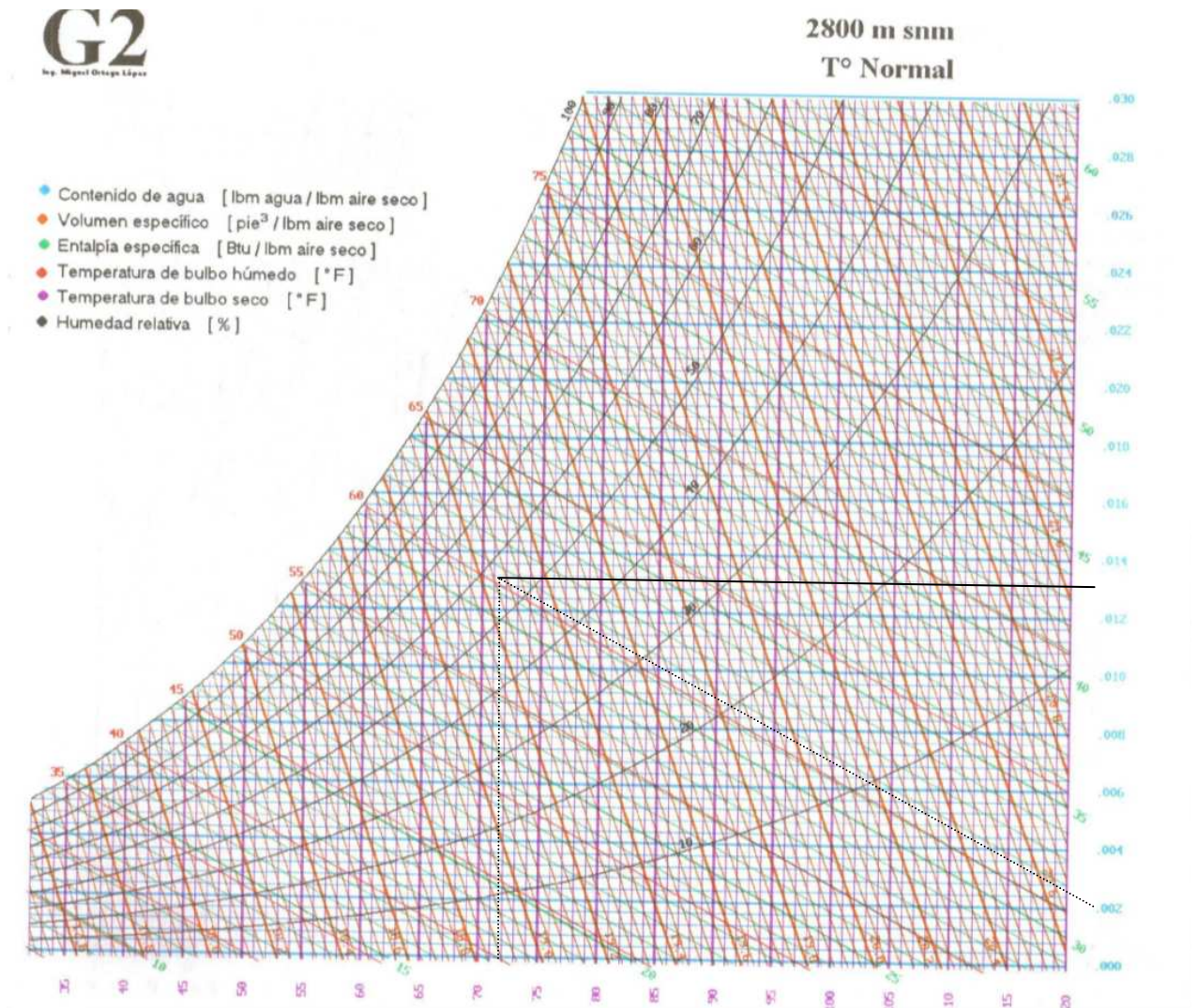


Figura 0.2 Figura para la determinación de las propiedades del aire T normal

Los parámetros de la figura 5.2 se los puede observar diferenciando por los colores respectivamente, cada parámetro tiene asignado un color.

Parámetros de la figura 5.2:

- Contenido de agua (lbm agua/ lbm aire seco)
- Volumen específico (pie³ / lbm aire seco)
- Entalpía específica (Btu / lbm aire seco)
- Temperatura de bulbo húmedo (°F)
- Temperatura de bulbo seco (°F)
- Humedad relativa (%)

$$Q = m_a \cdot (h_3 - h_1) \quad \text{Ec. 5.1}$$

$$m_a(\Delta h_4^* - \Delta h_3^*) \approx m_s \Delta W_s c_w(T_h) T_h \quad \text{Ec.5.2}$$

Tabla 0.1 Condiciones de secado

Tiempo h	Condiciones de Secado								
	50°C - 0.45 m/s			50°C - 0.55 m/s			50°C - 0.65 m/s		
	Pérdida de Peso g **	HR (%)	Humedad producto*	Pérdida de Peso g **	Humedad producto*	HR (%)	Pérdida de Peso g **	Humedad producto*	HR (%)
0	100,00	21,50	69,51	100,00	21,25	73,66	100,00	24,25	72,30
1	74,49	10,50	53,59	72,50	18,50	55,75	78,90	16,75	60,14
2	64,26	10,50	38,11	61,80	15,75	44,26	67,35	14,75	43,19
3	57,51	10,00	28,51	56,22	15,75	24,53	59,90	14,75	28,64
4	46,55	9,00	26,30	43,90	12,50	18,86	48,10	13,50	26,72
5	39,91	9,50	22,99	38,95	12,75	15,35	36,85	13,50	16,49
6	38,12	11,00	15,46	29,75	13,00	10,50	31,40	13,50	9,76
7	34,50	11,00	10,50						

*Balanza Metler ** Promedio dos determinaciones

Tabla 0.2 Pérdida de humedad

Tiempo (h)	Humedad base seca (kg agua/kg M. seca)									
	Condiciones de Secado									
	30°C - 0.45 m/s	30°C - 0.55 m/s	30°C - 0.65 m/s	40°C - 0.45 m/s	40°C - 0.55 m/s	40°C - 0.65 m/s	50°C - 0.45 m/s	50°C - 0.55 m/s	50°C - 0.65 m/s	
0	1,67	2,57	1,98	2,34	2,98	2,77	2,28	2,80	2,61	
1	1,58	1,87	1,74	1,86	2,47	1,52	1,10	1,26	1,51	
2	1,34	1,50	1,00	1,52	1,98	0,98	0,95	0,79	0,76	
3	1,04	0,79	0,85	1,23	1,37	0,68	0,78	0,33	0,40	
4	0,86	0,53	0,74	0,96	1,10	0,44	0,36	0,23	0,36	
5	0,68	0,46	0,51	0,74	0,53	0,32	0,30	0,18	0,20	
6	0,62	0,38	0,50	0,64	0,48	0,25	0,18	0,12	0,11	
7	0,52	0,38	0,46	0,54	0,39	0,21	0,16			
8	0,32	0,13	0,38	0,44	0,34	0,14				
9	0,28	0,13	0,31	0,32	0,21	0,11				
10	0,26	0,22	0,27	0,25	0,18					
11	0,24	0,19	0,20	0,18	0,11					
12	0,23	0,18	0,17	0,15						
13	0,20	0,14	0,15	0,11						
14	0,17	0,12	0,11							
15	0,11									

W_s (Humedad inicial en base seca) =2.8 Kg/Kg

W_c (Humedad critica en base seca) = 0.18 Kg/Kg

W_f (Humedad final en base seca) = 0.12 Kg/Kg

θ_c (tiempo de secado a velocidad constante)=5 h

θ_t (Tiempo total de secado)= 6 h

W_t (peso del solido seco en el secador) = 42 Kg

A (área de la superficie de secado) = 21m²

La velocidad de secado a periodo constante es

$$Rc = \frac{10^3(Ws-Wc)W}{A\theta c} \quad \text{Ec. 5.3}$$

$$Rc = \frac{10^3(2,8 - 0,18)42kg}{21m^2 * 5 * 3600s}$$

$$Rc = 0.2911 \frac{g}{s * m^2}$$

Area efectiva expuesta del material ($\frac{A}{A^*}$) = 12

Calor latente de evaporacion (λ) = 2257 kJ/kg

El flujo másico de gas secado por unidad de area (G)= 1368 kg/ m² h

G = 0.7098 kg/sm²

$$\Delta T = \frac{Rc\lambda}{Gcg} * \frac{A}{A^*} \quad \text{Ec. 5.4}$$

$$\Delta T = \frac{0.2911 * 2257}{0.7098 * 1005} * 12$$

$$\Delta T = 11.052$$

$$Tgs = 50 - 11.052$$

$$Tgs = 38.94$$

$$(Tg - Twb)lm = \frac{\{(Tgin - Twb) - (Tgout - Twb)\}}{2.303 * \log \frac{(Tgin - Twb)}{(Tgout - Twb)}}$$

$$(Tg - Twb)lm = \frac{\{(50 - 23) - (39 - 23)\}}{2.303 * \log \frac{(50 - 23)}{(39 - 23)}}$$

$$(Tg - Twb)lm = 21.014 C$$

$$hc = \frac{Rc\lambda}{(Tg - Twb)lm}$$

$$hc = \frac{0.2911 * 2257}{11.52}$$

$$hc = 31.26 \frac{W}{m^2C}$$

$$W_{gsal} = W_{gin} + \frac{Rc * 10^3}{G} * \frac{A}{A^*}$$

$$W_{gsal} = 0.00657 + \frac{0.2911 * 10^{-3}}{0.7098} * 12$$

$$W_{gsal} = 0.011$$

5.2.1 PARA LA VELOCIDAD DECRECIENTE

Para la realización de esta etapa es necesario el previo conocimiento de las curvas características de secado por lo que el modelo de dicha curva se presenta a continuación ver figura 5.3.

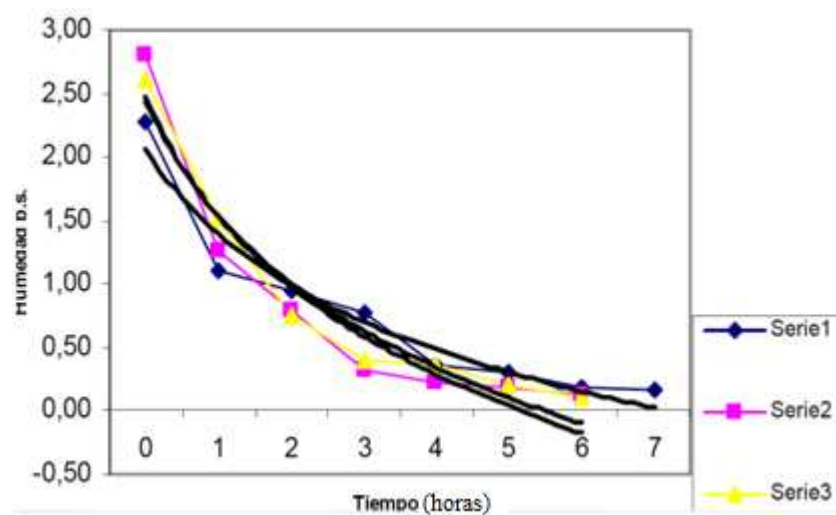


Figura 0.3 Curvas de secado

Tabla 0.3 Ecuaciones características

Secador de Túnel						
Temp. (°C)	Velocidad de aire (m/s)					
	0.45		0.55		0.65	
	Ecuación	R ²	Ecuación	R ²	Ecuación	R ²
30	-0,6488Ln(x) + 1,8760	0,9658	-0,9176Ln(x) + 2,346	0,9220	-0,7108Ln(x) + 1,9468	0,9615
40	-0,8937Ln(x) + 2,4155	0,9945	-1,2798Ln(x) + 3,143	0,9705	-0,7108Ln(x) + 1,9468	0,9615
50	-0,8937Ln(x) + 2,4155	0,9945	-1,2798Ln(x) + 3,143	0,9705	-1,1082Ln(x) + 2,4164	0,9410

$$T_{gout} = T_{gin} - \frac{dW\lambda}{d\theta G c_g} * \frac{A}{A^*}$$

La humedad del aire de salida resulta

$$W_{gsal} = W_{gin} + \frac{dW * 10^3}{d\theta * G} * \frac{A}{A^*}$$

Tabla de resultados

En la tabla 5.4 se muestran los resultados para la velocidad decreciente.

Tabla 0.4 Resultados para la velocidad decreciente

Ec (-1,1082Ln(x) + 2,4164)			
Tin	θ(h)	Tout	Wout
50	5,1	41,7513983	0,01024361
50	5,2	41,9100253	0,01017297
50	5,3	42,0626663	0,01010498
50	5,4	42,209654	0,01003952
50	5,5	42,3512966	0,00997644
50	5,6	42,4878806	0,00991561
50	5,7	42,6196722	0,00985692
50	5,8	42,7469192	0,00980024

En la figura 5.4 se muestra los resultados de las propiedades del aire a T alta.

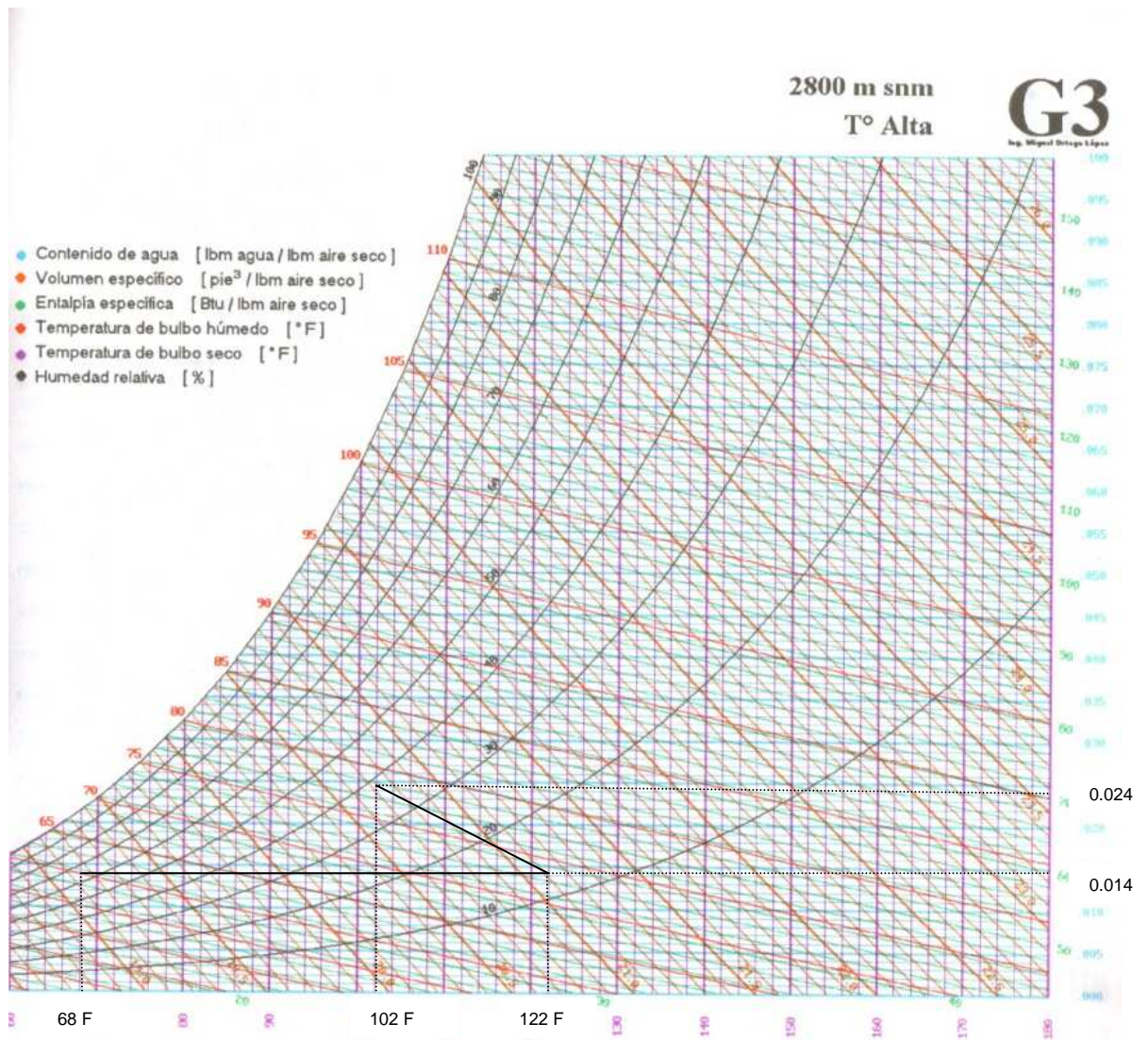


Figura 0.4 resultados de las propiedades del aire a T alta

Los parámetros de la figura 5.4 se los puede observar diferenciando por los colores respectivamente, cada parámetro tiene asignado un color.

Parámetros de la figura 5.4:

- ■ Contenido de agua (lbm agua/ lbm aire seco)
- ■ Volumen específico (pie³ / lbm aire seco)
- ■ Entalpía específica (Btu / lbm aire seco)
- ■ Temperatura de bulbo húmedo (°F)
- ■ Temperatura de bulbo seco (°F)
- ■ Humedad relativa (%)

5.3 DISEÑO DE LA CÁMARA DE SECADO

5.3.1 CONSIDERACIONES

La cámara de secado debe cumplir con ciertas especificaciones

- Almacenar el producto a secar.
- Distribuir uniformemente el aire de secado a través del producto para lograr su deshidratación homogénea.

De acuerdo a esto, el diseño se proyecta en base a los parámetros establecidos capítulos anteriores, en lo referente al área y carga de secado, para obtener los resultados deseados. A esto se suman las siguientes consideraciones realizadas:

La estructura es sencilla, para facilitar su construcción con materiales existentes en el mercado, a bajo costo.

Su disposición facilita las operaciones de carga y descarga del producto.

Su diseño ayudará y mejorará la circulación de aire para mejorar el secado.

5.3.2 DETERMINACIÓN DE LA GEOMETRÍA DE LA CÁMARA

Por facilidad de construcción, las cámaras de secado se proyectan de manera general con formas prismáticas para este tipo de sistema; por facilidad de construcción y existencia de materiales en el mercado.

5.3.3 SELECCIÓN DE MATERIALES

La selección de materiales está regida por las siguientes condiciones:

- Baja conductividad térmica de los materiales optimizando el rendimiento de la cámara.
- Los materiales deberán brindar rigidez y soporte suficientes a estructura.
- Existencia y facilidad de adquisición de materiales en el país.
- Costo relativamente bajo.

Para el revestimiento exterior se ha elegido utilizar planchas de acero, para conseguir de esta manera la rigidez deseada en la estructura.

5.3.4 DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE LA PARED Y PÉRDIDAS DE CALOR.

El determinar el espesor de pared tiene por objeto seleccionar tipos de materiales adecuados, consiguiendo disminuir las pérdidas de calor al mínimo para que la operación de la máquina sea óptima.

El espesor óptimo se establece dependiendo de las siguientes consideraciones:

- Flujo de calor unidimensional en estado estable a través de una pared plana compuesta.
- A pesar de que las áreas transversales al flujo de calor son variables, para cada material se considera el área media.
- Flujo de calor por convección en estado estable, entre la pared exterior y el aire.
- Se considera que la temperatura ambiente es de 20 °C.
- Se desprecian los efectos de radiación debido a que no tienen mayor influencia en la variación de los resultados.

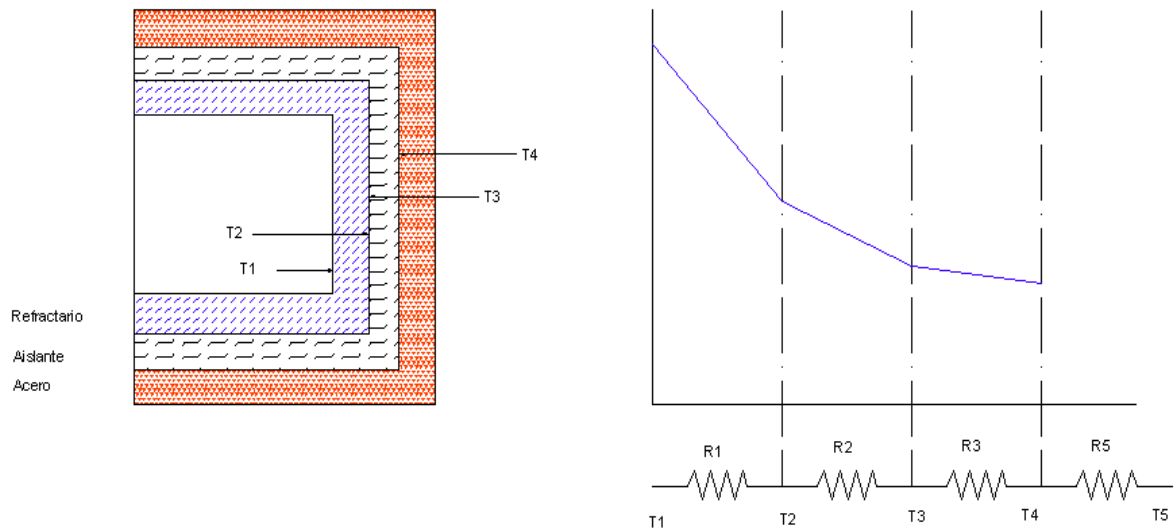


Figura 0.5 Descripción del sistema

Bajo estas condiciones, hay flujo continuo de calor desde los gases calientes hasta los alrededores, a través de la pared. El flujo de calor por conducción y convección está dado por las siguientes ecuaciones:

$$q = \frac{K_1 \cdot A_1}{e_1} (T_1 - T_2) \quad \text{Ec. 5.5}$$

$$q = \frac{K_2 \cdot A_2}{e_2} (T_2 - T_3) \quad \text{Ec. 5.6}$$

$$q = \frac{K_3 \cdot A_3}{e_3} (T_3 - T_4) \quad \text{Ec. 5.7}$$

$$q = h \cdot A_4 (T_4 - T_5) \quad \text{Ec. 5.8}$$

$$q = \frac{(T_1 - T_5)}{\left(\frac{e_3}{K_3 \cdot A_3} + \frac{e_2}{K_2 \cdot A_2} + \frac{e_1}{K_1 \cdot A_1} + \frac{1}{h \cdot 4} \right)} \quad \text{Ec. 5.9}$$

Q= calor cedido

K = coeficiente de conductividad térmica

e = espesor de la pared

A= area de la superficie en contacto

5.3.5 ESPECIFICACIÓN Y PARAMETROS DE LOS MATERIALES

5.3.5.1 Acero

La conductividad térmica para el acero inoxidable (tol) AISI 1040 es de 15.1 W/mK

Para el coeficiente de convección natural para el aire se ha estimado un valor experimental de 10 W/m K.

5.3.5.2 Refractario

Para el material refractario se escogió los ladrillos refractarios de arcilla 478 k tipo Split (229 * 114 * 320 mm)cuya conductividad térmica es 1 W/m °C siendo un material abundante en nuestro medio y por consiguiente barato .

5.3.5.3 Diatomita

Para el material aislante se selecciona la diatomita. Debido a las temperaturas de operación, se escoge el valor de conductividad térmica correspondiente a la temperatura de 94°C cuya conductividad térmica es 0.069 W/m °C

A continuación se da una introducción de la diatomita ya que no es muy común.

La diatomita es un mineral de origen sedimentario y organogénico, de composición silíceo, formado esencialmente por (exoesqueletos) de diatomeas. El mineral por lo general es de coloración clara, blanquecino, con una densidad aparente de 0,2 a 0,6 g/dm³ y de gran porosidad. El contenido de agua libre de una diatomita, puede variar desde menos del 1% g/g, hasta más del 60% g/g. Hay

un gran número de grupos de diatomitas que varían en su forma y disposición. La dureza de esta es de 7 (en una escala que coloca al diamante en 9). En la figura 5.6 da a conocer los parámetros de diseño que se necesita tener en la máquina.

Parámetros de Diseño		
Parámetro	Valor	Unidad
Refractario	1	W/m °C
Aislante	0,069	W/m °C
Acero	15	W/m °C
Aire	10	W/m °C
T1	50	°C
T5	20	°C

Figura 0.6 Parámetros de diseño

5.3.6 CÁLCULOS DE PÉRDIDAS DE LAS PAREDES DE LA CÁMARA DE SECADO.

Ejemplo de Cálculo

$$\begin{aligned}
 q \text{ pérdida} &= \frac{(T_1 - T_5)}{\left(\frac{e_3}{K_3 \cdot A_3} + \frac{e_2}{K_2 \cdot A_2} + \frac{e_1}{K_1 \cdot A_1} + \frac{1}{h \cdot h_4} \right)} && \text{Ec. 5.10} \\
 &= \frac{(50 - T_5)}{\left(\frac{0.02}{15 \text{ W/m}^\circ\text{C} \cdot 5 \text{ m}^2} + \frac{0.032}{1 \text{ W/m}^\circ\text{C} \cdot 5 \text{ m}^2} + \frac{0.1}{0.069 \text{ W/m}^\circ\text{C} \cdot 5 \text{ m}^2} + \frac{1}{1 \text{ W/m}^\circ\text{C} \cdot 5 \text{ m}^2} \right)} \\
 q \text{ pérdida} &= 95.9 \text{ W}
 \end{aligned}$$

Entonces se tiene el siguiente resultado tabla 5.5 y 5.6:

Tabla 0.5 Resultados por las pérdidas de las paredes frontal y trasera

Pérdidas por las paredes frontal y trasera			
Esesor del aislante(e1)	Esesor del refractario (e2)	Esesor del acero	Calor perdido
0,01	0,032	0,002	541,3972758
0,05	0,032	0,002	175,0759508
0,1	0,064	0,002	92,97086374
0,15	0,096	0,002	63,28990077
0,2	0,128	0,002	47,9741468
0,25	0,16	0,002	38,62672477
0,3	0,192	0,002	32,32786893
0,35	0,224	0,002	27,79529344
0,4	0,256	0,002	24,37742184
0,45	0,288	0,002	21,7080707
1,45	0,32	0,002	6,998022704
2,45	0,352	0,002	4,1713734
3,45	0,384	0,002	2,971230565
4,45	0,416	0,002	2,307376838

Tabla 0.6 Resultados por las pérdidas de las paredes laterales

Pérdidas por las paredes Laterales			
Esesor del aislante(e1)	Esesor del refractario (e2)	Esesor del acero	Calor perdido
0,01	0,032	0,002	1028,654824
0,05	0,032	0,002	332,6443066
0,1	0,064	0,002	176,6446411
0,15	0,096	0,002	120,2508115
0,2	0,128	0,002	91,15087892
0,25	0,16	0,002	73,39077706
0,3	0,192	0,002	61,42295098
0,35	0,224	0,002	52,81105753
0,4	0,256	0,002	46,3171015
0,45	0,288	0,002	41,24533434
1,45	0,32	0,002	13,29624314
2,45	0,352	0,002	7,92560946
3,45	0,384	0,002	5,645338073
4,45	0,416	0,002	4,384015991

Se escoge los siguientes espesores para las paredes de atrás y adelante:

Tabla 0.7 Elección de espesores

e1	0.1m
e2	0.064m
e3	0.002m

Se escoge los siguientes espesores para las paredes laterales:

Tabla 0.8 Elección de espesores

e1	0.1m
e2	0.064m
e3	0.002m

Se escoge los siguientes valores para las paredes superior y del piso:

Tabla 0.9 Elección de espesores

e1	0.1 m
e2	0.064m
e3	0.002m

En la tabla 5.10 se muestra las pérdidas por la puerta

Tabla 0.10 Pérdidas por la puerta

PERDIDAS POR LA PUERTA	
Espesor del acero	Calor perdido
0.05	9.30899
ciprés	0.097
Área	3.2

5.3.6.1 Dimensiones y material a usar en las paredes laterales

5.3.6.1.1 Dimensiones de paredes laterales

Las paredes laterales tanto derecha como izquierda tienen la misma geometría como su tipo de material, los cuales se detallan a continuación.

