



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA
MECÁNICA Y ELÉCTRICA**

**PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN E
INSTRUMENTACIÓN EN UN SECADOR DE
BANDEJAS TIPO CONVECTIVO PARA LA OBTENCIÓN
DE HARINA DE PLÁTANO**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO EN CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN**

PRESENTAN:

KAREN NALLELY BAUTISTA BAUTISTA

NAYELY ANAIS RODRIGUEZ MARTINEZ

EDSON ROBERTO RUBIO LÓPEZ

ASESOR METODOLOGICO:
ING. CARLOS TELLEZ GARCIA

ASESOR TÉCNICO:
ING. EDGAR MAYA PEREZ



México, D.F. 29 de noviembre de 2012

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELECTRICA
UNIDAD PROFESIONAL “ADOLFO LÓPEZ MATEOS”

TEMA DE TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO EN CONTROL Y AUTOMATIZACION
POR LA OPCIÓN DE TITULACIÓN TESIS COLECTIVA Y EXAMEN ORAL INDIVIDUAL
DEBERA(N) DESARROLLAR

C. KAREN NAYELLI BAUTISTA BAUTISTA
C. NAYELY ANAIS RODRÍGUEZ MARTÍNEZ
C. EDSON ROBERTO RUBIO LÓPEZ

“PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN E INSTRUMENTACIÓN EN UN SECADOR DE BANDEJAS TIPO CONVECTIVO PARA LA OBTENCIÓN DE HARINA DE PLÁTANO”

PROPONER LA AUTOMATIZACIÓN E INSTRUMENTACIÓN DE UN SECADOR DE BANDEJAS CONVECTIVO PARA LA OBTENCIÓN DE HARINA DE PLÁTANO.

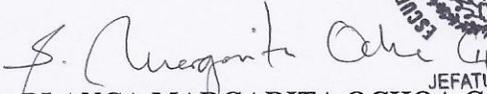
- PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS DEL PLÁTANO.
- SECADO CONVECTIVO DE ALIMENTOS.
- CONTROL AUTOMÁTICO.
- AUTOMATIZACIÓN E INSTRUMENTACIÓN.
- COSTO DE LA PROPUESTA Y ANÁLISIS FINANCIERO.

MÉXICO D. F., A 03 DE MAYO DE 2013.

ASESORES


ING. EDGAR MAYA PÉREZ


ING. FELPEZ GARCÍA


DRA. BLANCA MARGARITA OCHOA GALVAN
JEFA DEL DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE
INGENIERÍA EN CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN

ÍNDICE

	Página
Índice de tablas y figuras	vii
Introducción	xi
Objetivos	xiii
Justificación	xv
1. PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS DEL PLÁTANO	
1.1 Generalidades Biológicas del Plátano	19
1.2 Morfología y Taxonomía	20
1.3 Composición del Plátano	21
1.4 Importancia Económica y Distribución Geográfica	22
1.5 Estadística Internacional, Nacional y Estatal	23
1.6 Clima de Tabasco	25
1.7 Residuos Agroindustriales del Plátano	26
1.7.1 Aprovechamiento de Frutos	27
1.7.2 Aprovechamiento de Hojas, Pseudotallos y Pinzontes	28 29
1.8 Secado al Aire Libre	30
Conclusiones	
2. SECADO CONVECTIVO DE ALIMENTOS	
2.1 Antecedentes	33
2.2 Definición de la Operación	34
2.3 Objetivos en la Deshidratación de Alimentos	34
2.4 Transferencia de Masa y Calor	34
2.4.1 Variables de Operación en el Proceso de Secado	35
2.4.2 Humedad Relativa del Aire	36
2.5 Generación de Aire Caliente (Fuente de Energía)	36
2.6 Secado por Gases Calientes	36
2.7 Secadores de Bandejas o de Armario	37
2.8 Proceso de Producción de Harina de Plátano	39
2.8.1 Clasificación	40
2.8.2 Lavado por Inmersión de Agua con Cloro	40
2.8.3 Enjuague con Agua Potable y Escurrido	40
2.8.4 Pelado y Cortado	41
2.8.5 Colocación de Rebanadas de Plátano en Bandejas	41 41
2.8.6 Secado	42
2.8.7 Molienda	42
2.8.8 Harina de Plátano y Envasado	42
2.9 Características del Proceso de Deshidratación	42
2.9.1 Características Técnicas del Secador	43
2.9.2 Ventilador	44
2.9.2.1 Ventiladores Axiales	

ÍNDICE

2.9.3 Resistencias Eléctricas Aletadas para Generación de Aire Caliente	46
2.9.3.1 Aplicaciones	46
2.9.4 Distribución de Aire Caliente	49
2.9.5 Carros de Secado	50
2.9.6 Charolas	51
Conclusiones	51
3. CONTROL AUTOMÁTICO	
3.1 Variables de Proceso	55
3.2 Condiciones Variables	55
3.3 Perturbaciones	55
3.4 Control de Procesos	55
3.5 Estrategias de Control	57
3.5.1 Control por Retroalimentación	57
3.6 Variables del Sistema	57
3.7 Identificación de las Variables de Control de Secado	58
3.8 Función de Transferencia del Sistema	58
3.8.1 Nomenclatura de las Variables Utilizadas	58
3.8.2 Diagrama a Bloques del Sistema	59
3.8.3 Cálculo de la Función de Transferencia	59
3.9 Control de la Cámara de Secado	60
3.9.1 Controlador PI	60
3.9.2 Sintonización por Ziegler-Nichols	61
3.9.2.1 Método de Ziegler-Nichols: Curva de Reacción	61
3.9.3 Procedimiento del Control de la Cámara de Secado	63
3.9.3.1 Código en MatLab para obtener los Valores de L y τ	63
Conclusiones	69
4. AUTOMATIZACIÓN E INSTRUMENTACIÓN	
4.1 Automatización	73
4.1.1 Tipos de Automatización	73
4.2 HMI	75
4.2.1 LabVIEW	76
4.2.2 Entorno de Programación	77
4.2.3 Adquisición de Datos	77
4.2.4 Tarjeta de Adquisición de Datos NI 6008	78
4.2.5 Ocupabilidad de la Tarjeta de Adquisición de Datos NI 6008.	79
4.2.6 Implementación de Electrónica en la HMI	81
4.2.7 Diseño y Programación de la HMI	86
4.2.7.1 Adquisición de Señal de los Sensores de Temperatura y Humedad	86

ÍNDICE

4.2.7.2	Configuración de Condiciones de Temperatura	91
4.2.7.3	Configuración de Encendido/ Apagado del Sistema	94
4.2.7.4	Simulación de la Función de Transferencia de la Planta	95
4.2.7.5	Configuración del Controlador Proporcional – Integral	97
4.3	Instrumentación	102
4.3.1	Instrumentación	102
4.3.2	Filosofía de Operación del Secador	103
4.4	Maqueta	104
	Conclusiones	107
5.	COSTO DE LA PROPEUSTA Y ANALISIS FINANCIERO	
5.1	Análisis de Viabilidad	109
5.2	Avances y estrategias del proyecto	109
5.3	Costo de la propuesta	110
5.3.1	Costo de cada actividad	112
5.4	Formato de planeación del proyecto	113
5.4.1	Calendario de actividades del proyecto	113
5.4.2	Previsiones de evaluación del proyecto	115
5.4.3	Diagrama de Gantt	117
5.5	Depreciación	118
5.5.1	Calculo de la depreciación	118
5.6	Valor actual neto(VAN) y Tasa interna de retorno(TIR)	119
5.6.1	Calculo del VAN y TIR	120
	Conclusiones	122

CONCLUSIONES

REFERENCIAS

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Título	Página
Tabla 1.1	Valor Nutritivo del Plátano Comparado con otras Frutas y Vegetales	21
Tabla 1.2	Valor Nutritivo de Algunas Variedades de Plátano Cultivadas en México	22
Tabla 1.3	Principales Países Productores de Plátano	23
Tabla 1.4	Principales Países Exportadores de Plátano	24
Tabla 1.5	Producción por Tipo de Plátano en México	25
Tabla 2.1	Características del Secado	41
Tabla 2.2	Características del Secador	42
Tabla 2.3	Características del Ventilador Axial	45
Tabla 2.4	Características de las Resistencias Aletadas	47
Tabla 3.1	Variables del Proceso de Secado Propuestas por Chou Y Chua (2001)	58
Tabla 3.2	Nomenclatura de las Variables Utilizadas	58
Tabla 3.3	Parámetros para el Cálculo del Controlador por Curva de Reacción.	62
Tabla 3.4	Constantes de los Controladores P, PI y PID.	64
Tabla 3.5	Sustitución de los Parámetros L y τ obtenidos	65
Tabla 3.6	Constantes obtenidas para las Ganancias de los Controladores.	65
Tabla 4.1	Ocupabilidad en Entradas/Salidas Analógicas	79
Tabla 4.2	Ocupabilidad en Entradas/Salidas Digitales	80
Tabla 5.1	Presentación de manera sintética de la información.	109
Tabla 5.2	Costo de materiales.	111
Tabla 5.3	Costo por actividad.	113
Tabla 5.4	Costo hora hombre del proyecto.	113
Tabla 5.5	Calendario de actividades.	115
Tabla 5.6	Evaluación del proyecto	116
Tabla 5.7	Depreciación de la cámara de secado	119
Tabla 5.8	Valores de VAN	120
Tabla 5.9	VAN del proyecto	120
Tabla 5.10	TIR del proyecto	121

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Título	Página
Figura 1.1	Principales Países Productores de Plátano	23
Figura 1.2	Principales Países Exportadores de Plátano	24
Figura 1.3	Producción por tipo de Plátano en México	25
Figura 1.4	Mapa de Clima en Tabasco	26
Figura 2.1	Secador Convectivo de Bandejas Convencional	38
Figura 2.2	Plátano Tabasco Verde	40
Figura 2.3	Lavado del Plátano Tabasco	40
Figura 2.4	Rebanadas de Plátano	41
Figura 2.5	Secador de Bandejas	43
Figura 2.6	Configuración Típica de Ventiladores	43
Figura 2.7	Efecto de las Directrices sobre las líneas de Corriente de Entrada Y Salida Del Rodete Axial	45
Figura 2.8	Ventilador Axial HCT 63-12T-1	45
Figura 2.9	Resistencia Aletada Convencional	47
Figura 2.10	Conexión de Fábrica de las Resistencias Aletadas	47
Figura 2.11	Activación/Desactivación de Sistema	48
Figura 2.12	Modificación a la Conexión de las Resistencias Aletadas	48
Figura 2.13	Distribución de Aire dentro del Secador	49
Figura 2.14	Carro del Secador	50
Figura 2.15	Charola Perforada del Secador	51
Figura 3.1	Curva de Reacción	62
Figura 3.2	Grafica de la Obtención de los Parámetros L y τ con la Curva de Reacción	64
Figura 3.3	Diagrama de Bloques en Simulink con Entrada Escalon sin Controlador	66
Figura 3.4	Grafica obtenida en Simulink sin Controlador	66
Figura 3.5	Diagrama de Bloques en Simulink con Entrada Escalon con un Control P	66
Figura 3.6	Grafica obtenida en Simulink con un Controlador P	67
Figura 3.7	Diagrama de Bloques en Simulink con Entrada Escalon con un Control PI	67
Figura 3.8	Grafica obtenida en Simulink con un Controlador PI	68
Figura 3.9	Diagrama de Bloques en Simulink con Entrada Escalon con un Control PID	68
Figura 3.10	Grafica obtenida en Simulink con un Controlador PID	69
Figura 4.1	Tipos de Automatización	75
Figura 4.2	LabVIEW	76
Figura 4.3	Pantallas Principales	77
Figura 4.4	NI DAQ-USB 6008	78
Figura 4.5	Circuito de Sensor de Humedad y Temperatura Ambiente	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.6	Circuito de Sensor de Humedad y Temperatura en el Secador	82
Figura 4.7	Circuito de Arranque y Paro del Proceso	83
Figura 4.8	Acondicionamiento de la Señal Resultante del PI	84
Figura 4.9	Conexión del Variador de Velocidad PowerFlex 40	85
Figura 4.10	DAQ Assist	86
Figura 4.11	Pantalla Principal del Bloque DAQ Assist	87
Figura 4.12	Selección de Tipo de Entrada	87
Figura 4.13	Configuración de Canales de Entrada	88
Figura 4.14	Programación de las Señales de Entrada Analógica	89
Figura 4.15	Visualización de las Señales de Entrada	90
Figura 4.16	Conexión de los Bloques Condicionales de Temperatura	91
Figura 4.17	Configuración de Bloques Condicionales de Temperatura	92
Figura 4.18	Visualización de Alarmas de Temperatura	93
Figura 4.19	Conexión del Sistema de Arranque/Paro del Proceso	94
Figura 4.20	Visualización de Controles de Arranque/Paro del Proceso	95
Figura 4.21	Programación de la Simulación de Respuesta del Sistema	96
Figura 4.22	Simulación de Respuesta del Sistema en LabVIEW	96
Figura 4.23	Ajuste del Set Point del Proceso	97
Figura 4.24	Control de Ganancias y Respuesta del Sistema	98
Figura 4.25	Set Point VS Variable Controlada	99
Figura 4.26	Configuración del PI en LabVIEW	100
Figura 4.27	HMI Del Proceso De Deshidratación De Plátano	101
Figura 4.28	DTI De La Cámara De Secado	102
Figura 4.29	Disposición General de la Maqueta	105
Figura 4.30	Arreglos de Sensores de Humedad y Temperatura	105
Figura 4.31	Circuito para el Arranque y Paro del Proceso	106

INTRODUCCIÓN

El plátano es la fruta tropical que más se cultiva en el país y tiene múltiples usos en la industria alimenticia, siendo su principal aplicación la exportación para su consumo fresco al natural.

La producción de harinas es un proceso sencillo y de bajo costo que permite obtener productos con mejores características de almacenamiento ya que al disminuir la actividad acuosa, permite la conservación a temperatura ambiente en un empaque adecuado. La producción de harinas de plátano requiere equipo sencillo y puede aplicarse con el excedente de producción.

La gran mayoría de las empresas dedicadas a la producción de harina de plátano utilizan procesos poco eficientes y que implican un alto costo de producción, estas utilizan secadores y moliendas artesanales las cuales dependen de muchos factores para su funcionamiento, entre estos están la dependencia de muchas personas y los bajos grados de salubridad. El principal objetivo de diseñar una planta deshidratadora de plátano para la producción harinera es disminuir significativamente los costos de producción mediante una optimización de los recursos, aumentando la cantidad y calidad del producto, satisfaciendo la creciente demanda de alimentos deshidratados en el mercado mundial.

OBJETIVOS

Objetivo General

Proponer la automatización e instrumentación de un secador de bandejas convectivo para la obtención de harina de plátano.

Objetivos Particulares

- 1.- Monitorear las dos variables de proceso (humedad y temperatura), a través de una simulación por computadora utilizando una DAQ (Tarjeta de Adquisición de Datos NI 6008), el software LabView 2011 y la electrónica correspondiente en su implementación.
- 2.- Diseñar un lazo de control de temperatura, que permita mantener esta variable en las condiciones designadas de operación.
- 3.- Implementar la instrumentación correspondiente a cada una de las variables que intervienen dentro del proceso de secado.

JUSTIFICACIÓN

El plátano es una fruta abundante que cuenta con una mayor cantidad de elementos nutritivos que las frutas y vegetales de mayor consumo, pero debido a sus propiedades biológicas tiende a deteriorarse rápidamente y por lo tanto no es aprovechado en su totalidad.

Las empresas artesanales dedicadas a la elaboración de harina de plátano utilizan equipos deficientes los cuales afectan las propiedades organolépticas (sabor, aroma, color) por lo tanto las cantidades producidas se ven limitadas. La producción de harinas se considera un proceso sencillo y de bajo costo que permite obtener productos con mejores características de almacenamiento.

Por lo ya citado se ve la necesidad de implementar una automatización en un secador de bandejas por convección de aire forzado, el cual podrá trabajar en cualquier tipo de condiciones ambientales, modificando la programación correspondiente según el lugar donde sea instalado.

Este diseño permitirá la realización más eficiente de la deshidratación de plátano en comparación con la que se desarrolla actualmente en la mayor parte del territorio mexicano dedicado a la producción masiva de este fruto, debido a que será realizada con la mayor higiene posible y no perderá sus propiedades nutrimentales en dicho proceso ya que los lotes de producción serán retirados en los tiempos más próximos al grado de humedad solicitado. Dicho diseño será de bajo costo comparado con la funcionalidad y practicidad en la mejora del proceso actualmente empleado.

De esta manera la harina de plátano podrá conservarse por más tiempo, lo cual con su aumento en la producción ayudaría a que en los lugares geográficos donde no se produce en abundancia este fruto, pueda ser transportado y consumido a un buen costo, obteniendo una plusvalía al momento de su exportación.

En cuanto al aspecto ecológico el desperdicio obtenido durante el proceso tal como la cascara, entre otros, podrá ser comercializado a otras empresas que utilicen desechos orgánicos para la realización de composta y/o combustibles orgánicos.

CAPITULO 1
PROPIEDADES Y
CARACTERÍSTICAS DEL PLÁTANO

Capítulo 1 Propiedades y Características del Plátano

1.1 GENERALIDADES BIOLÓGICAS DEL PLATANO

El plátano es un híbrido triploide de *Musa acuminata* y *Musa balbisiana*. Sus frutos constituyen fuente importante de alimentación en la América Tropical, en el sur de la India, en algunas partes de África Central y Oriental. El tipo más importante es el "Horn Plantain" (AAB) conocido en Costa Rica como "Curraré", posee frutos grandes y racimos medianos con regular cantidad de dedos. El tipo "French Plantain" o "Plátano Dominicano" (AAB) y los clones conocidos como "Guineas" (ABB) se cultivan mucho en América Latina, este último se consume cocido ya sea verdes como bastimento o maduros como postre.

El cultivo del plátano abarca rangos extremos de tolerancia desde condiciones del Bosque Húmedo Templado (12-18°C; 1000-1200 mm de precipitación), hasta condiciones del Bosque Muy Seco Tropical (más de 24°C; 4000-8000 mm de precipitación).

La composición química del plátano es caracterizada por la presencia de almidones y escasez de ácidos, lo hace un producto extremadamente sensible al oxígeno al igual que al calor. Las frutas que son inapropiadas para los muy exactos estándares del mercado de exportación pueden ser procesadas en diferentes formas. Se puede utilizar en su estado verde o maduro, de ahí la importancia de promocionar sus características culinarias a los comerciantes para educar al consumidor y evitar su confusión con los bananos.

La diferencia entre bananos y plátanos radica en el destino final del fruto y en algunas características morfológicas. El termino banano se aplica por lo general a los cultivares cuya fruta se come fresca, y plátanos a los que se consumen cocinados. Los bananos provienen del genoma *acuminata* y los plátanos del genero *balbisiana*.

En los bananos la fruta es suave y de forma más o menos circular en corte transversal; en tanto que la fruta del plátano es de pulpa más madura y angulosa.

El plátano en estado maduro se prepara frito, hervido, horneado o asado y en estado verde se prepara frito, en forma de puré (machacado) y tostones.

Capítulo 1 Propiedades y Características del Plátano

1.2 MORFOLOGÍA Y TAXONOMÍA

Familia: Musáceas.

Especie: *Musa cavendishii* (plátanos comestibles cuando están crudos) y *M. paradisiaca* (plátanos machos o para cocer).

Origen: tiene su origen en Asia meridional, siendo conocida en el Mediterráneo desde el año 650. La especie llegó a Canarias en el siglo XV y desde allí fue llevado a América en el año 1.516. El cultivo comercial se inicia en Canarias a finales del siglo XIX y principios del siglo XX.

Planta: herbácea perenne gigante, con rizoma corto y tallo aparente, que resulta de la unión de las vainas foliares, cónico y de 3.5-7.5 m de altura, terminado en una corona de hojas.

Sistema radicular: raíz superficial, menos ramificada que en peral.