Dimensiones de acero inoxidable (tol) AISI 1040

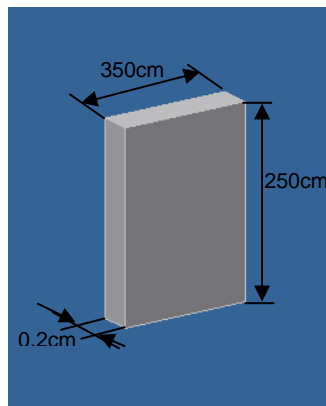


Figura 0.7 Pared de acero

Se especifican las dimensiones de la pared de acero que va en la parte exterior de de la cámara de secado.

Dimensiones de la pared de ladrillos refractarios de arcilla

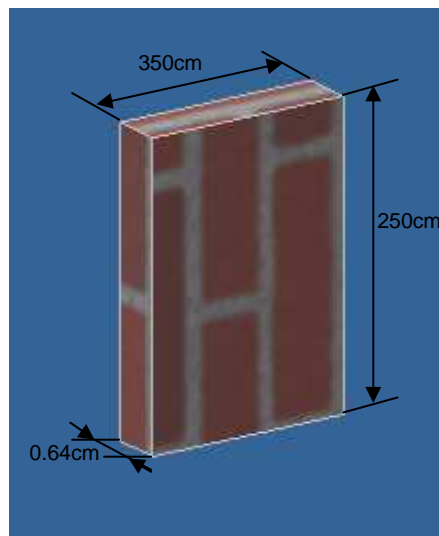


Figura 0.8 Pared de ladrillo

Se especifican las dimensiones de la pared de ladrillos de material refractario.

Dimensiones de la pared aislante(diatomita)

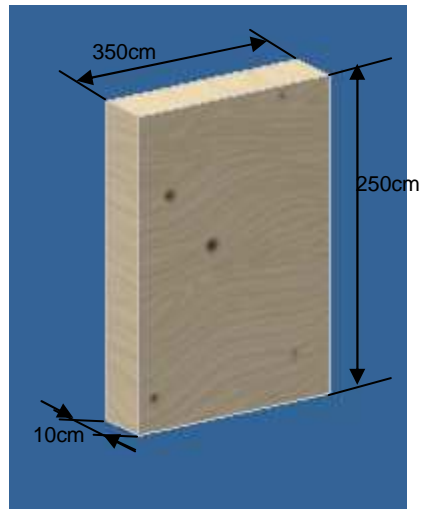


Figura 0.9 Pared de diatomita

Se especifican las dimensiones de la diatomita que es el aislante en la cámara de secado.

Pared completa ensamblada

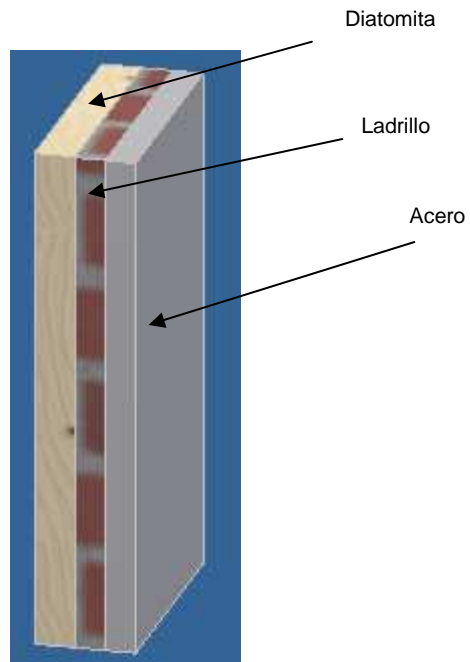


Figura 0.10 Ensamble de la pared lateral de la cámara de secado

En la figura 5.10 se muestra el ensamble de la pared con los tres tipos de material que van a ir ubicados respectivamente.

5.3.6.1.2 Dimensiones de la pared de atrás de la cámara de secado.

Se detallan las dimensiones y materiales a ser ocupados en la pared posterior de la cámara de secado, el material es el mismo en todas las paredes de horno, en cuanto a la geometría de las tres capas del material, su espesor es el mismo ya que en los cálculos se tomó en cuenta que la transferencia de calor es uniforme en todas las paredes de la cámara de secado, tanto el ancho como su altura se detalla a continuación (figura 5.11).

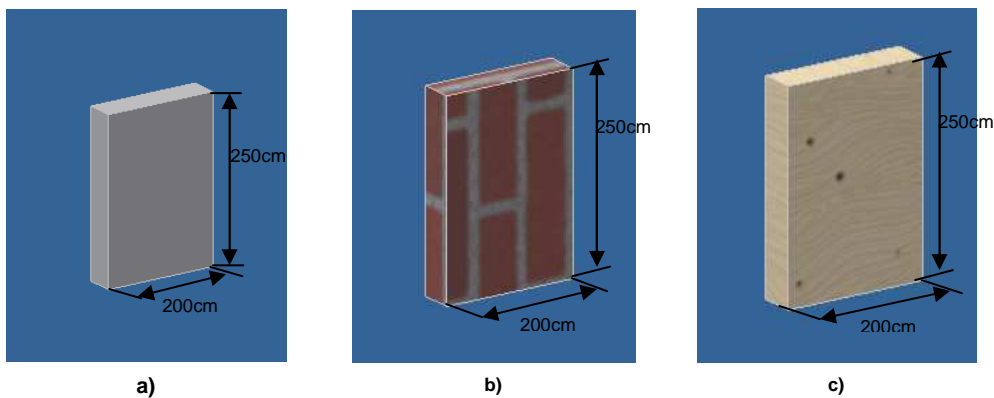


Figura 0.11 a) pared de acero de la parte de atrás. b) Pared de ladrillo de la parte de atrás. C) Pared de diatomita de la pared de atrás.

5.3.6.1.3 Dimensiones pared frontal

Esta pared está ubicada en la parte donde se encuentra colocada la puerta de la cámara de secado y la cual esta perforada en todas las capas de la pared con dos agujeros que tienen el mismo diámetro que es de 10cm, esto ayuda para la succión de aire del ventilador y además es preformada con respecto a la puerta. Cabe mencionar que las dimensiones de todas las capas son iguales respectivamente como se indicó en las figuras 5.8. En la parte que se señala como en la figura 5.12 está colocado un material que permite que se cierre herméticamente la puerta, este material está colocado en todas las capas de la pared, más adelante se detalla. A continuación se muestra la geometría de las

capas de la pared. Cabe mencionar que son iguales las tres capas se detalla solo una de ellas, en la figura 5.12.

Dimensiones de las paredes: acero inoxidable (tol) AISI 1040, ladrillo, diatomita.

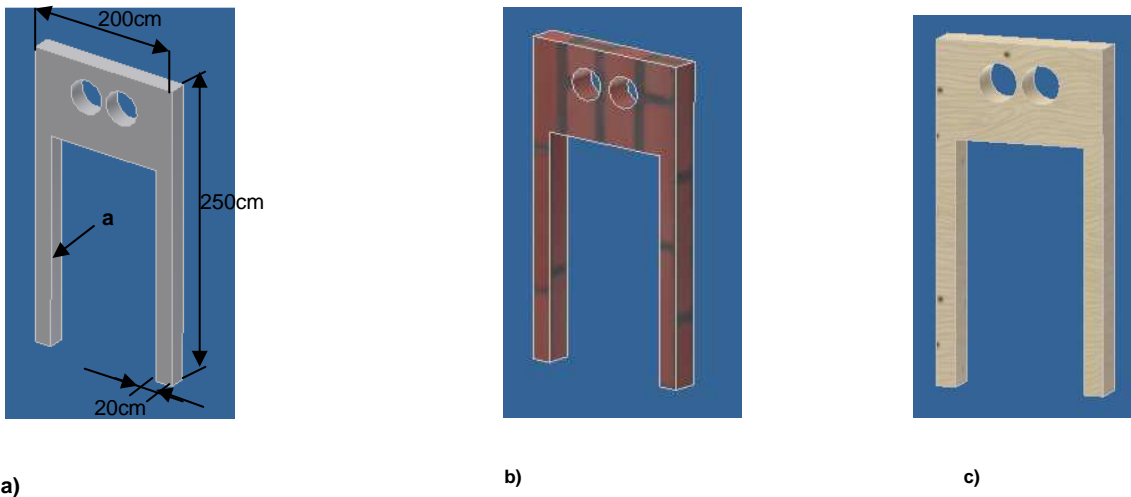


Figura 0.12a) Pared de acero parte frontal. b) Pared de ladrillo. C) Pared de diatomita.

Pared frontal ensamblada

A continuación se muestra gráficamente en la figura 5.13 de la totalidad de la pared frontal.

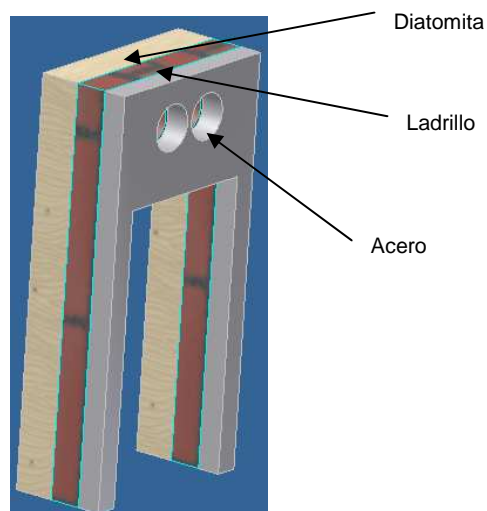


Figura 0.13 Pared frontal ensamblada.

5.3.6.2 Dimensiones de base de la cámara de secado.

Como se menciona en los apartados anteriores el material de cada una de las capas va a ser el mismo, la única diferencia es que en esta capa no se pondrá la diatomita porque la base está soportando peso y que mejor aislante que el suelo y para ayuda al deslizamiento de los carros transportadores de las bandejas se pone la capa de ladrillo en contacto con el suelo y la capa de acero en contacto con el flujo de aire de la cámara de secado, como todas las capas tienen la mismas dimensiones en cuanto a lo alto y ancho se detalla solo de una, los anchos son los mismos de las capas anteriores como. A continuación se detalla la geometría de las mismas (figura 5.14).

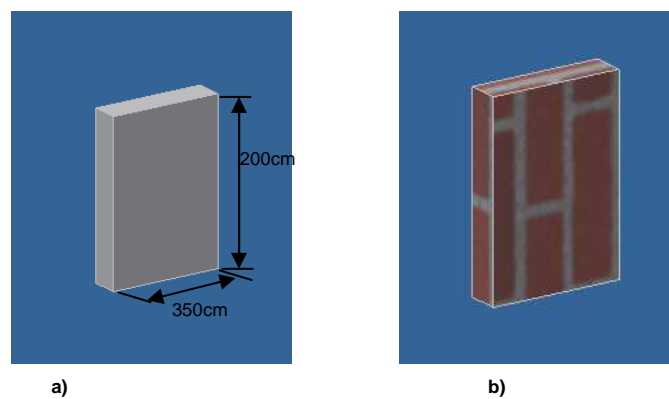


Figura 0.14. a) Base de acero. b) Base de ladrillo.

Pared ensamblada del piso de la cámara de secado

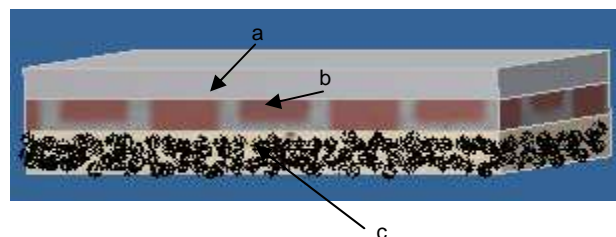


Figura 0.15Ensamble del piso de la cámara de secado.

a= plancha de acero

b= capa de ladrillo

c= suelo

5.3.6.3 Dimensiones de la parte superior de la cámara de secado

La parte superior se diferencia con el resto en que tiene una perforación de un diámetro de 30cm es la abertura en donde está colocada la chimenea y la válvula de tiro, los materiales son los mismos que las paredes anteriores ya descritas en cuanto al acero, y diatomita con sus respectivos anchos, en éste caso la pared de ladrillo es despreciada debido al peso y que el techo no está sometido a las mismas temperaturas en sí por la cámara, ya que este soportará el fluido de entrada de aire, en la figura 5.16 se muestra la geometría y función de la misma. Como todas las capas tienen la misma forma geométrica excepto en el ancho se detalla solo una de las placas.

A continuación se detalla la geometría de la parte superior de la cámara de secado como la circulación de aire en la cámara.

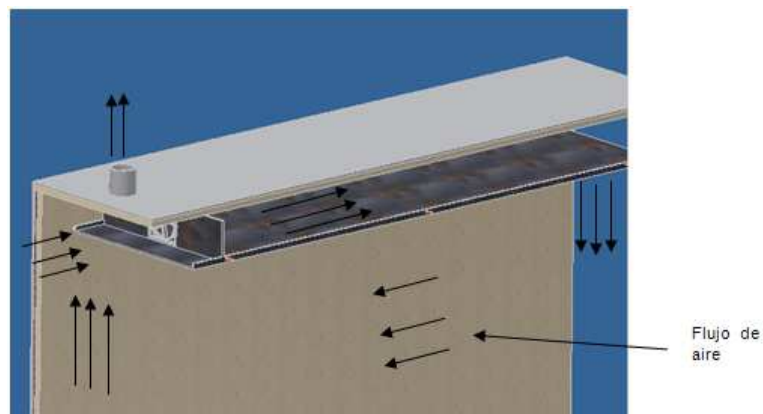


Figura 0.16 Circulación de aire

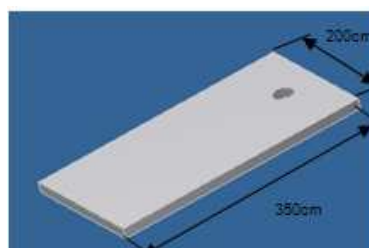


Figura 0.17. Plancha de acero.



Figura 0.18Diatomita

5.3.7 SELECCIÓN DE LA CHIMENEA DE LA CÁMARA DE SECADO

Para la selección de la chimenea no es necesario realizar algún tipo de cálculo, se usa un criterio de ingeniería, la chimenea no está sometida a ningún esfuerzo, el trabajo que va a realizar es de ayudar a dar una mejor dirección al aire caliente que va a salir de la cámara, ésta se obtiene rolando una plancha de acero galvanizado ASTM A653 (tol) de 1mm de espesor, como se encuentra en la intemperie se necesita que no se oxide , el diámetro es de 30cm, está soldada a la plancha exterior de acero de la parte superior de la cámara de secado, ver figura 5.19 . En la figura 5.20 se muestra la chimenea soldada con la plancha de acero galvanizado ASTM A653 (tol), se usa soldadura con cordón de media luna.

A continuación se da a conocer la geometría de la chimenea:

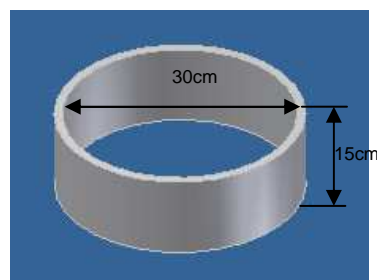


Figura 0.19Chimenea

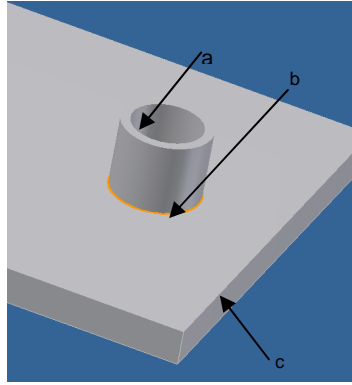


Figura 0.20 Soldadura chimenea con techo de cámara de secado.

a= chimenea

b= soldadura con cordón de media luna

c= techo de la cámara de secado, plancha exterior acero inoxidable (tol) AISI 1040.

5.3.8 DESCRIPCIÓN DE LA CÁMARA DE SECADO

Al considerar todas las alternativas de tipos de secadores discontinuos, se escoge la disposición mostrada en la figura 5.21, también esta figura representa la disposición de todos los elementos que conforman la cámara de secado.

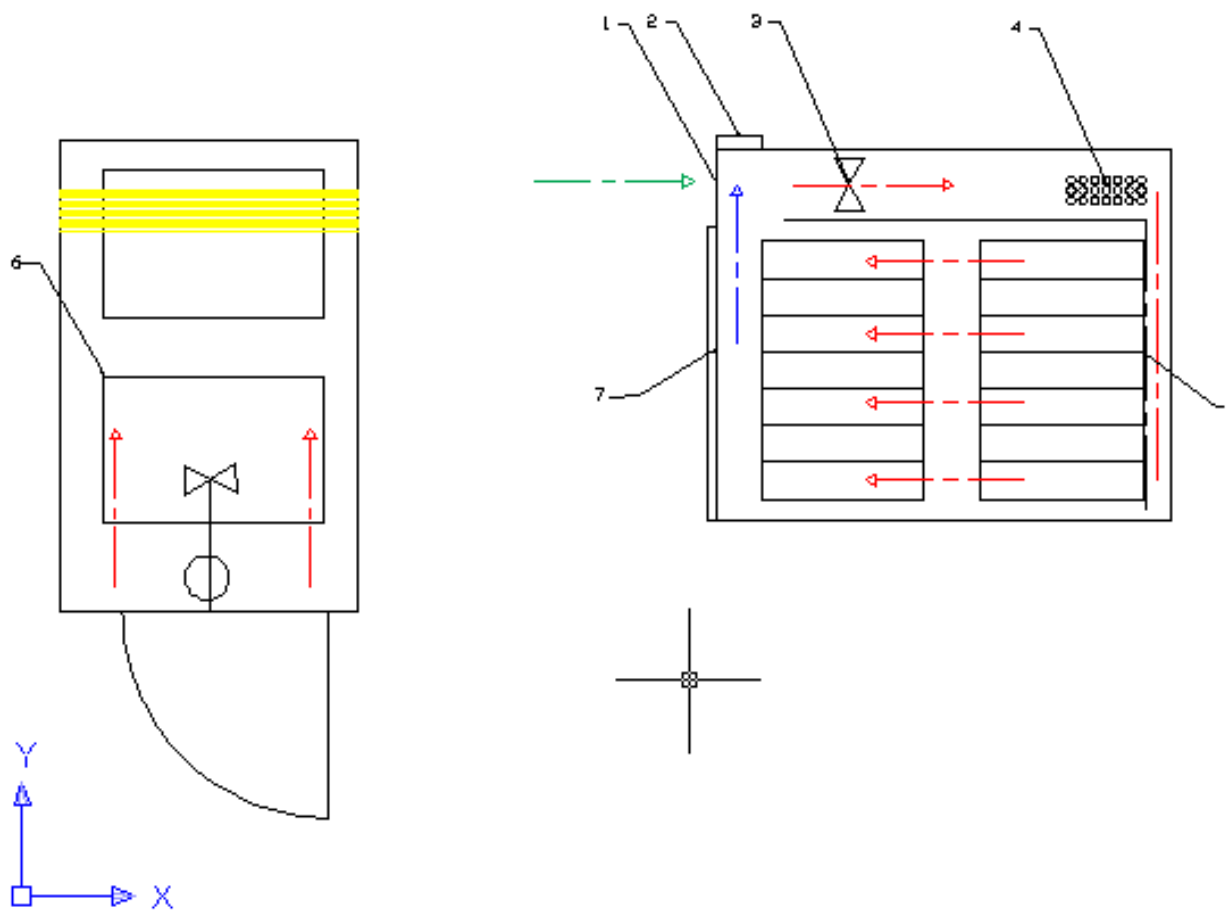


Figura 0.21. Descripción de la cámara de secado.

1. Entrada de aire
2. Ventolera de salida del aire
3. Ventilador
4. Serpentines de calefacción
5. Persianas ajustables
6. Ubicación de los bastidores móviles

La circulación del aire se encuentra representada por el siguiente esquema (figura 5.22).

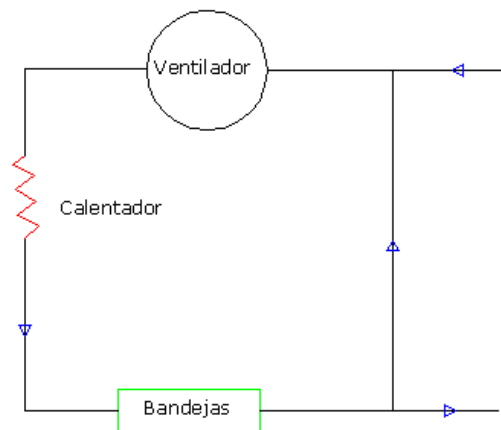


Figura 0.22 Circuito de circulación del aire.

Esta disposición de los elementos es muy conveniente, el sistema de calefacción está fuera de la cámara donde es ubicado el material, también presenta la disposición típica de un secador de 2 bastidores.

5.3.8.1 Entrada del aire

La entrada de aire se da por dos agujeros que se tienen en la parte superior de la pared frontal de la cámara de secado, estos permiten que el ventilador pueda succionar aire del exterior y hacer circular por la cámara de secado.

5.3.8.2 Ventoleras de salida del aire

Estas ventoleras permiten evacuar el aire húmedo proveniente del producto. Deben estar localizadas lo más alto posible para mejorar el efecto de chimenea que se crea en la cámara.

Durante las operaciones de secado debe permanecer abiertas siempre.

5.3.8.3 Puerta

La puerta de la cámara de secado debe ser lo suficientemente ancha para brindar facilidad la entrada y la salida de los bastidores móviles. Por otro lado evita el enfriamiento de la cámara en la parte superior, obteniéndose un efecto de chimenea requerido.

Su construcción se realiza de madera por motivo de aislamiento térmico y bajo costo.

A continuación se detalla las características de la puerta que se necesita para la cámara de secado.

- Las dimensiones tienen que ser 160cm x 160cm.
- Debe ser un buen aislante térmico.

Para lo cual se decide:

Madera: se elige este material para la puerta.

Bisagras: es un herraje compuesto de dos piezas unidas entre sí por un eje o un mecanismo de forma que fijadas a dos elementos, permiten el giro de uno respecto al otro. Se utilizan principalmente para puertas y tapas, pero pueden tener más aplicaciones. Son muchísimos los tipos de bisagras que existen. Para la función de esta puerta la mejor opción es el tipo siguiente:

- Bisagras de libro

Son de las más usadas por su sencillez y funcionalidad. Existen multitud de tipos de bisagras de libro (rústicas, de latón, inoxidable, etc.) y en infinidad de tamaños, pero todas se basan en lo mismo, dos hojas que se abren (como un libro) y que pueden atornillarse a los cantos o a los laterales de los tableros a unir, según el tipo de bisagra y según como se quiera que sea la apertura. En la figura 5.23 se muestran los diferentes tipos de bisagras.

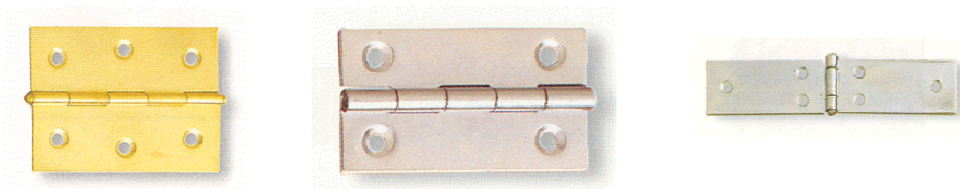


Figura 0.23 Bisagras

Para seleccionar la correcta bisagra se debe ver en el catálogo correspondiente el peso que puede soportar la misma. Ver anexo A6.

- Marco: El marco es de madera y está empernado en la pared frontal de la cámara de secado.

5.3.8.4 Ventilador

5.3.8.4.1 Selección del ventilador

Los factores que intervienen en la elección de un ventilador son el caudal de aire, la presión estática, la densidad de aire, el nivel de ruido, espacio disponible, naturaleza de la carga y el uso al que está destinado.

Por la naturaleza de la carga y de acuerdo a la aplicación práctica de este caso, se consideran los siguientes puntos para su selección:

- Se requiere seleccionar un ventilador de alto rendimiento
- El ventilador se seleccionará que tenga capacidad de generar caudales bajos de aire.
- Debe ser de fácil instalación
- Que su nivel de ruido no exceda los 100DB
- Por seguridad del equipo, no se debe sobrecargarse al motor de impulsión en funcionamiento.

5.3.8.4.2 Pérdidas por fricción

Las pérdidas de fricción están relacionadas con la viscosidad del fluido y son resultado del cambio del momento molecular en el flujo laminar y entre el movimiento de las partículas a diferentes velocidades para el flujo turbulento.

$$\Delta p_f = f \left(\frac{L}{D_h} \right) \frac{\rho V^2}{2} \quad \text{Ec. 5.11}$$

Δp_f = Perdidas de fricción en términos de la presión total.

F = Factor de fricción.

L = Longitud el ducto m

Dh = Diámetro hidráulico.

ρ = Densidad Kg/m³

V = Velocidad m³/seg

$$D_h = 4 P / A \quad \text{Ec. 5.12}$$

D_h = diámetro hidráulico

A = Área del ducto = 2 m * 0.47 m = 0.94 m²

P = Perímetro de la sección = 2m + 2m + 0.47m + 0.47 m = 4.94 m

$$D_h = 4 * \frac{0.94m^2}{4.94m}$$

$$D_h = 0.76 \text{ m}$$

Donde para flujo turbulento el factor de fricción depende del número de Reynolds.

$$\frac{1}{f^{0.5}} = -2 \log \left[\frac{\epsilon}{D_h} + \frac{2.51}{Re f^{0.5}} \right] \quad \text{Ec. 5.13}$$

ϵ = Rugosidad del material Re = Número de Reynolds.

$$Re = \frac{D_h * V}{\nu} \quad \text{Ec. 5.14}$$

ν = viscosidad cinemática

$$Re = \frac{0.76 * 0.65}{1.8 * 10^{-5}}$$

$$Re = 15269.6$$

Tabla 0.11 Cuadro de resultados

f	1/f ^{0,5}	$-2\log\left[\frac{\epsilon}{D_h} + \frac{2.51}{Re f^{0.5}}\right]$
0,01	10	5,931782145
0,02	7,071067812	5,938406979
0,029	5,872202195	
0,02834	5,940186453	5,940366222
0,03	5,773502692	5,940626534
0,035	5,345224838	5,941261735
0,05	4,472135955	5,94240627
0,06	4,082482905	5,942851775
0,07	3,77964473	5,943170132
0,08	3,535533906	5,943408977
0,09	3,333333333	5,94359479
0,1	3,16227766	5,943743469
0,11	3,015113446	5,943865135
0,12	2,886751346	5,943966536
0,13	2,773500981	5,944052347
0,14	2,672612419	5,944125905
0,15	2,581988897	5,94418966
0,16	2,5	5,94424545
0,17	2,42535625	5,94429468

Como se puede leer en la tabla 5.11 el factor de fricción es de 0.02834

$$\Delta p_f = f \left(\frac{L}{D_h} \right) \frac{\rho V^2}{2} \quad \text{Ec. 5.15}$$

$$\Delta p_f = 0.028 \left(\frac{3}{0.76} \right) \frac{1.092 * 0.65^2}{2}$$

$$\Delta p_f = 5.43 \text{ Pa}$$

$$\Delta p_f = 0.02187$$

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{V_1^2}{2} + g z_1 + W = \frac{P_3}{\rho} + \frac{V_3^2}{2} + g z_3 + g H_{T1} \quad \text{Ec. 5.16}$$

P1 = Presión atmosférica.

P3 = Presión atmosférica.

$$P1=P3$$

Z1 y Z3 alturas despreciables

Dado que las velocidades son pequeñas V1 y V3 se consideran despreciables

La expresión queda de la siguiente manera

$$W = H_{T1} \quad \text{Ec. 5.17}$$

$$W = 0.1818''$$

Donde : W = trabajo

H_{T1} = altura

5.3.8.4.3 Requerimientos del ventilador y corrección por altura.

De acuerdo a lo establecido en los capítulos anteriores el ventilador debe impulsar un caudal de 0,65 m³/s.

Las tablas y curvas de los ventiladores están basadas en las condiciones atmosféricas normales del aire: 20°C y 760 mm Hg de presión barométrica. Para seleccionar el ventilador adecuado es necesario transformar las condiciones de operación a unas condiciones equivalentes de operación con aire en condiciones normales.