Hojas: muy grandes y dispuestas en forma de espiral, de 2-4 m. de largo y hasta de medio metro de ancho, con un peciolo de 1 m o más de longitud y limbo elíptico alargado, ligeramente decurrente hacia el peciolo, un poco ondulado y glabro. Cuando son viejas se rompen fácilmente de forma transversal por el azote del viento. De la corona de hojas sale, durante la floración, un escapo pubescente de 5-6 cm. de diámetro, terminado por un racimo colgante de 1-2 m de largo. Éste lleva una veintena de brácteas ovales alargadas, agudas, de color rojo púrpura, cubiertas de un polvillo blanco harinoso; de las axilas de estas brácteas nacen a su vez las flores.

Tallo: el verdadero tallo es un rizoma grande, almidonoso, subterráneo, que está coronado con yemas; éstas se desarrollan una vez que la planta ha florecido y fructificado. A medida que cada chupón del rizoma alcanza la madurez, su yema terminal se convierte en una inflorescencia al ser empujada hacia arriba desde el interior del suelo por el alargamiento del tallo, hasta que emerge arriba del pseudotallo.

Flores: flores amarillentas, irregulares y con seis estambres, de los cuales uno es estéril, reducido a estaminodio petaloideo. El gineceo tiene tres pistilos, con ovario ínfero. El conjunto de la inflorescencia constituye el régimen de la platanera. Cada grupo de flores reunidas en cada bráctea forma una reunión de frutos llamada mano, que contiene de 3 a 20 frutos. Un régimen no puede llevar más de 4 manos, excepto en las variedades muy fructíferas, que pueden contar con 12-14.

Fruto: oblongo; durante el desarrollo del fruto éstos se doblan geotrópicamente, según el peso de este, hace que el pedúnculo se doble. Esta reacción determina

Capítulo 1 Propiedades y Características del Plátano

la forma del racimo. Los plátanos son polimórficos, pudiendo contener de 5-20 manos, cada una con 2-20 frutos; siendo de color amarillo verdoso, amarillo, amarillo-rojizo o rojo.

Los plátanos comestibles son de partenocarpia vegetativa, o sea, que desarrollan una masa de pulpa comestible sin la polinización. Los óvulos se atrofian pronto, pero pueden reconocerse en la pulpa comestible. La partenocarpia y la esterilidad son mecanismos diferentes, debido a cambios genéticos, que cuando menos son parcialmente independientes.

La mayoría de los frutos de la familia de las Musáceas comestibles son estériles, debido a un complejo de causas, entre otras, a genes específicos de esterilidad femenina, triploidía y cambios estructurales cromosómicos, en distintos grados.

1.3 COMPOSICION DEL PLÁTANO

Al comparar el contenido de proteínas, grasas y carbohidratos en las frutas y vegetales de mayor consumo tales como: manzana, naranja, peras, etc. Se encuentra que en la mayoría de los casos estos elementos nutritivos son mayores en el plátano, como se puede ver en la tabla 1.1

Tabla 1.1 Valor nutritivo del plátano comparado con otras frutas y vegetales.

Componentes	Plátano	Manzanas	Uvas	Peras	Naranjas	Jitomate	Papas
Porción Comestible (%)	69.00	67.00	68.00	81.00	63.00	88.00	82.00
Humedad (%)	71.10	84.10	81.90	82.70	84.10	94.10	77.80
Energía (cal)	99.00	65.00	68.00	61.00	40.00	11.00	76.00
Proteína (g)	1.50	0.30	0.60	0.50	1.00	0.60	1.60
Grasa (g)	0.30	0.50	0.70	0.20	0.10	0.10	0.10
Carbohidratos (g)	25.60	16.50	16.70	15.90	10.00	2.40	17.50
Vitamina A (mcg RE)	63.30	3.30	1.10	1.10	13.30	506.70	1.10
Calcio (mg)	10.00	7.00	12.00	9.00	48.00	59.00	13.00
Fósforo (mg)	30.00	10.00	21.00	16.00	10.00	27.00	56.00
Hierro (mg)	1.40	0.80	0.94	1.95	1.01	9.36	2.72
Fibra (g)	0.50	1.00	0.05	1.40	1.00	0.60	0.40

El plátano es rico en potasio con un contenido aproximado de 373 mg / 100 g de fruto fresco. Así mismo el plátano es rico en vitaminas A, B12, C y D. El valor nutritivo del plátano varía según el tipo de plátano que se utilice, lo cual se puede ver en la tabla 1.2

Capítulo 1 Propiedades y Características del Plátano

Tabla 1.2 Valor nutritivo de algunas variedades de plátano cultivadas en México.

Componentes	Tabasco	Valery	Manzano	Morado	Macho	Dominico	Promedio
Energía (cal)	86.00	107.00	96.00	84.00	130.00	96.00	99.83
Proteínas (g)	1.20	2.00	1.00	1.90	1.20	1.70	1.50
Grasa (g)	0.30	0.20	0.60	0.20	0.20	0.20	0.28
Carbohidratos (g)	22.00	27.30	24.20	21.10	34.40	24.70	25.62
Vitamina A (mcg RE)	63.30	4.60	1.10	12.20	76.70	36.70	32.43
Tiamina (mg)	0.06	0.06	0.05	0.19	0.09	0.08	0.09
Riboflavina (mg)	0.04	0.06	0.04	0.06	0.04	0.07	0.05
Niacina (mg)	0.50	0.70	0.70	0.40	0.50	0.70	0.58
Calcio (mg)	13.00	9.00	8.00	14.00	13.00	8.00	10.83
Fósforo (mg)	29.00	29.00	44.00	10.00	44.00	24.00	30.00
Hierro (mg)	2.30	0.50	1.29	1.42	1.37	1.35	1.37
AC. Ascórbico (mg)	13.00	13.00	13.00	8.00	13.00	23.00	13.83
Potasio (mg)	390	325.2	314.54	285.01	212.11	302.26	289.95

1.4 IMPORTANCIA ECONÓMICA Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

El plátano es el cuarto cultivo más importante del mundo, después del arroz, el trigo y el maíz. Además de ser considerado un producto básico y de exportación, constituyendo una importante fuente de empleo e ingresos en numerosos países en desarrollo.

Los países latinoamericanos y del Caribe se encuentran en el segundo lugar a nivel mundial en la producción de plátano que entra al comercio internacional, unos 10 millones de toneladas, del total mundial de 12 millones de toneladas.

Es considerado el principal cultivo de las regiones húmedas y cálidas del sudoeste asiático.

Aunque es uno de los cultivos más importantes de todo el mundo, los consumidores del norte lo aprecian sólo como un postre, pero constituye una parte esencial en la dieta diaria para los habitantes de más de cien países tropicales y subtropicales.

Capítulo 1 Propiedades y Características del Plátano

1.5 ESTADÍSTICA INTERNACIONAL, NACIONAL Y ESTATAL

Tabla 1.3 Principales países productores de Plátano
PRINCIPALES PAÍSES PRODUCTORES DE PLÁTANO
(Toneladas)

Países	2004	2005	2006	2007	2008
Uganda	9,686,000	9,045,000	9,054,000	9,231,000	9,371,000
Colombia	3,274,419	3,457,185	2,704,172	3,218,804	3,379,742
Ghana	2,380,858	2,792,000	2,900,000	2,930,000	2,930,000
Rwanda	2,469,740	2,593,080	2,653,348	2,750,000	2,750,000
Nigeria	2,421,000	2,591,000	2,758,000	2,991,000	2,727,000
Perú	1,664,085	1,697,120	1,778,159	1,834,511	1,834,511
Costa de Marfil	1,519,717	1,569,866	1,540,039	1,510,778	1,555,454
Camerún	1,314,898	1,355,660	1,400,000	1,400,000	1,400,000
Congo	1,199,400	1,193,024	1,918,080	1,204,860	1,206,690
Myanmar	602,100	650,000	625,000	630,000	630,000

Entre los principales países productores de plátano están Uganda, Colombia y Ghana, los cuales producen el 33%, el 12% y el 11% respectivamente. México no aparece en la lista.

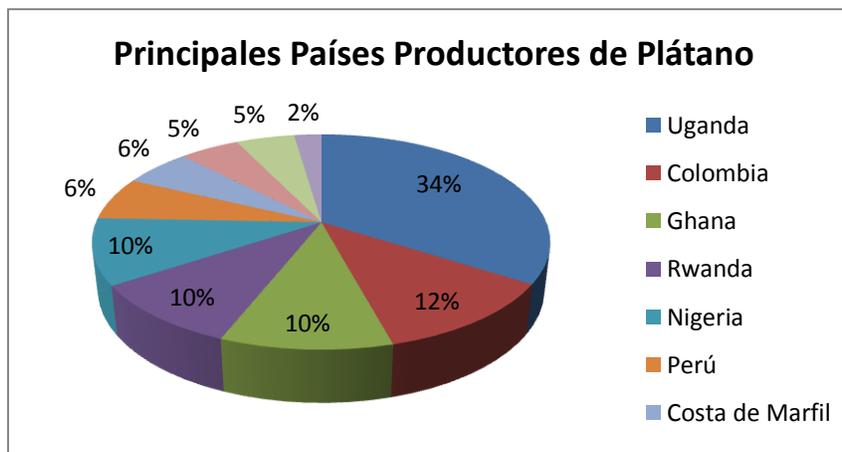


Figura 1.1 Principales países productores de Plátano

Capítulo 1 Propiedades y Características del Plátano

Tabla 1.4 Principales países exportadores de Plátano.
PRINCIPALES PAÍSES EXPORTADORES DE PLÁTANO
 (Toneladas)

Países	2003	2004	2005	2006	2007
Guatemala	82,601	65,458	97,900	75,404	116,870
Ecuador	93,093	98,574	123,432	166,688	111,649
Colombia	127,848	118,331	139,439	129,513	109,410
Perú	19,390	27,307	42,855	57,108	65,500
Costa Rica	21,550	28,237	15,610	35,547	30,635
Nicaragua	7,794	11,014	13,130	25,940	23,553
Países Bajos	3,902	4,179	4,626	11,483	20,115
Bélgica	28,018	28,045	30,029	25,703	18,523
Venezuela	6,597	0	12,082	12,476	10,410
Reino Unido	199	601	391	206	7,151

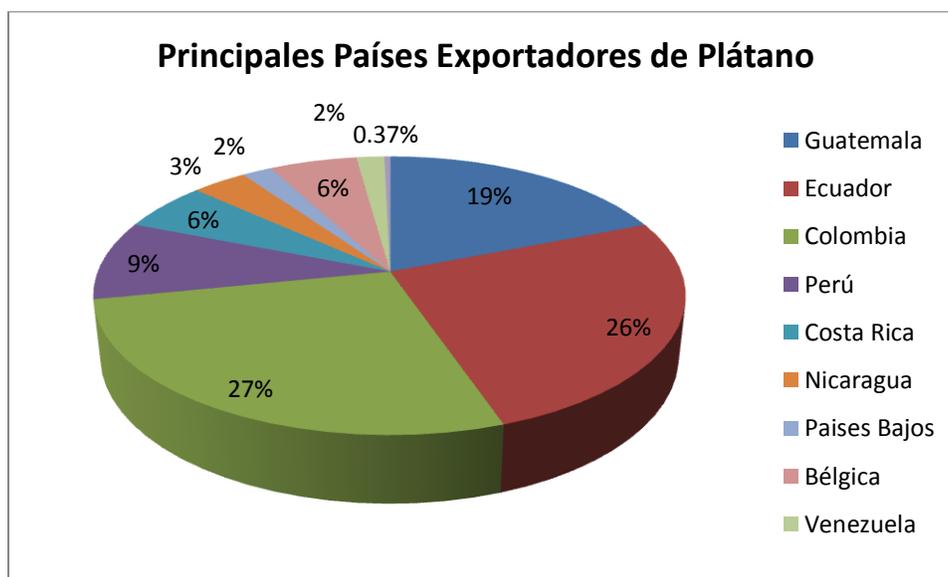


Figura 1.2 Principales países exportadores de Plátano

En México el principal tipo de plátano producido es el Enano Gigante, en segundo lugar es el Macho y en tercero el Tabasco.

Capítulo 1 Propiedades y Características del Plátano

Tabla 1.5 Producción por tipo de Plátano en México
PRODUCCION POR TIPO DE PLÁTANO EN MÉXICO
 (Toneladas)

TIPOS	2004	2005	2006	2007	2008
Criollo	0.00	114,802.85	105,184.04	88,648.90	92,210.20
Dominico	36,457.50	182,159.80	62,115.90	53,652.90	62,389.39
Enano Gigante	659,183.00	633,311.00	158,713.43	140,581.45	159,662.40
Macho	228,245.13	289,999.11	334,761.51	249,646.93	332,242.43
Manzano	14,592.05	17,819.36	20,964.24	15,607.88	13,478.30
Morado	3,182.00	40,392.60	10,875.20	7,949.40	21,615.50
Pera	37,904.33	34,470.42	34,684.57	34,868.55	29,434.58
Sin Clasificar	314,337.28	69,743.31	18,887.75	124,930.63	48,050.45
Tabasco	980,173.65	742,346.49	1,377,638.23	1,123,949.27	1,322,556.79
Valery	87,069.35	160,996.65	72,330.14	79,709.44	69,200.80

En el 2003, 2004 y 2005 el principal estado productor en México fue Veracruz con 175,780.23, 198,262.12 y 23,720.31 toneladas, respectivamente. Sin embargo en el 2008 paso al lugar número 3 con una producción de 164,829.38

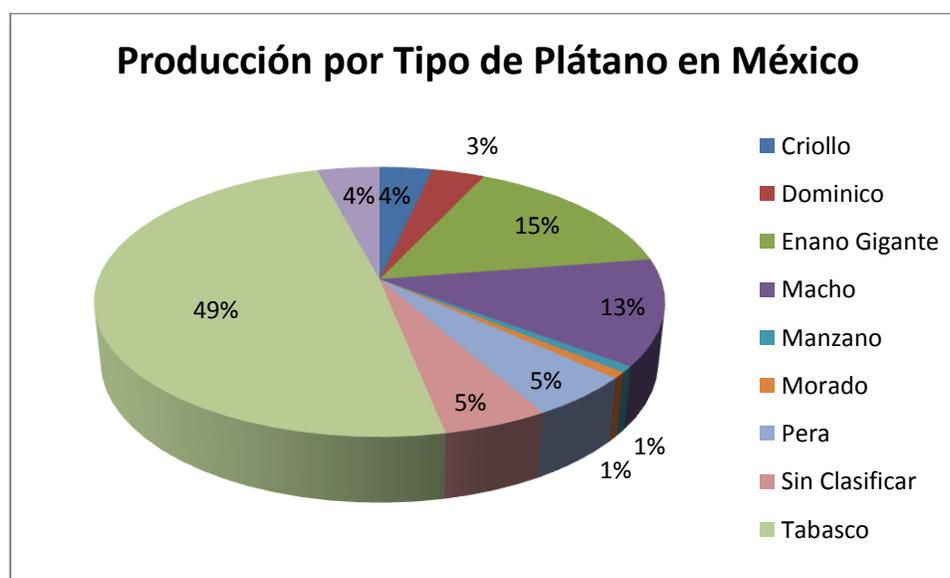


Figura 1.3 Producción por tipo de Plátano en México

1.6 CLIMA DE TABASCO

El presente proyecto se piensa implementar en el estado de Tabasco, ya que es el estado que más produce plátano Roatán (plátano Tabasco). Es por esto que se presenta una breve introducción de las variables ambientales que podrían afectar su instalación y funcionamiento.

La ubicación del estado de Tabasco en la zona tropical, su escasa elevación con respecto al nivel del mar y su cercanía al Golfo de México, determinan el desarrollo de climas cálidos con influencia marítima, en los que la variación de la

Capítulo 1 Propiedades y Características del Plátano

temperatura es moderada. La invasión de las masas de aire en la entidad es directa y provoca gran parte de la precipitación total anual.

El clima cálido húmedo de Tabasco se caracteriza por sus temperaturas elevadas bastante uniformes, cuya media al año es mayor de 26° C. Las temperaturas más altas se distribuyen a lo largo de la costa y las más bajas en las estribaciones de las sierras; en verano son estables, mientras que en el invierno presentan variaciones debido a los nortes, los cuales producen mínimas extremas que van de los 12° C a los 15° C.

La poca variación de la temperatura durante el año determina que las heladas se produzcan en muy raras ocasiones.

La humedad relativa fluctúa entre 80% y 86%, debido a esto la entidad permanece cubierta de nubes gran parte del año, lo que provoca una insolación baja. Además, es considerada como una de las seis regiones más lluviosas del país, ya que junto con Veracruz, Chiapas, Oaxaca, Campeche y la sierra de Chihuahua, aporta el 40% del volumen total de precipitación del territorio nacional. Tabasco por sus climas, se puede dividir en dos regiones: la llanura y, la sierra y su zona de transición hacia la llanura.



Figura 1.4 Mapa de Clima en Tabasco

1.7 RESIDUOS AGROINDUSTRIALES DEL PLÁTANO

En los cultivos comerciales de plátanos un alto porcentaje de materiales se desperdicia, pues una vez cosechados los frutos, la planta se elimina. En ciertos países de África, Asia y Latinoamérica se utilizan algunos de estos materiales en la elaboración de productos alimenticios, artesanías, papel, cartón y otros productos.

Capítulo 1 Propiedades y Características del Plátano

A continuación se presenta una revisión de los diversos subproductos de los residuos agroindustriales del plátano.

1.7.1 APROVECHAMIENTO DE FRUTOS

En las empacadoras de plátano se descartan toneladas de fruto que no cumplen con los requisitos para su comercialización, ya sea por estar dañados físicamente, por ser muy pequeños, etc., pero que son aptos para ser aprovechados, en algunos casos, incluso en la preparación de alimentos.

- **Harina.** De los frutos verdes puede obtenerse harina o fécula. Para evitar el oscurecimiento de la pulpa que se produce después del pelado, es recomendable someter el fruto en jugo de limón por unos cuantos segundos, esto ayudara a que durante el proceso de deshidratación este se oxide más lentamente y por lo tanto el color del mismo no se vea afectado. Para su industrialización, la harina de plátano debe ser muy fina al tacto. Esta harina puede ser utilizada entonces en la preparación de pudines, panes, helados, malteadas y otros productos.
- **Bebidas.** Para la elaboración de bebidas alcohólicas se utilizan frutos maduros y sanos. Los frutos muy maduros pueden emplearse para preparar un jugo energético tipo “néctar”. Se puede utilizar agua caliente para evitar que la pulpa se oscurezca. Las bebidas alcohólicas no destiladas (cerveza, vinillo) se preparan a partir de frutos maduros y sanos, los cuales se lavan abundantemente para eliminar microorganismos que pudieran arruinar la fermentación alcohólica. La pulpa machacada se mezcla en proporciones adecuadas con agua y levadura preparada previamente. La fermentación se realiza en un recipiente cerrado, adaptando una trampa para eliminar el dióxido de carbono que se produce durante la fermentación. Al final se calienta o pasteuriza para detener la fermentación y evitar la degradación del etanol, tras lo cual se filtra y envasa.
- **Almidón y derivados.** El almidón es uno de los compuestos biológicos más importantes y un componente vital en la dieta de humanos y animales. Prácticamente, la energía para vivir se obtiene del almidón. Además de su importancia en la industria alimenticia, es importante en la industria textil y del papel, en la fabricación de adhesivos biodegradables (biopegamentos) y en la elaboración de biopelículas y bioplásticos para la fabricación de la recubierta de tabletas farmacéuticas y muchos productos más. Este polímero se obtiene de cereales, leguminosas y tubérculos, pero siendo el contenido de almidón del plátano equiparable a estas fuentes, los

Capítulo 1 Propiedades y Características del Plátano

frutos que no son aptos para el consumo son una alternativa para este fin. La aplicación particular del almidón depende de sus propiedades físico-químicas: viscosidad, gelificación, esponjamiento y firmeza. Las variedades de plátanos y bananos contienen almidón con diferentes propiedades, por lo que sus usos pueden ser muy variados.

1.7.2 APROVECHAMIENTO DE HOJAS, PSEUDOTALLOS Y PINZOTES

- **Fibras.** Estos materiales tienen también múltiples aplicaciones. Particularmente se utilizan para extraer la fibra para elaborar artesanías (sombreros, abanicos, zapatos, bolsos, carteras, sacos, etc.) o para la obtención de la celulosa para la fabricación de papel. Debido a su baja dureza, disminuyen el nivel de desgaste en los equipos y tienen propiedades de aislante térmico y acústico, y actualmente han atraído el interés por ser biodegradables, renovables y de bajo costo. Para la producción de fibras se han utilizado *Musa textil*, *M. balbisiana* y sus híbridos, así como algunas variedades de *M. acuminata*. Los materiales se cortan, se extienden para un secado al sol durante dos o tres días y luego las fibras se extraen y se limpian. La resistencia de la fibra depende de la variedad usada. Las fibras más fuertes se emplean en la elaboración de cuerdas para barcos, las cuales son muy fuertes y flotan en el agua; las livianas se ocupan en la fabricación de artesanías y pasta para papel, y también se ha propuesto que se utilicen para la filtración de agua residual y como sustrato para el crecimiento bacteriano en la biorremediación de ambientes contaminados.
- **Harina para alimentación animal.** Los pizotes, pseudotallos y hojas se deshidratan y muelen para preparar una harina que se utiliza en la alimentación de cerdos y rumiantes, pero las propiedades nutricionales de estas harinas son bajas. Los residuos de las hojas tienen un alto contenido de cenizas y uno bajo de materia orgánica, por lo que su contenido energético es asimismo bajo, así como la proteína. Los plátanos son una rica fuente energética, pero casi nula de proteína, por lo que algunos porcicultores incluyen harinas o pastas de soya y sorgo para complementar la nutrición.
- **Bioenergía.** Las hojas, pizotes y pseudotallos pueden emplearse para generar biocombustibles, como el biogás metano o el bioetanol. El primero se obtiene por acción bacteriana en recipientes cerrados, mientras que el segundo se genera mediante la fermentación alcohólica de los azúcares obtenidos de la hidrólisis de la celulosa y hemicelulosa. Para la generación

Capítulo 1 Propiedades y Características del Plátano

de biocombustibles también pueden aprovecharse los frutos dañados, y para el metano hasta los podridos, siendo así una alternativa para eliminar de las fincas plataneras las hojas infectadas.

En México, el plátano es uno de los principales cultivos agrícolas, el consumo per cápita es superior al del frijol y arroz. La producción anual de plátano en México es de alrededor de dos millones de toneladas, pero el racimo de frutos representa menos de la quinta parte del peso de la planta, lo que da una idea de la enorme cantidad de pseudotal, las hojas y pizontes que se derivan de la producción. Algunos de estos se aprovecha en diferentes formas, pero la gran mayoría todavía se desperdicia.

1.8 SECADO AL AIRE LIBRE

Desde hace mucho tiempo se ha tenido la necesidad de secar alimentos para obtener un mayor aprovechamiento de estos, en algunas ocasiones se llegaba a cosechar mas alimento del necesario y esto ocasionaba que se descompusiera y por lo tanto se desperdiciara. Cuando llegaba una época de sequia o de falta de alimentos no se tenia una reserva y la población padecía hambrunas, es por eso que se comenzó a utilizar el método de deshidratación de algunos alimentos, colocando sobre una manta, lona o tablas de madera o suspendidos por una cuerda al aire libre en el Sol o en la sombra según el producto aprovechando el calor ambiental.

Tomando en cuenta que este método natural tiene los siguientes inconvenientes:

- El proceso es lento debido a la elevada humedad en el ambiente.
- Muchas veces, los alimentos se secan mal, sobre todo los que contienen un alto porcentaje de agua, y se pudren o se enmohecen.
- Los productos están expuestos al polvo, a insectos y otros animales que pueden deteriorar los alimentos y causar enfermedades al consumirlos.
- En el caso del secado al Sol, se necesita una atención particular para proteger los alimentos de la intemperie (lluvia, rocío).
- La exposición directa de los alimentos a los rayos solares puede ser perjudicial en cuanto a su calidad (perdida del color natural, destrucción de vitaminas y valor nutritivo), debido a la acción de los rayos ultravioletas.

Por estos inconvenientes es necesaria la implementación de un secador eficiente que permita la obtención de un alimento deshidratado que cumpla con todos los

Capítulo 1 Propiedades y Características del Plátano

requerimientos nutricionales, de higiene y calidad, necesarios para la alimentación de la población que lo requiera.

CONCLUSIONES

En este capítulo se presentó una introducción acerca del plátano Tabasco,

El plátano es una fruta que se cultiva en condiciones de bosque húmedo templado en rangos de 12 a 18°C y 1000-1200mm de precipitación, hasta condiciones de bosque húmedo muy seco tropical de mas de 24°C a 4000-8000mm de precipitación, la composición del plátano presenta almidones y escasas de ácidos lo cual lo hace susceptible al calor y al oxígeno.

El plátano es rico en proteínas, grasas y carbohidratos aun por encima de algunos vegetales y frutas de mayor consumo. Existen diferentes tipos de plátano el mas producido es el Roatán mejor conocido como plátano tabasco el cual es producido con mas abundancia en el estado de Tabasco, se utiliza para la comercialización aunado a esto también tiende a desperdiciarse debido a su pronta oxidación, por lo cual los plátanos que no cumplan con los requerimientos de exportación son considerados residuos a los cuales se les a encontró otro uso como lo son para hacer subproductos como harina, jaleas, bebidas, almidón y derivados, las hojas, pseudotallos y pinzone también son aprovechados para hacer fibra, celulosa y papel, así como harina para alimentación animal y también bioenergía.

Debido a todas estas características el plátano es el cuarto cultivo más importante, además de ser considerado como un producto básico y de exportación, constituyendo una fuente importante de ingresos en numerosos países.

CAPÍTULO 2
SECADO CONVECTIVO DE
ALIMENTOS

Capítulo 2 Secado Convectivo de Alimentos

2.1 ANTECEDENTES

El secado de los alimentos es el método más antiguo de conservación de los productos. La utilización del sol para reducir el contenido de agua de un producto, es el más ancestral y menos costoso de conservación.

La industria agropecuaria utiliza la deshidratación como método de conservación de un gran número de productos, entre los que se pueden citar: productos lácteos y derivados (leche en polvo instantánea, semi productos en polvo para helados y postres), productos derivados de los cereales (alimentos para bebés con carnes y frutas, harinas con frutas y miel, pastas), productos obtenidos del café, té y cacao, productos vegetales (purés de papa, forrajes, frutas secas).

Con la deshidratación de un producto se consigue un incremento de las posibilidades de conservación y una gran reducción de peso. Estos son los dos factores que aconsejan la utilización de este proceso, puesto que además de corregir la conservación del alimento asegura una reducción substancial de los costos de almacenamiento y/o transporte.

La deshidratación o secado de alimentos es un fenómeno complejo que implica procesos de transferencia de cantidad, calor y masa. Todas las operaciones de secado dependen de la aplicación de calor para vaporizar el agua o los constituyentes volátiles. El mecanismo que regula el secado de un producto en forma de partículas depende de la estructura de este y de los parámetros de secado como contenido de humedad, dimensiones del producto, temperatura del medio de calentamiento, velocidades de transferencia superficiales y contenido de humedad en equilibrio.

El secado podría implicar varios modos de transferencia de calor como convección, conducción o radiación.

En el secado convectivo, el medio de calentamiento, por lo general aire, se pone en contacto directo con el material alimenticio sólido e inicia la difusión de vapores de agua a partir y dentro del material alimenticio. Varios secadores de horno, giratorios, de lecho fluidizado, por aspersion, de bandejas y de tipo instantáneo son ejemplos representativos de secado convectivo. En el secado conductivo, el medio de calentamiento, por lo general vapor, está separado del sólido por una superficie caliente conductora como en los secadores de tambor, de cono y de tolva, cualquiera de los cuales podría operarse en condiciones de vacío. En el secado por radiación, el calor se transmite únicamente como energía radiante. Algunos secadores también emplean energía de microondas para secar

Capítulo 2 Secado Convectivo de Alimentos

materiales alimenticios a presión atmosférica o de vacío. (Ingeniería de alimentos, Operaciones Unitarias y Prácticas de laboratorio, Sharma)

2.2 DEFINICION DE LA OPERACIÓN

Es un procedimiento de conservación que al eliminar la totalidad del agua libre de un alimento, impide toda actividad microbiana.

El agua se elimina de los alimentos por medio de su difusión, en fase líquida y/o vapor, a través de su estructura interior. Al movimiento de agua líquida le seguirá su evaporación en algún punto del alimento para lo cual es necesario calor, por lo tanto el proceso supone realmente una transferencia simultánea de masa y calor.

2.3 OBJETIVOS EN LA DESHIDRATACION DE ALIMENTOS

Desde la antigüedad se ha reconocido que los alimentos con mayor contenido en humedad son los más perecederos, de tal manera que el control en el contenido en humedad de un producto es una herramienta para su conservación.

Aunque el contenido en humedad de un alimento puede ser un factor de su propensión al deterioro, también se ha observado que diferentes alimentos con el mismo contenido de humedad pueden ser muy diferentes en su estabilidad por lo que el concepto de contenido en humedad es un insuficiente para indicar lo perecedero que es un alimento, al no tener en cuenta las interacciones del agua con otros componentes del mismo.

El objetivo principal que persigue la deshidratación de alimentos es la transformación de estos en materias primas adecuadas para el mezclado y formación de nuevos productos, como es el caso de las sopas deshidratadas, licuados, frutas y cereales para desayuno, etc.

2.4 TRANSFERENCIA DE MASA Y CALOR.

La transferencia de masa dentro del material durante el proceso de secado, principalmente agua, se origina por una combinación de distintos mecanismos de transporte como son:

- Flujo capilar debido a gradientes presión de succión capilar.
- Difusión líquida por gradientes de concentración.
- Difusión de vapor causada por gradientes de presiones de vapor.
- Flujo viscoso consecuencia de gradientes totales de presión externos o altas temperaturas.

Capítulo 2 Secado Convectivo de Alimentos

La remoción de la humedad interna contenida en el alimento se considera una función de la naturaleza física del sólido, temperatura y contenido de humedad.

La transferencia de calor se presenta por conducción, convección, radiación o como la combinación de estos efectos. El remover la humedad del agua como vapor de la superficie del material depende de las condiciones externas de temperatura, humedad del aire y su flujo, áreas de superficies expuestas, presión, entre otros.

En el secado de alimentos la cinética del proceso de secado generalmente es presentada como el cambio del valor medio de temperatura o el contenido de humedad en un material como una función del tiempo o la velocidad de secado como una función del contenido de humedad (Mujumdar y Meon, 1995).

Éste proceso se puede realizar con secadores comerciales los cuales manejan los principios básicos de transferencia de calor;

- Secadores convectivos, o bien, secadores con aire caliente
- Secadores por aspersión
- Secadores por congelamiento, o bien, liofilizado

El presente trabajo se enfocará únicamente en el secado convectivo, el cual consiste en la deshidratación de alimentos mediante un calentamiento con aire que es introducido como un flujo controlado, mediante la variación de velocidad del ventilador del secador correspondiente.

2.4.1 VARIABLES DE OPERACIÓN EN EL PROCESO SECADO.

De acuerdo con Lee y Pyun (1993), los cambios que experimenta un producto sometido al proceso de secado, son afectados, por las variables de operación. Los parámetros que generalmente influyen la cinética de secado frecuentemente son, la temperatura, la velocidad del flujo de aire, área de exposición y tipo de muestra, los cuales tienen un efecto significativo en la cinética de secado y la calidad de producto del proceso de secado.

Dichas variables de operación pueden ser controladas y con ello mejorar la calidad del secado de productos (Chua y col, 2002). La mayoría de los autores citados en el presente trabajo mencionan que la calidad del producto seco está íntimamente relacionada con las condiciones de operación durante el proceso de secado.

De acuerdo a la composición del alimento, el material es propenso a una menor o mayor degradación nutricional, esto debido al uso de diferentes tecnologías y condiciones de proceso (Chou y Chua, 2001; Okos y col., 1992).

Capítulo 2 Secado Convectivo de Alimentos

2.4.2 HUMEDAD RELATIVA DEL AIRE.

Como se mencionó anteriormente, el aire es un parámetro de mucha importancia, ya que cuando el aire contiene su máxima capacidad de humedad se dice que se trata de un aire completamente saturado y por lo tanto incapaz de absorber más humedad, por el contrario, un aire no saturado contiene aun la posibilidad de absorber todavía una cantidad determinada de humedad (Fuentes y col., 1996). Lo anterior nos indica que durante el proceso de secado el aire absorberá la humedad de la muestra que se está deshidratando, hasta que éste ya no pueda absorber mas humedad debido a que se encuentra completamente saturada.

2.5 GENERACION DE AIRE CALIENTE (FUENTE DE ENERGIA)

En los secadores convectivos, el aire caliente es impulsado a través del secador por medio de ventiladores. Las fuentes de energía utilizadas para calentar el aire son muy variadas, entre ellas el gas natural ofrece mayor flexibilidad y una respuesta más rápida a menor costo, y también permite trabajar a temperaturas más altas. Sin embargo los requerimientos de seguridad son muy estrictos o rigurosos. El propano tiene características similares al gas natural pero es más caro.

El calentamiento eléctrico limita sus aplicaciones cuando se es requerido generar una temperatura máxima de 100-150 °C, este tipo de calentamiento es usado principalmente en la industria alimenticia debido a como se menciona anteriormente no existen gases de combustión que estén en contacto directo con el alimento y este en riesgo de contaminación, su respuesta es rápida y su costo de mantenimiento es bajo.

2.6 SECADO POR GASES CALIENTES

En la actualidad la mayor parte de los productos deshidratados, particularmente frutas y hortalizas, se obtienen por medio de esta técnica, que es la más simple la más económica. Se han diseñado y comercializado diferentes tipos de secadores basados en este principio.

Con este método, los gases calientes se ponen en contacto con el material húmedo secar para facilitar la transferencia del calor y demás, siendo la convención del mecanismo principalmente implicado. Se le llama también, por lo tanto, secadores directos o por convección. Los gases calientes arrastran fuera del secador los vapores producidos.

Los gases calientes pueden ser, aire calentado por medio de vapor de agua, gases de combustión y vapor recalentado.

Capítulo 2 Secado Convectivo de Alimentos

Los factores que afectan a la velocidad del tiempo total de secado son fundamentalmente cuatro: las propiedades físicas del producto, especialmente tamaño de partícula y la geometría; su organización geométrica con respecto al aire: propiedades físicas del aire (temperatura, humedad, velocidad) y las características de diseño del secador.

2.7 SECADORES DE BANDEJAS O DE ARMARIO

Están formados por una cámara metálica rectangular (armario), en cuyo interior se disponen unos bastidores móviles.

Cada partido y en un cierto número de bandejas poco profundas, montadas unas sobre otras con una separación conveniente, colocándose sobre ellas el producto secar. El ventilador colocado en la parte superior, frontal o lateral, hace circular el aire por las resistencias y después entre las bandejas, con la ayuda de unos reflectores montados convenientemente. El calentador está constituido por un cierto número de resistencias dependiendo de la capacidad y necesidad del secador. Por el conducto de salida (extractor) se evacúa constantemente aire húmedo, mientras que a través de la abertura (ventilador) entra aire fresco. Al final del ciclo de secado, que habitualmente es largo, se saca del secador los bastidores para proceder a la descarga del producto seco y a una nueva carga de producto húmedo.

El calor del medio de secado (aire caliente) se transmite al producto por convección; la corriente de convección pasa sobre el producto, no a través del mismo. El aire debe circular sobre la superficie del producto, como se ha dicho, a relativamente alta velocidad para aumentar la eficacia de la transmisión de calor y la transferencia de masa. En la siguiente figura se representa un ejemplo de este tipo de secadores.



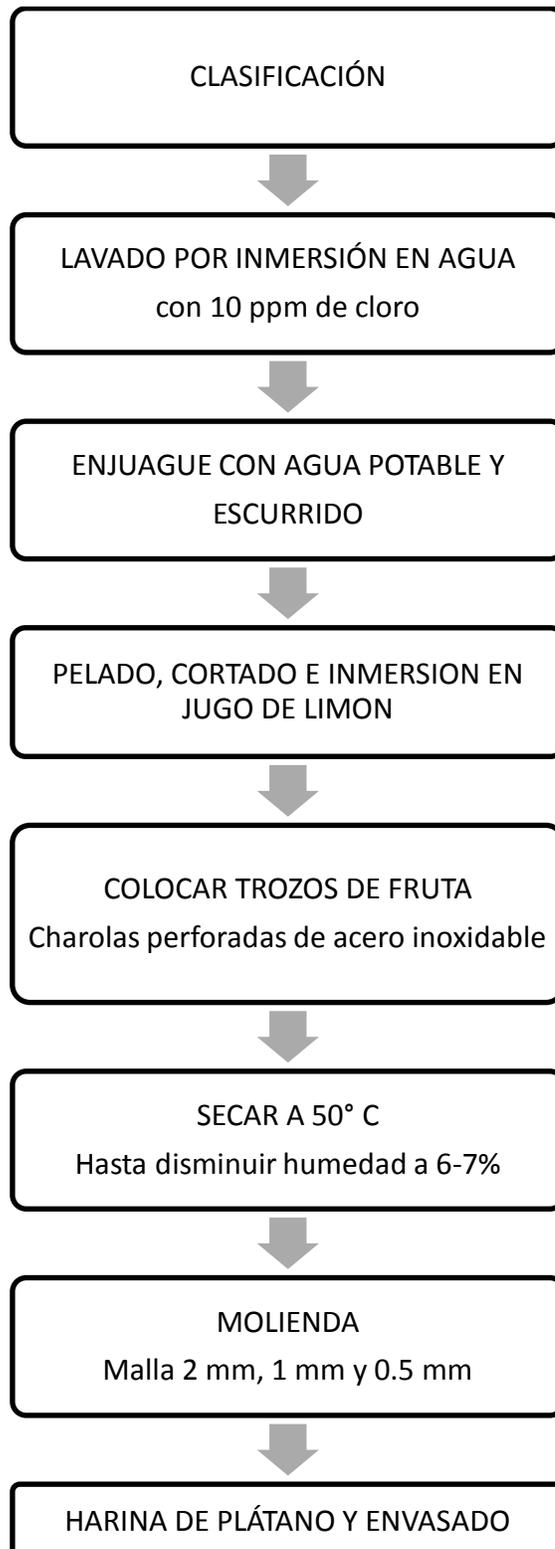
Figura 2.1 Secador Convectivo de bandejas convencional

Son secadores muy utilizados a pequeña y mediana escala, en laboratorio y en plantas piloto. Es relativamente fácil ajustar y controlar las condiciones óptimas de secado en el interior del armario, por esta razón se desea implementar un control de temperatura para obtener unas condiciones óptimas de secado.

En este tipo de secadores se puede tratar prácticamente cualquier producto, alimentos de cualquier tamaño y forma, el único inconveniente hasta la fecha es la forma de carga y descarga de materia prima, siendo necesaria la intervención de mano de obra.

Su polivalencia y la buena calidad de los productos obtenidos, los hace utilizables para deshidratar: zanahorias, espinacas, apio, perejil, champiñones, cebollas, guisantes, carnes y gran variedad de frutas entre ellas el plátano.

2.8 PROCESO DE PRODUCCION DE HARINA DE PLATANO



2.8.1 CLASIFICACION

Para el proceso de deshidratación será necesario plátano Tabasco verde, de preferencia del que no haya alcanzado a ser comercializado, para de esta manera poder adquirir la materia prima en un precio más bajo.



Figura 2.2 Plátano Tabasco verde

2.8.2 LAVADO POR INMERSION EN AGUA CON CLORO

Dado que la fruta no comercializada no es almacenada, es contaminada con desperdicios de otras frutas, desechos de animales e incluso el medio ambiente, se la debe sumergir en una tina de lavado con cloro para eliminar todo agente contaminante.



Figura 2.3 Lavado del Plátano Tabasco

2.8.3 ENJUAGUE CON AGUA POTABLE Y ESCURRIDO

Después de lavar la fruta se realiza un enjuague con agua potable para eliminar el cloro en su totalidad y puedan pasar a la siguiente parte del proceso.

2.8.4 PELADO Y CORTADO

Se retirarán las partes no comestibles como es la cáscara, esto se efectuará manualmente; en el proceso de corte será en rebanadas de 0.2 cm de espesor, 2 cm de ancho y 3 cm de largo, de esta manera durante el proceso de secado la transferencia de calor será uniforme.