El procedimiento de selección es el siguiente:

- Se obtiene el factor de densidad de la tabla mostrada en el apéndice 1. para las condiciones de presión y temperatura de la localidad.
- Se corrige la presión estática dada dividiéndola para el factor de densidad y se obtiene la presión estática equivalente en condiciones normales de aire.

El caudal no se necesita corregir, por cuanto se trabaja con el caudal propio de la localidad de Quito.

Tabla 0.12 Parámetros para la selección del ventilador

Parámetro	Valor de diseño	Valor corregido (condición estándar)
Factor de densidad	0.688	N/A
Caudal	0,62 m ³ /s(1322 pie ³ /min)	N/a
Condiciones de operación	2800 m a 20 C	Nivel del mar a 20
Presión estática	0.1818"	0.2643"

A continuación se indica la tabla 5.13 con datos de algunos ventiladores:

Tabla 0.13 Tabla de modelos de ventiladores a seleccionar. ²⁰

Número de Modelo	Motor HP	RPM	Vatios		Sones		PCM / Presión Estática en Pulgadas CA										
			Max. BHP	@ F.A.	0.000	0.050	0.100	0.125	0.150	0.200	0.250	0.300	0.375	0.500	0.625		
					PCM	PCM	PCM	PCM	PCM	PCM	PCM	PCM	PCM	PCM	PCM	PCM	
S1-8-424-G	1/8	1350*	28 W	3.2	300	263	190										
S1-8-426-D	1/80	1550*	39 W	3.7	310	282	231	190	140								
S1-8-428-P	1/40	1650*	53 W	3.9	329	302	266	237	214	149							
S1-8-440-E	1/100	1050	50 W	1.5	311	224	126	100									
S1-8-440-G	1/40	1350	55 W	3.5	399	354	256	198	174	138							
S1-8-440-D	1/25	1550	75 W	4.9	459	419	351	307	255	198	167	115					
S1-10-424-D	1/50	1550*	45 W	4.6	575	525	462	407									
S1-10-426-P	1/30	1650*	55 W	4.8	590	551	502	468	428								
S1-10-428-P	1/20	1650*	78 W	5.2	606	573	536	511	484	407	272	249	213				
S1-10-440-E	1/40	1050	105 W	3.2	626	533	361										
S1-10-440-G	1/20	1350	135 W	4.9	804	738	655	615	564								
S1-10-440-D	1/12	1550	170 W	5.9	924	869	800	763	726	641							
S1-12-426-D	1/10	1550*	105 W	6.6	1113	1055	975	929	877	748	609						
S1-12-436-G	1/10	1350*	120 W	7.5	1269	1202	1101	1048	973	779	359						
S1-12-432-E	1/20	1050	125 W	4.3	981	877	744	678	622	463							
S1-12-432-G	1/12	1350	170 W	6.0	1262	1185	1097	1037	986	886	798	721					
S1-12-432-D	1/8	1550	190 W	7.5	1449	1382	1309	1271	1224	1129	1042	952	860				
S1-12-432-C8	1/8	860	0.027	4.0	804	664	511	438									
S1-12-432-B6	1/6	1160	0.068	4.8	1084	991	872	816	755	660	503						
S1-12-432-A4	1/4	1750	0.220	8.7	1636	1577	1515	1481	1447	1365	1282	1207	1085	947			
S1-14-440-C8	1/8	860	0.069	5.9	1189	1055	919	711	649	551	408						
S1-14-440-B6	1/6	1160	0.153	7.3	1604	1493	1406	1350	1297	1207	908	837	720				
S1-14-432-A4	1/4	1750	0.29	12.9	2404	2351	2299	2273	2245	2189	2134	2052	1912	1636			
S1-14-436-A3	1/3	1750	0.39	14.8	2734	2674	2615	2585	2553	2487	2422	2340	2192	1829	1220		
S1-16-436-C8	1/8	860	0.123	7.4	2003	1876	1732	1621	1433	1037	849	705					
S1-16-426-B6	1/6	1160	0.15	7.5	2108	2027	1942	1894	1846	1725	1588						
S1-16-428-B6	1/6	1160	0.19	7.6	2235	2148	2058	2012	1964	1840	1710	1534	1126				
S1-16-436-B4	1/4	1160	0.29	9.5	2702	2609	2512	2461	2410	2281	2067	1761	1359	1049			
S1-16-421-A3	1/3	1750	0.38	13.5	2552	2506	2461	2438	2415	2367	2309	2252	2143	1916			
S1-16-428-A5	1/2	1750	0.60	15.3	3372	3315	3257	3228	3199	3140	3078	3016	2908	2700	2468		
S1-16-436-A7	3/4	1750	0.87	16.6	4076	4015	3954	3923	3892	3828	3760	3693	3591	3349	2902		
S1-18-434-C8	1/8	860	0.15	8.7	2661	2464	2202	2032	1874	1346							
S1-18-436-C6	1/6	860	0.19	9.2	2778	2595	2319	2102	1963	1385	1108	912					
S1-18-424-B6	1/6	1160	0.20	9.5	2800	2690	2568	2501	2427	2257	2025						

²⁰ Ventiladores axiales para paredes Greenheck 2004

Se escoge el ventilador correcto en el catalogo, se muestra en otro color el seleccionado ver tabla 5.13.

5.3.8.4.4 Descripción de ventilador escogido

Nivel 1- Modelos S1

Panel/Marco de Transmisión - Acero galvanizado con venturi de una pieza tamaños de 8-12; velocidades de motor D, G, y E - protección de alambrado/soporte estructural con soldadura reforzada y acabado en zinc (pintura opcional).

Tamaños 12-24; velocidades de motor A, B, & C - barras de acero atornilladas y plataforma del motor (pintura opcional).

Hélice - Aspas de Aluminio remachadas al centro con acero.

Motores - De uso pesado, lubricado permanentemente, rodamientos tipo manga en tamaños 8-12 y rodamientos tipo caja de bola en tamaños 14-24.

En la tabla 5.14 se muestra los diferentes tamaños de ventiladores con sus respectivas características, las cuales se encontraron en un catálogo de ventiladores.

Tabla 0.14 Tamaños de ventiladores con sus características.²¹

Tamaño Vent.	Espesor Panel Vent.	Espesor Marco Trans.	Tamaño Máx. del Motor	Peso (lbs.)
8	18	-	48	12
10	18	-	48	16
12	18	14*	48	20
14	18	14	56	27
16	16	14	56	30
18	16	14	56	35
20	16	14	145T	39
24	16	14	145T	45

²¹ Ventiladores axiales para paredes Greenheck 2004

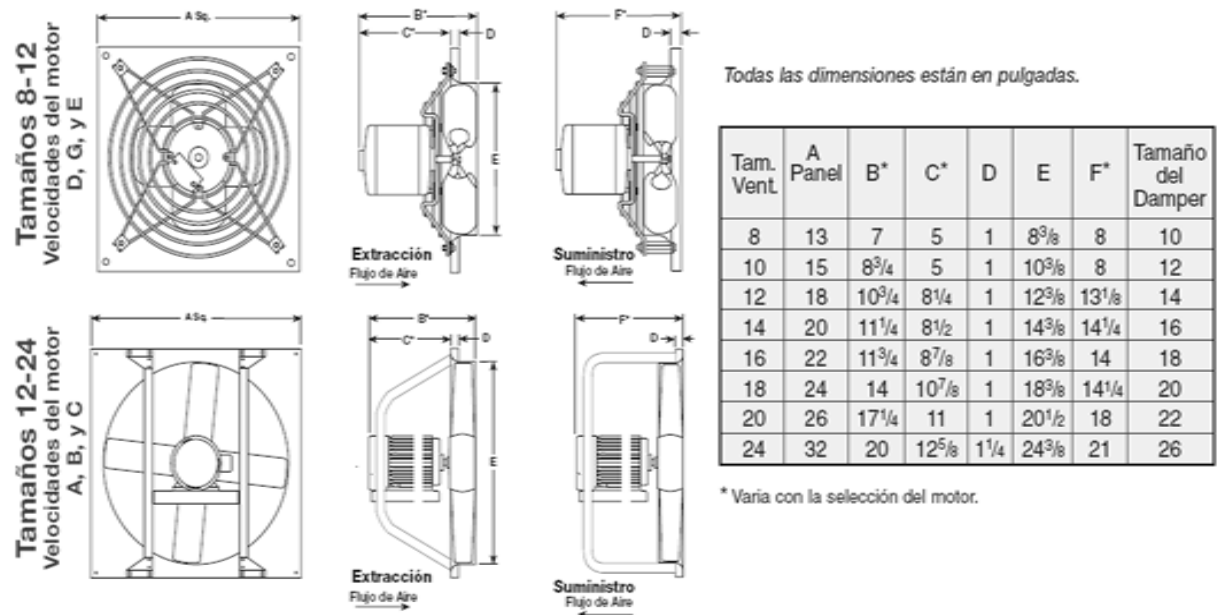


Figura 0.24. Características de la bomba elegida.

5.4 RESISTENCIA ELÉCTRICA DE NICROM.

El tiempo y tipo de secado depende de la temperatura del aire generado por el ventilador, por lo que es necesario contar con un sistema que permita el calentamiento del aire a su paso. Para este secador se decidió utilizar hilo de resistencia eléctrica de Nicrom fabricada por la empresa mexicana Mikai, esta resistencia se caracteriza por generar una gran cantidad de potencia calorífica la cual es controlada electrónicamente, permite generar el calor suficiente y necesario para calentar el aire.

Antes de escoger el arreglo de las resistencias primero es necesario determinar el coeficiente de transferencia de calor.

5.4.1 RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

Básicamente el resistor no es más que un conductor imperfecto que presenta una cierta dificultad intrínseca al paso de la corriente eléctrica. Su mayor o menor oposición de la corriente depende del material con el que se haya construido.

Su valor se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$R = \rho \left(\frac{L}{S} \right) \quad \text{Ec. 5.18}$$

$$R = \left(\frac{1}{\sigma} \right) \left(\frac{L}{S} \right) \quad \text{Ec. 5.19}$$

Siendo:

R = resistividad en $\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$.

L = longitud en m.

S = sección transversal en mm^2 .

σ = conductividad.

R es una magnitud que mide la propiedad de los cuerpos por la cual poseen electrones libres en la banda de conducción. Además de la propia naturaleza del material, la resistividad también depende de la temperatura. La resistividad de un cuerpo se expresa en $\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$.

A continuación se relacionan los valores de resistividad de algunos materiales y aleaciones en condiciones normales de temperatura:

Tabla 0.15 Cuadro de resistividad eléctrica

Aleación	Resistividad (en $\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$)
Cromo-Níquel	1.1
Constatan	0.5
Manganina	0.43
Megapyr	1.4
Maillechort	0.35

La resistencia que ofrece un conductor al paso de la corriente eléctrica varía en función de la temperatura. La fórmula que refleja esta variación es la que sigue:

$$R_f = R_i [1 + \alpha (t_f - t_i)] \quad \text{Ec. 5.20}$$

R_f = resistencia final en Ohmios.

R_i = resistencia inicial en Ohmios.

α = coeficiente de temperatura en $1/^\circ\text{C}$.

t_f = temperatura final en grados Celsius.

T_i = temperatura inicial en grados Celsius.

El coeficiente de temperatura es positivo en el caso de que el conductor sea un metal puro, por lo que su resistencia aumenta al hacerlo la temperatura.

Antes de escoger el arreglo de las resistencias primero es necesario determinar el coeficiente de transferencia de calor, de esta manera se conoce los requerimientos del sistema.

$$C_f = 0.664P_r^{-1/2} \quad \text{Ec. 5.21}$$

Donde

C_f = Coeficiente de fricción local.

P_r = Numero de Prandtl

$$C_f = 0.664 * 6.58^{-0.5}$$

$$C_f = 0.258$$

$$h = \frac{C_f \rho v C_p}{2P_r^{2/3}}$$

$$h = \frac{0.781 * 1.092 \text{ kg/m}^3 * 0.65 \text{ m/s} * \frac{1.007 \text{ kJ}}{\text{kg} * \text{c}}}{2 * 0.7228^{2/3}}$$

$$h = 2.38 \text{ W/m}^2\text{c}$$

el calor necesario q^*

$$q^* = m_a^* C_p (t_2 - t_1)$$

m_a^* = Flujo másico de aire

t_1 = Temperatura de entrada del aire

t_2 = Temperatura de salida del aire

$$m_a^* = v * \rho * A$$

$$m_a^* = 0.65m/s * 1.092kg/m^3 * 0.94m^2$$

$$m_a^* = 0.66 Kg/s$$

$$q^* = \frac{0.66kg}{s} * \frac{1.007kj}{kg * c} (50C - 20C)$$

$$q^* = 20.15 kj/s$$

P	Potencia del cartucho calefactor (W)	2000
S	Superficie en cm ²	800

$$q^* = h * A * (t_2 - t_1) \quad \text{Ec. 5.22}$$

A = Área de la resistencias (m²)

h = Coeficiente de convección W/m²c

$$A = \frac{q^*}{h * (t_2 - t_1)}$$

$$A = \frac{20.15 W}{2.38 W/m^2c * (50 - 20)}$$

$$A = 0.28 m^2$$

$$D=4 mm$$

$$l = 22.42m$$

El hilo resistivo va enrollando de manera que tenga una forma similar a la resistencia utilizada en los calentadores eléctricos

Entonces la cantidad de nicrom a usar es un diámetro de 4mm y longitud de 22.42 m, este va ir enrollado a la salida de ventilador a una distancia de 1m.

5.5 SELECCIÓN DEL MATERIAL Y CARACTERÍSTICA DEL CANAL DEL FLUJO.

Este canal es una plancha que va en la parte superior en la entrada del flujo de aire de la cámara de secado, en la figura 5.25 se muestra.

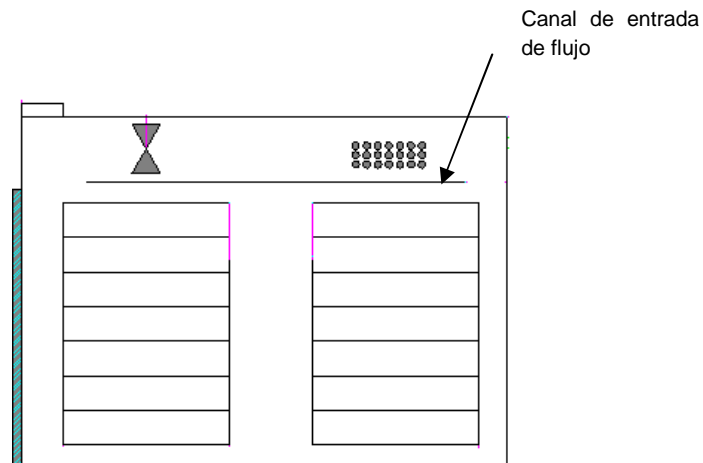


Figura 0.25. Ubicación del canal de entrada de flujo

5.5.1 SELECCIÓN DEL MATERIAL DEL CANAL

Este canal es una placa o plancha, no tiene ninguna geometría en especial es un rectángulo como se muestra en la figura 5.26, el material a elegir es latón de 2mm de espesor ya que en la entrada el flujo de aire está a la temperatura ambiente no hay una transferencia de calor considerable, es así que la selección de éste es realizada usando el criterio del diseñador. El largo será de 240cm de largo y 200cm de ancho.

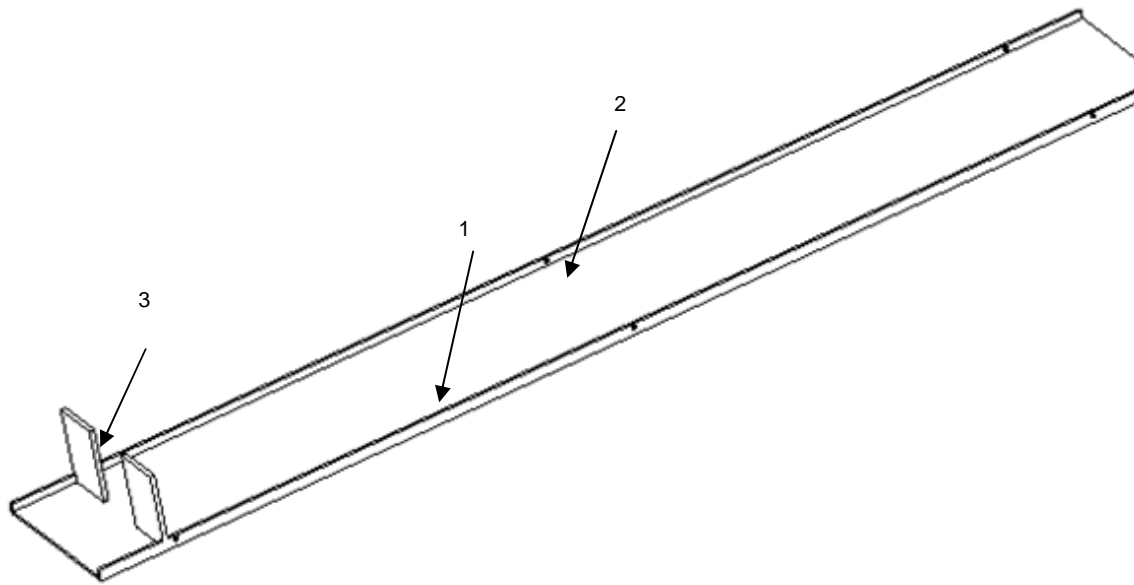


Figura 0.26 Geometría del canal.

- (1) Canal de flujo de aire
- (2) Agujeros para emperrar el canal a las paredes laterales
- (3) Pared que no permite el regreso del aire que ah sido impulsado por el ventilador.

Como se muestra en la figura 5.26 el canal tiene un doble en sus dos extremos en los cuales se hallan 4 agujeros donde es sujetado el canal con ayuda de pernos a las paredes laterales de la cámara de secado, en las que irán introducidos 4 ejes huecos de acero con el mismo tipo de rosca que los pernos, se detallan la construcción en la hoja de proceso numero 11.

Los pernos son seleccionados de la misma manera, la selección es a criterio y cálculos respectivos del diseñador, son ubicados pernos con rosca milimétrica ya que estos son mejores cuando existen vibraciones. Son pernos M8 con cabeza hexagonal.

A continuación se indica la figura 5.27 en donde se indica la geometría de la pared que va ir soldada en el canal, esta pared no dejará que vuelva el aire que es impulsado por el ventilador, el material es el mismo que el del canal.

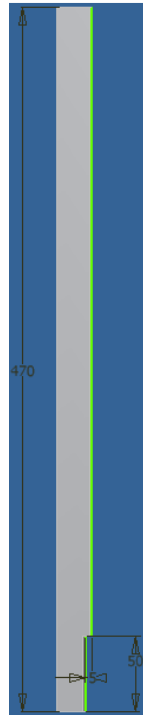


Figura 0.27. Pared del canal

A continuación se detalla la geometría de los pernos que sujetan el canal a la pared así como los pernos que sujetan al ventilador al canal, ver figura 5.28 y 5.29.

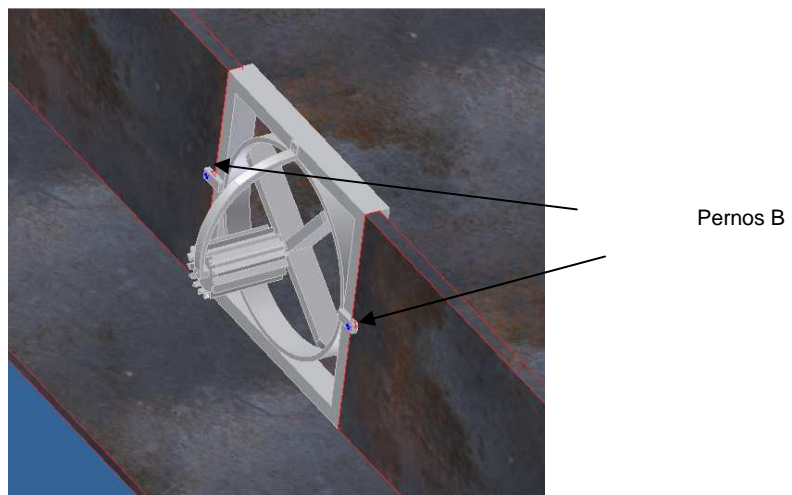


Figura 0.28 Pernos que sujetan al ventilador

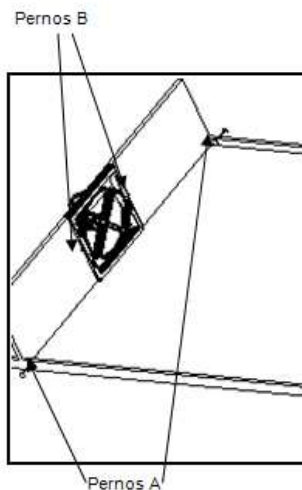


Figura 0.29 Pernos sujetadores del canal a la pared.

Los pernos señalados en la figura 5.29 son los más críticos ya que estos se encuentran ubicados junto al ventilador y soportan la mayor parte de la carga que ejerce el mismo, es por eso que en el apartado 5.6.2 se realiza el cálculo de estos pernos A.

5.5.1.1 Diseño y selección de pernos

A continuación se va a realizar los cálculos de los pernos a usar en el canal de flujo de aire de la cámara de secado, se va a realizar el cálculo del perno A debido a que este soporta una mayor carga del ventilador, especificaciones de los pernos a utilizar se muestran en el Anexo A-3. En la figura 5.30, se puede observar las fuerzas que actúan en el perno y la geometría del mismo.

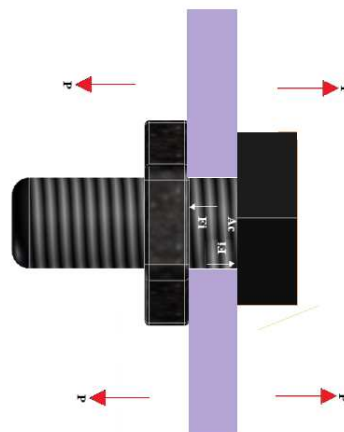


Figura 0.30 Diagrama de las fuerzas que actúan en un perno.

En el Anexo A-3 de la tabla 8.5²² se puede seleccionar las siguientes propiedades:

Grado SAE:

S_p = Resistencia a prueba

S_{ut} = Resistencia ultima a la tensión

S_y = Resistencia a la fluencia

D_n = Diámetro nominal

Del Anexo A-3 de la tabla 8.1 y la tabla 8.2 se obtiene:

A_t = Área del esfuerzo a tensión.

Para comprobar la resistencia del perno (**A**) se realiza los siguientes cálculos, a continuación se detallan primeramente las fórmulas y los pasos que se van a realizar para los cálculos:

Estos pernos sirven de unión entre la plancha de tol del flujo del ventilador y los ejes huecos roscados que van en las paredes laterales de ladrillo de la cámara de secado, como se puede ver en la figura 5.29.

5.5.1.2 Cálculo del módulo de rigidez del perno

El módulo de rigidez del perno, se determina con la siguiente expresión:

$$k_b = \frac{\pi \cdot d^2 [\text{pulg}^2] \cdot E [\text{psi}]}{4 \cdot l [\text{pulg}]} \quad \text{Ec. 5-23}$$

Donde: k_b Constante de rigidez del perno, $\left[\frac{\text{lbs}}{\text{pulg}} \right]$

d Diámetro nominal del perno, [pulg]

E Módulo de elasticidad del material del perno, [psi]

l Longitud de agarre del perno, [pulg]

²² SHIGLEY J, Diseño en ingeniería Mecánica; Capítulo 8; 3ª edición

5.5.1.3 Cálculo de la constante de las juntas empernadas

A continuación se detalla y se enuncia las ecuaciones para hallar la constante de rigidez de los elementos o juntas empernadas, se calcula con la siguiente ecuación:

$$K_m = \frac{\pi * d_n^2 [\text{pulg}^2] * E [\text{psi}]}{2 * \ln \left[5 * \left(\frac{l [\text{pulg}] + 0,5 * d_n [\text{pulg}]}{l [\text{pulg}] + 2,5 * d_n [\text{pulg}]} \right) \right]} \quad \text{Ec.5- 24}$$

Donde:

- d_n Diámetro nominal del perno, [pulg]
- E Módulo de elasticidad de las juntas empernadas, [psi]
- l Longitud de la tuerca del perno, [pulg]

5.5.1.4 Cálculo de la constante c:

Obtenido K_b y K_m , se calcula el valor de la constante **C**, por medio de la siguiente ecuación:

$$C = \frac{K_b \left[\frac{\text{lbs}}{\text{pulg}} \right]}{K_b \left[\frac{\text{lbs}}{\text{pulg}} \right] + K_m \left[\frac{\text{lbs}}{\text{pulg}} \right]} \quad \text{Ec.5-25}^{23}$$

Donde:

- C Constante de los módulos de rigidez
- K_b Constante de rigidez del perno, $\left[\frac{\text{lbs}}{\text{pulg}} \right]$
- K_m Constante de rigidez de las juntas empernadas, $\left[\frac{\text{lbs}}{\text{pulg}} \right]$

5.5.1.5 Precarga de pernos

La precarga en los pernos es muy importante ya que una precarga elevada mejora tanto la resistencia de una unión de perno como el efecto de aseguramiento. El efecto es trabajar las piezas en compresión, para que haya

²³ SHIGLEY J, Diseño en Ingeniería Mecánica; Capítulo 8; 3ª edición; pág.402.

mayor resistencia a la carga de tensión externa, y origina fricción entre ellas, a fin de resistir la carga cortante.²⁴

5.5.1.6 Cálculo de la carga de prueba

La carga de prueba F_p , se la determina con la siguiente expresión:

$$F_p = A_t[\text{pulg}^2] * S_p[\text{psi}] \quad \text{Ec.5- 26}^{25}$$

Donde:

F_p	Carga de prueba, [lbs]
A_t	Area de tensión, [pulg ²]
S_p	Resistencia a la tensión, [psi]

5.5.1.7 Cálculo de la precarga

Para determinar la precarga, se sugiere esté dentro del intervalo propuesto en la siguiente ecuación:

$$0,6 * F_p[\text{N}] \leq F_i \leq 0,9 * F_p[\text{N}] \quad \text{Ec.5- 27}$$

Entonces, se procede a calcular los límites inferior y superior del intervalo sugerido para la precarga:

Donde:

$0,6 * F_p$	Límite inferior
$0,9 * F_p$	Límite superior

Se recomienda escoger el límite superior para menor riesgos de falla.

5.5.1.8 Diseño estático de los pernos

Cálculos del factor de seguridad estático, se determina con la siguiente ecuación:

$$n = \frac{A_t[\text{pulg}^2] * S_y[\text{psi}] - F_i[\text{psi}]}{C * P[\text{lbs}]} \quad \text{Ec.5- 28}^{26}$$

²⁴ SHIGLEY J, Diseño en Ingeniería Mecánica; Capítulo 8; 3ª edición

²⁵ SHIGLEY J, Diseño en Ingeniería Mecánica; Capítulo 8; 3ª edición

Donde:

S_y	Resistencia a la fluencia, [psi]
n	Factor de seguridad
P	Carga externa total de cada perno, [lbs]
C	Constante de carga de cada perno
F_i	Precarga, [lbs]

5.5.1.9 Para el perno a y el resto de pernos que conforman la seguridad del canal.

Estos pernos sirven de unión entre la plancha de tol del flujo del ventilador y los ejes huecos roscados que van en las paredes laterales de ladrillo de la cámara de secado, como se puede ver en la figura 5.29.

5.5.2 DISEÑO ESTÁTICO

Los pernos A trabajan entre placas de la pared de la cámara de secado y la parte de sujeción del ventilador la carga es tomada como si actúa en un solo perno siendo éste el crítico, se muestra en la figura 5.29 como pernos A, es una carga de 45lb. Los sujetadores están sometidos a tensión simple, por lo tanto, se diseña con la teoría de falla en tensión simple.

Se selecciona un perno M8x1 Grado 2., el mismo que, se debe verificar si soporta la carga aplicada.

DATOS DEL PERNO:

Con tabla 8.5 del anexo A3 se obtienen estos datos se transforma los 8mm en pulgadas y es ese el diámetro nominal y entonces se coge el resto de datos de la ya mencionada tabla:

Grado SAE = 2

$$S_p = 55 \text{ Kpsi}$$

²⁶ SHIGLEY J, Diseño en Ingeniería Mecánica; Capítulo 8; 3ª edición

$$S_{ut} = 74 \text{ Kpsi}$$

$$S_y = 57 \text{ Kpsi}$$

$$D_n = 0,314 \text{ pulg}$$

Para sacar el A_t se va primero a la tabla 8.1 del anexo A3 y se ve el paso con el diámetro mayor nominal que es 8, entonces se escoge serie de paso fino es mejor para las vibraciones y sería un paso de 1.