Figura 2.4 Rebanadas de Plátano

2.8.5 COLOCACIÓN DE REBANADAS DE PLATANO EN BANDEJAS PERFORADAS

A continuación la fruta se la colocará en bandejas perforadas de acero inoxidable con una altura máxima de 4 cm, las cuales tienen unas dimensiones aproximadas de 74 * 85 cm, de esta manera distribuyendo las rebanas en forma espaciada, cada bandeja tendrá la capacidad de almacenar 875 rebanadas. Tomando en cuenta que cada rebanada tendrá un peso aproximado de entre 2 - 2.5 g la carga total del secador sería muy próxima a los 200 Kg, justificando así su selección.

2.8.6 SECADO

En este proceso la fruta es colocada uniformemente en cada una de las bandejas y llevada al secador por medio de los carros, posteriormente se llevara acabo el proceso de deshidratación con los siguientes datos:

Tabla 2.1 Características del Secado

Características del Secado	
Temperatura Promedio (°C)	50
Humedad Final (%)	6 -7
Tiempo de Secado (hrs)	3
Calor Necesario (KW)	0.9

Capítulo 2 Secado Convectivo de Alimentos

2.8.7 MOLIENDA

Una vez alcanzada la humedad requerida, se procederá a moler los trozos de fruta hasta alcanzar la granulometría requerida, obteniendo de esta forma la harina.

2.8.8 HARINA DE PLÁTANO Y ENVASADO

Después de la obtención de la harina, se la envasa en las diferentes presentaciones que demande el mercado.

2.9 CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN

Para llevar a cabo el proceso de deshidratación se planea utilizar un secador de bandejas por convección forzada con una temperatura de funcionamiento de 50°C a 150°C, dos higrómetros HMZ-433A1 para medir la humedad relativa dentro y fuera del secador respectivamente, dos sensores de temperatura LM35 para el interior y exterior del horno, un ventilador axial HCT 63-12T-1 y 3 resistencias aletadas para el calentamiento del aire.

2.9.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL SECADOR

Las características técnicas del secador son las siguientes:

Tabla 2.2 Características del Secador

Capacidad de Secado (kg)	200
Aire Consumido (kg/h)	36
Capacidad de aire (m ³ /h)	6900
Núm. Charolas	96
Núm. Carros	4
Dimensiones (m)	Largo= 2.3
	Ancho= 2.2
	Alto= 2

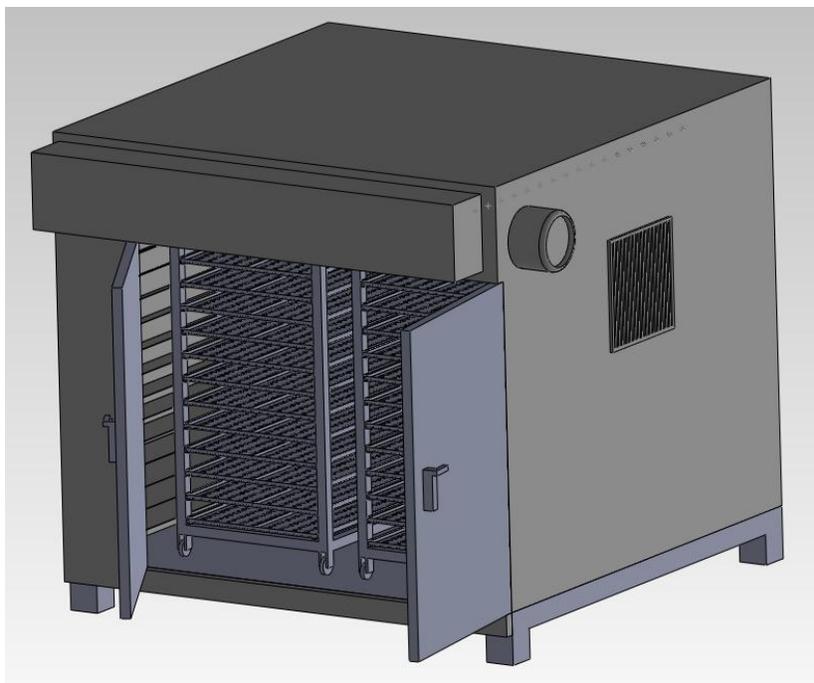


Figura 2.5 Secador de Bandejas

2.9.2 VENTILADOR

Un ventilador es una turbo máquina que se caracteriza porque el fluido impulsado es un gas (fluido compresible) al que transfiere una potencia con un determinado rendimiento.

En función de la trayectoria del fluido, todos estos ventiladores se pueden clasificar en:

1. flujo radial (centrífugos)
2. flujo semiaxial (helico-centrífugos)
3. flujo axial

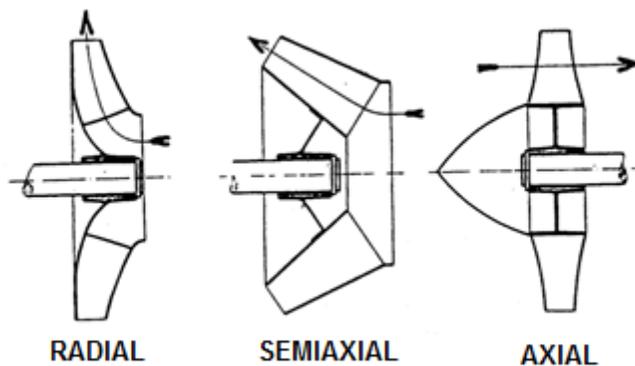


Figura 2.6 Configuración típica de Ventiladores

2.9.2.1 VENTILADORES AXIALES

Existen tres tipos básicos de ventiladores axiales: Helicoidales, tubulares y tubulares con directrices.

Los *ventiladores helicoidales* se emplean para mover aire con poca pérdida de carga, y su aplicación más común es la ventilación general. Se construyen con dos tipos de álabes: álabes de disco para ventiladores sin ningún conducto; y álabes estrechas para ventiladores que deban vencer resistencias bajas. Sus prestaciones están muy influenciadas por la resistencia al flujo del aire y un pequeño incremento de la presión provoca una reducción importante del caudal.

Los *ventiladores tubulares* disponen de una hélice de álabes estrechos de sección constante o con perfil aerodinámico (ala portante) montada en una carcasa cilíndrica. Generalmente no disponen de ningún mecanismo para enderezar el flujo de aire. Los ventiladores tubulares pueden mover aire venciendo resistencias moderadas.

Los *ventiladores tubulares con directrices* tienen una hélice de álabes con perfil aerodinámico (ala portante) montado en una carcasa cilíndrica que normalmente dispone de aletas enderezadoras del flujo de aire en el lado de impulsión de la hélice. En comparación con los otros tipos de ventiladores axiales, éstos tienen un rendimiento superior y pueden desarrollar presiones superiores. Están limitados a los casos en los que se trabaja con aire limpio.

Las directrices tienen la misión de hacer desaparecer la rotación existente o adquirida por el fluido en la instalación, a la entrada del rodete o tras su paso por el mismo. Estas directrices pueden colocarse a la entrada o a la salida del rodete, incluso las hay móviles. Han de ser calculadas adecuadamente pues, aunque mejoran las características del flujo del aire haciendo que el ventilador trabaje en mejores condiciones, producen una pérdida de presión adicional que puede condicionar el resto de la instalación. Además, pueden ser contraproducentes ante cambios importantes del caudal de diseño.

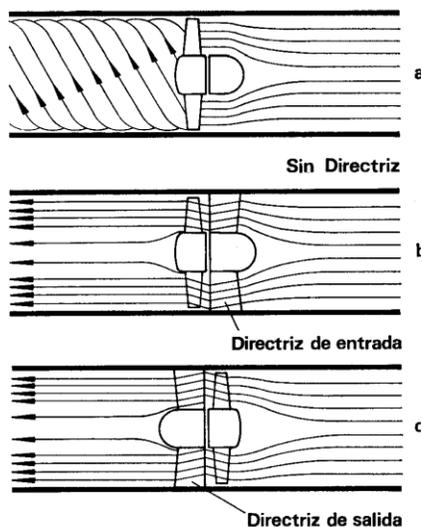


Figura 2.7 Efecto de las directrices sobre las líneas de corriente a entrada y salida del rodete axial

Tabla 2.3 Características del Ventilador Axial

Características del Ventilador HCT 63-12T-1	
Velocidad r/min	435
Corriente máx. (A)	0.87
Caudal Máximo (m ³ /h)	6900
Peso aproximado (kg)	47
Alimentación (VAC)	220/440



Figura 2.8 Ventilador axial HCT 63-12T-1

Capítulo 2 Secado Convectivo de Alimentos

2.9.3 RESISTENCIAS ELECTRICAS ALETADAS PARA GENERACION DE AIRE CALIENTE

Las resistencias aleteadas para aire son indicadas para infinitos procesamientos industriales.

Su función consiste en generar corrientes de aire o gas a temperatura controlada o en mantener los ambientes a una determinada temperatura.

Su diseño versátil hace que puedan instalarse directamente dentro de canales de ventilación o en instalaciones de acondicionamiento para el calentamiento directo del aire circulante.

Este tipo de resistencias eléctricas también se utiliza para el calentamiento de gases estáticos.

La superficie aleteada cumple la función de favorecer el intercambio térmico.

2.9.3.1 APLICACIONES

Las posibilidades de aplicación de una resistencia aleteada son múltiples, dada su alta resistencia a los diferentes pliegues que pueden requerirse en numerosos sectores, como por ejemplo para el acondicionamiento y calentamiento del aire tanto estático como circulante, de conformidad con los requisitos de calidad, fiabilidad, versatilidad, rendimiento y duración más exigentes.

Entre las aplicaciones más comunes señalamos:

- Calentamiento del aire en convección forzada y natural, instalaciones de acondicionamiento de aire
- Hornos industriales, hornos para panaderías, hornos para uso doméstico, cámaras calentadoras, hornos de secado, instalaciones de barnizado, centrifugas, compresores
- Impresoras flexo gráficas, máquinas para el embalaje y el envasado, equipos de evacuación de humos, equipos de secado del aire
- Humidificadores y deshumidificadores, saunas, mostradores calientes para restaurantes, termo convectoros portátiles, equipos de zootecnia y cortinas de aire

Todo el ciclo productivo de las resistencias aleteadas está sometido a severos controles dimensionales y a pruebas eléctricas conformes con las normas de

Capítulo 2 Secado Convectivo de Alimentos

nuestro Sistema de Gestión de la Calidad certificado **ISO 9001:2008** y en total cumplimiento de las normas CEI/EN vigentes.

Tabla 2.4 Características de las Resistencias Aletadas

Características de las Resistencias Aletadas	
Largo del elemento (mm)	250 a 5300
Material	Fierro AISI 304, AISI 321, AISI 316L
Diámetro del tubo (mm)	8.2, 10.3, 15.5
Temperatura de Trabajo	0 °C a 550 °C
Alimentación	127/220/440 VAC
Potencia (W/cm ²)	0.1 a 7.5

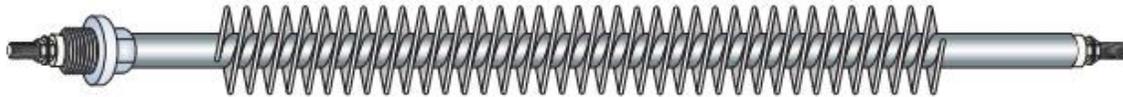


Figura 2.9 Resistencia aletada convencional

En este secador se cuentan con 21 resistencias de 1680 mm de 42.85 W cada una dando un total de 0.9 KW, que es la energía necesaria para el secado óptimo para las dimensiones del secador. Cada una colocada uniformemente en la parte superior del secador, que es la encargada de distribuir el aire caliente a lo largo de este. Cuenta con 7 divisiones y en cada una de ellas están colocadas 3 resistencias fijas. Como se muestra en la siguiente figura, las 21 resistencias se encuentran conectadas en paralelo, dando un funcionamiento “todo-nada” mediante un solo switch, limitando la forma de operación ya que es necesario un operador en todo momento del proceso.

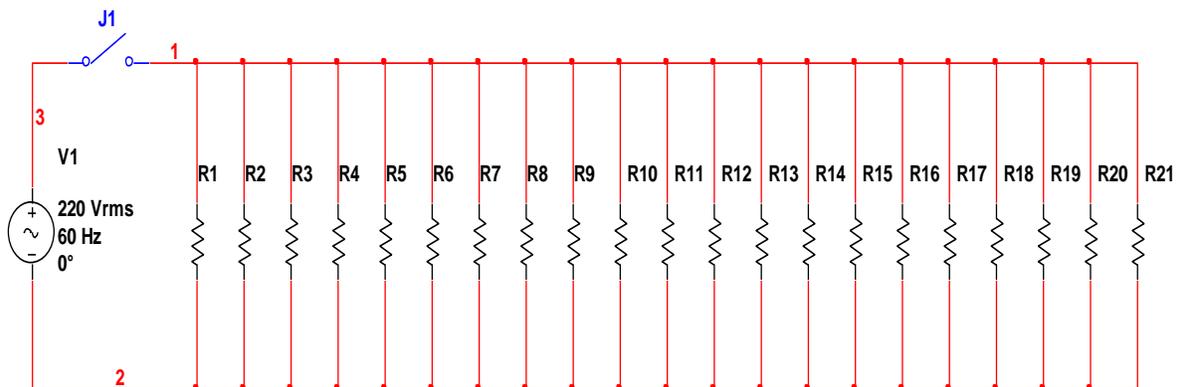


Figura 2.10 Conexión de fábrica de las resistencias aletadas

La implementación del circuito de la siguiente figura permite la activación y desactivación de las resistencias aletadas desde la HMI, mediante un relevador y un transistor, dando al sistema inicial una mejora considerable ya que no será

Capítulo 2 Secado Convectivo de Alimentos

necesaria la presencia de un operador puesto que serán colocadas condiciones precisas de operación dentro del programa.

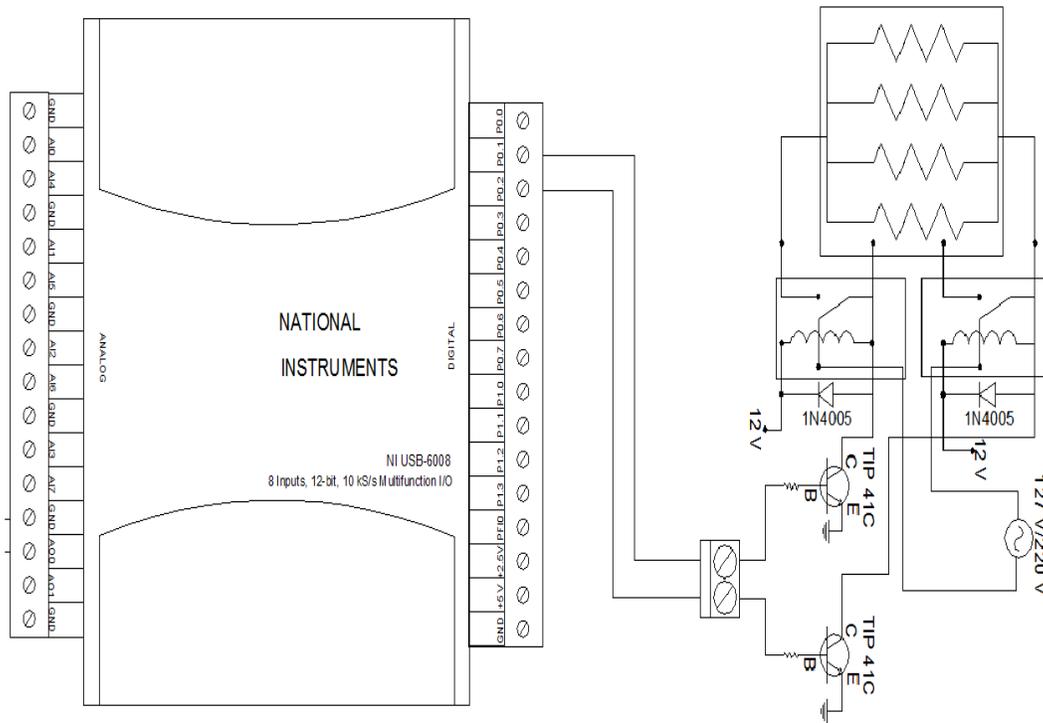


Figura 2.11 Activación/Desactivación de sistema

Quedando el sistema de resistencias aletadas de la siguiente manera:

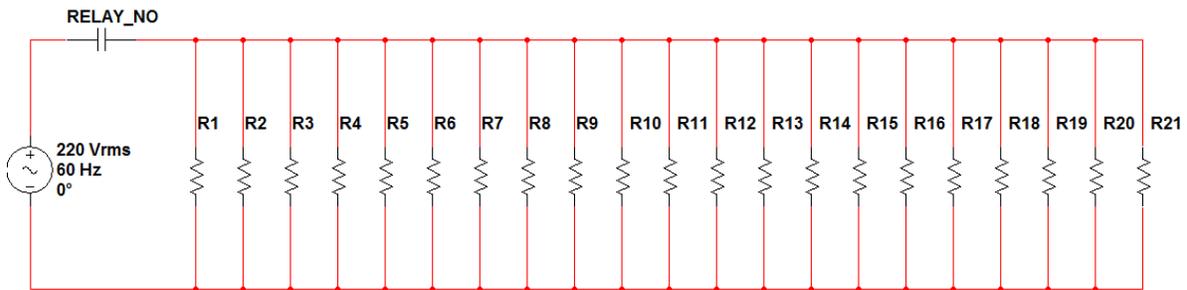


Figura 2.12 Modificación a la conexión de las resistencias aletadas

2.9.4 DISTRIBUCION DE AIRE CALIENTE

Esta pieza del secador está colocada en la parte superior, su función es proporcionarle una trayectoria al aire de alimentación a través de 7 secciones, para que este adquiera una temperatura deseada. Al final de su trayecto se encuentran 12 divisiones que garantizaran que el aire sea entregado directamente y en igual magnitud a cada una de las charolas dentro del secador, pudiendo así obtener un secado uniforme dentro de la cámara.

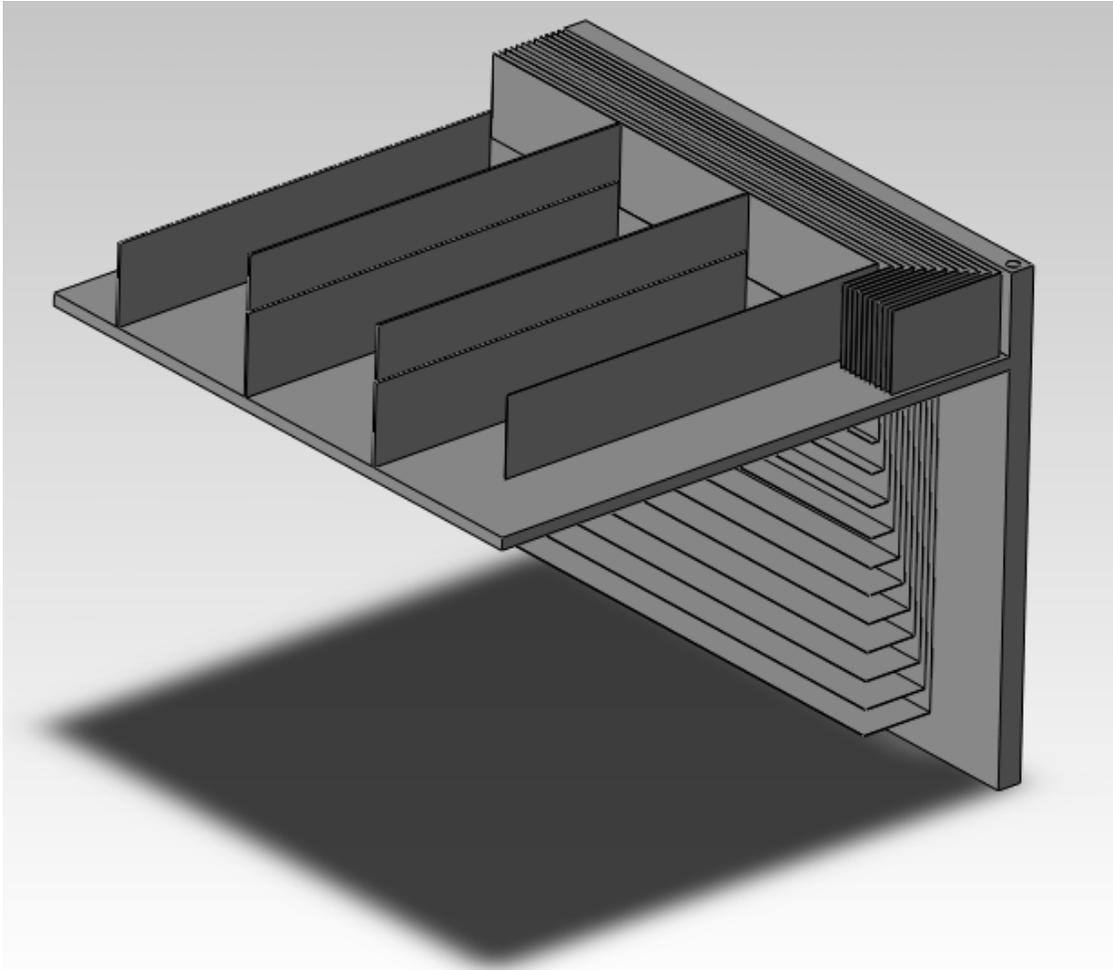


Figura 2.13 Distribución de aire dentro del secador

2.9.5 CARROS DE SECADO

Los carros utilizados dentro de este secador tienen 12 niveles para colocar correspondientemente cada charola, cuentan con ruedas para poder desplazarlo fácilmente dentro y fuera del secador sin importar que este se encuentre cargado o descargado. El secador tiene la capacidad de almacenar cuatro carros de este tipo, que serán acomodados de forma paralela entre si dentro del secador.



Figura 2.14 Carro del Secador

2.9.6 CHAROLAS

El secador cuenta con 48 charolas perforadas que serán acomodadas en las ranuras correspondientes de los carros, cada una de estas está dividida en dos, haciendo un total de 96. Están diseñadas de tal forma que permita al aire fluir tanto por la parte superior como por la parte inferior.

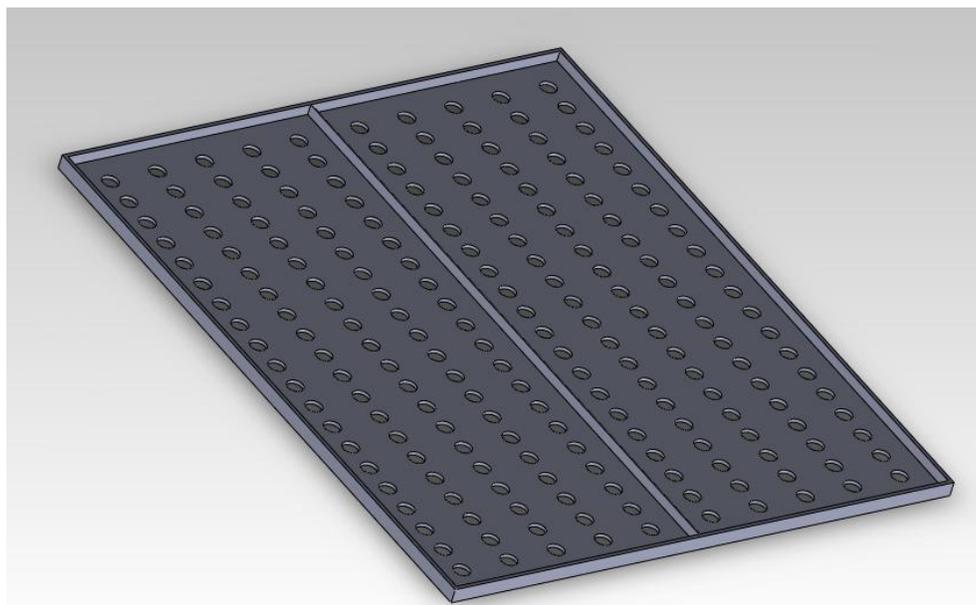


Figura 2.15 Charola perforada del secador

CONCLUSIONES

El secado de alimentos es el método más antiguo para la conservación de los productos alimenticios, la industria agropecuaria utiliza mucho este método para la conservación de productos lácteos, productos de cereales así como productos vegetales y frutales. Con la deshidratación se consigue una mayor conservación y reducción de peso asegurando con esto reducción en el costo de almacenamiento y transporte.

El proceso de secado de producción de harina empieza desde su clasificación, se clasificara el plátano Tabasco verde que no se ha comercializado, una vez clasificado pasará por un lavado de inmersión en la cual se sumergen en una tina con agua con cloro para quitar los contaminantes, después de lavar la fruta se enjuaga con agua potable eliminando así el cloro en su totalidad, las siguientes etapas son pelar y cortar en la cual se retira lo que no es comestible como la cáscara, el plátano pasa a ser cortado en rodajas de 0.2 cm de espesor, 2 cm de ancho y 3 cm de largo, colocándolas posteriormente en las bandejas perforadas del secador, una vez dentro del secador se lleva a cabo el proceso de deshidratación en el cual se debe de llegar a una temperatura de 50° C para una

Capítulo 2 Secado Convectivo de Alimentos

correcta deshidratación con un tiempo de secado de 3.03 horas, una vez deshidratado el plátano pasara a la siguiente fase del proceso que es la molienda para transformarlo en harina y así por ultimo envasarlo en diferentes presentaciones.

La parte del proceso en la que se enfocará el trabajo será la de secado para ello se utilizara un secador de bandejas de 2.3 de largo, 2.2 de ancho y 2 de largo el cual tendrá 4 carritos cada uno con 96 charolas perforadas de 74 cm por 85 cm para una mejor deshidratación, teniendo así el secador una capacidad de 200 Kg.

En el proceso de secado existen tres modos de transferencia de calor conducción, convección y radiación en este caso se utilizará el secado convectivo ya que cumple con las necesidades de conservación del producto; el secado convectivo se lleva a cabo mediante la entrada de aire a temperatura ambiente el cual es impulsado por un ventilador dentro del secador con una velocidad de aire de 7.62 m/s, el aire que entra pasa por unas resistencias aletadas que las cuales son las encargadas de calentar el aire a la temperatura de 50° C, así el aire caliente se pone en contacto directo con el material alimenticio sólido e inicia la difusión de vapores de agua a partir y dentro del material alimenticio, las fuente de energía utilizada para calentar el aire es el calentamiento eléctrico, limita sus aplicaciones cuando se es requerido generar una temperatura máxima de 100-150° C, es usado principalmente en la industria alimenticia debido a que no existen gases de combustión que estén en contacto directo con el alimento y no está en riesgo de contaminación, su respuesta es rápida y su costo de mantenimiento es bajo.

CAPÍTULO 3

CONTROL AUTOMÁTICO

Capítulo 3 Control Automático

3.1 VARIABLES DE PROCESO.

Una variable de proceso es toda aquella magnitud que se tiene en el proceso, que es inconstante y manipulable a lo largo de la operación de proceso; por ejemplo la temperatura, el flujo y la humedad, estas son las variables de proceso involucradas en el secado, mientras no se mantengan constantes o en un punto fijo. Estas variables pueden ser controladas. Ponce (2007) dice que “Son las magnitudes que se especifican en los procedimientos que describen las actividades que un observador debe de medir para que ésta sea un variable.”

3.2 CONDICIONES VARIABLES.

Son todas aquellas fases que tienen variabilidad en el proceso y hace que éste se comporte de manera inconstante. Una condición variable frecuente es la programación de ciclos de calentamiento en los controladores ya que éstos hacen que el proceso sea variable pero al mismo tiempo estables con respecto al control de las condiciones.

3.3 PERTURBACIONES.

Una perturbación es una señal que tiende a afectar negativamente el valor de la salida de un sistema, una perturbación puede ser interna; cuando ésta surge dentro del proceso por ejemplo un cambio brusco en la temperatura; externa, cuando ésta surge en el exterior del sistema por ejemplo cuando llueve la humedad dentro del secador aumenta.

3.4 CONTROL DE PROCESOS.

El objetivo principal del control de procesos es mantener en un determinado valor de operación las variables del proceso tales como: la temperatura, la presión, los flujos y los compuestos, etc. Los procesos son de naturaleza dinámica lo que quiere decir que en ellos siempre ocurren cambios y si no se toman las acciones pertinentes, cambiarían cuando las variables del proceso los niveles de seguridad, la calidad del producto y los índices de producción no se cumplirán.

Conceptos esenciales en control son: la variable controlada, como su nombre lo indica es la variable que se debe de mantener controlada dentro de un valor deseado. El punto de ajuste (set-point), es el valor que se desea tener a la variable controlada. La variable manipulada, es la variable que se utiliza para mantener a la variable controlada en el punto de control. Cualquier variable que ocasione que la variable de control se desvíe del punto de ajuste se define como perturbación o trastorno; en la mayoría de los procesos existen perturbaciones diferentes, esta es la causa más común de que se requiera de poner un sistema

Capítulo 3 Control Automático

de control automático; si no hubiera alteraciones en el proceso, prevalecerían las condiciones de operación de diseño y no se necesitaría supervisar continuamente el proceso.

Los siguientes términos también son importantes: lazo abierto, éstos se definen a la situación donde el controlador no realiza ninguna función relativa para mantener la variable controlada en el punto de control; quiere decir que la acción del controlador no afecta a la medición. El control de lazo cerrado es aquel en donde el controlador está conectado al proceso, este compara el punto de ajuste con la variable del proceso y hace la acción correctiva.

También existen sistemas de control de lazo abierto estos sistemas son los que no afectan la acción del control, esto quiere decir que no se mide la salida ni se realimenta para compararla con la entrada; por lo tanto, a cada entrada de referencia le corresponde una condición operativa fija; el resultado del proceso depende de la calibración. Este sistema de control se utiliza en la actualidad si se conoce la relación de la entrada con la salida y que no existan perturbaciones en el sistema. Un ejemplo muy común es en el control de tránsito el cual es programado por medio de tiempos para encender cada una de las tres luces.

El objetivo de tener un sistema de control automático de procesos es mantener a la variable manipulada y a la variable controlada cerca de un punto de control aunque existan perturbaciones en el sistema.

El controlador es aquel que se utiliza en los procesos para compensar las perturbaciones. A veces como es este caso las perturbaciones más importantes es el punto de control mismo, esto es, que el punto de control puede cambiar en función del tiempo (lo cual es típico en los procesos por lotes), y en consecuencia la variable de control debe ajustarse al punto de control a esto se llama servo control que son diseñados para este tipo de procesos.

Las razones principales por las cuales se debe de tener un sistema de control en este proceso son:

1. Para mejorar los sistemas artesanales con los que se lleva a cabo este proceso en algunas partes del territorio nacional.
2. Prevenir daño en la materia prima.
3. Prevenir daños en el equipo.
4. Eficientar la producción de harina en tiempos de elaboración

3.5 ESTRATEGIAS DE CONTROL.

3.5.1 CONTROL POR RETROALIMENTACIÓN.

En este proceso se toma la variable controlada y se realimenta al controlador para que este pueda tomar una decisión; por ejemplo, en un proceso si la temperatura aumenta y en tal efecto cause una perturbación su efecto se propaga a todo el proceso antes de que cambie la señal de salida, una vez cambiada la señal de salida está a su vez cambia la señal del transmisor al controlador en ese momento el controlador detecta la perturbación y debe de compensar la perturbación abriendo o cerrando el elemento final de control para hacer que el proceso tenga una corrección en el sistema. Esta operación de control es en base a prueba y error ya que hace que el proceso oscile sobre el punto de ajuste. La ventaja que tiene este tipo de control es que se compensa todas las perturbaciones y la desventaja que tiene este control está en que únicamente trata de compensar la perturbación hasta que la variable controlada se ha desviado del punto de control, esto es, que la perturbación se debe de propagar por todo el proceso antes de que la pueda compensar el control.

3.6 VARIABLES DEL SISTEMA.

Para la identificación de las variables principales del fenómeno que describe el secado, se estudiaron los fenómenos principales que ocurren; estos son el de difusión y el de convección principalmente; también se buscaron en los estudios realizados para saber que variables tenían mayor importancia en el proceso de secado.

El fenómeno de difusión en el secado esta dado por la forma en que las moléculas de agua se desplazan por los poros del interior del material hacia el exterior, haciendo que la humedad se equilibre; en la difusión de la humedad interviene el gradiente de temperatura y de humedad; en este fenómeno las variables que intervienen son la humedad y la temperatura.

El fenómeno de convección es la forma en que se transmite el calor del aire de secado al producto es por tal motivo que la temperatura del aire es una de las variables principales del sistema.

Hay más variables que se derivan del proceso de secado pero no son de mucha importancia ya que se derivan de las principales que son: la temperatura del aire, la velocidad del aire y la humedad que se desprende del material que se absorbe por el aire.

3.7 IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES DE CONTROL DE SECADO.

En la investigación realizada por Chou y Chua (2001), muestra que las variables principales del proceso y las que se pueden controlar en el sistema son las siguientes:

Tabla 3.1 Variables del Proceso de Secado Propuestas por Chou y Chua (2001).

Variables principales de proceso	Variables que se deben de controlar.
Temperatura	Temperatura del Proceso
Humedad Relativa	Humedad Relativa del Secador
Velocidad del Aire	Velocidad del Aire

Tomando en consideración estos estudios y los realizados por Traub (2005); se decidió que las variables principales del proceso son la temperatura y la humedad, dándole mayor importancia a la temperatura del aire, por lo tanto se realizará el control para esta variable.

3.8 DATOS DEL SISTEMA

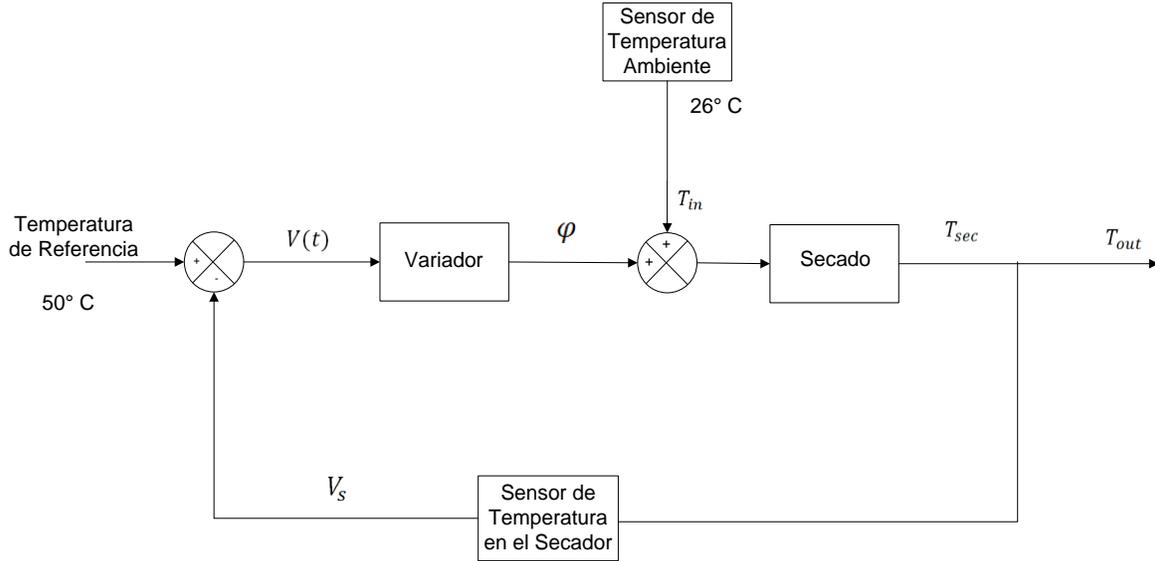
Los datos para realizar los cálculos siguientes fueron tomados de una publicación de la Revista Amazónica de Investigación Alimentaria, v.2, nº 1, p. 15 - 25 (2002). Ya que por cuestiones de materiales e infraestructura no fue posible para el equipo obtenerlos de forma experimental.

3.8.1 NOMENCLATURA DE LAS VARIABLES UTILIZADAS

Tabla 3.2 Nomenclatura de las Variables Utilizadas

Variable	Símbolo
Temperatura de Referencia	$T_{cg}(t)$
Tensión para Activación del Variador	$V(t)$
Velocidad del Aire	$\varphi(t)$
Temperatura del Secado	$T_{sec}(t)$
Temperatura de Entrada	$T_{in}(t)$
Temperatura de Salida	$T_{out}(t)$
Temperatura del Sensor de Retroalimentación	$T_{out}(t)$
Tensión de Salida del Sensor	$V_s(t)$

3.8.2 DIAGRAMA A BLOQUES DEL SISTEMA



3.8.3 CÁLCULO DE LA FUNCIÓN DE TRANSFERENCIA

La ecuación de equilibrio del sensor está dada por la expresión:

$$V_s(t) = k_s T_{out}(t)$$

La función de transferencia:

$$\frac{T_{out}(t)}{V_s(t)} = k_s \quad \therefore W_{sensor}(s) = k_s$$

La función de transferencia del variador está dada por:

$$\frac{v(t)}{V(t)} = \frac{K_{VA}}{1 + T_{VA}s}$$

T_{VA} = Tiempo de respuesta del variador

K_{VA} = Ganancia del variador.

La función de transferencia del bloque de secado está dada por:

$$T_{sec}(s) = \frac{K_R v(s)}{K_{mAS} \cdot K_{cp \text{ aire}}} + T_{in}(s)$$

T_{sec} = Temperatura de secado

T_{in} = Temperatura de entrada

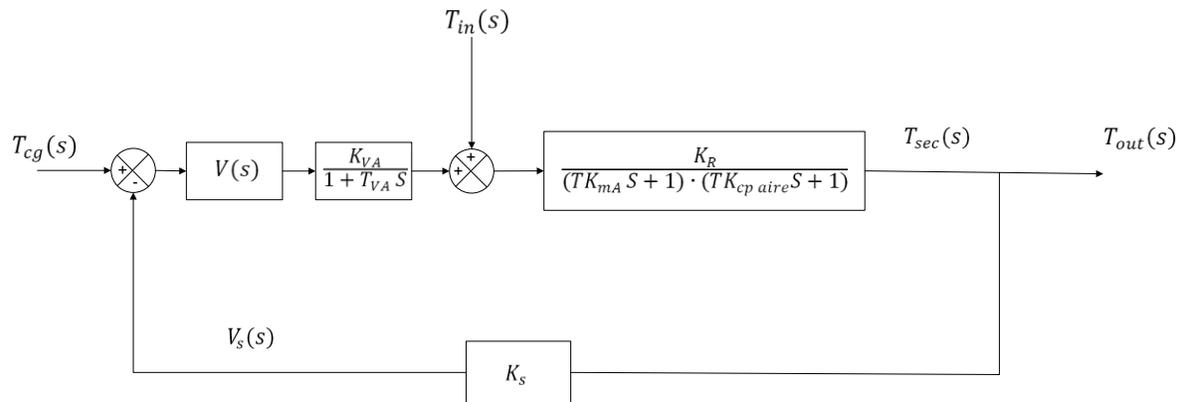
Capítulo 3 Control Automático

K_R = Poder calorífico de las resistencias

v = Flujo de aire consumido = 36 Kg/h

K_{mAS} = Masa del aire

$K_{cp\ aire}$ = Calor específico del aire



Función de Transferencia del Sistema:

$$H(s) = \frac{T_{in} + T_{cg} \left[\frac{K_{VA}}{1 + T_{VA} S} \cdot \frac{K_R}{(TK_{mA} S + 1) \cdot (TK_{cp\ aire} S + 1)} \right]}{1 + K_S \left[\frac{K_{VA}}{1 + T_{VA} S} \cdot \frac{K_R}{(TK_{mA} S + 1) \cdot (TK_{cp\ aire} S + 1)} \right]}$$

Función de Transferencia de la Planta:

$$\frac{K_R}{s^2 + 2s + 1}$$

3.9 CONTROL DE LA CÁMARA DE SECADO

En los puntos siguientes se puede observar los cálculos realizados para obtener el controlador a utilizar en este sistema, como también la teoría pertinente con la cual fue posible desarrollar dichos cálculos.