En la tabla 8.2 del anexo A3 se escoge el A_t con ayuda del diámetro nominal que se tiene, se observa el valor más cercano a este y es el diámetro nominal de 0.3125 entonces se encuentra el $A_t = 0.0580 \text{ pulg}^2$

El cálculo de la rigidez del perno se obtiene de la ecuación:

Datos:

$$l = 0.1574 \text{ pulg}$$

$$E = 30 \times 10^6 \text{ [psi]}$$

$$K_b = \frac{\pi * [0,3125^2] [\text{pulg}^2] * 30 \times 10^6 \text{ [psi]}}{4 * 0,1574 \text{ [pulg]}}$$

$$K_b = 4,76 \times 10^7 \left[\frac{\text{lbs}}{\text{pulg}} \right]$$

El cálculo del módulo de rigidez de las juntas empernadas se obtiene de la ecuación:

$$K_m = \frac{\pi * [0,3125^2] [\text{pulg}^2] * 30 \times 10^6 \text{ [psi]}}{2 * \ln \left[5 * \left(\frac{0,1574 [\text{pulg}] + 0,5 * 0,3125 [\text{pulg}]}{0,1574 [\text{pulg}] + 2,5 * 0,3125 [\text{pulg}]} \right) \right]}$$

$$K_m = 1,774 \times 10^6 \left[\frac{\text{lbs}}{\text{pulg}} \right]$$

Calculado K_b y K_m , se determina el valor de la constante **C**, con la ecuación:

$$C = \frac{4,76 \times 10^7 \left[\frac{\text{lbs}}{\text{pulg}} \right]}{1.774 \times 10^6 \left[\frac{\text{lbs}}{\text{pulg}} \right] + 4,76 \times 10^7 \left[\frac{\text{lbs}}{\text{pulg}} \right]}$$

$$C = 0,96$$

El cálculo de la carga de prueba del perno, se obtiene con la ecuación:

$$F_p = 0,0580[\text{pulg}^2] * 55000 \left[\frac{\text{lbs}}{\text{pulg}^2} \right]$$

$$F_p = 3190[\text{lbs}]$$

Se calcula los límites inferior, y superior del intervalo sugerido para la precarga:

Para determinar la precarga, se sugiere que este dentro del intervalo propuesto en la ecuación 5-22.

$$1914[\text{lbs}] = \text{límite inferior de precarga}$$

$$2871[\text{lbs}] = \text{límite superior de precarga}$$

Del intervalo recomendado, se escoge el límite superior:

$$2871[\text{lbs}] = \text{límite superior de precarga} = F_i$$

Se considera que los pernos, van a trabajar a carga estática, entonces, se calcula el factor de seguridad con la ecuación:

$$n = \frac{0,0580[\text{pulg}^2] * 57000 \left[\frac{\text{lbs}}{\text{pulg}^2} \right] - 2871[\text{lbs}]}{0,96 * 45[\text{lbs}]}$$

$$n = 10$$

5.6 DISEÑO Y CONSTRUCCION DE LAS BANDEJAS

Para la selección de las bandejas se recurre al criterio de formación profesional, la bandeja debe cumplir con las siguientes especificaciones:

- Inoxidable
- Económico
- Liviano
- Fácil transportabilidad

De acuerdo a estos criterios se elige el tol inoxidable, de 1 mm de espesor.

5.6.1 CONSTRUCCIÓN DE LAS BANDEJAS

Las bandejas son construidas de tol inoxidable estas deben ser cortadas 126cm x 126cm x 0.1cm. Son dobladas 3cm en cada uno de su extremos, una vez doblado sus extremos se procede a soldar, se procede a agujerear los lados realizando 9 agujeros de 1cm de diámetro, los mismos que se realizan en cada uno de sus lados, esto ayuda a una uniformidad del secado de las hojas. Ver figura 5.31.

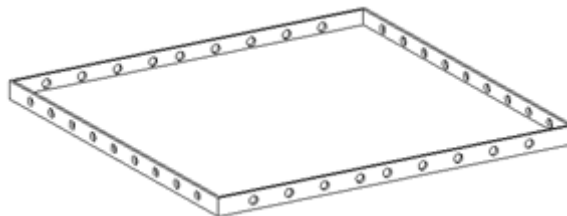


Figura 0.31. Bandeja

5.7 DISEÑO Y CONSTRUCCION DE LOS BASTIDORES

Para el diseño de la estructura del bastidor se toma en cuenta lo siguiente:

- Que la estructura no esté expuesta a cargas fuertes y cíclicas ya que el peso que va estar sobre ella se puede despreciar, como ya es conocido son hojas el producto a secar.
- Se debe ocupar un material liviano para facilidad de transportabilidad de los bastidores, ya que va ser manual el traslado.

- Se va a ocupar perfil en L para fácil construcción.
- Material económico.

Analizando todas las características que debe cumplir dicha estructura se analiza los diferentes tipos de perfil que hay en el mercado y se elige un perfil estructural en L de acero, la geometría se escoge de acuerdo a las bandejas que se diseñó en el apartado anterior, las dimensiones se muestra en la figura 5.32, 5.33, 5.34, los perfiles seleccionados se pueden encontrar en cualquier comercializadora de Quito.

Para seleccionar la longitud y el ancho de cada perfil se debe tomar en cuenta la holgura con la que debe entrar las bandejas al bastidor, se deja 3mm en cada lado del soporte de cada bandeja del bastidor.

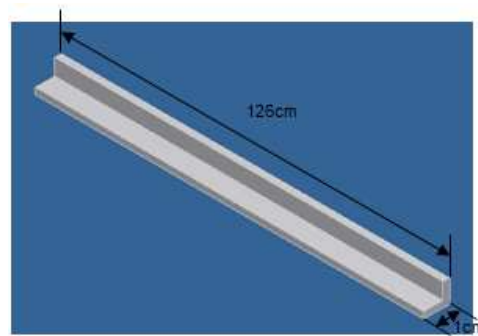


Figura 0.32 Dimensiones del perfil del bastidor

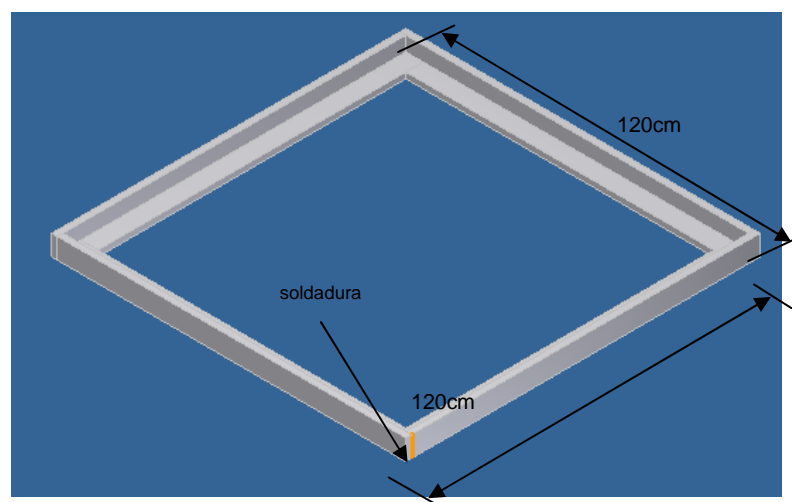


Figura 0.33 Cuadrante de base de bandeja.

El armado de cada rectángulo ver figura 5.33 se realiza un destaje en cada uno de los perfiles, a continuación se da a conocer la geometría del destaje.

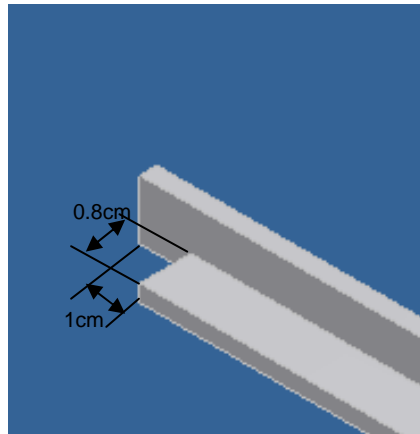


Figura 0.34 Destaje en perfil.

A continuación se muestra en la figura 5.35 la estructura ya terminada donde se colocan las bandejas. Cabe mencionar que el bastidor se mueve con ayuda de ruedas ubicadas en la parte inferior.

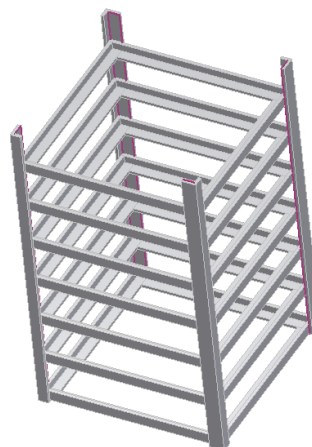


Figura 0.35 Bastidor completo.

5.8 DISEÑO Y CONSTRUCCION DE SOPORTE DEL TABLERO DE CONTROL

El soporte o base del tablero no tiene cargas grandes más que solo la del peso del tablero la cual se puede despreciar, entonces para el diseño del mismo se toma en cuenta la forma en que se va ubicar el tablero en la estructura de la máquina, el tablero está ubicado en la pared lateral derecha de la máquina el mismo que es ensamblado con tornillos M5 a la capa de acero que recubre la pared lateral de la cámara de secado. En la figura 5.36 se muestra la geometría de los perfiles. Los perfiles son de acero estructural con dimensiones de 10mm x 10mm x 3mm con una longitud de 120mm y se realizara un agujero en cada perfil de los lados de la estructura los cuales serán machuelados correspondientemente con un machuelo M5. En la figura 5.37 se muestra el tablero de control ensamblado con el soporte.

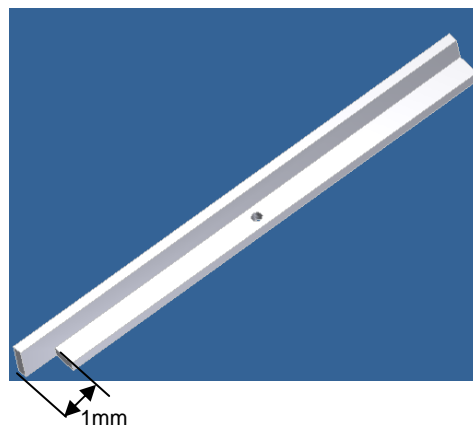


Figura 0.36 Destaje de perfil.

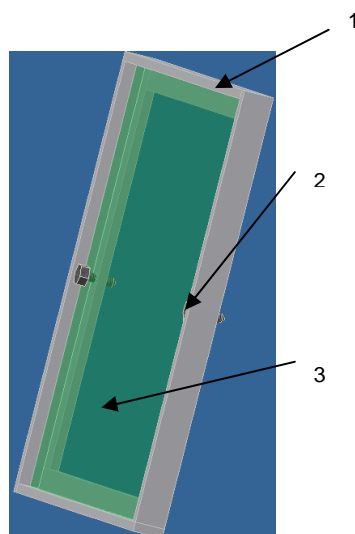


Figura 0.37. Tablero de control

- (1) Estructura de soporte del tablero de control.
- (2) Pernos que sujetan el tablero de control con la estructura y la pared.
- (3) Tablero de control.

5.9 DISEÑO Y CONSTRUCCION DE LOS EJES HUECOS ROSCADOS O SUJETADORES DEL VENTILADOR Y TECHO DE TOL DE LA CAMARA DE SECADO.

Para el diseño de los mismos se debe tomar en cuenta que estos no estén sometidos a cargas apreciables ya que el ventilador es fijo. Para el diseño se ha usado el criterio ingenieril llegando a la conclusión de que el diámetro y rosca adecuada es M8 rosca milimétrica debido a que van a estar sometidos a pequeñas vibraciones.

Se hace la construcción de 12 ejes huecos roscados estos van a estar colocados en las paredes laterales y frontal de la cámara de secado su función es la de sujetar el canal de flujo en el cual va asentado el ventilador y los otros 6 ejes roscados empernarán al techo de tol y la pared frontal de ladrillo como se muestra en la figura 5.38.

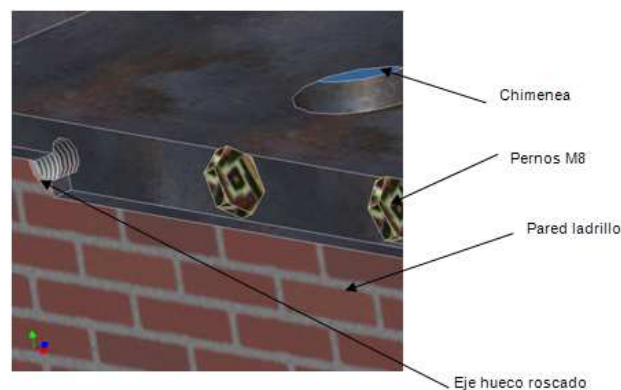


Figura 0.38 Ensamble techo con ladrillos

5.9.1 DISEÑO Y SELECCIÓN DE PERNOS QUE SUJETARAN EL TECHO CON LA PARED

Se realiza los cálculos de los pernos a usar en la pared frontal de la cámara de secado, hay que tomar en cuenta que el momento más crítico de cualquiera de estos pernos es cuando uno de estos este soportando toda la carga que en esté caso es la del peso de la diatomita, especificaciones de los pernos a utilizar se muestran en el Anexo A-3. En la figura 5.39, se puede observar las fuerzas que actúan en el perno y la geometría del mismo.

Antes de realizar el cálculo de los pernos se realiza el peso que la diatomita ejerce hacia los pernos:

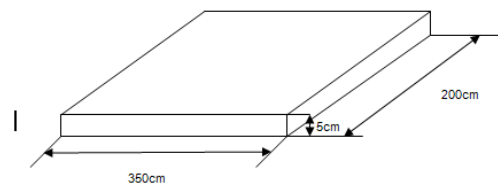


Figura 0.39 Dimensiones de área que ocupa la diatomita en la pared superior

$$\text{Peso} = \text{Masa} \cdot \text{Gravedad}$$

$$\text{Volumen} = 350000\text{cm}^3 = 0.35\text{m}^3$$

$$\text{Densidad} = \text{Masa} / \text{Volumen}$$

$$\text{Fórmula de masa: } \text{masa} = \text{volumen} \cdot \text{densidad} \text{ o } = \text{peso} / \text{gravedad}$$

Entonces:

Para determinar el peso que ejerce la diatomita a los pernos entonces se realiza los cálculos con la siguiente ecuación:

$$P = V \cdot d \cdot g \text{ [gr]}$$

El volumen se calcula con la geometría que ya se tiene en la figura 6.39:

Densidad de la diatomita = 0.4 g/dm^3

Se sabe que $1 \text{ dm}^3 = 1000 \text{ m}^3$ entonces:

$$\bar{d} = \frac{0.4 \text{ g}}{\text{dm}^3} \times \frac{1 \text{ dm}^3}{1000 \text{ m}^3} = 0.0004 \text{ g/m}^3 = 0.004 \text{ g/cm}^3$$

$$g = 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$m = 350000 \text{ cm}^3 \times 0.004 \text{ g/cm}^3 = 14 \text{ kg} = 30.8 \text{ lb}$$

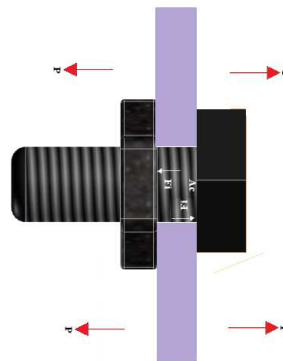


Figura 0.40 Diagrama de las fuerzas que actúan en un perno.

En el Anexo A-3 de la tabla 8.5²⁷ se puede seleccionar las siguientes propiedades:

S_p = Resistencia a prueba

S_{ut} = Resistencia última a la tensión

S_y = Resistencia a la fluencia

D_n = Diámetro nominal

Del Anexo A-3 de la tabla 8.1 y la tabla 8.2 se obtiene:

A_t = Área del esfuerzo a tensión.

²⁷ SHIGLEY J, Diseño en ingeniería Mecánica; Capítulo 8; 3ª edición

Para comprobar la resistencia del perno (**A**) se realiza los siguientes cálculos, a continuación se realiza el cálculo de las cargas que van a estar sometidos los pernos con ayuda de las ecuaciones detalladas en el apartado 5.4.

5.9.2 ANALISIS PARA EL PERNO A Y EL RESTO DE PERNOS QUE CONFOMAN LA SUJECION DEL CANAL DE FLUJO CONTRA LA PARED.

Estos pernos sirven de unión entre los ejes huecos roscados que van en las paredes frontales y de atrás de la cámara de secado y los agujeros de la pared superior de tol, como se puede ver en la figura 5.38.

5.9.2.1 Diseño estático

Los pernos A trabajan entre placas de la pared de la cámara de secado y la parte de sujeción del ventilador; la carga será tomada como si actúa en un solo perno el cual es el crítico, es una carga de 30.8lb. Los sujetadores están sometidos a tensión simple.

Se selecciona un perno M8x1 Grado 2., el mismo que, se debe verificar si soporta la carga aplicada.

Con tabla 8.5 del anexo A3 se obtienen estos datos se transforma los 8mm en pulgadas y es el diámetro nominal, entonces se toma el resto de datos de la ya mencionada tabla:

Grado SAE = 2

$$S_p = 55 \text{ Kpsi}$$

$$S_{ut} = 74 \text{ Kpsi}$$

$$S_y = 57 \text{ Kpsi}$$

$$D_n = 0,314 \text{ pulg}$$

Para sacar el At en la tabla 8.1 del anexo A3 se ve el paso con el diámetro mayor nominal que es 8, entonces se escoge serie de paso fino ya que es mejor para las vibraciones y un paso de 1.

Después en la tabla 8.2 y se escoge el A_t con ayuda del diámetro nominal que se tiene, entonces se observa el valor más cercano a este valor y es el diámetro nominal de 0.3125, entonces se encuentra el $A_t = 0.0580 \text{ pulg}^2$

El cálculo de la rigidez del perno se obtiene de la ecuación 5-38 :

Datos:

$$l = 0.1574 \text{ pulg}$$

$$E = 30 \times 10^6 \text{ [psi]}$$

$$K_b = \frac{\pi * [0,3125^2] \text{ [pulg}^2] * 30 \times 10^6 \text{ [psi]}}{4 * 0,1574 \text{ [pulg]}}$$

$$K_b = 4,76 \times 10^7 \left[\frac{\text{lbs}}{\text{pulg}} \right]$$

El cálculo del módulo de rigidez de las juntas empernadas se obtiene de la ecuación Ec. (5-39):

$$K_m = \frac{\pi * [0,3125^2] \text{ [pulg}^2] * 30 \times 10^6 \text{ [psi]}}{2 * \ln \left[5 * \left(\frac{0,1574 \text{ [pulg]} + 0,5 * 0,3125 \text{ [pulg]}}{0,1574 \text{ [pulg]} + 2,5 * 0,3125 \text{ [pulg]}} \right) \right]}$$

$$K_m = 1,774 \times 10^6 \left[\frac{\text{lbs}}{\text{pulg}} \right]$$

Calculado K_b y K_m , se determina el valor de la constante **C**, con la ecuación Ec.(5-40):

$$C = \frac{4,76 \times 10^7 \left[\frac{\text{lbs}}{\text{pulg}} \right]}{1,774 \times 10^6 \left[\frac{\text{lbs}}{\text{pulg}} \right] + 4,76 \times 10^7 \left[\frac{\text{lbs}}{\text{pulg}} \right]}$$

$$C = 0,96$$

El cálculo de la carga de prueba del perno, se obtiene con la ecuación Ec.(5-42):

$$F_p = 0,0580 \text{ [pulg}^2] * 55000 \left[\frac{\text{lbs}}{\text{pulg}^2} \right]$$

$$F_p = 3190 \text{ [lbs]}$$

Para el cálculo de la precarga del perno, se utiliza la ecuación Ec. (5-42).

Se calcula los límites inferior, y superior del intervalo sugerido para la precarga:

$$1914[\text{lbs}] = \text{límite inferior de precarga}$$

$$2871[\text{lbs}] = \text{límite superior de precarga}$$

Del intervalo recomendado, se escoge el límite superior:

$$2871[\text{lbs}] = \text{límite superior de precarga} = F_i$$

Se considera que los pernos, van a trabajar a carga estática, entonces, se calcula el factor de seguridad con la ecuación:

$$n = \frac{0,0580[\text{pulg}^2] * 57000 \left[\frac{\text{lbs}}{\text{pulg}^2} \right] - 2871[\text{lbs}]}{0,96 * 38[\text{lbs}]}$$

$$n = 11$$

5.10 CONTROL DE TEMPERATURA.

La temperatura en procesos de secado es de suma importancia, ya que determina el tiempo y calidad de secado del producto. La idea principal de controlar la temperatura del aire que pasa por el alimento, consiste en que el usuario seleccione un valor dentro del rango predefinido de temperatura (30°C a 0°C). Al iniciar la operación, la temperatura del aire debe de aproximarse al valor que se haya seleccionado y mantenerse ahí durante el tiempo que dure el proceso de secado.

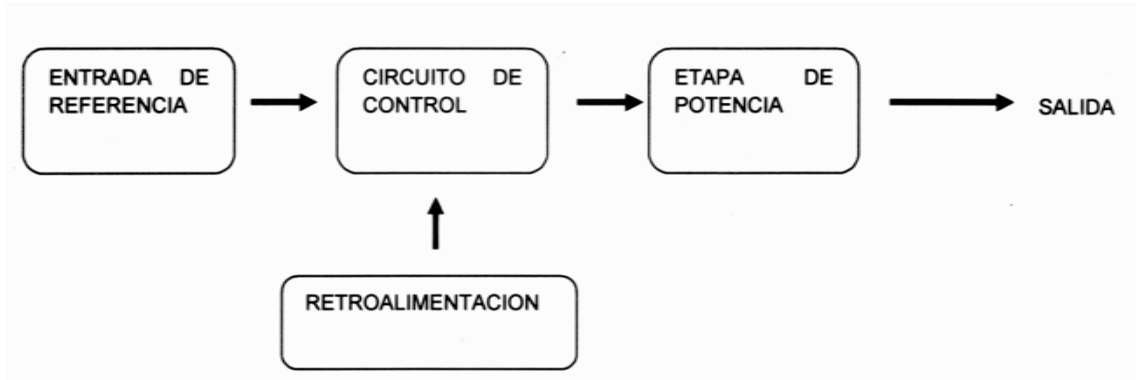


Figura 0.41 Diagrama de control de temperatura

5.10.1 RETROALIMENTACION

En esta parte se ha visto la necesidad de usar un sensor, de los cuales el integrado LM335 es el más barato del mercado, siendo su única desventaja el que realiza las mediciones en $^{\circ}\text{K}$. Este sensor tiene como característica que su valor estándar para 0°C es de 2.73 V , y va incrementando $10\text{ mV}/^{\circ}\text{C}$ según muestra su gráfica de operación.²⁸

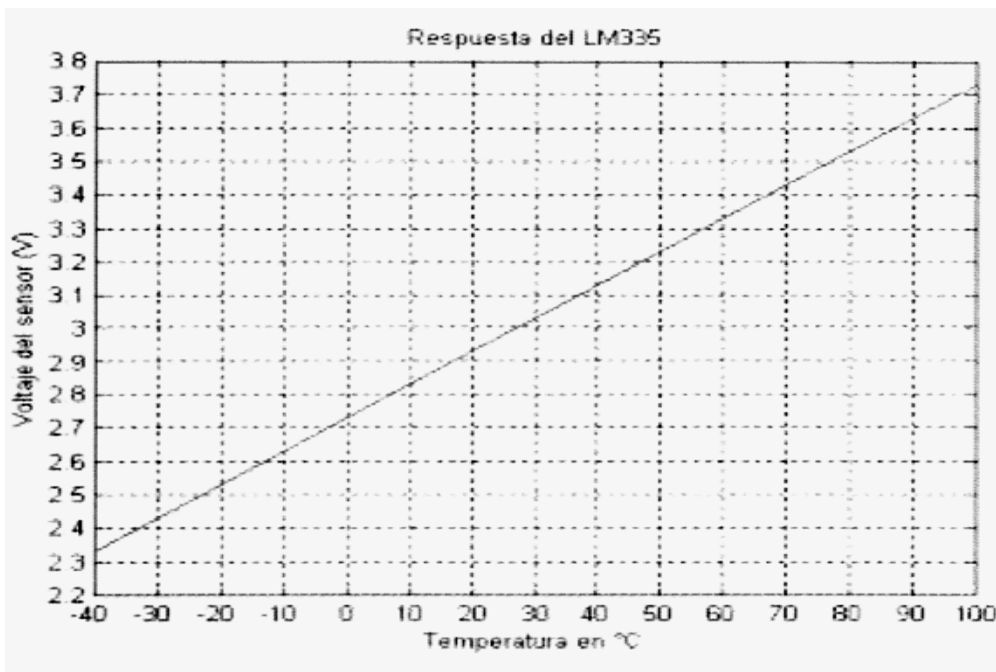


Figura 0.42 Curva característica del sensor LM335

²⁸ <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/nationalsemiconductor/DS005698.PDF>

Como primer paso se realiza un acondicionamiento, para lo cual se hace uso de un potenciómetro de K, como se observa:

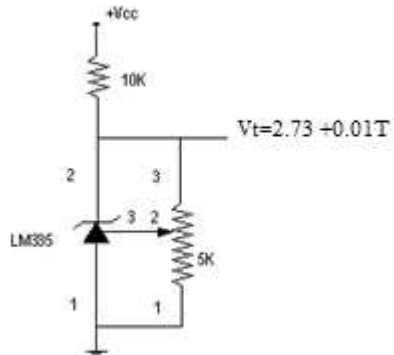


Figura 0.43 Ajuste de temperatura

Con la finalidad de igualar la lectura a $^{\circ}\text{C}$ se procede con el siguiente circuito:

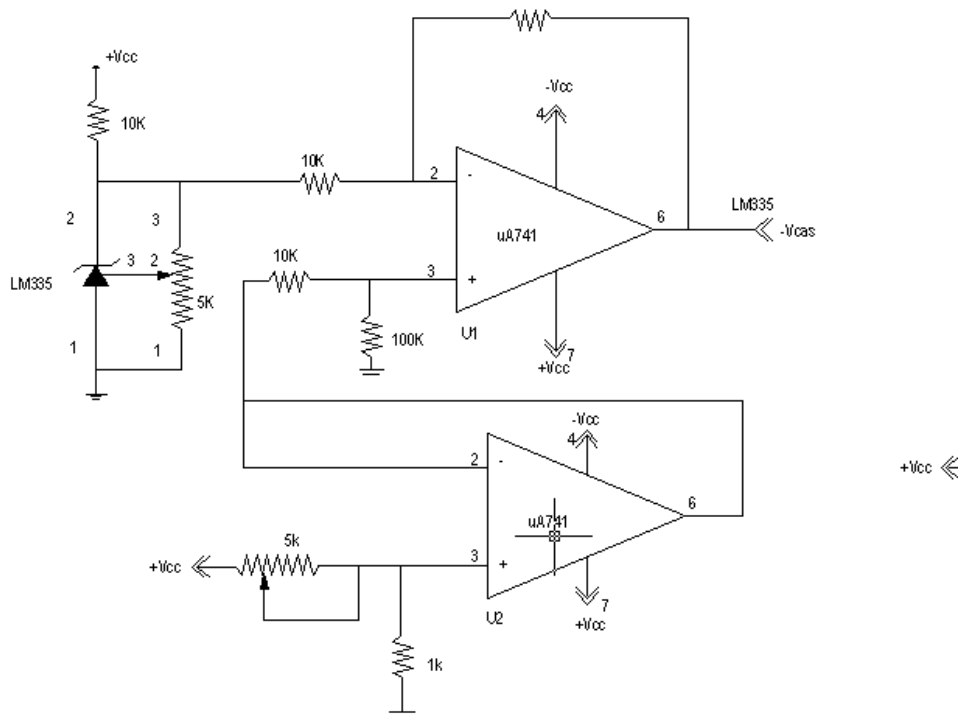


Figura 0.44 Acondicionamiento de la señal a $^{\circ}\text{C}$

5.10.2 ENTRADA DE REFERENCIA

Se va a controlar que la temperatura se encuentre en un rango de 30 a 90 grados centígrados, según lo que se ah indicado con un potenciómetro.