3.9.1 CONTROLADOR PI

Es la estructura más usual del controlador. La introducción de la acción integral es la forma más simple de eliminar el error en régimen permanente. Otro caso en el que es común utilizar la estructura PI es cuando el desfase que introduce el proceso es moderado (procesos con una constante de tiempo dominante o incluso

Capítulo 3 Control Automático

integradores puros). Una acción derivativa más que una mejora en esta situación es un problema ya que amplifica el ruido existente. También se recomienda la acción PI cuando hay retardos en el proceso, ya que la acción derivativa no resulta apropiada en este tipo de sistemas. Un tercer caso en el que se debería desconectar la acción derivativa es cuando el proceso está contaminado con niveles de ruido elevados. Como primera medida, se debería filtrar el ruido existente, pero en algunas ocasiones esto no es suficiente.

Se puede mostrar que un control PI es adecuado para procesos donde la dinámica del sistema es esencialmente de primer orden (control de nivel de un solo tanque, tanques de mezclado, reactores perfectamente agitados, hornos, secadores, etc). Es fácil comprobar esto, si fuese el caso, midiendo la respuesta al escalón o la respuesta en frecuencia del proceso. Si la respuesta al escalón se parece a la de un sistema de primer orden, o más precisamente, si la curva de Nyquist se sitúa sólo en el primero y cuarto cuadrante, entonces el control PI es suficiente. Otra razón es que el proceso ha sido diseñado tal que su operación no requiere un control fino. Entonces, aún si el proceso tiene dinámica de alto orden, lo que se requiere es una acción integral que lleve a cero el error en estado estacionario y una adecuada respuesta transitoria proporcionada por una acción proporcional.

3.9.2 SINTONIZACIÓN POR ZIEGLERS - NICHOLS

Para obtener el secado deseado se tiene que tener un adecuado control, una vez que se obtiene la función de transferencia se pueden utilizar diversos métodos de sintonización están basados en estudios experimentales de la respuesta escalón de diferentes tipos de sistemas, el método de Ziegler - Nichols es el más utilizado. Los métodos de Ziegler - Nichols proponen encontrar los parámetros de un controlador PID con base en un modelo específico de una planta, este método se puede realizar de dos formas mediante la curva reacción y oscilaciones sostenidas. En ambos métodos se pretende obtener un 25% de sobrepaso máximo en la respuesta al escalón.

3.9.2.1 MÉTODO DE ZIEGLERS - NICHOLS: CURVA DE REACCIÓN

En este método de sintonización se determinan las características dinámicas del proceso a controlar, a partir de la respuesta del sistema en lazo abierto. Una vez que se tienen estas características es posible obtener los parámetros del controlador. La caracterización del proceso es como sigue: la planta en lazo abierto es excitada con una función escalón y se obtiene su respuesta, teniéndose en este caso una curva como se muestra en la figura 3.1.

Capítulo 3 Control Automático

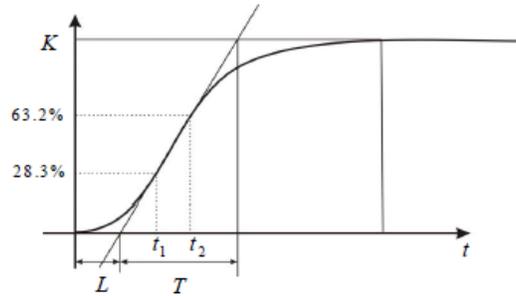


Figura 3.1 Curva de reacción.

En esta curva se determina el punto de inflexión y sobre él se traza una recta tangente a la curva. Esta recta intersecta al eje de tiempo (eje horizontal) y el tiempo muerto que caracteriza al proceso se mide desde el origen hasta este punto de intersección obteniéndose L , como se muestra en la figura 3.1. El otro parámetro que se requiere para la sintonización es la pendiente de la recta tangente a la respuesta graficada para obtener T .

Una vez conocidos los parámetros de L y T , los parámetros del controlador se obtienen de la siguiente tabla:

Tabla 3.3 Parámetros para el cálculo del controlador por curva de reacción.

Tipo de Controlador	K_p	K_i	K_d
P	$\frac{T}{L}$	∞	0
PI	$0.9\frac{T}{L}$	$\frac{L}{0.3}$	0
PID	$1.2\frac{T}{L}$	$2L$	$0.5L$

Al igual que en el primer método, los parámetros determinados a través de la tabla servirán como inicio a partir de los cuales se ajustaran los mismos hasta lograr la respuesta deseada.

3.9.3 PROCEDIMIENTO DEL CONTROL DE LA CÁMARA DE SECADO

$$\text{Función de transferencia: } \frac{2.5}{s^2+2s+1}$$

Una vez que se obtuvo la función de transferencia de la cámara de secado, se procedió a realizar la sintonización para ello se escogió el método de Ziegler - Nichols por ser el más usado y por ser el más adecuado para un sistema de primer orden como es el caso de la función de transferencia que se obtuvo.

Se utilizó el método de Curva de Reacción de Ziegler Nichols ya que la función de transferencia obtenida es de tipo 2, por lo cual no se podía aplicar el criterio Routh - Hurwitz que es utilizado para el método de oscilaciones sostenidas de Ziegler - Nichols.

Para realizar el método de Curva de Reacción se determinaron los valores de L (retardo) y τ (constante de tiempo) para ello se utilizó el siguiente programa realizado en MatLab:

3.9.3.1 CÓDIGO EN MATLAB PARA OBTENER LOS VALORES DE L Y τ

```
clear all
clc
num=[2.5]
den=[1 2 1]
sys1=tf(num,den)
dt=0.05;
t=0:dt:40;
y=step(sys1,t);
dy=diff(y)/dt;
[m,p]=max(dy);
yi=y(p);
ti=t(p);
L=ti-yi/m
tao=(y(end)-yi)/m+ti-L
plot(t,y,'b',[0 L L+tao t(end)],[0 0 y(end) y(end)],'k')
grid on;
title('Respuesta al escalon')
ylabel('Tiempo (s)')
xlabel('Exacta','Aproximacion lineal')
```

La gráfica que se obtiene es la siguiente:

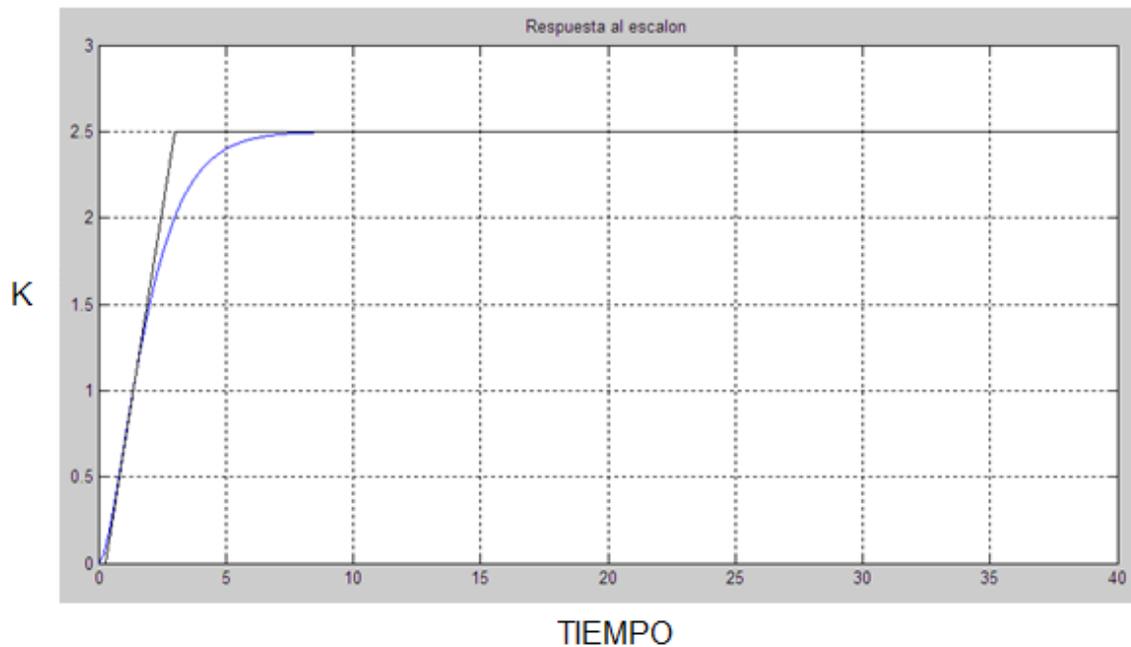


Figura 3.2 Gráfica de la obtención de los parámetros L y τ con la curva de reacción.

En la gráfica se observa como el sistema responde a una entrada escalón, con la gráfica se obtienen los valores de L y τ los cuales son:

Retardo: $L = 0.2814$

Constante de tiempo (τ) = 2.7194

Para obtener el tipo de control a utilizar se toma como referencia la siguiente tabla en la cual se sustituirán los valores de L y τ .

Tabla 3.4 Constantes de los Controladores P, PI y PID

Tipo de Controlador	K_p	K_i	K_d
P	$\frac{\tau}{L}$	∞	0
PI	$0.9 \frac{\tau}{L}$	$\frac{L}{0.3}$	0
PID	$1.2 \frac{\tau}{L}$	$2L$	$0.5L$

Capítulo 3 Control Automático

Sustituyendo los valores de L y τ que se obtuvieron de la grafica.

Tabla 3.5 Sustitución de los Parámetros L y τ obtenidos

Tipo de Controlador	K_p	K_i	K_d
P	$\left(\frac{2.7194}{0.2814}\right)$	∞	0
PI	$0.9 \left(\frac{2.7194}{0.2814}\right)$	$\left(\frac{0.2814}{0.3}\right)$	0
PID	$1.2 \left(\frac{2.7194}{0.2814}\right)$	$2(0.2814)$	$0.5(0.2814)$

Tabla 3.6 Constantes obtenidas para las Ganancias de los Controladores

Tipo de Controlador	K_p	K_i	K_d
P	9.6638	∞	0
PI	8.6974	0.938	0
PID	11.5965	0.5628	0.1407

Una vez obtenidos los valores se realizó una simulación en Simulink, sustituyendo los valores obtenidos para cada tipo de controlador, con esto se observa gráficamente el comportamiento que tiene cada uno de ellos y así determinar cual es el control mas adecuado.

En la figura 3.3 se muestra una simulación de cómo se comporta el sistema sin controlador.

En la grafica obtenida se observa el error y como esta muy lejos de alcanzar el punto de ajuste.

Capítulo 3 Control Automático

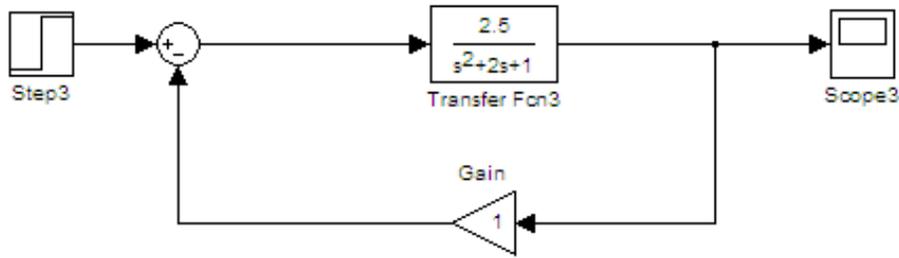


Figura 3.3 Diagrama de bloques en Simulink con entrada escalón sin controlador.

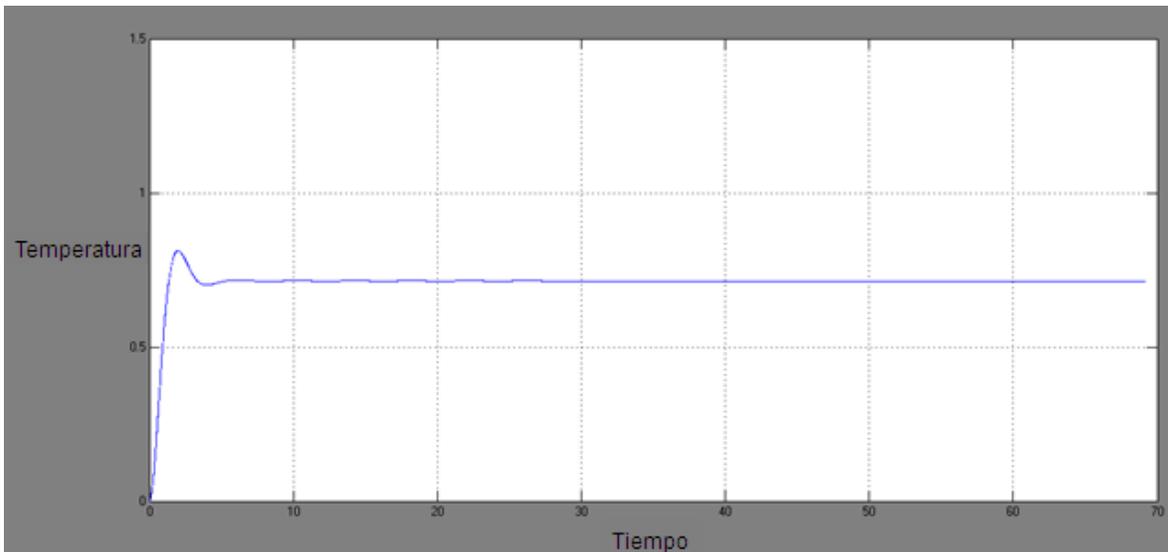


Figura 3.4 Gráfica obtenida en simulink sin controlador.

En la figura 3.5 se muestra una simulación de cómo se comporta el sistema con un Control Proporcional (P).

En la curva que se obtuvo para un Control Proporcional se observa que se estabiliza en un tiempo de 6.5 pero nunca llega al punto de ajuste, sólo reduce un poco el error pero no lo elimina.

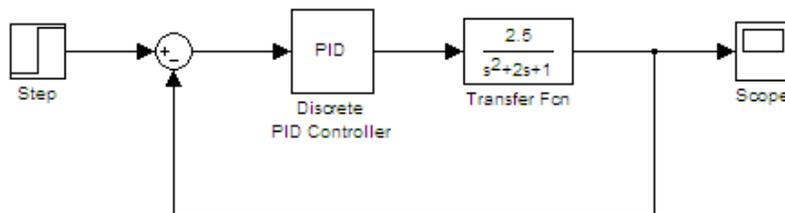


Figura 3.5 Diagrama de bloques en Simulink con entrada escalón con un control P.

Capítulo 3 Control Automático

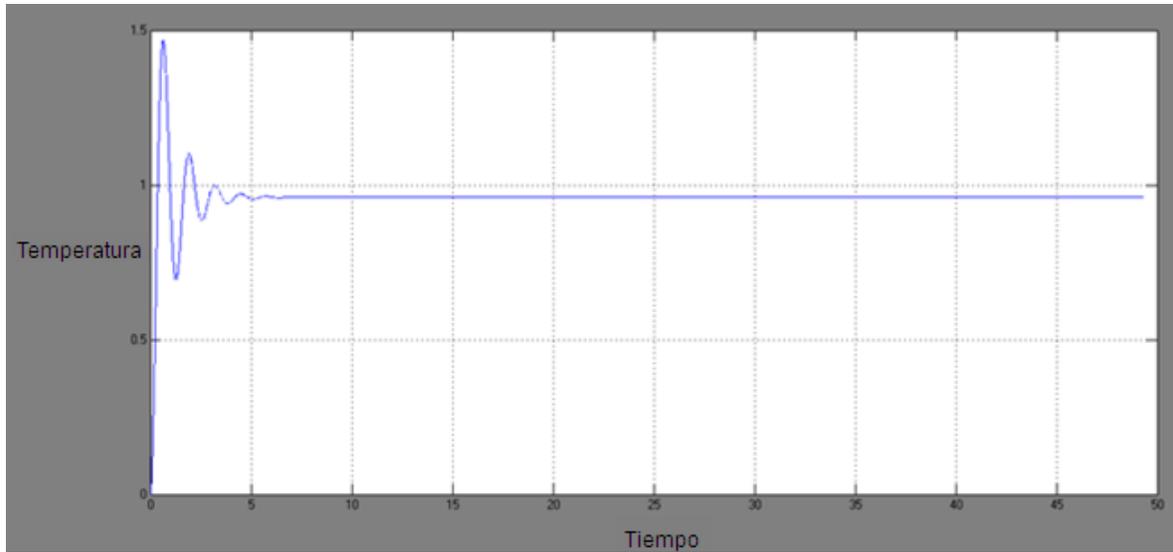


Figura 3.6 Gráfica obtenida en Simulink con un controlador P.

En la figura 3.7 se muestra una simulación de cómo se comporta el sistema con un Control Proporcional Integral (PI).

Para el Control Proporcional Integral el comportamiento de la curva muestra que se ajusta en un tiempo de 22.5 segundos, alcanzando en ese momento la estabilización.

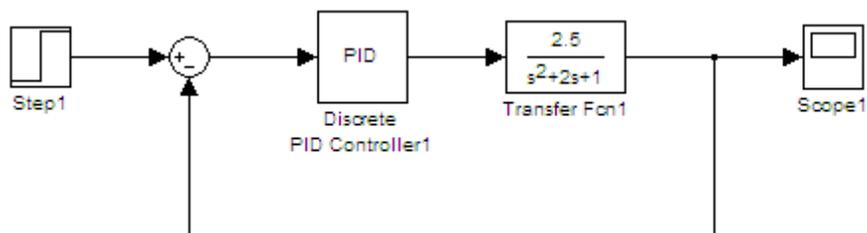


Figura 3.7 Diagrama de bloques en Simulink con entrada escalón con un control PI.

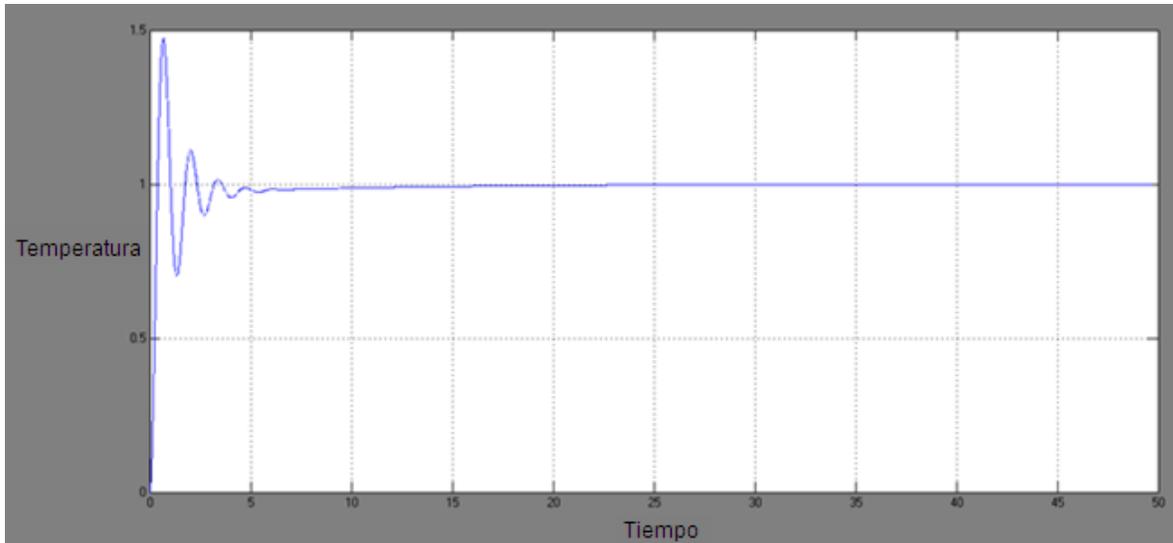


Figura 3.8 Gráfica obtenida en Simulink con un controlador PI.

En la figura 3.9 se muestra una simulación de cómo se comporta el sistema con un Control Proporcional Integral Derivativo (PID).

Para el Control Proporcional Integral Derivativo se observa en la grafica que la curva en el tiempo de 46 segundos logra estabilizarse.