Como los valores de referencia son 3.0 y a 9.0 y, entonces se tiene el siguiente circuito.

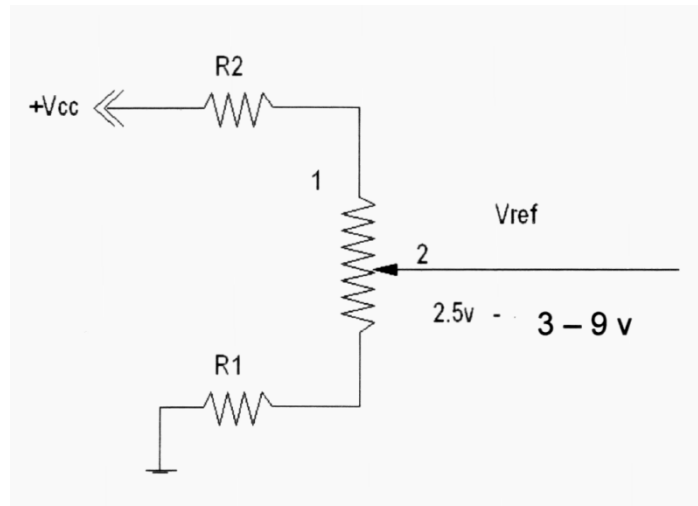


Figura 0.45 Entrada de referencia

Par hallar los valores de las resistencias se toma 2 criterios Cuando el potenciómetro esta en miliamperios, entonces $V_{ref} = 3.0\text{ v}$

$$V_{ref} = 3 = \frac{R_1}{R_2 + R_1} * V_{cc}$$

$$V_{ref} = 3 = \frac{R_1}{R_2 + R_1} * 15$$

$$R_2 = 4R_1 = 6K$$

Cuando el potenciómetro esta en máximo se tiene:

$$V_{ref} = 9 = \frac{R_1}{R_2 + R_1 + 5} * V_{cc}$$

$$V_{ref} = 9 = \frac{R1}{4R1 + R1 + 5} * 15$$

$$R1 = 1.5K$$

5.10.3 ETAPA DE COMPARACION

En esta etapa se compara los valores calculados antes V_{acas} - V_{ref}

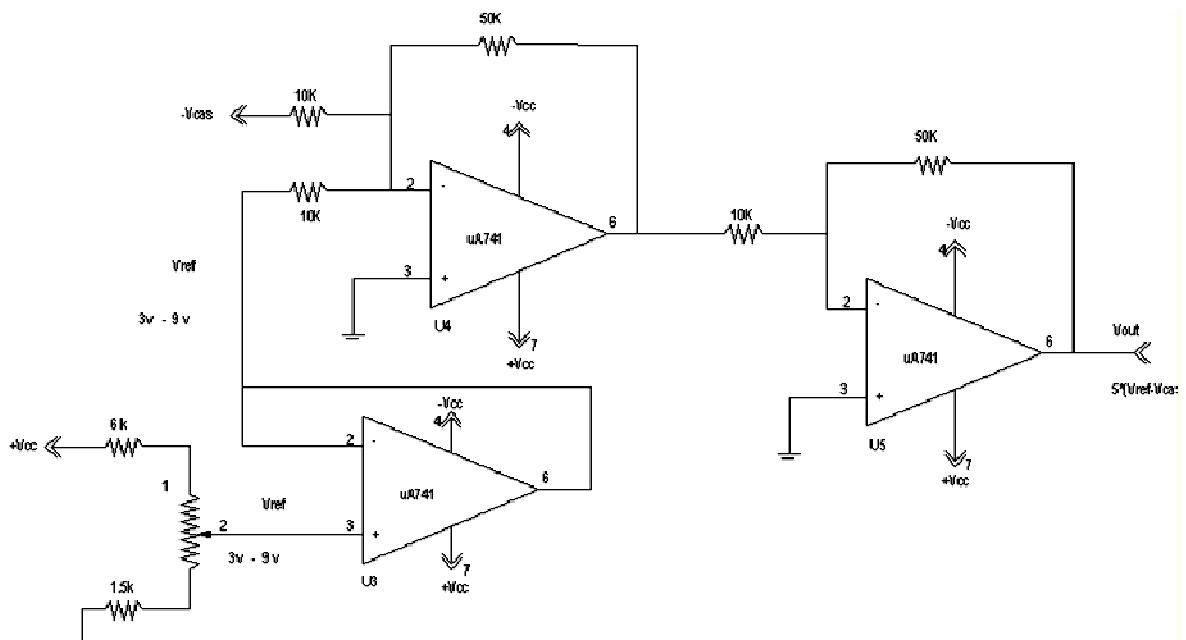


Figura 0.46 Etapa de comparación

5.10.4 CIRCUITO DE CONTROL POR HISTERESIS

El circuito tiene dos entradas, la de V_{acas} y la de referencia, es comparado con un circuito de histéresis, para que según el voltaje de referencia suceda.

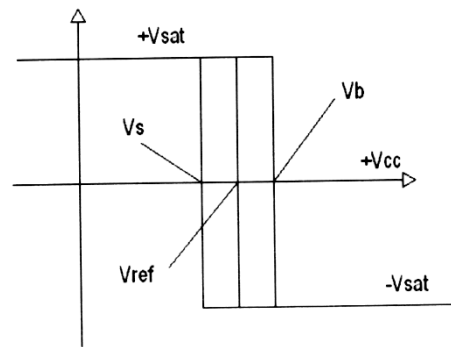


Figura 0.47 Circuito de histéresis

Donde:

$$Vh = Vb - Vs$$

$$V_{ref} = \frac{Vs + Vb}{2}$$

Para este diseño se toma un margen de error del 5 % T °C

$$Vh = 5\% \text{rango} = 5\%(1V) = 50\text{mv}$$

Tomando $V_{ref} = 0$

$$Vb = +25\text{mv}$$

$$Vs = -25\text{mv}$$

$$n = \frac{2V_{sat}}{50\text{mv}}$$

$$n = 40 V_{sat}$$

De donde Vista para el UA741 es 14.37

$$n=574\text{k}$$

Como no se dispone una resistencia de 574 k se toma la de 600 k.

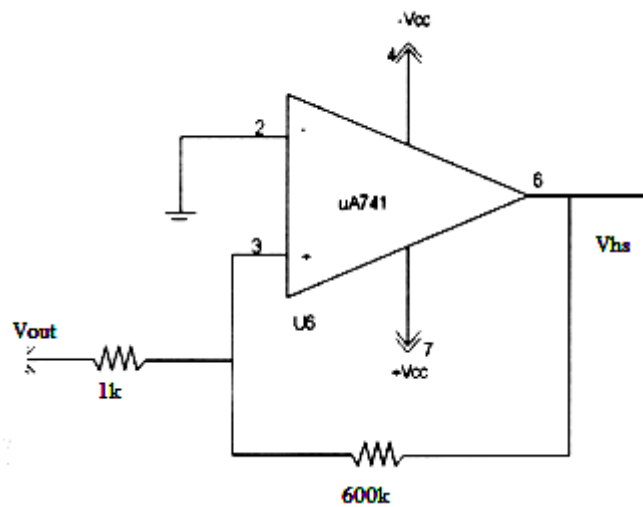


Figura 0.48. Control por histéresis

5.10.5 ETAPA DE POTENCIA

Para esta parte, se emplea un OPTOTRIAC con cruce por cero y un TRIAC, para evitar que el voltaje negativo dañe al diodo IR que hay internamente en el OPTOTRIAC (MCC 3041), se usa un diodo en serie con un transistor, y en el colector de éste va el diodo IR con su respectiva resistencia limitadora de corriente.

La idea de usar el detector de cruce por cero, es tratar de eliminar los armónicos que se produce al activar la señal de la carga, es decir cuando hay un retardo de disparo fuera de fase con la señal de la línea, esto produce la generación de armónicos para compensar la forma de onda.

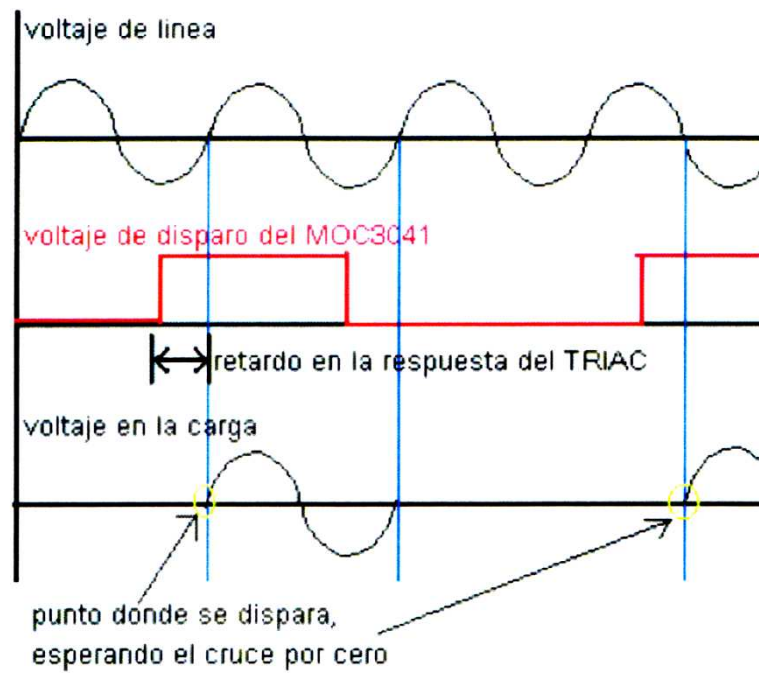


Figura 0.49 Formas de onda.

En el circuito de potencia se usa un TRIAC BT-136, el cual es disparado por el MCC 3041. En este caso por las especificaciones del MOC 3041, por el diodo deberá de circular una corriente mínima IFT de 15 miliamperios, para esto se calcula el valor de R, con un voltaje de 15 voltios — 0.7 voltios, lo cual nos da un valor de R de 953 ω , comercialmente se encuentra el valor de 1 Kw.

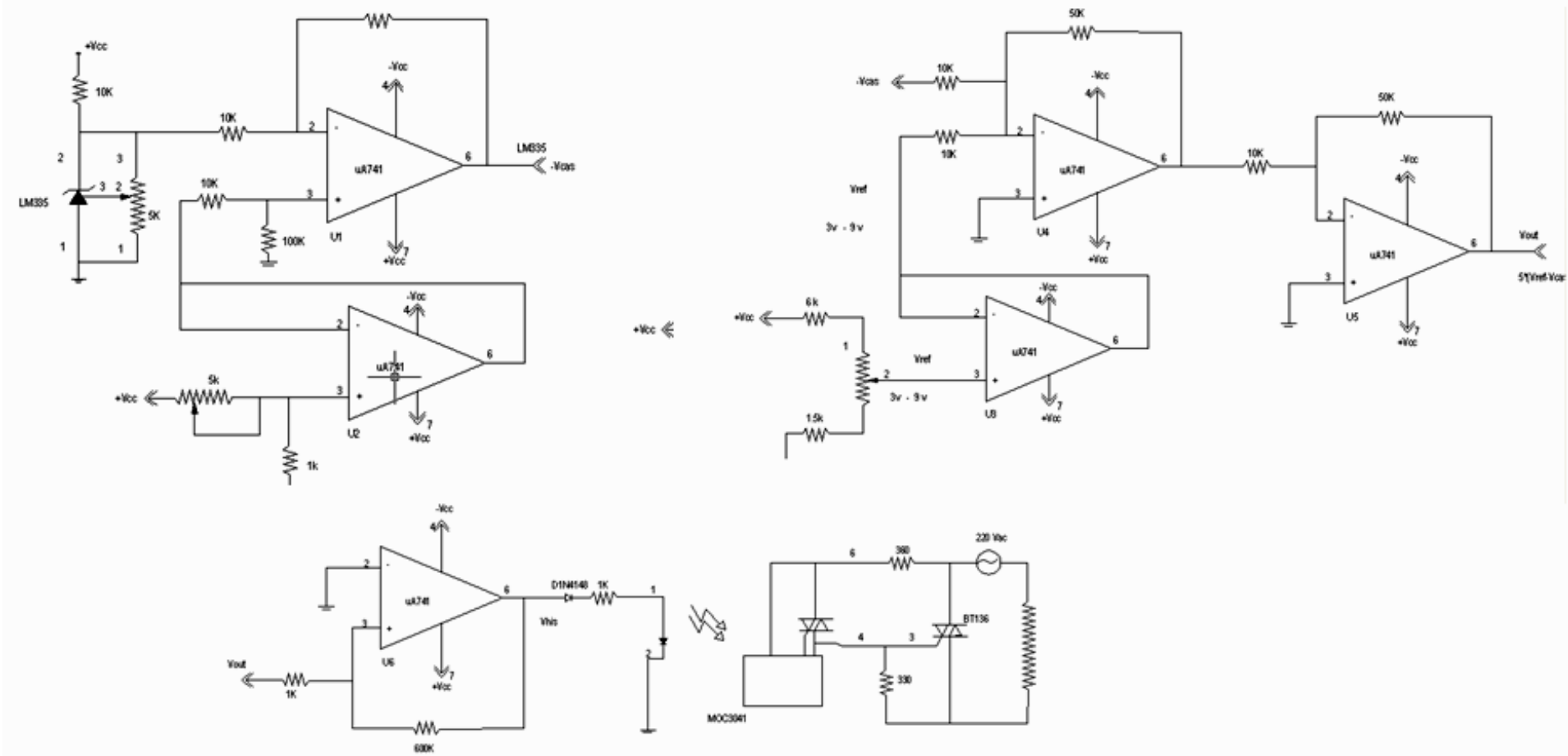


Figura 0.50. Circuito de control de temperatura

5.11 CONTROL DEL MOTOR

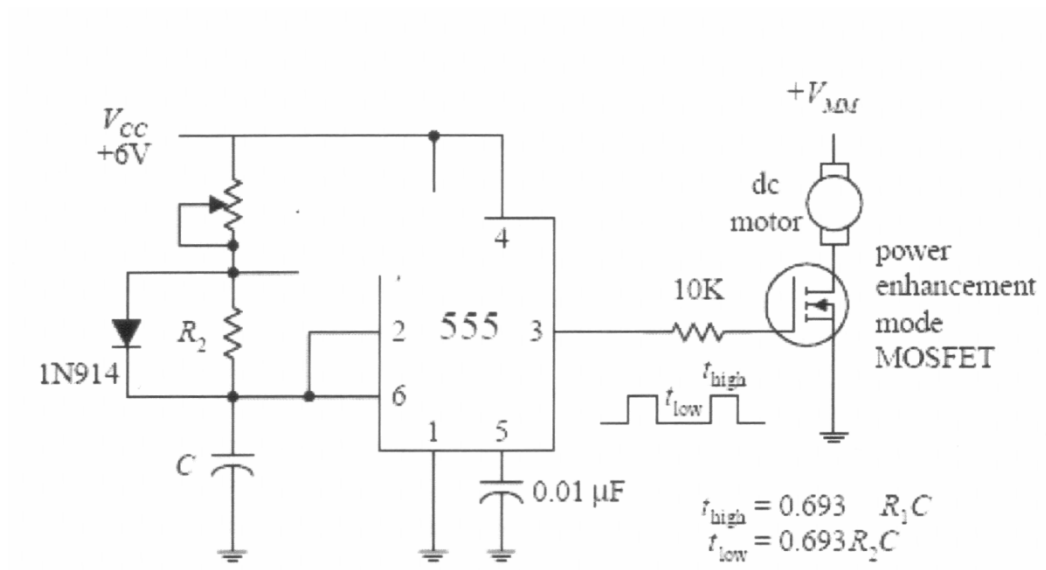


Figura 0.51 Circuito variador de velocidad del motor

CAPITULO VI

CONSTRUCCION, MONTAJE Y ANALISIS DE COSTOS

1.1 CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA

En este capítulo se realiza una especificación de cómo hacer la construcción de la máquina, se la debe construir en un taller mecánico, el cual debe encontrarse bien equipado disponer de todas las herramientas necesarias para la construcción de todos los elementos que componen la maquina.

Más adelante se encuentra las hojas de procesos, para la fabricación de cada elemento que compone la máquina. En el Anexo B, se encuentra los respectivos planos de taller, en dichos planos se tiene la ingeniería de detalle.

Se debe considerar que todos los elementos necesarios para la construcción se encuentran con facilidad en el mercado local.

1.1.1 REQUERIMIENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN

Para la construcción de cada elemento de la máquina se requiere de: máquinas, equipos, herramientas, materiales, instrumentos, etc.

A continuación se van a detallar los equipos necesarios:

1.1.1.1 Máquinas y equipos

- Soldadora MIC,TIC
- Amoladora
- Taladro
- Esmeril
- Entenalla
- Soldadora de estaño(cautín)
- Roladora

1.1.1.2 Herramientas

- Martillo
- Sierra de arco
- Brocas
- Discos para amoladora
- Escuadras
- Limas
- Machuelos
- Llaves

1.1.1.3 Instrumentos de medición y verificación

- Calibrador pie de rey
- Nivel
- Flexómetro
- Escuadra
- Multímetro
- Termómetro

1.1.1.4 Materia prima

- Resistencia de Nicrom
- Plancha de acero inoxidable (tol) AISI 1040
- Perfil estructural en L
- Plancha de diatomita
- Ladrillos refractarios

1.1.1.5 Elementos normalizados y seleccionados

- Ventilador eléctrico,
- Pernos
- Válvula de tiro
- Termómetro.
- Ruedas de caucho para los porta bandejas
- Pernos de anclaje

- Pernos diferentes medidas
- Termocupla
- Puerta

1.1.1.6 Elementos a construir

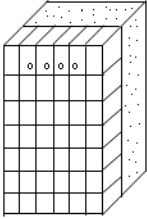
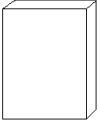
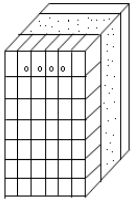
- Bandejas donde va ir colocado el producto.
- Estructura donde van a ir colocadas las bandejas(bastidor).
- Cámara de secado
- Chimenea
- Control

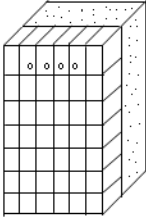
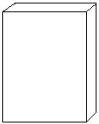
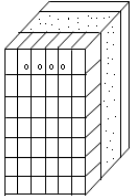
1.1.2 HOJAS DE PROCESOS

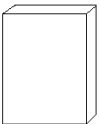
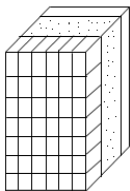
Es necesario disponer de los procedimientos de fabricación de los diferentes elementos a construirse.

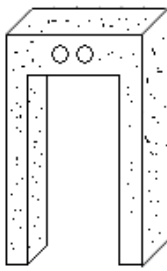
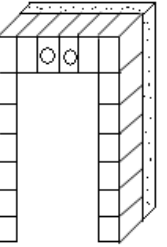
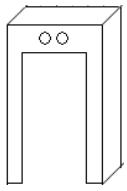
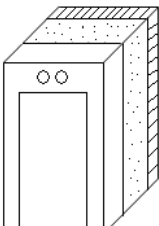
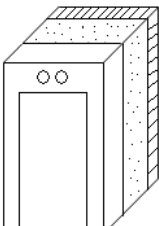
A continuación se presenta algunas hojas de procesos de diferentes elementos constitutivos de la máquina, estas serán de ayuda para el obrero que está encargado de la fabricación.

- Hoja de proceso de la pared lateral izquierda de la cámara de secado
- Hoja de proceso de la pared lateral derecha de la cámara de secado
- Hoja de proceso de la pared posterior de la cámara de secado
- Hoja de proceso de la pared delantera de la cámara de secado
- Hoja de Procesos de construcción de las bandejas.
- Hojas de procesos de la estructura donde serán colocadas las bandejas.
- Hoja de procesos de la chimenea

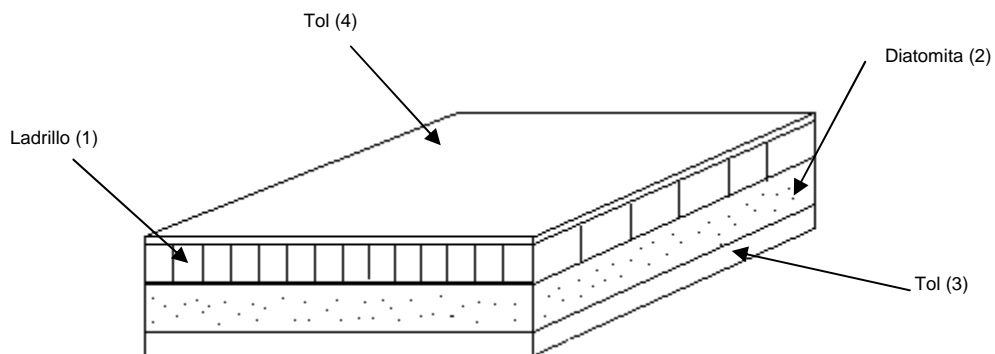
		31	Corte en 2			C	M	10	15
	30	32	Unir 2 en 1		-			1	2
CORTE (1)	40	41	Corte en 4 con autógena		-	-	M	15	20
		42	Amolar en 4		200	D.D	M	5	7
<u>CÓDIGO DE ÚTILES:</u>					LABORATORIO DE MÁQUINAS HERRAMIENTAS				
Cal.: Calibrador					FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA				
Br.: Broca					E.P.N.				
D.D: Disco de desgaste									
M: Metro									

	30	31	Corte en 2		-	C	M	10	15
		32	Unir 2 en 1						1
CORTE (1)	40	41	Corte en 4 con autógena		-	-	M	15	20
		42	Amolar en 4		200	D.D	M	5	7
<u>CÓDIGO DE ÚTILES:</u>					LABORATORIO DE MÁQUINAS HERRAMIENTAS				
Cal.: Calibrador					FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA				
Br.: Broca					E.P.N.				
D.D: Disco de desgaste									
M: Metro									

	20	21	Corte en 2			C	M	10	15
		22	Unir 2 en 1		-			1	2
CORTE (1)	30	31	Corte en 4 con autógena		-	Autog.	M	15	20
		32	Amolar en 4		200	D.D	M	5	7
<u>CODIGO DE ÚTILES:</u>					LABORATORIO DE MÁQUINAS HERRAMIENTAS				
Cal.: Calibrador					FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA				
Br.: Broca					E.P.N.				
D.D: Disco de desgaste									
M: Metro									
Autog= soldadura autógena									
Esp. Espátula									

	20	21	Corte en 2		-	C	M	20	25		
		22	Unir 2 en 1								2
CORTE (1)	30	31	Corte en 3 con autógena		-	Autog.	M	20	25		
		32	Corte en 4 con autógena							15	20
		33	Amolar en 3							Amol.	-
<u>CÓDIGO DE ÚTILES:</u>					LABORATORIO DE MÁQUINAS HERRAMIENTAS						
Cal.: Calibrador					FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA						
Br.: Broca					E.P.N.						
D.D: Disco de desgaste											
M: Metro											
Autog: soldadura autogena											
Amol.: amoladora											

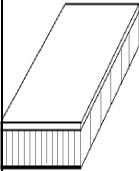
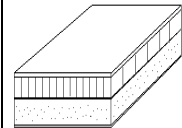
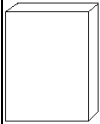
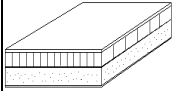
HOJA DE PROCESOS – 5*				ELEMENTO – 5	
Pared de la base de la cámara de secado				Tiempo Total: horas	
POSICIÓN	CANTIDAD	DENOMINACIÓN	MATERIAL	DIMENSIONES EN BRUTO	OBSERVACIÓN
	1	Base de cámara	Diatomita (3), ladrillo refractario(1), acero inoxidable (tol) AISI 1040.(4), Tol AISI 1040.	200cmx350cm	NINGUNA



Nota: Poner a punto todas las operaciones

* Hoja de procesos previa

FASE	SUB FASE	Nº	OPERACIONES	CROQUIS	RPM	UTILES		TIEMPOS (min)	
						trabajo	control	empleado	máximo
CORTE (1)	10	11	Cortar en 1(cada ladrillo)		-	C	M	50	60
		12	Unir en 1					40	50

		21	Corte en 4		-	Autog.	M	15	20
		22	Unir 4 en 1		-	-	-	1	2
		31	Corte en 2			C	M	10	12
	30	32	Unir 2 en 1			-	-	2	3
CORTE (1)	40	41	Corte en 3 con autogena			Autog.	M	15	20
		42	Amolar en 3 y unir en 2			D.D	-	6	7
<u>CÓDIGO DE ÚTILES:</u>					LABORATORIO DE MÁQUINAS HERRAMIENTAS				
Cal.: Calibrador					FACULTAD DE INGENIERIA MECÁNICA				
Br.: Broca					E.P.N.				
D.D: Disco de desgaste									
M: Metro									
Autog= soldadura autogena									
C.: sierra									

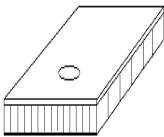
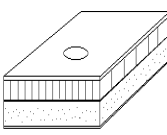
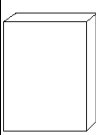
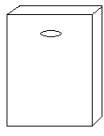
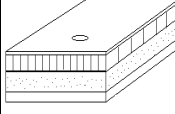
HOJA DE PROCESOS – 6*				ELEMENTO – 6	
Pared superior de la cámara de secado				Tiempo Total: horas	
POSICIÓN	CANTIDAD	DENOMINACIÓN	MATERIAL	DIMENSIONES EN BRUTO	OBSERVACIÓN
	1	Techo de cámara	Diatomita (3), ladrillo refractario(1), acero inoxidable (tol) AISI 1040.(4), Tol AISI 1040.	200cmx350cm	NINGUNA

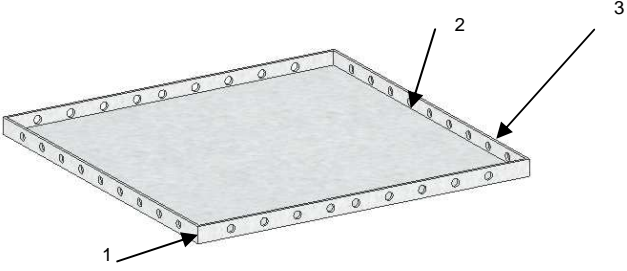

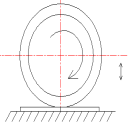
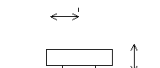
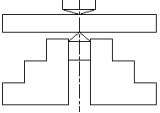
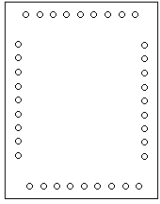
Diagrama de corte de la pared superior de la cámara de secado. Muestra una estructura de ladrillos (1) sobre una base de diatomita (2). Hay una capa de diatomita (3) debajo de los ladrillos. Se indican tol (4) y tol (5) en la parte superior, y tol (3) en la base.