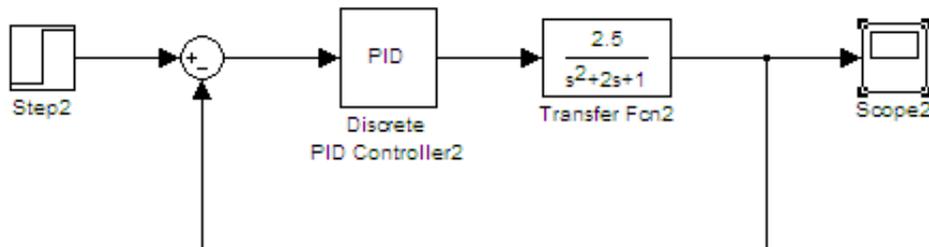


Figura 3.9 Diagrama de bloques en Simulink con entrada escalón con un control PID.

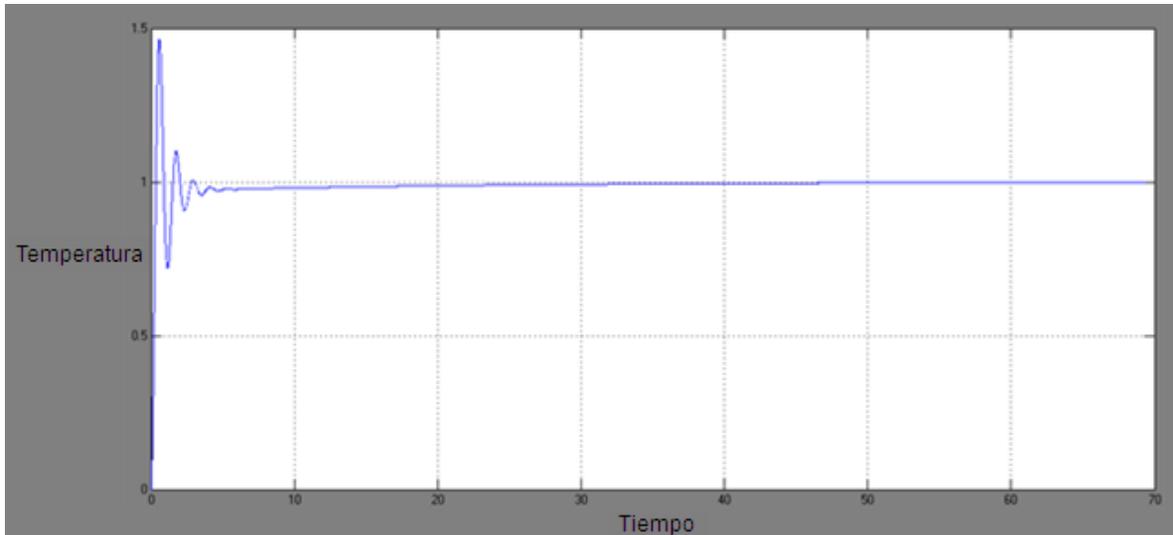


Figura 3.10 Gráfica obtenida en Simulink con un controlador PID.

Al observar y comparar todas las gráficas podemos concluir que el control a utilizar será un PI (Proporcional Integral) ya que su tiempo de estabilización es mucho más rápido, y como lo dice la teoría de control, para un sistema de primer orden es suficiente con un control PI ya que es adecuado para sistemas donde la dinámica del sistema es esencialmente de primer orden.

CONCLUSIONES

Para hacer el control de la cámara de secado y de cualquier proceso se requiere primero obtener una función de transferencia la cual se determinará a partir de las variables que intervienen en el proceso, en el caso del control de la cámara de secado las variables que se encontraron fueron una temperatura de referencia (set-point), temperatura de entrada y salida, tensión para activar el variador y la temperatura del sensor, dentro de las perturbaciones que estarán afectando el sistema son la temperatura y la humedad ya están afectando dependiendo del lugar en el que se encuentre la cámara de secado. Suponiendo que se encuentra en un lugar tropical, el aire que entra a la cámara llevará una humedad y temperatura diferentes que las que se encuentran en una región fría por lo cual se les considera perturbaciones, y la variable que se controlará será la temperatura mediante una acción de control que estará realizando un variador de frecuencia unido a un motor y ventilador que son los encargados de la entrada del aire a la cámara de secado.

Consideradas todas las variables se realizó un diagrama de bloques para la obtención de la función de transferencia. La función de transferencia que se obtuvo fue un sistema primer orden después se procedió a obtener el tipo de control que sería el más adecuado para el control de la cámara de secado, el

Capítulo 3 Control Automático

método que se utilizó para ello fue el de curva de reacción de Ziegler Nichols ya que la función de transferencia que se obtuvo fue de tipo 2 por lo que era más adecuado este método.

Para el método de curva de reacción se necesitan obtener 2 valores el de L (retardo) y T (constante de tiempo) los cuales se obtuvieron con ayuda de un programa en MatLab, con los valores obtenidos se procedió a hacer una simulación en Simulink en el que se realizó un diagrama de bloques para cada tipo de controlador P, PI y PID para saber como se comportaba cada uno. Para el control P se observó que en ningún momento se logró estabilizar quedando por debajo del punto ajuste, para el PI se observó que este se logró ajustar en un tiempo de 22.6 segundos mientras que el control PID se estabilizó en un tiempo de 46 segundos, por lo que se concluyó que el control mas adecuado para la cámara de secado sea el PI y se comprueba con la teoría que dice que para un sistema de primer orden es suficiente un control PI como en este caso.

CAPITULO 4

AUTOMATIZACIÓN E INSTRUMENTACIÓN

Capítulo 4 Automatización e Instrumentación

4.1 AUTOMATIZACIÓN

La automatización es una tecnología relacionada con la aplicación de sistemas mecánicos, electrónicos y basados en computadora para ejecutar, monitorear y controlar la producción. Esta tecnología incluye:

- Máquinas herramientas automáticas para procesar piezas
- Máquinas automáticas de ensamble
- Robots industriales
- Sistemas automáticos de manejo y almacenamiento de partes
- Sistemas automáticos de inspección para control de calidad
- Sistemas de monitoreo de variables
- Procesos y su retroalimentación controlados por computadora
- Sistemas computacionales para planear, reunir información, y tomar decisiones relacionadas con actividades de manufactura

4.1.1 TIPOS DE AUTOMATIZACIÓN

Los sistemas de producción automatizada se pueden clasificar en tres categorías básicas:

- Automatización fija
- Automatización programable
- Automatización flexible

La automatización fija es un sistema en el cual la secuencia de las operaciones de proceso está determinada por la configuración del equipo. Las características principales de la automatización fija son:

- Alta inversión inicial en equipo diseñado bajo requisitos específicos
- Altas tasas de producción
- Poca flexibilidad para aceptar cambios en los productos

La justificación económica de la automatización fija se encuentra en productos con altas razones de demanda y volumen. El alto costo inicial del equipo se puede distribuir entre un gran número de piezas, haciendo así el costo unitario atractivo en comparación con otros métodos de producción.

En la automatización programable el equipo de producción es capaz de cambiar la secuencia de operaciones para adaptarse a diferentes configuraciones del producto. La secuencia de operaciones es controlada por un programa, que es un conjunto de instrucciones codificadas de tal forma que el sistema puede leerlas e interpretarlas. Se preparan e introducen nuevos programas al equipo cuando hay que producir nuevos productos. Algunas de las características de la automatización programable incluyen:

Capítulo 4 Automatización e Instrumentación

- Alta inversión en equipo de propósito general
- Tasas de producción menores que las de la automatización fija
- Flexibilidad para lidiar con cambios en la configuración del producto
- Es la más apropiada para producción en lotes

Los sistemas de producción automatizada que son programables son utilizados en volúmenes de producción bajos - medios. Las piezas o productos son hechos típicamente en lotes. Para producir cada nuevo lote de un producto diferente, el sistema debe ser reprogramado con el conjunto de instrucciones de maquinado que corresponden a ese nuevo producto. La preparación física de la máquina también debe cambiar: las herramientas son colocadas, los aditamentos sujetos a la máquina y los parámetros de maquinado requeridos deben ser introducidos. Estos cambios requieren tiempo. Por tanto, el ciclo normal para un producto dado incluye un periodo durante el cual ocurre la preparación y la reprogramación, seguido por un periodo en el que se produce el lote de piezas.

La automatización flexible es una extensión de la automatización programable. Su concepto se ha desarrollado en los últimos 15 o 20 años, y sus principios siguen evolucionando. Un sistema automatizado flexible es aquel que puede producir una variedad de productos con virtualmente ninguna pérdida de tiempo para cambios entre un producto y el siguiente. No hay tiempo de producción perdido mientras se reprograma el sistema y se cambia la preparación física (herramientas, aditamentos, parámetros de las máquinas). En consecuencia, el sistema puede producir varias combinaciones y programaciones de productos, en lugar de requerir que se hagan en lotes separados. Las características de la automatización flexible se pueden resumir en:

- Alta inversión en un sistema diseñado bajo requerimientos específicos
- Producción continua de mezclas variables de productos
- Tasas de producción medias
- Flexibilidad para adaptarse a variaciones en el diseño del producto.

Las diferencias que distinguen a la automatización flexible de la programable son:

1. La capacidad para cambiar los programas de las piezas sin perder tiempo de producción
2. La facilidad de modificar la preparación física, de nuevo, sin afectar el tiempo de producción.

Estas condiciones le permiten al sistema flexible continuar con la producción sin tener tiempo muerto entre lotes, que es la característica de la automatización programable. El cambio de programas de partes generalmente se realiza fuera de línea, en un sistema computacional y se transmite electrónicamente al sistema automatizado de producción. Así, el tiempo requerido para hacer la programación del próximo trabajo no interrumpe la producción del trabajo actual. La modificación

Capítulo 4 Automatización e Instrumentación

de la preparación física entre las partes se lleva a cabo haciendo los cambios fuera de la línea y entonces se coloca en su lugar al tiempo que la siguiente parte llega al punto de su procesamiento. El uso de pallets que sujetan las partes y las transfieren a su posición en el lugar de trabajo es una forma de lograr lo anterior. Para que esta manera de hacer las cosas tenga éxito, la variedad de partes que pueden ser hechas en un sistema automatizado flexible es usualmente más limitada que en un sistema controlado por automatización programable.

En la Figura 4.1 se puede observar los tres tipos de automatización para diferentes volúmenes de producción y variedades de productos.

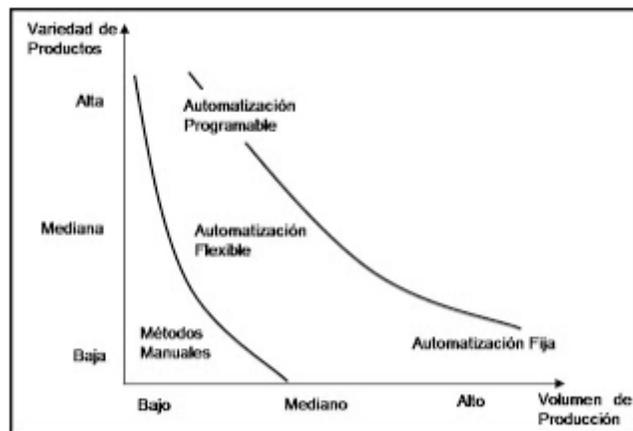


Figura 4.1 Tipos de Automatización

4.2HMI

HMI significa "**Human Machine Interface**", es decir es el dispositivo o sistema que permite la comunicación entre la persona y la máquina. Tradicionalmente estos sistemas consistían en paneles compuestos por indicadores y comandos, tales como luces piloto, indicadores digitales y análogos, registradores, pulsadores, selectores y otros que se interconectaban con la máquina o proceso. En la actualidad, dado que las máquinas y procesos en general están implementados con controladores y otros dispositivos electrónicos que dejan disponibles puertas de comunicación, es posible contar con sistemas de HMI bastante más poderosos y eficaces, además de permitir una conexión más sencilla y económica con el proceso.

Capítulo 4 Automatización e Instrumentación

Existen básicamente dos tipos de HMI's:

1. Terminal de Operador, consistente en un dispositivo, generalmente construido para ser instalado en ambientes agresivos, donde pueden ser solamente de despliegues numéricos, o alfanuméricos o gráficos. Pueden ser además con pantalla sensible al tacto (touch screen)
2. PC + Software, esto constituye otra alternativa basada en un PC en donde se carga un software apropiado para la aplicación. Como PC se puede utilizar cualquiera según lo exija el proyecto, los de panel (Panel PC) que se instalan en gabinetes dando una apariencia de terminal de operador.

4.2.1 LABVIEW

LabVIEW es un entorno de programación destinado al desarrollo de aplicaciones, similar a los sistemas de desarrollo comerciales que utilizan C o BASIC. Sin embargo, LabVIEW se diferencia de dichos programas en que estos lenguajes de programación se basan en líneas de texto para crear el código fuente del programa, mientras que LabVIEW emplea la programación gráfica o lenguaje G para crear programas basados en diagramas de bloques.

LabVIEW tiene su mayor aplicación en sistemas de medición, como monitoreo de procesos y aplicaciones de control.

Para el diseño de la HMI del proceso de deshidratación de plátano, se utilizará una HMI del tipo PC+Software, utilizando LabVIEW en versión 2011, debido a su facilidad de interpretación y diversidad de funciones, de esta manera el operador podrá controlarlo y monitorearlo constantemente, lo cual permitirá llevar a cabo dicho proceso de una manera óptima.



Figura 4.2 LabVIEW 2011

Capítulo 4 Automatización e Instrumentación

4.2.2 ENTORNO DE PROGRAMACION

LabVIEW cuenta con 2 pantallas principales, la interfaz que será usada por el operador (izquierda), donde se muestran todos los indicadores, controles, alarmas, sistema de encendido, entre otros, y la otra corresponde a donde se realiza la programación mediante diagramas de bloques para el funcionamiento del sistema (derecha).

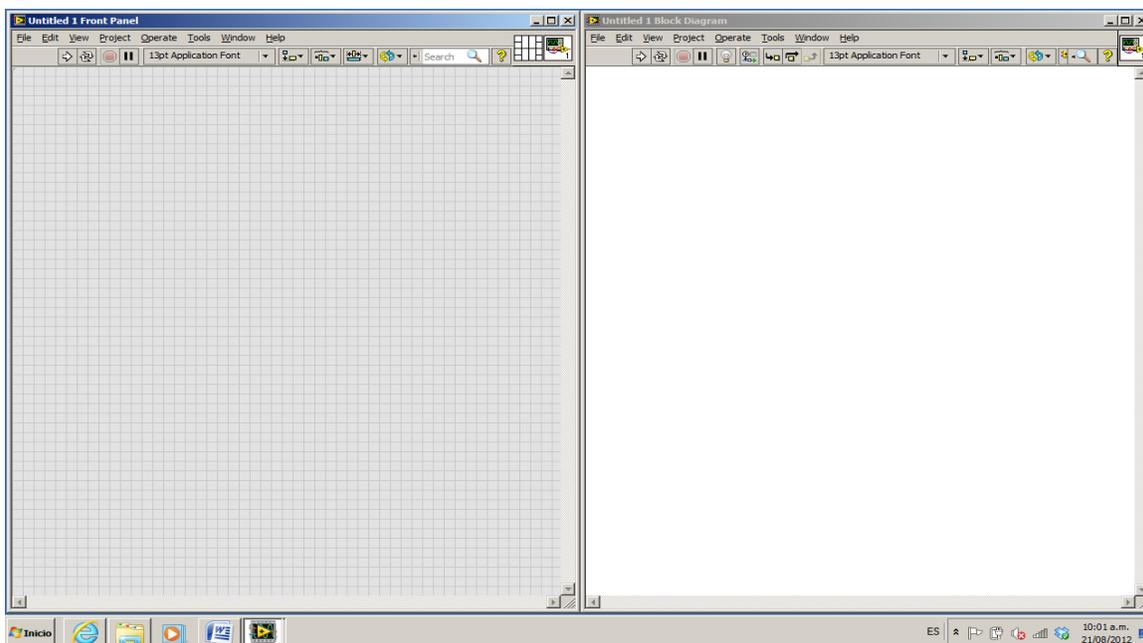


Figura 4.3 Pantallas Principales

4.2.3 ADQUISICION DE DATOS

La adquisición de datos o adquisición de señales, consiste en la toma de muestras de diferentes sistemas (sistema analógico) para generar datos que puedan ser manipulados por una computadora y sistemas electrónicos (sistema digital). Consiste, en tomar un conjunto de señales físicas, en este caso las señales que entregan los sensores, convertirlas en tensiones y digitalizarlas de manera que se puedan procesar en una computadora. Se requiere una etapa de acondicionamiento, que adecua la señal a niveles compatibles con el elemento que hace la transformación a señal digital. El elemento que hace dicha transformación es el módulo de digitalización o tarjeta de Adquisición de Datos (DAQ).

4.2.4 TARJETA DE ADQUISICION DE DATOS NI 6008

Para la implementación de la automatización en el proceso, un elemento muy importante para la comunicación entre sensores, actuadores, computadora (Workstation) y otros elementos, es la tarjeta de adquisición de datos, en este caso fue seleccionada una NI-USB 6008, ya que esta cumple con los requerimientos necesarios, es de un precio accesible y brinda una opción de crecimiento puesto que no es utilizada en su totalidad; entre sus características esta cuenta con:

- Entradas digitales
- Salidas digitales
- Entradas analógicas
- Salidas analógicas
- Fuente de 5V
- Fuente de 2.5V

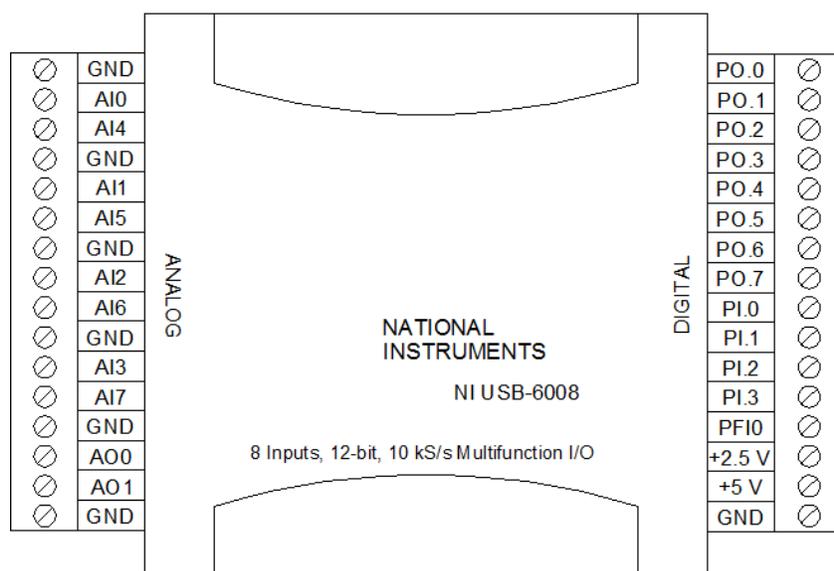


Figura 4.4 NI DAQ-USB 6008

Capítulo 4 Automatización e Instrumentación

4.2.5 OCUPABILIDAD DE LA TARJETA DE ADQUISICION DE DATOS NI 6008

A continuación se muestra la Tabla 4.1 y 4.2 en donde se puede observar el direccionamiento de cada uno de los puertos (analógicos/digitales) de la DAQ.