Nota: Poner a punto todas las operaciones

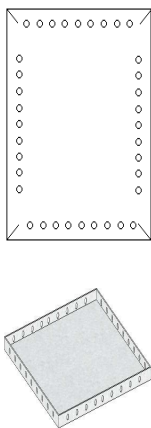
* Hoja de procesos previa

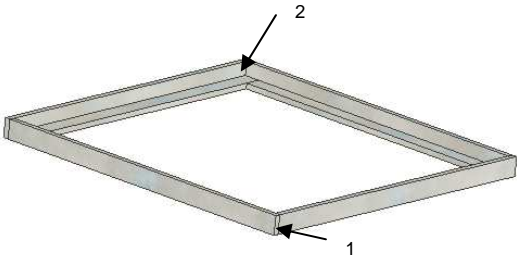

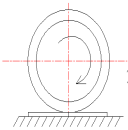
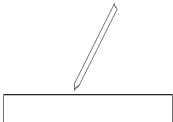
FASE	SUB FASE	Nº	OPERACIONES	CROQUIS	RPM	UTILES		TIEMPOS (min)	
						trabajo	control	empleado	máximo
CORTE (1)	10	11	Cortar en 1(cada ladrillo)		-	C	M	50	60
		12	Unir ladrillos		-	-	-	60	70
		13	Realizar agujero		-	Cinc.	M	17	20

		21	Corte en 4		-	C	M	15	20
		22	Realizar agujero 5		-	Autog.	M	5	7
		23	Amolar con motor tool en 5		90	M.T	-	7	9
		24	Unir 4 en 1		-	-	-	2	3
	30	31	Corte en 2		-	-	M	10	12
		32	Realizar el agujero 5		-	-	M	7	9
		33	Unir 2 en 1		-	-	-	1	2
	40	41	Corte en 3 con autógena	  		Autog.	M	1	15
		42	Realizar agujero			Autog.	M	1	5
		43	Amolar en 3 y unir en 2			D.D	-	1	10
<u>CÓDIGO DE ÚTILES:</u>					LABORATORIO DE MÁQUINAS HERRAMIENTAS				
Cal.: Calibrador					FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA				
M.T: motor tool					E.P.N.				
D.D: Disco de desgaste									
M: Metro									
Autog= soldadura autógena									
Cinc. = cincel									

HOJA DE PROCESOS – 7					ELEMENTO - 7				
Bandejas					Tiempo Total: horas				
POSICIÓN	CANTIDAD	DENOMINACIÓN	MATERIAL	DIMENSIONES EN BRUTO	OBSERVACIÓN				
	14	Bandeja	Acero inoxidable (tol) AISI 1040	126cm x 126cm x 0.1cm	NINGUNA				
									
Nota: Poner a punto todas las operaciones									
FASE	SUB FASE	Nº	OPERACIONES	CROQUIS	RPM	UTILES		TIEMPOS (min)	
						trabajo	control	empleado	máximo
CORTE (1)	10	11	Cortar plancha		-	Autog.	Flex.	24	25
AMOLAR (2)	20	21	Amolar, quitar aristas vivas.		-	Amol.	-	9	10
PERFORAR (3)	30	31	Rayar 2		500	R.M	Cal.	12	15
		32	Perforar 2 , broca ϕ 10mm	 	200	Bc.	-	25	30

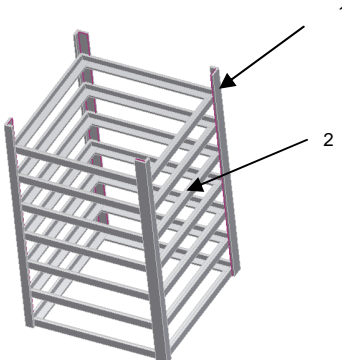
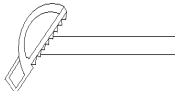
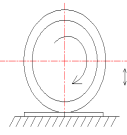
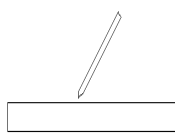
Hoja de Procesos-7 (continuación)

FASE	SUB FASE	Nº	OPERACIONES	CROQUIS	RPM	UTILES		TIEMPOS (min)	
						trabajo	control	empleado	Máx.
CORTE (4)	40	41	Cortar en 1		-	C.	Cal.	8	10
		42	Doblar en 1		-	Mart.	-	13	15
		43	Soldar en 1		-	Autog.	-	15	20
<u>CÓDIGO DE ÚTILES:</u>					LABORATORIO DE MÁQUINAS HERRAMIENTAS				
Cal.: Calibrador					FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA				
Bc.: Broca					E.P.N.				
C: Cierra									
R: Rayador									
RM: Regla metálica									
Flex: Flexómetro									
Autog: suelda autógena									
Mart. : Martillo									

HOJA DE PROCESOS – 8					ELEMENTO - 8				
Base de bandeja					Tiempo Total: horas				
POSICIÓN	CANTIDAD	DENOMINACIÓN	MATERIAL	DIMENSIONES EN BRUTO	OBSERVACIÓN				
	14	Base de bandeja	Perfil en L estructural	126cm x 126cm x 0.1cm	NINGUNA				
									
Nota: Poner a punto todas las operaciones									
FASE	SUB FASE	Nº	OPERACIONES	CROQUIS	RPM	UTILES		TIEMPOS (min)	
						trabajo	control	empleado	máximo
CORTE (1)	10	11	Cortar perfil en un extremo 0.8cm x 1cm, son 4 perfiles.		-	C.	Flex.	12	15
AMOLAR (2)	20	21	Amolar, quitar aristas vivas.		-	Amol.	-	1	2
SOLDAR (3)	30	31	Unir los perfiles		-	-	Esc.	2	3
		32	Soldar los perfiles, electrodo E6011		-	Sold.	-	3	4

Hoja de Procesos-8 (continuación)

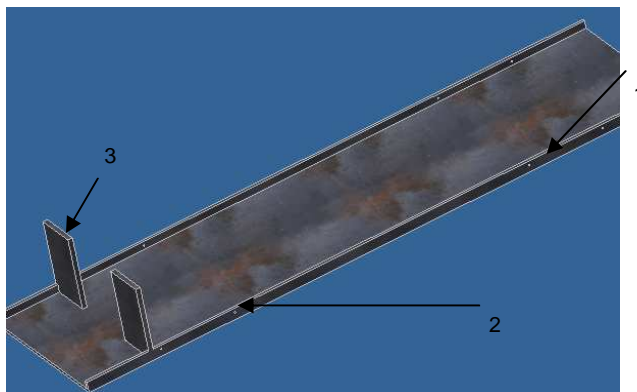
<u>CÓDIGO DE ÚTILES:</u>	LABORATORIO DE MÁQUINAS HERRAMIENTAS
Cal.: Calibrador	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
Bc.: Broca	E.P.N.
C: sierra	
R: Rayador	
Flex: Flexómetro	
Amol. : Amoladora	

HOJA DE PROCESOS – 9						ELEMENTO - 9				
Bastidor de de bandeja						Tiempo Total: horas				
POSICIÓN	CANTIDAD	DENOMINACIÓN	MATERIAL	DIMENSIONES EN BRUTO		OBSERVACIÓN				
	2	Bastidor	Perfil L de acero	L=190cm	2cm x2cmx 0.1cm	NINGUNA				
										
Nota: Poner a punto todas las operaciones										
FASE	SUB FASE	Nº	OPERACIONES	CROQUIS	RPM	UTILES		TIEMPOS (min)		
						trabajo	control	empleado	máximo	
CORTE (1)	10	11	Cortar 1 en un extremo l=190cm, son 8 perfiles.		-	C.	Flex.	14	15	
AMOLAR (2)	20	21	Amolar 1, quitar aristas vivas.		-	Amol.	-	1	2	
SOLDAR (3)	30	31	Soldar los perfiles 1 en los cuadrantes 2, electrodo E6011.		-	Sold.	Esc.	20	25	

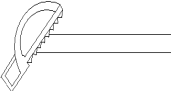
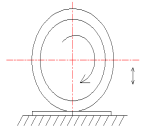
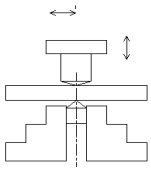
Hoja de Procesos-9 (continuación)

<u>CÓDIGO DE ÚTILES:</u>	LABORATORIO DE MÁQUINAS HERRAMIENTAS
Esc. :Escuadra	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
C: sierra	
Sold: soldadora	
Flex: Flexómetro	
Amol. : Amoladora	

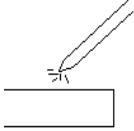
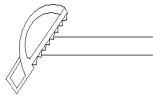
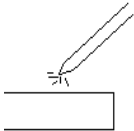
HOJA DE PROCESOS – 10				ELEMENTO - 10	
Conducto de desfogue del aire				Tiempo Total: horas	
POSICIÓN	CANTIDAD	DENOMINACIÓN	MATERIAL	DIMENSIONES EN BRUTO	OBSERVACIÓN
	1	Chimenea	Plancha de acero inoxidable (tol) AISI 1040 de 1mm.	250cm x200cmx0.1cm	NINGUNA

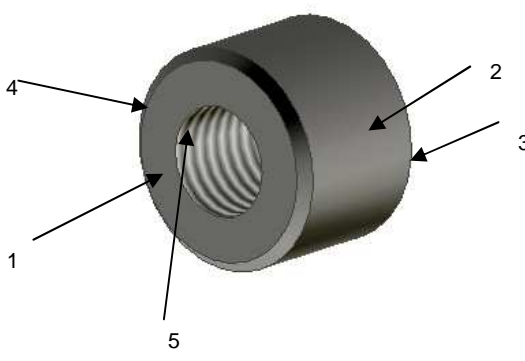
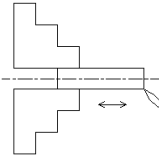
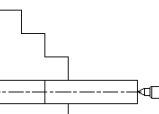

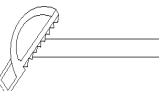


Nota: Poner a punto todas las operaciones

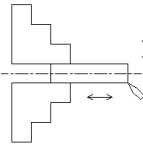
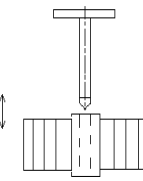
FASE	SUB FASE	Nº	OPERACIONES	CROQUIS	RPM	UTILES		TIEMPOS (min)	
						trabajo	control	empleado	máximo
CORTE (1)	10	11	Cortar la plancha a las medidas correspondientes 250cm x 200cm		-	C.	Flex.	14	15
AMOLAR (2)	20	21	Amolar, quitar aristas vivas.		-	Amol.	-	1	2
PERFORAR (3)	30	31	Realizar los 8 agujeros, ø5mm		-	Bc.	RM.	17	20

Hoja de Procesos-10 (continuación)

FASE	SUB FASE	Nº	OPERACIONES	CROQUIS	RPM	ÚTILES		TIEMPOS (min)	
						trabajo	control	empleado	Máx.
DOBLAR (4)	40	41	Rayar superficie 1 poner a la medida		-		RM	2	3
		42	Calentar superficie 1		-		Flex.	4	5
		43	Doblar en 1		-		Cal.	4	5
SIERRA (5)	50	51	Cortar y realizar la superficie 3		-	C	Flex.	10	12
		52	Soldar la superficie 3 en el canal.		-	Sold.	-	15	20
<u>CÓDIGO DE ÚTILES:</u>					LABORATORIO DE MÁQUINAS HERRAMIENTAS				
Cal.: Calibrador					FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA				
Bc.: Broca					E.P.N.				
C: sierra									
R: Rayador									
RM: Regla metálica									
Flex: Flexómetro									
Autog: suelda autógena									

HOJA DE PROCESOS – 11					ELEMENTO - 11				
Eje hueco roscado					Tiempo Total: horas				
POSICIÓN	CANTIDAD	DENOMINACIÓN	MATERIAL	DIMENSIONES EN BRUTO	OBSERVACIÓN				
	16	Eje hueco	Eje de acero AISI 1040.	L=160cm, \varnothing 0.12cm	NINGUNA				
									
Nota: Poner a punto todas las operaciones									
FASE	SUB FASE	Nº	OPERACIONES	CROQUIS	RPM	UTILES		TIEMPOS (min)	
						trabajo	control	empleado	máximo
TORNO (1)	10	11	Montar eje en mandril.		500	Cr.	Cal.	1	2
		12	Refrentar en						
		13	Cilindrar en 2		500	Cc.	Cal.	3	4
SIERRA MECANICA (2)	20	21	Cortar el eje a 15cm		-	C.	Cal.	5	7

Hoja de Procesos-11 (continuación)

FASE	SUB FASE	Nº	OPERACIONES	CROQUIS	RPM	UTILES		TIEMPOS (min)	
						trabajo	control	empleado	Máx.
TORNO (3)	30	31	Montar la pieza en el mandril.		500	C.r	Cal.	3	4
		32	Refrentar en 1 y dejar a medida deseada.						
		33	Realizar superficie 4.						
MACHUELO (4)	40	41	Ubicar la pieza en la entenalla.		-	-	-	1	2
		42	Realizar el machuelado con machuelo M10		-	Mach.	-	7	8
<u>CÓDIGO DE ÚTILES:</u>					LABORATORIO DE MÁQUINAS HERRAMIENTAS				
Cal.: Calibrador					FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA				
Bc.: Broca					E.P.N.				
C: Sierra									
Flex: Flexómetro									
Mach: machuelo									

1.2 MONTAJE DE LA MÁQUINA SECADORA DE HOJAS AROMÁTICAS

Para el proceso de montaje se considera de forma independiente cada uno de los sistemas o elementos que constituyen la máquina:

- Sistema de cámara de secado o estructura.
- Sistema de calentamiento y flujo del aire en la cámara de secado.
- Sistema de salida de aire.
- Sistema de control.
- Puerta

A continuación se describe los sistemas.

1.2.1 SISTEMA DE CÁMARA DE SECADO O ESTRUCTURA

Este sistema está constituido por elementos o paredes, que permiten realizar el secado del producto con el calentamiento del aire, está compuesto por las siguientes:

- Pared lateral derecha
- Pared lateral izquierda
- Piso
- Techo

Para el montaje de la cámara, se realiza el posicionamiento o colocación de la base para esto se realiza la excavación de la base con una profundidad igual al espesor de la misma para que así quede a nivel, entonces se procede a colocar cada una de las capas de la base, después se coloca las paredes laterales, una vez ubicadas las mismas se procede a ubicar las la pared de atrás y adelante con el detalle de que se realiza la suelda de la capa de metal de las paredes laterales con la base, colocadas las paredes que envuelven a la cámara se procede a colocar el techo primero se realiza la colocación de la diatomita y a colocar la capa exterior de metal, posteriormente soldar con el resto de las paredes laterales.

1.2.2 SISTEMA DE CALENTAMIENTO Y FLUJO DE AIRE

Este sistema está constituido por elementos, que nos permiten realizar la circulación y calentamiento del aire:

- Ventilador.
- Resistencia de Nicrom
- Canal de circulación de flujo.

Para el montaje de este sistema, se realiza la perforación de las paredes laterales en donde van a ir introducidos los ejes huecos roscados y realizar el posicionamiento de los ejes huecos roscados, después se coloca y se sujeta el canal con los tochos roscados, a través de pernos de rosca métrica hexagonales M8 [mm], se coloca el ventilador sobre el canal de flujo con pernos M5, luego, se procede a posicionar el nicrom que va colocado sobre el canal sin tener contacto con el mismo y el cual va sujeto en uno de sus extremos, el mismo se suelda en la pared lateral izquierda y es colocado un adhesivo, el otro extremo del nicrom es colocado en la pared lateral derecha y se procede a soldar.

1.2.3 SISTEMA DE SALIDA DE FLUJO DE AIRE

El sistema de salida de flujo de aire permite el movimiento vertical y salida del aire de la cámara de secado, y está constituido por los siguientes elementos:

- Chimenea en el techo de la cámara de secado
- Válvula de tiro.

El montaje de este sistema se comienza con la colocación de la chimenea en la parte superior la misma que va soldada a la plancha de acero exterior de la pared acoplado al orificio que hay en la misma, luego se procede a la ubicación de la válvula de tiro en la chimenea.

1.2.4 SISTEMA DE CONTROL

Este sistema está constituido por los siguientes elementos:

- Soporte del tablero de control
- Circuito o tablero de control

Para el montaje de este sistema, se procede a realizar la soldadura del soporte del tablero de control a la pared lateral derecha quedando a una altura de 1m del piso y a 20 cm, de la esquina de la pared de adelante, el circuito de control no será fijo ya que éste va ser ubicado encima del soporte y así tenga una facilidad de revisión del mismo cuando ocurra algún daño en el mismo.

1.2.5 PUERTA

El montaje de la puerta se realiza de la siguiente manera:

- Se suelda las bisagras en la parte de metal de la pared de adelante.
- Se procede a colocar la puerta sobre las bisagras.

1.2.6 MONTAJE FINAL

Finalizado el montaje de cada uno de los sistemas que conforman la máquina, de forma independiente se procede al montaje global, de la siguiente manera:

- Se coloca todos los instrumentos de medida y cableado del mismo
- Se pone todo el cableado correspondiente de los instrumentos de medición, en este caso el cable que va desde el nicrom al tablero de control, el cable que controla el ventilador, los cables respectivos que controlan la temperatura de la cámara de secado.
- Se procede a sellar las paredes y los agujeros por donde va a ir el cableado.

Luego se procede a realizar las siguientes verificaciones:

- Presencia de los elementos normalizados como son pernos, tuercas, etc.
- Ajuste adecuado de todos los pernos.
- Correcto montaje de la cámara de secado.
- Ajuste de los pernos de anclaje del ventilador.
- Correcto montaje y cableado de los instrumentos de medición.

1.3 COSTOS

1.3.1 INTRODUCCIÓN

El objetivo de este análisis, es determinar la cantidad de recursos económicos a emplearse en el diseño, la construcción y la puesta en funcionamiento del prototipo.

Para este fin se parte de un análisis que toma en cuenta costos directos y costos indirectos.

Dentro del costo total se consideran los costos parciales que son:

- Materia prima.
- Elementos normalizados y adicionales.
- Costos de maquinado.
- Costos de montaje.
- Costos de diseño

El costo total es igual a la suma de los costos totales directos y costos totales indirectos.

1.3.2 ANÁLISIS DE COSTOS DIRECTOS

1.3.2.1 Costos de materia prima

Los costos de materia prima, son los que se genera de la compra de los diversos materiales que se necesita para la fabricación de elementos constitutivos de la máquina.

1.3.2.1.1 Cálculo del material a ocupar

1.3.2.1.1.1 Cálculo de ladrillos que se necesitan

Paredes laterales:

El ladrillo tiene una geometría: ancho es de 32mm, alto= 114mm, largo=229mm

Si la pared mide 3.50m de largo y 2.50m de alto y un espesor de 0.2m según los cálculos de diseño entonces los ladrillos requeridos son:

El material a ocupar son: 22 filas a lo alto y 15 filas a lo largo, entonces se necesitan 660 ladrillos para las paredes laterales.

Pared posterior: el ancho de la pared es 2m, alto = 2.50m, e= 0.2m entonces los ladrillos que se necesitan son:

Se necesitan 22 filas a lo alto y 9 filas a lo ancho entonces el material necesario son: 198 ladrillos.

Pared delantera: total de material: 79 ladrillos.

Base de la cámara: las medidas de la base son de ancho=2m, largo=3.50m, entonces se necesitan 255 ladrillos.

Se necesitan un total de: 1192 ladrillos

Nota: las pérdidas están incluidas en el total de ladrillos a ocupar.

1.3.2.1.2 Cálculo de las planchas de acero que se necesitan para las paredes de la cámara de secado.

El cálculo de estas planchas son las que se van a usar en las paredes de la cámara de secado.

Como ya se detalló en los apartados anteriores las dimensiones de las paredes de la cámara de secado entonces se procede a ver cuántas planchas se van a ocupar:

Son 6 paredes en las que van a ir ubicadas las planchas entonces como en el mercado se consigue planchas de 2.44m x 1.22m entonces se utilizan 10.

1.3.2.1.3 Cálculo de la diatomita a usar

El cálculo se lo realiza de acuerdo al espesor, geometría y dimensiones de la pared, cabe decir que este material venden en sacos, entonces se van a necesitar 3 sacos de material, cada saco tiene un valor comercial de 3 dólares en la mina de Ibarra, pero con transporte sale un valor total de 4 dólares.

1.3.2.1.4 Cálculo del material a usar en la chimenea

Como la chimenea va ser del mismo material que el de las paredes de la cámara de secado entonces se estima que no es necesario comprar otra plancha para la construcción de la misma porque va a existir material sobrante.

1.3.2.1.5 Cálculo del material a ocupar en la puerta

Bisagra: se ocupan dos bisagras, las cuales tienen que soportar el peso de la puerta.

Madera: será de un material resistente al calor y a la intemperie.

1.3.2.1.6 Cálculo del material que se va a ocupar en el canal de flujo

La geometría ya se detalla en el apartado 8.6.1 entonces el material a ocupar es tol galvanizado, se tiene que comprar una plancha de 2m x 1.22m x 0.001m.

1.3.2.1.7 Cálculo del material de las bandejas

Las bandejas son construidas de tol galvanizado éstas deben ser cortadas 122cm x 122cm x 0.1cm. En el mercado se encuentra planchas de 1.22m x 1.44 por lo que se necesita 14 planchas. Ver anexo 5.

1.3.2.1.8 Cálculo del material de los bastidores donde van a ser ubicadas las bandejas.

Ya que las bases cuadradas donde acoplarán las bandejas son perfil en L de acero estructural 2.5cm x 2.5cm x 0.2cm de 122cm x 122cm y son 14 unidades entonces se necesitan 67.3 m de perfil estructural.

Los soportes o perfiles a los cuales irán soldados estas bases para así formar la estructura del bastidor miden 210cm pero estos perfiles son planos de 2mm de espesor y se ocupan 8, entonces se ocupan 3 perfiles de L=6m. Ver anexo 5.

1.3.2.1.9 Cálculo del material de soporte del tablero de control

Los perfiles son de acero estructural con dimensiones de 10mm x 10mm x 2mm con una longitud de 120mm, entonces se ocupará 480mm.

1.3.2.1.10 Cálculo del material de eje cilíndrico hueco

Se van a ocupar 12 ejes huecos de longitud de 15cm, entonces se ocuparan 180cm, se pide un eje de 2m, ver anexo A5.

Los costos de materias primas se presentan en la Tabla 6.1.

Tabla 0.1 Costos de materias primas

Material	Cantidad	Valor unitario[usd]	Valor total[usd]
nicrom L=23m, e=4mm	1	70	70
diatomita (quintales)	3	4	12
ladrillo refractario 229 * 114 * 32 mm	1192	0.15	178.80
perfil en L de acero, 2.5cm x 2.5cm x 0.2cm, L=6m	11	13.50	148.50
perfil plano 2.5cm x 2.5cm x 0.2cm, L=6m	3	12	36
Plancha de acero A-36 2.44mx1.22mx1mm	10	48	480
Plancha de tol galvanizado ASTM A653 2.44mx1.22mx1mm	15	22	330
Bisagras 150 x 80 Acero inoxidable 18/8	2	5	10
Perfil L acero A36, 2.5cm X 2.5cm x 0.2 cm, L= 6m	1	13.50	13.50
Eje cilindrico hueco Dn=3/8", De=17.1 e=2.81mm, L=2m	1	27.50	27.50
		SUBTOTAL	1306.30

Fuente: Comercializadoras de Quito

Elaborado: Luis Andrade, Marcelo Rodríguez

1.3.3 COSTOS DE ELEMENTOS NORMALIZADOS ADICIONALES

Son los costos que se tiene de elementos prefabricados bajo distinto tipo de normas, elementos de control, pernos, motores, rodamientos, planchas, etc., ver tabla 6.2.

Tabla 0.2 Costos de elementos normalizados

ELEMENTO	CANTIDAD	VALR UNITARIO (USD)	VALOR TOTAL (USD)
Ventilador con motor eléctrico cc 1160RPM, 1/6HP	1	150	150

Pernos (varios)	14	0.20	2.80
Voltímetro	1	7.2	7.2
Panel de Control	1	3.14	3.14
Tuerca (varios)	4	0.25	1
Bisagras 150 x 80 Acero inoxidable 18/8	2	5	10
Puerta	1	150	150
Subtotal			324.14

Fuente: Comercializadoras de Quito

Elaborado: Luis Andrade, Marcelo Rodríguez.

1.3.4 COSTO DE MAQUINADO

Este costo, tiene que ver con el valor respecto a la mano de obra directa, empleada en las máquinas herramientas para la fabricación de piezas del dispositivo. Y se calcula basándose en el tiempo requerido para la fabricación de los elementos. Estos valores se presentan en la Tabla 6.3.

Tabla 0.3Costos de maquinado.

Máquina	Costo por máquina incluido mano de obra y energía [usd/h]	Tiempo total[h]	Costo total por máquina[usd]
Cizalla	3	2	6
Torno	7	2	14
Taladro Pedestal	1,5	4	6
Autogena	9	1	9
Soldadora Mig	3	4	12
Amoladora	0,6	2	1.20
Instrumentos de medida	0,4	5	2
Soldadora	8	4	32
		SUBTOTAL	82.20

Fuente: Taller Máquinas Herramientas.

Elaborado: Luis Andrade, Marcelo Rodríguez.

1.3.5 COSTO DE MONTAJE

Son aquellos gastos que se relacionan con la mano de obra que se ocupa al realizar el ensamble de la máquina como son las partes y piezas que la componen, la puesta a punto y las revisiones finales de la misma.

El resultado se puede observar en la Tabla 6.4.

Tabla 0.4Costos de montaje

Personal	Especialidad	Cantidad	Tiempo[h]	Costo/hora	Valor
Tecnólogo	Mecánico Industrial	1	10	2	20
Técnico	electricista	1	2	1,5	3
Ayudante		1	13	1	13
Soldador		1	1	8	8
Albañil		2	24	2	48
			SUBTOTAL		92

Fuente: Taller Máquinas Herramientas.

Elaborado: Luis Andrade, Marcelo Rodríguez.

1.3.6 COSTO DIRECTO TOTAL

En la Tabla 6.5, se indica la cantidad total del costo directo.

Tabla 0.5Costo Directo Total

Componente del costo	Valor [usd]
Materias primas	1306.30
Elementos normalizados y adicionales	324.14
Costos de maquinado	82.20
Costos de montaje	92
SUBTOTAL	1804.64

Fuente: Comercializadoras de Quito.

Elaborado: Luis Andrade, Marcelo Rodríguez.

1.4 ANÁLISIS DE COSTOS INDIRECTOS

1.4.1 COSTO DE MATERIALES INDIRECTOS

Estos costos, son los que se genera del uso de materiales suplementarios, en la construcción de los componentes de la máquina.

Los costos de materiales indirectos se muestran en la Tabla 6.6.

Tabla 0.6Costos de materiales indirectos

Material	Cantidad	Valor unitario [usd]	Valor total [usd]
Electrodos E-6011, 1/8" AGA	2 Kg.	5,4	10,8
Pintura anticorrosiva	2 Ltrs.	5,2	10,4
Wipe	1 Libra	0,9	0,9
Discos de corte	2 uni.	2,5	5
Electrodos E-7018, 1/8" AGA	1 Kg.	7,34	7,34
Discos de desbaste	1 uni.	3,3	3,3
Guantes	4	1,3	5,2
varios		10	10
SUBTOTAL			52,94

Fuente: Comercializadoras de Quito

Elaborado: Luis Andrade, Marcelo Rodríguez.

1.4.2 COSTOS DE INGENIERÍA

Son aquellos costos que tienen que ver con la mano de obra del ingeniero y el tiempo que invierte para el diseño y construcción, en este caso diseño de una máquina secadora de hojas aromáticas, se desarrollaron y analizaron los siguientes puntos:

- Estudio del material a secar
- Definición del problema.
- Presentación de alternativas.
- Selección de alternativa.
- Diseño y selección de elementos de máquinas.
- Planteo supervisión en la construcción.
- Supervisión en el montaje de la máquina.

Tabla 0.7 Tareas y tiempos utilizados en ingeniería

Tarea	Tiempo [h]	Detalle
Estudio material a secar	7	Estudio y analisis del material a secar
Definición del problema	4	Recopilación de los parametros de diseno
Presentación de alternativas	4	Descripción de las diferentes alternativas del dispositivo
Selección de la alternativa	3	Ponderación y selección de la alternativa que cumpla con los parametros requeridos
Diseño y selección de elementos de la máquina	55	Diseño mecánico y selección de los materiales de los distintos componentes de la máquina
Supervisión y control en la construcción	20	Supervisión de los procesos de construcción para la obtención de los elementos que consituyen la máquina
Supervisión y control en el montaje	5	Supervisión de las diferentes actividades para realizar el montaje correcto
Total tiempo [h]	98	

Fuente: Propia

Elaborado: Luis Andrade, Marcelo Rodríguez.

El costo por hora que percibe un profesional en diseño de maquinaria industrial, es de unos 22Usd en la industria nacional, por esta razón se tiene un costo por ingeniería de 2156Usd por cada ingeniero que interviene.

1.4.3 COSTOS IMPREVISTOS

Son los costos que se relacionan principalmente con los gastos de movilización del personal, el transporte de materiales e impresiones, etc. Es decir, son aquellos que no están considerados en un principio para el análisis del costo total. Este tipo de costos se detalla en la Tabla 6.8.

Tabla 0.8 Costos imprevistos

Imprevistos	Valor
Movilización del personal	40
Transporte de materiales	60
Impresiones de planos	15
Materiales extras	15
Varios	10

SUBTOTAL	140
-----------------	------------

Fuente: Propia

Elaborado: Luis Andrade, Marcelo Rodríguez.

1.4.4 COSTO TOTAL INDIRECTO

En la Tabla 6.9, se indica los costos totales indirectos.

Tabla 0.9Costo Total Indirecto

Componente del costo	Valor [usd]
Materiales indirectos	52.94
Costos de ingeniería	2156
Gastos indirectos	140
SUBTOTAL	2348.94

Fuente: Propia

Elaborado: Luis Andrade, Marcelo Rodríguez.

1.5 COSTO TOTAL DE LA MÁQUINA

Es el resultado de la suma del costo directo, con el costo indirecto.

En la tabla 6.10 se detalla del valor.

Tabla 0.10Costo Total de la Máquina

Componente del costo	Valor [usd]
Costo Directo	1804.64
Costo Indirecto	2348.94
TOTAL	4153.58

Fuente: Propia

Elaborado: Luis Andrade, Marcelo Rodríguez.

Todos los costos de construcción de la máquina secadora de hojas aromáticas incluyen IVA, y se obtuvieron a partir de proformas facilitadas por distribuidoras

y comercializadoras de la ciudad de Quito, entre estas: Talleres STIC, Ivan Bhoman, Dipac. El costo total resulta bastante accesible y puede ser construido fácilmente,

En conclusión como se observa en la Tabla 6.10, el costo de la máquina secadora de hojas aromáticas, es de 3528.88Usd.

CAPITULO VII

PRUEBAS DE CAMPO

1.6 DATOS OBTENIDOS

Considerando el protocolo de prueba descrito en el capítulo 5 se procede a realizar las pruebas de campo.

Tabla 0.1 Protocolo de pruebas

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL		
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA		
PRUEBAS DE CAMPO		
FECHA DE PRUEBA:	21/05/2009	
FECHA DE APROBACIÓN:	n/a	
NOMBRE DE LA EMPRESA:	ESCUELA POLITECNICA NACIONAL	
NOMBRE DE LA MAQUINA:	Secadora	
CAPACIDAD DE LA MAQUINA:	42Kg	
PERSONAL RESPONSABLE:	Ing. Jaime Vargas Luis Andrade Marcelo Rodríguez	
DIMENSIONES DE LA MAQUINA		
VERIFICACION DE DIMENSIONES DE LOS ELEMENTOS QUE CONFORMAN LA MAQUINA		
ELEMENTOS	PASA	NO PASA
Cámara de secado	x	
Estructura Soporte	x	

VERIFICACION DE DIMENSIONES TOTALES DE LA MAQUINA			
PARAMETROS	DIMENSIONES	NO PASA	PASA
Largo	3.50m		x
Ancho	2m		x
Altura	2.50m		x
FUNCIONAMIENTO EN VACIO			
SISTEMAS	TIEMPO DE PRUEBA	FALLA	NO FALLA
Eléctrico	60min		x
Transmisión			x
Estructura			x

PROTOCOLO DE PRUEBAS (continuación)

VERIFICACION DE LA PRODUCCION DE LAS HOJAS		
PARÁMETROS	ACEPTABLE	NO ACEPTABLE
Avance	x	
Calidad	x	
Tamaño	x	
OBSERVACIONES: Ninguna		
El prototipo Pasa:	El prototipo no Pasa:	

<p>FIRMA DE PERSONA(S) RESPONSABLES</p>	<p>FIRMA DE AUTORIZACIÓN</p>
--	-------------------------------------

CAPITULO VIII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1.7 CONCLUSIONES

- El proyecto de Titulación cumple con el objetivo establecido en el presente proyecto de titulación, el cual es el diseño de una secadora con los parámetros funcionales establecidos.
- Los elementos de la máquina secadora se puede construir en cualquier taller metalmecánico, su construcción es sencillo y fácil.
- El diseño realizado garantiza que la humedad final de las hojas serán acordes a las estipuladas en tablas.
- La máquina puede ser instalada con facilidad en cualquier sitio que se requiera.
- La máquina físicamente proporciona la facilidad para que sea operada por una sola persona.
- Los planos de la máquina se encuentran bajos normas de dibujo mecánico por lo que facilitan su construcción y montaje.

1.8 RECOMENDACIONES

- Difundir este tipo de proyecto en el medio de los pequeños agricultores.
- Revisar semestralmente las uniones empernadas al interior de la cámara de secado.
- Revisar que las conexiones eléctricas se encuentren perfectamente aisladas antes de proceder a encender la máquina.
- Se recomienda tener protegido el tablero de control de cualquier líquido.
- Se recomienda que la chimenea tenga un sitio de desfogue hacia el exterior.
- Que las entradas de aire no se encuentren bloqueadas por ningún tipo de material.

ANEXOS

ANEXO 1. CATALOGO DE PERNOS

DIN 931

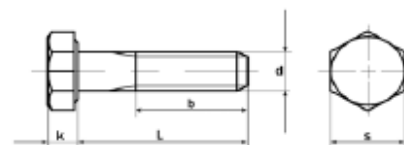
€/100

Tornillo cabeza hexagonal, parcialmente roscado

Hexagon head bolt

Boulons à tête hexagonale, partiellement filetés

Calidad / Grade / Qualité 6.8



L/D	M-4	M-5	M-6	M-8	M-10	M-12	M-14	M-16
30	5,09	3,84	3,36					
35	5,49	4,06	3,97	6,74				
40	5,49	4,21	4,26	7,29	11,64			
45	5,95	5,04	4,80	7,92	12,55	17,79		
50	5,95	5,16	5,21	8,40	13,16	18,53	27,58	
55		6,13	5,63	9,24	14,58	19,64	29,34	36,38
60		6,16	6,04	9,48	15,35	21,12	30,02	38,76
65		9,03	7,61	10,68	17,04	22,61	32,99	42,98
70		9,03	7,61	10,68	17,04	24,42	33,36	42,98
75				12,04	19,32	25,92	35,95	49,04
80		10,09	8,46	12,04	19,32	27,01	38,14	49,04
90			10,76	14,93	21,91	28,54	43,96	54,08
100			12,17	16,43	24,86	31,19	47,72	58,99
110				19,52	28,38	33,73	52,34	65,41
120				21,11	32,98	36,30	56,42	70,31
130				25,90	36,81	39,29	60,89	79,81
140				27,74	46,03	41,88	67,64	83,33
150				34,96	53,49	56,20	72,00	89,01
160				43,33	64,33	73,92	99,79	107,80
170				55,09	64,95	87,85	113,30	121,50
180				56,99	68,45	95,81	129,00	136,50
190					71,94	103,59	137,80	187,80
200					75,44	117,60	143,50	196,90

L/D	M-18	M-20	M-22	M-24	M-27	M-30
30						
35						
40						
45						
50						
55						
60	56,01					
65	62,96	73,39				
70	62,96	77,73	134,90			
75	69,92	83,64	141,10	156,70		
80	69,92	83,64	141,10	156,70	296,30	
90	76,53	89,29	144,60	177,50	321,00	408,60
100	86,73	96,24	156,80	187,00	328,90	420,40
110	93,10	102,94	167,80	196,50	353,70	442,00
120	97,41	111,70	179,20	207,30	370,70	468,80
130	102,63	121,40	190,60	235,70	396,30	509,60
140	109,60	135,90	208,70	261,00	417,20	520,70
150	116,50	150,50	226,90	272,50	430,40	531,10
160	137,60	173,30	232,70	308,20	458,90	564,20
170	145,40	201,50	247,80	346,20	575,00	578,40
180	174,60	216,10	263,70	362,50	585,00	589,90
190	226,20	254,20	312,80	417,30	670,00	672,30
200	237,60	285,10	326,10	439,80	670,00	672,30

DIN 931

€/100

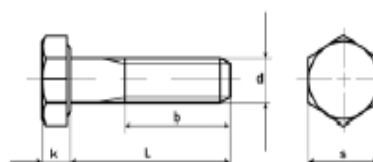
Tornillo cabeza hexagonal, parcialmente roscado

Hexagon head bolt

Boulons à tête hexagonale, partiellement filetés

Calidad / Grade / Qualité 6.8

Zincado / Zinc Plated / Zingúé



L/D	M-4	M-5	M-6	M-8	M-10	M-12	M-14	M-16	M-18	M-20	M-22	M-24
30	5,38	4,42	4,09									
35	5,84	4,56	4,84	7,75								
40	5,84	4,95	5,21	8,43	13,75							
45	6,38	5,40	5,87	9,34	15,50	20,39						
50	6,38	5,90	6,00	9,89	16,28	21,66	31,51					
55		6,84	6,31	10,61	18,07	22,98	33,36	41,14				
60		6,84	6,50	10,72	19,03	24,09	34,84	44,11	66,74			
65		10,09	8,91	11,79	20,02	26,69	38,55	47,07	71,00	80,43		
70		10,09	8,91	13,21	21,18	29,96	43,24	51,11	71,00	90,61	135,60	
75			11,05	13,67	21,87	30,36	46,29	53,34	78,85	94,33	150,10	189,20
80		12,95	11,05	14,86	24,04	34,32	46,29	58,36	78,85	100,00	150,10	189,20
90			12,04	18,52	25,99	37,55	50,21	60,43	86,29	102,90	164,60	206,50
100			13,59	20,42	31,91	40,95	54,91	65,61	94,14	107,80	178,60	223,90
110				24,19	35,63	44,54	59,62	71,18	102,00	116,00	193,00	241,30
120				26,30	39,35	47,92	64,72	83,23	109,80	124,30	207,50	258,20
130				30,58	41,51	52,23	68,65	90,22	115,70	146,70	217,20	270,30
140				34,12	46,57	56,39	76,29	96,49	123,60	156,10	231,60	287,10
150				46,98	63,08	65,31	90,08	102,80	131,40	175,40	246,10	304,00
160				51,38	75,54	85,75	117,70	134,20	155,20	207,40	260,60	345,60
170				59,52	76,81	101,45	131,70	147,40	178,40	240,40	290,80	363,80
180				61,64	79,06	113,80	143,00	166,80	201,70	270,60	310,00	382,00
190					82,35	120,90	149,80	211,90	268,00	323,00	409,90	433,50
200					83,50	135,20	156,00	222,40	279,10	356,70	429,50	453,20

ANEXO 2. ELEMENTOS ELECTRICOS

GENERAL PURPOSE SINGLE OPERATIONAL AMPLIFIER

- LARGE INPUT VOLTAGE RANGE
- NO LATCH-UP
- HIGH GAIN
- SHORT-CIRCUIT PROTECTION
- NO FREQUENCY COMPENSATION REQUIRED
- SAME PIN CONFIGURATION AS THE UA709

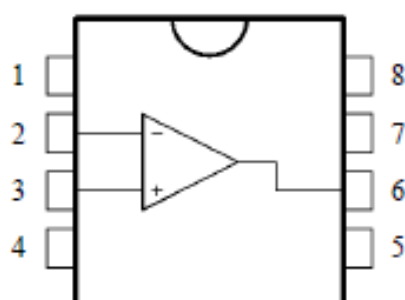
DESCRIPTION

The UA741 is a high performance monolithic operational amplifier constructed on a single silicon chip. It is intended for a wide range of analog applications.

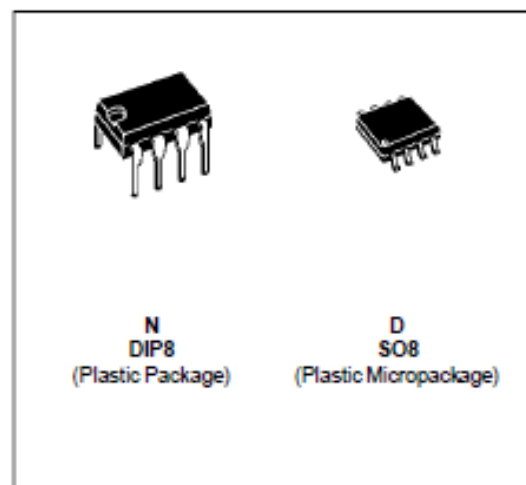
- Summing amplifier
- Voltage follower
- Integrator
- Active filter
- Function generator

The high gain and wide range of operating voltages provide superior performances in integrator, summing amplifier and general feedback applications. The internal compensation network (8dB/octave) insures stability in closed loop circuits.

PIN CONNECTIONS (top view)



- 1 - Offset null 1
- 2 - Inverting input
- 3 - Non-inverting input
- 4 - V_{CC}^-
- 5 - Offset null 2
- 6 - Output
- 7 - V_{CC}^+
- 8 - N.C.



ORDER CODES

Part Number	Temperature Range	Package	
		N	D
UA741C	0°C, +70°C	•	•
UA741I	-40°C, +105°C	•	•
UA741M	-55°C, +125°C	•	•

Example : UA741CN

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

V_{CC} = ±15V, T_{amb} = +25°C (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Unit
V _{io}	Input Offset Voltage (R _s ≤ 10kΩ) T _{amb} = +25°C T _{min} ≤ T _{amb} ≤ T _{max}		1	5 6	mV
I _{io}	Input Offset Current T _{amb} = +25°C T _{min} ≤ T _{amb} ≤ T _{max}		2	30 70	nA
I _{ib}	Input Bias Current T _{amb} = +25°C T _{min} ≤ T _{amb} ≤ T _{max}		10	100 200	nA
A _{vd}	Large Signal Voltage Gain * (V _O ±10V, R _L = 2kΩ) T _{amb} = +25°C T _{min} ≤ T _{amb} ≤ T _{max}	50 25	200		V/mV
SVR	Supply Voltage Rejection Ratio (R _s ≤ 10kΩ) T _{amb} = +25°C T _{min} ≤ T _{amb} ≤ T _{max}	77 77	90		dB
I _{CC}	Supply Current, no load T _{amb} = +25°C T _{min} ≤ T _{amb} ≤ T _{max}		1.7	2.8 3.3	mA
V _{icm}	Input Common Mode Voltage Range T _{amb} = +25°C T _{min} ≤ T _{amb} ≤ T _{max}	±12 ±12			V
CMR	Common-mode Rejection Ratio (R _s ≤ 10kΩ) T _{amb} = +25°C T _{min} ≤ T _{amb} ≤ T _{max}	70 70	90		dB
I _{OS}	Output Short-circuit Current	10	25	40	mA
±V _{OCP}	Output Voltage Swing T _{amb} = +25°C T _{min} ≤ T _{amb} ≤ T _{max}	R _L = 10kΩ 12 R _L = 2kΩ 10 R _L = 10kΩ 12 R _L = 2kΩ 10	14 13		V
SR	Slew Rate (V _i = ±10V, R _L = 2kΩ, C _L = 100pF, T _{amb} = 25°C, unity gain)	0.25	0.5		V/μs
t _r	Rise Time (V _i = ±20mV, R _L = 2kΩ, C _L = 100pF, T _{amb} = 25°C, unity gain)		0.3		μs
K _{OV}	Overshoot (V _i = 20mV, R _L = 2kΩ, C _L = 100pF, T _{amb} = 25°C, unity gain)		5		%
R _i	Input Resistance	0.3	2		MΩ
GBP	Gain Bandwidth Product (V _i = 10mV, R _L = 2kΩ, C _L = 100pF, f = 100kHz)	0.7	1		MHz
THD	Total Harmonic Distortion (f = 1kHz, A _V = 20dB, R _L = 2kΩ, V _O = 2V _{PP} , C _L = 100pF, T _{amb} = 25°C)		0.05		%
e _n	Equivalent Input Noise Voltage (f = 1kHz, R _s = 100Ω)		23		$\frac{nV}{\sqrt{Hz}}$
∅ _m	Phase Margin		50		Degrees



6-PIN DIP ZERO-CROSS OPTOISOLATORS TRIAC DRIVER OUTPUT (250/400 VOLT PEAK)

MOC3031M MOC3032M MOC3033M MOC3041M MOC3042M MOC3043M

DESCRIPTION

The MOC303XM and MOC304XM devices consist of a AlGaAs infrared emitting diode optically coupled to a monolithic silicon detector performing the function of a zero voltage crossing bilateral triac driver.

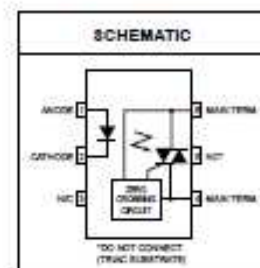
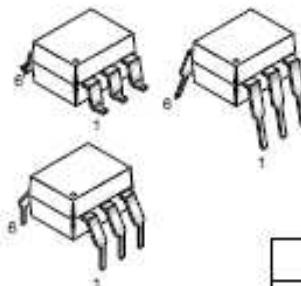
They are designed for use with a triac in the interface of logic systems to equipment powered from 115 VAC lines, such as teletypewriters, CRTs, solid-state relays, industrial controls, printers, motors, solenoids and consumer appliances, etc.

FEATURES

- Simplifies logic control of 115 VAC power
- Zero voltage crossing
- dV/dt of 2000 V/ μ s typical, 1000 V/ μ s guaranteed
- VDE recognized (File # 94766)
- -ordering option V (e.g., MOC3043VM)

APPLICATIONS

- Solenoid/valve controls
- Static power switches
- Temperature controls
- AC motor starters
- Lighting controls
- AC motor drives
- E.M. contactors
- Solid state relays



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)				
Parameters	Symbol	Device	Value	Units
TOTAL DEVICE				
Storage Temperature	T_{STG}	All	-40 to +150	$^\circ\text{C}$
Operating Temperature	T_{OPR}	All	-40 to +85	$^\circ\text{C}$
Lead Solder Temperature	T_{SOL}	All	260 for 10 sec	$^\circ\text{C}$
Junction Temperature Range	T_J	All	-40 to +100	$^\circ\text{C}$
Isolation Surge Voltage ⁽¹⁾ (peak AC voltage, 60Hz, 1 sec duration)	V_{ISO}	All	7500	Vac(pk)
Total Device Power Dissipation @ 25 $^\circ\text{C}$ Derate above 25 $^\circ\text{C}$	P_D	All	250	mW
			2.94	mW/ $^\circ\text{C}$
EMITTER				
Continuous Forward Current	I_F	All	60	mA
Reverse Voltage	V_R	All	6	V
Total Power Dissipation 25 $^\circ\text{C}$ Ambient Derate above 25 $^\circ\text{C}$	P_D	All	120	mW
			1.41	mW/ $^\circ\text{C}$
DETECTOR				
Off-State Output Terminal Voltage	V_{ORM}	MOC3031M/2M/3M	250	V
		MOC3041M/2M/3M	400	
Peak Repetitive Surge Current (PW = 100 μ s, 120 pps)	I_{FSM}	All	1	A
Total Power Dissipation @ 25 $^\circ\text{C}$ Ambient Derate above 25 $^\circ\text{C}$	P_D	All	150	mW
		All	1.76	mW/ $^\circ\text{C}$

Note

1. Isolation surge voltage, V_{ISO} , is an internal device dielectric breakdown rating. For this test, Pins 1 and 2 are common, and Pins 4, 5 and 6 are common.



6-PIN DIP ZERO-CROSS OPTOISOLATORS TRIAC DRIVER OUTPUT (250/400 VOLT PEAK)

MOC3031M MOC3032M MOC3033M MOC3041M MOC3042M MOC3043M

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ Unless otherwise specified)

INDIVIDUAL COMPONENT CHARACTERISTICS

Parameters	Test Conditions	Symbol	Device	Min	Typ	Max	Units
EMITTER							
Input Forward Voltage	$I_F = 30\text{ mA}$	V_F	All		1.25	1.5	V
Reverse Leakage Current	$V_R = 6\text{ V}$	I_R	All		0.01	100	μA
DETECTOR							
Peak Blocking Current, Either Direction	Rated V_{DRM} , $I_F = 0$ (note 1)	I_{DRM1}	All			100	nA
Peak On-State Voltage, Either Direction	$I_{TM} = 100\text{ mA peak}$, $I_F = 0$	V_{TM}	All		1.8	3	V
Critical Rate of Rise of Off-State Voltage	$I_F = 0$ (figure 9, note 3)	dv/dt	All	1000			V/ μs

TRANSFER CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ Unless otherwise specified.)

DC Characteristics	Test Conditions	Symbol	Device	Min	Typ	Max	Units
LED Trigger Current	Main terminal voltage = 3V (note 2)	I_{FT}	MOC3031M/MOC3041M			15	mA
			MOC3032M/MOC3042M			10	
			MOC3033M/MOC3043M			5	
Holding Current, Either Direction		I_H	All		400	μA	

ZERO CROSSING CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ Unless otherwise specified.)

Characteristics	Test Conditions	Symbol	Device	Min	Typ	Max	Units
Inhibit Voltage	$I_F = \text{rated } I_{FT}$, MT1-MT2 voltage above which device will not trigger off-state	V_{IH}	All			20	V
Leakage in Inhibited State	$I_F = \text{rated } I_F$, rated V_{DRM} , off-state	I_{DRM2}	All			500	μA

Note

- Test voltage must be applied within dv/dt rating.
- All devices are guaranteed to trigger at an I_F value less than or equal to max I_{FT} . Therefore, recommended operating I_F lies between max I_{FT} (15 mA for MOC3031M & MOC3041M, 10 mA for MOC3032M & MOC3042M, 5 mA for MOC3033M & MOC3043M) and absolute max I_F (60 mA).
- This is static dv/dt . See Figure 9 for test circuit. Commutating dv/dt is a function of the load-driving thyristor(s) only.

Triacs

BT136 series

GENERAL DESCRIPTION

Glass passivated triacs in a plastic envelope, intended for use in applications requiring high bidirectional transient and blocking voltage capability and high thermal cycling performance. Typical applications include motor control, industrial and domestic lighting, heating and static switching.

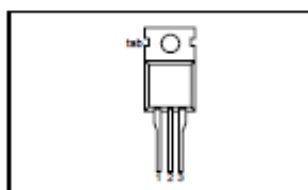
QUICK REFERENCE DATA

SYMBOL	PARAMETER	MAX.	MAX.	MAX.	UNIT
V_{DRM}	Repetitive peak off-state voltages	BT136-500	600	800	V
		BT136-500F	600F	800F	
		BT136-500G	600G	800G	
$I_{T(RMS)}$	RMS on-state current	4	4	4	A
I_{TSM}	Non-repetitive peak on-state current	25	25	25	A

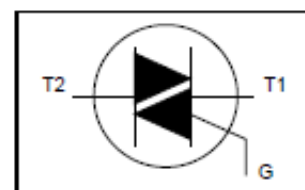
PINNING - TO220AB

PIN	DESCRIPTION
1	main terminal 1
2	main terminal 2
3	gate
tab	main terminal 2

PIN CONFIGURATION



SYMBOL



LIMITING VALUES

Limiting values in accordance with the Absolute Maximum System (IEC 134).

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.			UNIT
				-500 ¹	-600 ¹	-800	
V_{DRM}	Repetitive peak off-state voltages		-	500 ¹	600 ¹	800	V
$I_{T(RMS)}$	RMS on-state current	full sine wave; $T_{mb} \leq 107^\circ\text{C}$	-	4			A
I_{TSM}	Non-repetitive peak on-state current	full sine wave; $T_j = 25^\circ\text{C}$ prior to surge $t = 20\text{ ms}$	-	25			A
P_t	Pt for fusing	$t = 16.7\text{ ms}$	-	27			A
di_v/dt	Repetitive rate of rise of on-state current after triggering	$t = 10\text{ ms}$ $I_{TM} = 6\text{ A}; I_G = 0.2\text{ A};$ $dI_G/dt = 0.2\text{ A}/\mu\text{s}$	-	3.1			A ² s
I_{GM}	Peak gate current	T2+ G+	-	50			A/ μs
V_{GM}	Peak gate voltage	T2+ G-	-	50			A/ μs
P_{GM}	Peak gate power	T2- G-	-	50			A/ μs
$P_{GM(AV)}$	Average gate power	T2- G+	-	10			A/ μs
T_{stg}	Storage temperature		-	2			A
T_j	Operating junction temperature		-	5			V
			-	5			W
		over any 20 ms period	-	0.5			W
			-40	150			$^\circ\text{C}$
			-	125			$^\circ\text{C}$

¹ Although not recommended, off-state voltages up to 800V may be applied without damage, but the triac may switch to the on-state. The rate of rise of current should not exceed 3 A/ μs .

Triacs

BT136 series

THERMAL RESISTANCES

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
$R_{th(j-mb)}$	Thermal resistance junction to mounting base	full cycle	-	-	3.0	K/W
$R_{th(j-a)}$	Thermal resistance junction to ambient	half cycle in free air	-	60	3.7	K/W

STATIC CHARACTERISTICS

$T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$ unless otherwise stated

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.			UNIT
				F	...G	
I_{GT}	Gate trigger current	BT136- $V_D = 12\text{ V}$; $I_T = 0.1\text{ A}$ T2+ G+ T2+ G- T2- G- T2- G+ $V_D = 12\text{ V}$; $I_{GT} = 0.1\text{ A}$	-	5	35	25	50	mA
I_L	Latching current	T2+ G+ T2+ G- T2- G- T2- G+ $V_D = 12\text{ V}$; $I_{GT} = 0.1\text{ A}$	-	8	35	25	50	mA
I_{H1}	Holding current	T2+ G- T2- G- T2- G+ $V_D = 12\text{ V}$; $I_{GT} = 0.1\text{ A}$	-	11	35	25	50	mA
I_{H2}	Holding current	T2+ G+ T2+ G- T2- G- T2- G+ $V_D = 12\text{ V}$; $I_{GT} = 0.1\text{ A}$	-	7	30	20	30	mA
V_{T+}	On-state voltage	$I_T = 5\text{ A}$	-	1.4	1.70			V
V_{GT}	Gate trigger voltage	$V_D = 12\text{ V}$; $I_T = 0.1\text{ A}$ $V_D = 400\text{ V}$; $I_T = 0.1\text{ A}$; $T_j = 125\text{ }^\circ\text{C}$	0.25	0.7	1.5			V
I_D	Off-state leakage current	$V_D = V_{DRM(max)}$; $T_j = 125\text{ }^\circ\text{C}$	-	0.1	0.5			mA

DYNAMIC CHARACTERISTICS

$T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$ unless otherwise stated

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.			TYP.	MAX.	UNIT
		F	...G			
dV_p/dt	Critical rate of rise of off-state voltage	BT136- $V_{DM} = 67\% V_{DRM(max)}$; $T_j = 125\text{ }^\circ\text{C}$; exponential waveform; gate open circuit	100	50	200	250	-	V/ μs
dV_{com}/dt	Critical rate of change of commutating voltage	$V_{DM} = 400\text{ V}$; $T_j = 95\text{ }^\circ\text{C}$; $I_{T(RMS)} = 4\text{ A}$; $dI_{com}/dt = 1.8\text{ A/ms}$; gate open circuit	-	-	10	50	-	V/ μs
t_{gr}	Gate controlled turn-on time	$I_{TM} = 6\text{ A}$; $V_D = V_{DRM(max)}$; $I_G = 0.1\text{ A}$; $dI_G/dt = 5\text{ A}/\mu\text{s}$	-	-	-	2	-	μs

LM135/LM235/LM335, LM135A/LM235A/LM335A Precision Temperature Sensors

General Description

The LM135 series are precision, easily-calibrated, integrated circuit temperature sensors. Operating as a 2-terminal zener, the LM135 has a breakdown voltage directly proportional to absolute temperature at +10 mV/K. With less than 1Ω dynamic impedance the device operates over a current range of 400 μA to 5 mA with virtually no change in performance. When calibrated at 25°C the LM135 has typically less than 1°C error over a 100°C temperature range. Unlike other sensors the LM135 has a linear output.

Applications for the LM135 include almost any type of temperature sensing over a -55°C to +150°C temperature range. The low impedance and linear output make interfacing to readout or control circuitry especially easy.

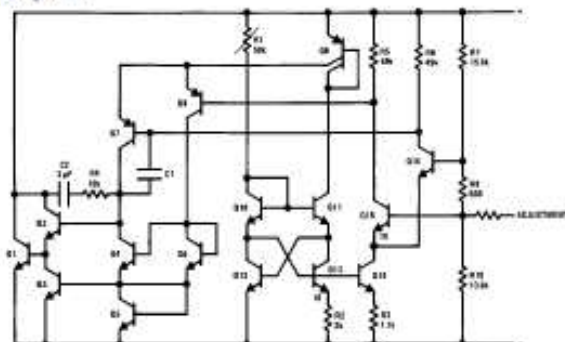
The LM135 operates over a -55°C to +150°C temperature range while the LM235 operates over a -40°C to +125°C

temperature range. The LM335 operates from -40°C to +100°C. The LM135/LM235/LM335 are available packaged in hermetic TO-46 transistor packages while the LM335 is also available in plastic TO-92 packages.

Features

- Directly calibrated in Kelvin
- 1°C initial accuracy available
- Operates from 400 μA to 5 mA
- Less than 1Ω dynamic impedance
- Easily calibrated
- Wide operating temperature range
- 200°C overrange
- Low cost

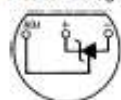
Schematic Diagram



TL145696-1

Connection Diagrams

TO-92
Plastic Package

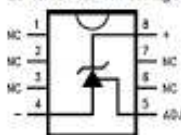


TL145696-6

Bottom View

Order Number LM335Z or LM335AZ
See NS Package Number Z03A

SO-8
Surface Mount Package



TL145696-25

Order Number LM335M or LM335AM
See NS Package Number M08A

TO-46
Metal Can Package*



TL145696-28

Bottom View

*Case is connected to negative pin
Order Number LM135H,
LM135H-ML, LM235H, LM335H,
LM135AH, LM235AH or LM335AH
See NS Package Number H03H

Absolute Maximum Ratings		Specified Operating Temp. Range		Intermittent (Note 2)	
If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications. (Note 4)		LM135, LM135A		150°C to 200°C	
Reverse Current	15 mA	LM235, LM235A		125°C to 150°C	
Forward Current	10 mA	LM335, LM335A		100°C to 125°C	
Storage Temperature		Lead Temp. (Soldering, 10 seconds)			
TO-46 Package	-60°C to +180°C	TO-92 Package:		260°C	
TO-92 Package	-60°C to +150°C	TO-46 Package:		300°C	
SO-8 Package	-65°C to +150°C	SO-8 Package:		300°C	
		Vapor Phase (60 seconds)		215°C	
		Infrared (15 seconds)		220°C	

Temperature Accuracy		LM135/LM235, LM135A/LM235A (Note 1)						Units
Parameter	Conditions	LM135A/LM235A			LM135/LM235			
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Operating Output Voltage	$T_C = 25^\circ\text{C}$, $I_I = 1\text{ mA}$	2.97	2.98	2.99	2.95	2.96	3.01	V
Uncalibrated Temperature Error	$T_C = 25^\circ\text{C}$, $I_I = 1\text{ mA}$		0.5	1		1	3	°C
Uncalibrated Temperature Error	$T_{MIN} \leq T_C \leq T_{MAX}$, $I_I = 1\text{ mA}$		1.3	2.7		2	5	°C
Temperature Error with 25°C Calibration	$T_{MIN} \leq T_C \leq T_{MAX}$, $I_I = 1\text{ mA}$		0.3	1		0.5	1.5	°C
Calibrated Error at Extended Temperatures	$T_C = T_{MAX}$ (Intermittent)		2			2		°C
Non-Linearity	$I_I = 1\text{ mA}$		0.3	0.5		0.3	1	°C

Temperature Accuracy		LM335, LM335A (Note 1)						Units	
Parameter	Conditions	LM335A			LM335				
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max		
Operating Output Voltage	$T_C = 25^\circ\text{C}$, $I_I = 1\text{ mA}$		2.95	2.98	3.01	2.92	2.96	3.04	V
Uncalibrated Temperature Error	$T_C = 25^\circ\text{C}$, $I_I = 1\text{ mA}$			1	3		2	6	°C
Uncalibrated Temperature Error	$T_{MIN} \leq T_C \leq T_{MAX}$, $I_I = 1\text{ mA}$			2	5		4	9	°C
Temperature Error with 25°C Calibration	$T_{MIN} \leq T_C \leq T_{MAX}$, $I_I = 1\text{ mA}$			0.5	1		1	2	°C
Calibrated Error at Extended Temperatures	$T_C = T_{MAX}$ (Intermittent)			2			2		°C
Non-Linearity	$I_I = 1\text{ mA}$			0.3	1.5		0.3	1.5	°C

Electrical Characteristics		(Note 1)						Units
Parameter	Conditions	LM135/LM235 LM135A/LM235A			LM335 LM335A			
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Operating Output Voltage Change with Current	$400\ \mu\text{A} < I_I < 5\text{ mA}$ At Constant Temperature		2.5	10		3	14	mV
Dynamic Impedance	$I_I = 1\text{ mA}$		0.5			0.6		Ω
Output Voltage Temperature Coefficient			+10			+10		mV/°C
Time Constant	Still Air		80			80		sec
	100 ft/Min Air		10			10		sec
	Stirred Oil		1			1		sec
Time Stability	$T_C = 125^\circ\text{C}$		0.2			0.2		°C/yr

Note 1: Accuracy measurements are made in a well-stirred oil bath. For other conditions, self-heating must be considered.

Note 2: Do not use operation at these temperatures for 10,000 hours for H package and 5,000 hours for Z package may decrease life expectancy of the device.

Note 3: Thermal resistance: θ_{JA} (junction to ambient) 25°C/W TO-92 35°C/W TO-46 35°C/W SO-8 (junction to case) 170°C/W N/A. N/A.

Note 4: Refer to MIL-STD-1302 for military specifications.

Catálogo

CuadraWatt: calefactores cuadrados

Fácil de instalar




Diseñados especialmente para su rápida adaptación en moldes o superficies donde el empleo de brocas es problemático o imposible, los cartuchos **Cuadrawatt** son la mejor opción. Cartuchos de baja carga de vatios. Son los más indicados para calentar moderadamente hasta una temperatura máxima de 300G°. Construido con el mejor tubo cuadrado de acero inox, de la calidad que se desea.

Todos ellos perfectamente calibrados, interiormente como exteriormente, en el cual se inserta la pieza cerámica de dureza elevada, que resiste a la perfección las continuas variaciones de temperatura y con la mejor conductividad térmica posible, ya que la pieza cerámica se encuentra en contacto con la pared del tubo, lo que permite una perfecta disipación del calor. El hilo calefactor se encuentra en el interior de la pieza cerámica. De una calidad excelente el hilo calefactor níquel-cromo, es el más indicado para la construcción de cartuchos calefactores gracias a su gran tolerancia a altas temperaturas.

Todo ello recubierto de óxido de magnesio de granulometría controlada para que cubra todo el interior de la resistencia. Con esto obtenemos una perfecta conductividad entre el hilo calefactor y la masa a calentar.

■ **Monofásicas, Trifásicas, Compensadas.**



-  [Ver Acabados](#)
-  [Ver Protecciones](#)
-  [Ver Stock](#)

» Complementos internos

- **Termocopia**
- **Distribución de vatios**
- **Zonas interactivas**
- **Diferente voltaje**

» Datos técnicos

Intensidad Calorífica	*
Potencia	Depende de dimensiones
Corriente de fuga(en frío)	<=0.1mA a 242 v.
Aislamiento (en frío)	<=5mA. a 500v.
Rigidez dielectrica	1500v. 1/seg
Temperatura de trabajo	350G max.
Tolerancia de longitud	+/- 1.5%
Tolerancia de diámetro	+/- 0.1
Tolerancia corte de conex.	+/-15 m/m
Tolerancia de potencia(w)	+ 5 % - 10 %
Zonas frías	Depende de long. y diámetros 5-15 m/m

CUADRADAS

Medidas	Máximos vatios aconsejables
10X10	5 vatios cada 10 m/m. MAXIMO 1500 Watios
12X12	6 vatios cada 10 m/m. MAXIMO 1500 Watios
15X15	7 vatios cada 10 m/m. MAXIMO 2000 Watios
16X16	15 vatios cada 10 m/m. MAXIMO 2000 Watios
18X18	18 vatios cada 10 m/m. MAXIMO 4000 Watios
20X20	20 vatios cada 10 m/m. MAXIMO 4500 Watios
25X25	25 vatios cada 10 m/m. MAXIMO 7000 Watios

RECTANGULARES

Medidas	Máximos vatios aconsejables
20X20	10 vatios cada 10 m/m. MAXIMO 2000 Watios
30X15	20 vatios cada 10 m/m. MAXIMO 4500 Watios

ANEXO 3. PROPIEDADES DE LOS REFRACTARIOS

CONCRETO CASTABLE STANDARD

NOTA: La fragua inicial comienza unos 20 minutos después que se ha mezclado con el agua, por esta razón se recomienda preparar sólo la cantidad que se va a utilizar inmediatamente. Después de instalado, la superficie expuesta deberá cubrirse con sacos o trapos húmedos y luego el concreto deberá dejarse reposar, por aproximadamente 12 horas, antes de retirar el molde o el trabajo.

SECO Y CALENTADO: Para obtener mejores resultados es preferible dejar secar el concreto al aire por 24 horas, antes de comenzar el calentamiento. El calentamiento debe ser muy lento y pasar los 100°C sólo después que ha desaparecido todo rastro de humedad libre. EL esquema de calentamiento se hace de acuerdo con la naturaleza del trabajo.

ALMACENAMIENTO

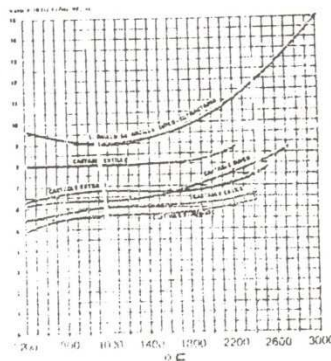
Todos los concretos silico-aluminosos REPSA se envasan en sacos de papel multipliegos, a prueba de humedad, conteniendo el peso neto del producto seco, listo para ser usado. Deben almacenarse en lugares secos, protegidos de lluvia o humedad.

DATOS PARA EL USO


MARCA	MAXIMA TEMPERATURA DE SERVICIO		CANTIDAD REQUERIDA		AGUA NECESARIA	USOS TÍPICOS (*)
	°C	(°F)	Kg/m ³	PCF	%	
REPSA CASTABLE STANDARD	1,371	(2,500)	1,830	(114)	18-20	Calderas, cámaras de combustión, mantenimiento de revestimientos de ladrillos de arcilla altamente refractaria, incineradores, hornos de recalentamiento.
REPSA BAFFLE MIX	1,371	(2,500)	1,830	(114)	18-20	Construcción y mantenimiento de deflectores de calderas acuotubulares.
REPSA CASTABLE EXTRA (1)	1,315	(2,400)	1,942	(121)	16-18	Revestimiento y mantenimiento de zonas con ataques abrasivo, como ductos, calderos, enfriadores.
REPSA CASTABLE SUPER	1,483	(2,700)	1,880	(117)	13-15	Calderas, cámaras de combustión, incineradores hornos de recalentamiento, instalación y mantenimiento de revestimientos de arcilla super refractaria.
REPSA HARCAS (2)	1,538	(2,800)	1,880	(117)	13-15	Plataformas de carros de hornos de tratamiento térmico con atmósferas especiales, acerías, hornos de cemento.

Para instalaciones especializadas consultar con el Departamento Técnico de REPSA. REPSA también fabrica el CASTABLE EXTRA LI y el CASTABLE EXTRA GRUESO. REPSA produce también el CASTABLE HARCAS E.S. Son concretos resistentes a la abrasión.


CONDUCTIVIDAD TERMICA DE CONCRETOS REFRACTARIOS SILICOALUMINOSOS



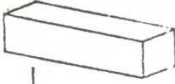
LADRILLOS REFRACTARIOS: FORMAS Y DIMENSIONES NORMALES



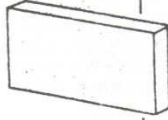
RECTANGULAR (STRAIGHT)
 229x114x63 mm
 9"x4 1/2"x2 1/2"
 REPSA




PEQUEÑO (SMALL)
 229x89x63 mm
 9"x3 1/2"x2 1/2"



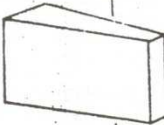
JABON (SOAP)
 229x57x63 mm
 9"x2 1/4"x2 1/2"



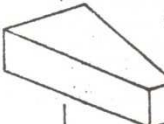
DIVIDIDO (SPLIT)
 229x114x32 mm
 9"x4 1/2"x1 1/4"
 229x114x51 mm
 9"x4 1/2"x2"




ARCO (ARCH)
 Nº 1 229x114x(63-54) mm
 9"x4 1/2"x(2 1/2"-2 1/8")
 Nº 2 229x114x(63-44) mm
 9"x4 1/2"x(2 1/2"-1 3/4")
 Nº 3 229x114x(63-25) mm
 9"x4 1/2"x(2 1/2"-1")



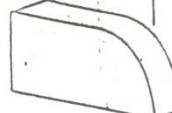
CUÑA (WEDGE)
 Nº 1-X 229x114x(63-57) mm
 9"x4 1/2"x(2 1/2"-2 1/4")
 Nº 1 229x114x(63-48) mm
 9"x4 1/2"x(2 1/2"-1 7/8")
 Nº 2 229x114x(63-38) mm
 9"x4 1/2"x(2 1/2"-1 1/2")




LLAVE (KEY)
 Nº 1 229x(114-102)x63 mm
 9"x(4 1/2"-4")x2 1/2"
 Nº 2 229x(114-89)x63 mm
 9"x(4 1/2"-3 1/2")x2 1/2"
 Nº 3 229x(114-76)x63 mm
 9"x(4 1/2"-3")x2 1/2"
 Nº 4 229x(114-57)x63 mm
 9"x(4 1/2"-2 1/4")x2 1/2"




BISEL DE CANTO (FEATHER EDGE)
 229x114x(63-3) mm
 9"x4 1/2"x(2 1/2"-1/8")



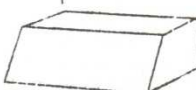
JAMBA (JAMB)
 229x114x63 mm
 9"x4 1/2"x2 1/2"



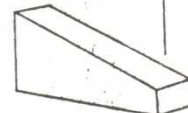
CUELLO (NECK)
 229x114x(63-16) mm
 9"x4 1/2"x(2 1/2"-5/8")



BISEL LONGITUDINAL (END SKEW)
 48° 229-171)x114-63 mm
 (9"-6 3/4")x4 1/2"x2 1/2"
 60° (229-192)x114x63 mm
 (9"-7 9/16")x4 1/2"x2 1/2"

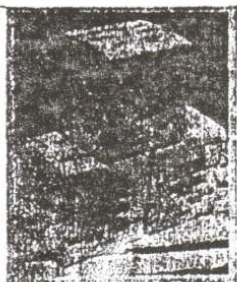


BISEL LATERAL (SIDE SKEW)
 48° 229x(114-57)x63 mm
 9"x(4 1/2"-2 1/4")x2 1/2"
 60° 229x(114-78)x63 mm
 9"x(4 1/2"-3 1/16")x2 1/2"



ARRANQUE (EDGE SKEW)
 229x(114-33)x63 mm
 9"x(4 1/2"-1 1/2")x2 1/2"

PLASTICO REFRACTARIO SILICO ALUMINOSO STANDARD



PLASTICO STANDARD PLASTICO STANDARD C. PLASTICO SUPER S. PLASTICO SUPER C.S.

Los Plásticos Refractorios Silico Aluminosos que produce REPSA son productos apisonables, manufacturados con una mezcla de materiales de arcillas cuidadosamente seleccionadas y de las mejores calidades. Los Plásticos Refractorios Silico Aluminosos se fabrican en 2 tipos, los de endurecimiento en frío y los de endurecimiento en caliente; cada tipo es, además producido en las clases altamente refractaria y super refractaria.

→ El "PLASTICO STANDARD" endurece por calentamiento, corresponde a la clase altamente refractaria y equivale a los ladrillos de esa calidad; por lo tanto, el uso del "PLASTICO STANDARD" es recomendado para las instalaciones que requieren un producto de las características de los ladrillos de arcilla de la clase altamente refractaria. El "PLASTICO STANDARD C.S." es la versión que endurece en frío, pero el trabajar desarrolla las mismas propiedades y características que el PLASTICO STANDARD.

El "PLASTICO SUPER" se recomienda para ser usado en operaciones térmicas más severas. Equivale a los ladrillos refractorios de la clase super refractaria, a los que suele reemplazar en algunos casos. REPSA también fabrica el tipo de "PLASTICO SUPER" con endurecimiento en frío y que se llama "PLASTICO SUPER C.S."

USOS

Los Plásticos Refractorios Silico Aluminosos de REPSA, "PLASTICO STANDARD" y "PLASTICO SUPER", así como sus versiones de endurecimiento en frío, son fáciles de instalar y desarrollan un conjunto de características que los hacen ideales para ser usados en los revestimientos monolíticos de hornos, lo mismo que para parchar o reparar revestimientos hechos previamente con ladrillos. El alto poder refractario de estos productos, su gran trabajabilidad y rendimiento, los hace adecuados para muchas aplicaciones donde predominan las exigencias técnicas para las que han sido diseñados.

PARA CRISIS Y ASBESTO - SÓLO EN FRIÓ

- a.— Forman estructuras monolíticas, de una pieza, sin juntas, lo cual resulta en un revestimiento refractario altamente impermeable a los gases y fluidos de actividad compatible.
- b.— Resisten los cambios bruscos de temperatura y la acción de ciertas escorias.
- c.— Presentan excelente trabajabilidad y su manejo es fácil, lo cual permite una instalación rápida con ahorro de tiempo y mano de obra.
- d.— Son fáciles de apisonar, mecánica o manualmente, para desarrollar cualquier forma o contorno. Con su uso se elimina la necesidad de adquirir y almacenar ladrillos de formas especiales intrincadas y costosas.

APLICACIONES

Revestimientos de Calderos Automáticos y Estacionarios - Bloques de Conos Quemadores - Cucharas de Fundición - Hornos de Forja - Cámaras de Combustión - Hornos de Temple - Incineradores - Hornos de Foso para Recalentamiento - Cabezales de Hornos de Cemento - Formas Especiales Intrincadas.

Los productos Plásticos Refractorios de las clases altamente y super refractorios, tanto de los tipos normal como de endurecimiento en frío, son presentados en cajas de cartón conteniendo 50 Kg. neto del producto. Para mayor facilidad de instalación el producto se presenta en tajadas protegidas en conjunto con envoltura de polietileno.

ANEXO 4. TABLA DE CORRECCION POR LA ALTURA

AIR DENSITY FACTORS FOR VARIOUS TEMPERATURES AND ALTITUDES

Unity Basis - Standard Air Density of .075 lb/ft³
 At sea level (29.92 in. Hg barometric pressure) this is equivalent to dry air at 70°F.

Air Temp. °F	Altitude in Feet Above Sea Level												
	0	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000	15000	20000
	29.92	28.86	27.82	26.82	25.84	24.90	23.98	23.09	22.22	21.39	20.58	16.89	13.75
	Barometric Pressure in Inches of Mercury												
70	1.000	.984	.960	.936	.914	.892	.871	.851	.832	.814	.797	.781	.766
100	.964	.912	.860	.818	.787	.758	.730	.703	.676	.651	.626	.601	.576
150	.869	.808	.756	.710	.671	.636	.603	.571	.540	.511	.483	.455	.428
200	.803	.774	.747	.720	.694	.668	.643	.620	.596	.573	.552	.531	.510
250	.747	.720	.694	.668	.645	.622	.600	.578	.555	.533	.514	.491	.469
300	.697	.672	.648	.624	.604	.580	.558	.538	.518	.498	.480	.461	.441
350	.654	.631	.608	.586	.565	.544	.524	.505	.486	.467	.450	.431	.412
400	.616	.594	.573	.552	.532	.513	.493	.476	.458	.440	.424	.407	.390
450	.582	.561	.541	.521	.503	.484	.466	.449	.433	.416	.401	.384	.368
500	.552	.532	.513	.495	.477	.459	.442	.426	.410	.394	.380	.364	.348
550	.525	.506	.488	.470	.454	.437	.421	.405	.390	.375	.361	.346	.331
600	.500	.482	.465	.448	.432	.416	.400	.386	.372	.352	.344	.328	.313
650	.477	.460	.444	.427	.412	.397	.382	.368	.354	.341	.328	.315	.301
700	.457	.441	.425	.410	.395	.380	.366	.353	.340	.328	.315	.301	.288

**ANEXO 5. CARACTERISTICAS DE LOS PERFILES EN L Y
PLANCHAS DE TOL GALVANIZADO**



DIPAC®

PRODUCTOS DE ACERO

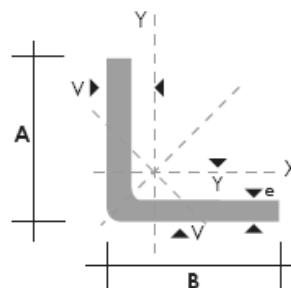
ANGULOS "L" DOBLADO

PERFILES ESTRUCTURALES

ANGULOS "L" DOBLADO

Especificaciones Generales

Norma	INEN 1 623: 2000
Otras calidades	Previa consulta
Largo normal	6,00 m
Otros largos	Previa consulta
Espesores	Desde 1,5 hasta 12 mm
Acabado	Natural
Otro acabado	Previa consulta



DIMENSIONES			PESOS		SECCION	EJE X-X = EJE Y-Y				EJE U-U	EJE V-V
A	B	e	6 metros	1 metro		I	W	i	X=Y	i	i
mm	mm	mm	Kg	Kg	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm	cm	cm	cm
25	25	2	4.38	0.73	0.93	0.57	0.32	0.78	0.72	0.99	0.47
25	25	3	6.36	1.06	1.35	0.79	0.44	0.76	0.77	0.98	0.44
30	30	2	5.34	0.89	1.13	1.00	0.46	0.94	0.84	1.20	0.58
30	30	3	7.80	1.30	1.65	1.41	0.67	0.92	0.89	1.18	0.55
30	30	4	10.08	1.68	2.14	1.80	0.88	0.92	0.94	1.17	0.52
40	40	2	7.20	1.20	1.53	2.44	0.84	1.26	1.09	1.61	0.78
40	40	3	10.62	1.77	2.25	3.50	1.22	1.25	1.14	1.59	0.76
40	40	4	13.86	2.31	2.94	4.46	1.58	1.23	1.19	1.58	0.78
40	40	5	19.62	2.82	3.59	5.31	1.91	1.22	1.23	0.73	0.73
50	50	2	9.12	1.52	1.93	4.86	1.33	1.58	1.34	2.01	0.98
50	50	3	13.44	2.24	2.85	7.03	1.95	1.57	1.39	2.00	0.96
50	50	4	17.64	2.94	3.74	9.04	2.53	1.56	1.43	1.98	0.94
50	50	5	21.60	3.60	4.59	10.88	3.09	1.54	1.48	1.97	0.93
50	50	6	25.92	4.32	5.40	12.57	3.62	1.53	1.53	1.96	0.90
60	60	3	16.26	2.71	3.45	12.37	2.84	1.89	1.64	2.41	1.16
60	60	4	21.36	3.56	4.54	16.00	3.71	1.88	1.68	2.39	1.15
60	60	5	26.34	4.39	5.59	19.40	4.54	1.86	1.73	2.38	1.13
60	60	6	31.68	5.28	6.60	22.56	5.35	1.85	1.78	2.37	1.11
60	60	8	41.04	6.84	8.55	28.21	6.85	1.82	1.88	2.34	1.05
75	75	3	19.56	3.26	4.35	24.60	4.48	2.38	2.01	3.02	1.48
75	75	4	27.06	4.51	5.74	32.02	5.88	2.36	2.06	3.00	1.45
75	75	5	33.42	5.57	7.09	39.08	7.25	2.35	2.11	2.99	1.43
75	75	6	40.32	6.72	8.40	45.76	8.57	2.33	2.16	2.97	1.40
75	75	8	52.56	8.76	10.95	58.03	11.05	2.30	2.25	2.95	1.37
75	75	10	64.92	10.82	13.36	68.89	13.38	2.27	2.35	2.92	1.32
80	80	4	28.92	4.82	6.14	39.10	6.72	2.52	2.18	3.21	1.56
80	80	5	35.76	5.96	7.59	47.79	8.28	2.51	2.23	3.20	1.54
80	80	6	43.20	7.20	9.00	56.05	9.80	2.49	2.28	3.18	1.51
80	80	8	56.40	9.40	11.75	71.32	12.67	2.46	2.37	3.16	1.46
80	80	10	68.94	11.49	14.36	84.94	15.36	2.43	2.47	3.13	1.43
80	80	12	81.78	13.63	16.83	97.05	17.87	2.40	2.57	3.10	1.38

También en galvanizado e inoxidable - Medidas Especiales Bajo Pedido.

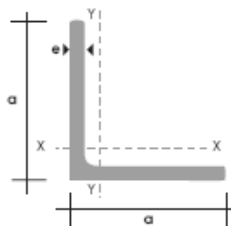

**PERFILES IMPORTADOS
ANGULOS**
Especificaciones Generales

Calidad	ASTM A 36 SAE 1008
Otras calidades	Previa Consulta
Largo normal	6,00 m
Otros largos	Previa Consulta
Acabado	Natural
Otro acabado	Previa Consulta



DENOMINACION	DIMENSIONES		PESO		AREA
	mm		kg/m	kg/6m	cm ²
	a	e			
AL 20X2	20	2	0.60	3.62	0.76
AL 20X3	20	3	0.87	5.27	1.11
AL 25X2	25	2	0.75	4.56	0.96
AL 25X3	25	3	1.11	6.68	1.41
AL 25X4	25	4	1.45	8.75	1.84
AL 30X3	30	3	1.38	8.13	1.71
AL 30X4	30	4	1.77	10.63	2.24
AL 40X3	40	3	1.81	11.00	2.31
AL 40X4	40	4	2.39	14.34	3.04
AL 40X6	40	6	3.49	21.34	4.44
AL 50X3	50	3	2.29	13.85	2.91
AL 50X4	50	4	3.02	18.33	3.84
AL 50X6	50	6	4.43	26.58	5.64
AL 60X6	60	6	5.37	32.54	6.84
AL 60X8	60	8	7.09	42.54	9.03
AL 65X6	65	6	5.84	35.25	7.44
AL 70X6	70	6	6.32	38.28	8.05
AL 75X6	75	6	6.78	40.65	8.64
AL 75X8	75	8	8.92	54.18	11.36
AL 80X8	80	8	9.14	55.14	11.60
AL 100X6	100	6	9.14	55.14	11.64
AL 100X8	100	8	12.08	74.05	15.36
AL 100X10	100	10	15.04	90.21	19.15
AL 100X12	100	12	18.28	109.54	22.56

También en galvanizado e inoxidable




PLANCHAS GALVANIZADAS
Especificaciones Generales

Acero base	Calidad Comercial o según tabla de Laminado al Frío
Norma	ASTM A 653 (Norma de recubrimiento)
Espesores	0,30 a 2,90
Rollos	X 1219 y flejes
Planchas	4 X 8 y medidas especiales
Flor	Regular
	Mínima
	Zero



RECUBRIMIENTO (TOTAL AMBAS CARAS)		
TIPO	oz / pie ²	gr / m ²
G-40	40	120
G-60	60	180
G-90	90	270

PRODUCTO/ MERCADO	COMERCIAL CONSTRUCCION Y EDIFICIOS	INDUSTRIAL	LINEA BLANCA	AUTOMOTRIZ
Lámina Galvanizada	Techos y paredes, perfilería y tubería en general, polines, soportes de cielo falso, ductos de aire, silos para almacenar granos, accesorios para construcción, cortinas metálicas, señalizaciones de carretera, estructuras, techos y soportes de establecimientos.	Aire acondicionado, ventiladores de techo y ventana, tapas, extractores de humo, casas móviles, ductos, bisagras, recipientes, cajas eléctricas, pizarrones electrónicos, motores, lainas, etc.	Respaldo de refrigeradores, estufas y lavadoras, soportes, bases, uniones, esquineros y accesorios de fijación y otras partes no expuestas.	Moflers, uniones, soportes, pisos, carter, guantera, portaestéreos, cinchos y otras partes no expuestas, etc.