Tabla 4.1 Ocupabilidad en Entradas/Salidas Analógicas

PUERTO	TIPO	DIRECCIÓN
GND	Común	Común del Sensor de Temperatura Ambiente
AI0	Entrada Analógica	Sensor de Temperatura Ambiente
AI4	Entrada Analógica/Diferencial	LIBRE
GND	Común	Común del Sensor de Humedad
AI1	Entrada Analógica	Sensor de Humedad Ambiente
AI5	Entrada Analógica/Diferencial	LIBRE
GND	Común	Común del Sensor de Temperatura en el Secador
AI2	Entrada Analógica	Sensor de Temperatura del Secador
AI6	Entrada Analógica/Diferencial	LIBRE
GND	Común	Común del Sensor de Humedad del Secador
AI3	Entrada Analógica	Sensor de Humedad del Secador
AI7	Entrada Analógica/Diferencial	LIBRE
GND	Común	Pin 9 del UNL2803A
AO0	Salida Analógica	Pin 1 del UNL2803A
AO1	Salida Analógica	LIBRE
GND	Común	LIBRE

Capítulo 4 Automatización e Instrumentación

Tabla 4.2 Ocupabilidad en Entradas/Salidas Digitales

PUERTO	TIPO	DIRECCIÓN
PO.0	Salida Digital	LIBRE
PO.1	Salida Digital	Base del Tip 41 Relevador de Encendido
PO.2	Salida Digital	Base del Tip 41 Relevador de Emergencia
PO.3	Salida Digital	LIBRE
PO.4	Salida Digital	LIBRE
PO.5	Salida Digital	LIBRE
PO.6	Salida Digital	LIBRE
PO.7	Salida Digital	LIBRE
PI.0	Entrada Digital	LIBRE
PI.1	Entrada Digital	LIBRE
PI.2	Entrada Digital	LIBRE
PI.3	Entrada Digital	LIBRE
PFI0	Counter	LIBRE
+2.5 V DC	Fuente de Alimentación	LIBRE
+5 V DC	Fuente de Alimentación	LIBRE
GND	Común	Común del Circuito de Arranque y Paro del Sistema

4.2.6 IMPLEMENTACION DE ELECTRONICA EN LA HMI

Para poder llevar acabo la adquisición de datos, es necesario implementar una parte electrónica por cada sensor para que estos puedan funcionar y enviar las señales correspondientes. Para la instalación es necesario que estos se encuentren debidamente soldados en una placa fenólica, que no contengan partes de plástico, puesto que las condiciones del secador dañarían dichos elementos y podrían pasar a deteriorar a corto plazo estos dispositivos. A continuación se muestra el cableado de los 4 sensores y sus conexiones a la DAQ.

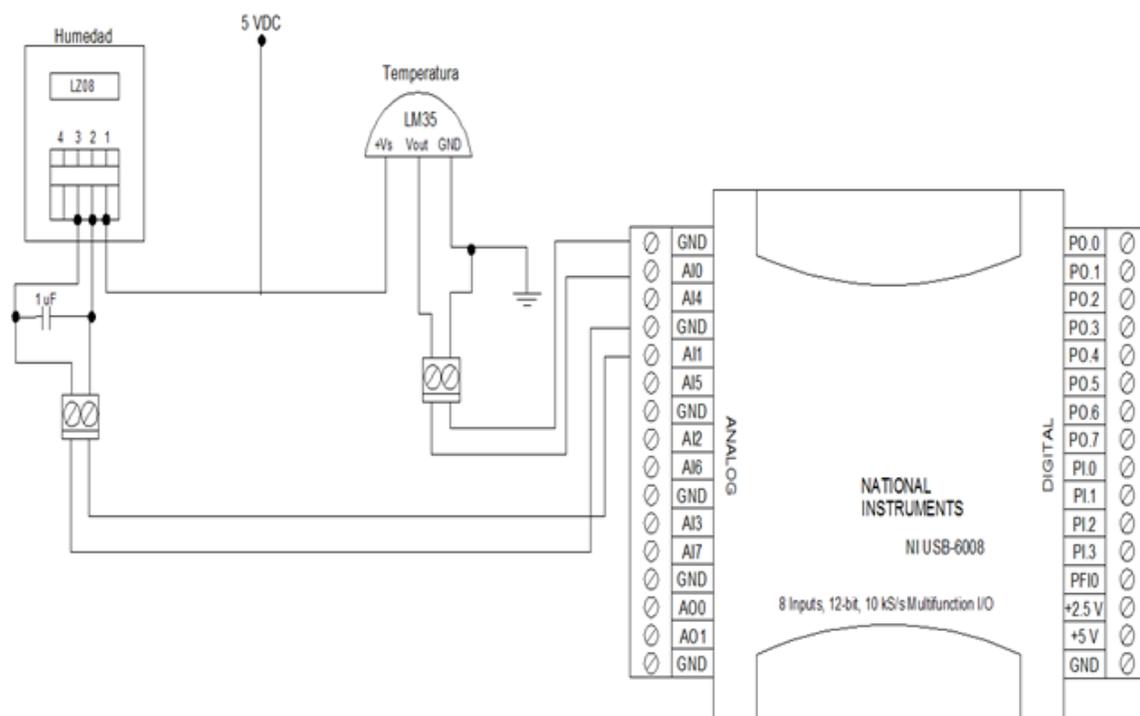


Figura 4.5 Circuito de Sensor de Humedad y Temperatura Ambiente

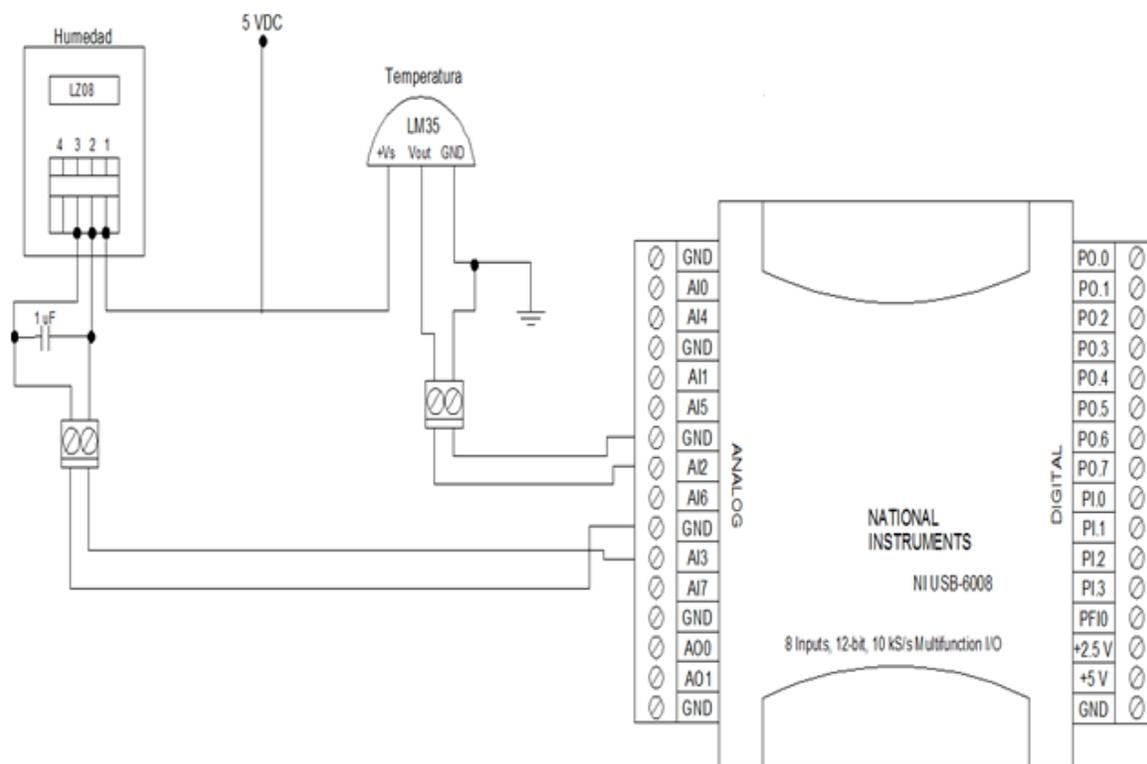


Figura 4.6 Circuito de Sensor de Humedad y Temperatura en el Secador

Para el arranque y paro del proceso de deshidratación de plátano se adecuó una etapa de potencia que permitirá encender y apagar las resistencias, según los rangos de tolerancia y set point configurados en la programación en LabView. Este circuito cuenta con 2 relevadores conectados entre sí uno con su contacto N.A. (Normalmente Abierto) y el otro con su contacto N.C. (Normalmente Cerrado). Esto permite que con un pulsador colocado en la pantalla de la HMI el sistema pueda encender y apagar manualmente, pero este trabaja de acuerdo a los valores de tolerancia y set point antes mencionados, otro pulsador será el encargado de poder parar el sistema en caso de emergencia o en caso de que el otro relevador deje de funcionar. Se cuenta con 2 salidas digitales proporcionadas por la DAQ y de esta manera poder hacer funcionar el circuito creando un flujo de corriente a través de las bases de los transistores (Tip 41), el diagrama eléctrico se muestra en la siguiente figura.

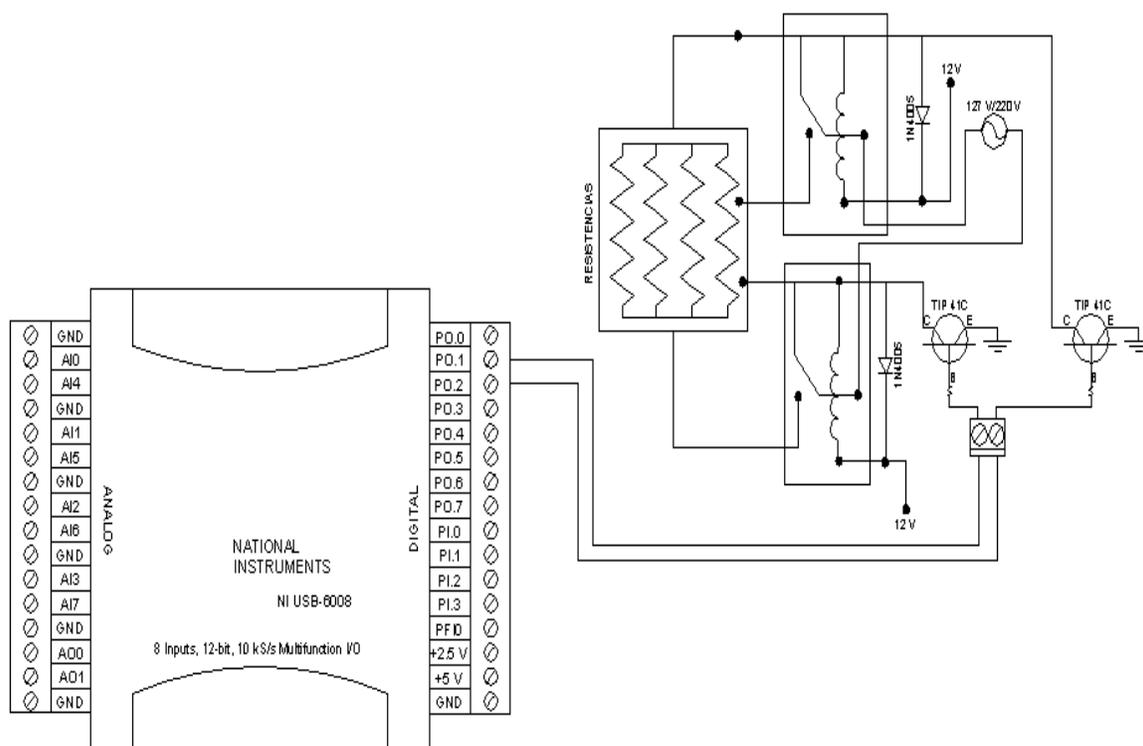


Figura 4.7 Circuito de Arranque y Paro del proceso

En el control de velocidad del ventilador se utilizó una de las 2 salidas analógicas con las que cuenta la DAQ, esta es recibida al primer pin del circuito integrado UNL2803A, este circuito es el encargado de amplificar la corriente, manteniendo la tensión al mismo nivel y llevando la corriente hasta un máximo de 500 mA, puesto que la salida analógica de la DAQ tiene una corriente insuficiente para controlar el movimiento de un motor.

En el pin de salida 1 está conectado una de las terminales del motor y en el último pin se encuentra conectada la alimentación del circuito pudiendo ser de 5–12 V DC según sea el valor que se desee, a este mismo pin es conectado la otra terminal del motor.

Este circuito facilitó la realización de las pruebas a escala del funcionamiento del lazo de control de temperatura y su diagrama de conexión se encuentra representado en la siguiente figura.

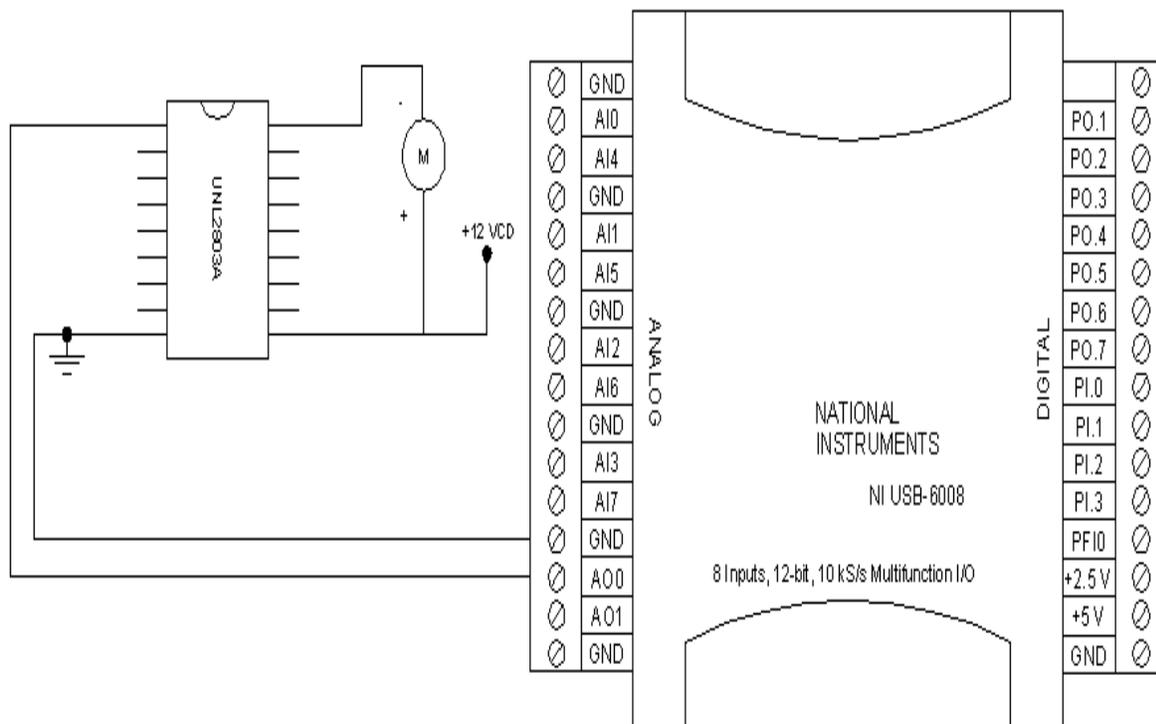


Figura 4.8 Acondicionamiento de la señal resultante del PI

Teniendo comprobado el funcionamiento del lazo de control y con nuestra señal analógica en un rango de 0-5 V, se procede a realizar una conexión hacia un variador de velocidad AB PowerFlex 40, este drive permitirá la realización del mismo lazo de control pero a una mayor escala, puesto que las corrientes de aire y el motor serán mayores debido a las dimensiones del secador mencionadas en el capítulo 2 de este trabajo. Las características del motor a utilizar se encuentran en el *Anexo 5*.

Este variador de velocidad cuenta con una entrada analógica en un rango de 0-10 volts lo que facilita la adecuación de todos los circuitos antes mencionados.

Capítulo 4 Automatización e Instrumentación

El diagrama de conexión se muestra en la siguiente figura.

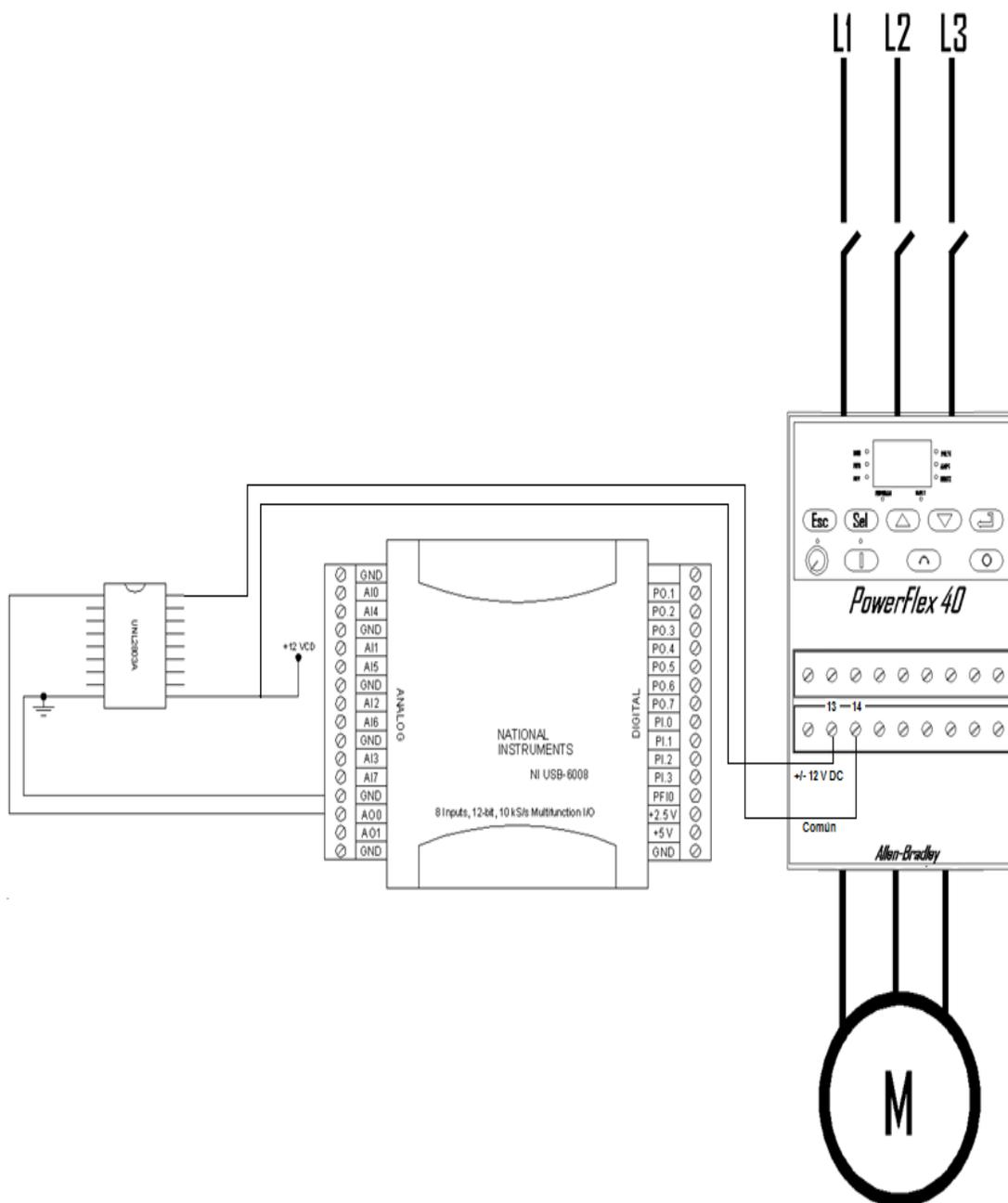


Figura 4.9 Conexión del variador de velocidad PowerFlex 40

4.2.7 DISEÑO Y PROGRAMACIÓN DE LA HMI

Para la elaboración de la HMI se siguieron diferentes pasos para adquirir señales analógicas y trabajar con estas mismas. Mediante operaciones matemáticas simples las señales fueron transformadas en una variable real medible y deseable.

En la generación de señales de igual manera se realizaron ciertas configuraciones con los bloques y se modificaron algunos parámetros dentro de la configuración de LabVIEW. A continuación se describirá paso a paso la realización de la HMI mostrando las configuraciones que se realizaron y los parámetros pertinentes para cada situación.

4.2.7.1 ADQUISICIÓN DE SEÑAL DE LOS SENSORES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD

Para adquirir una señal analógica y mostrar el resultado medido en la pantalla de la PC es necesaria una interfaz, en este caso una DAQ. En la programación a bloques es necesario un bloque de adquisición de datos, en este caso llamado DAQ Assist, este será encontrado en el menú Measurement I/O>NI-DAQmx (Figura 4.10).

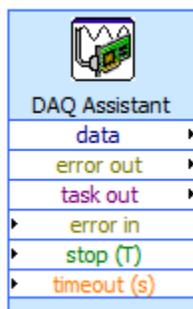


Figura 4.10 DAQ Assist

Una vez que se ha insertado el bloque dentro del programa es necesario llevar acabo una configuración de acuerdo al tipo de señal que necesitemos, ya sea analógica o digital y entrada o salida de estos tipos. Para poder leer los valores de los sensores es necesario configurar este bloque como una entrada analógica. (Figura 4.11).

Capítulo 4 Automatización e Instrumentación

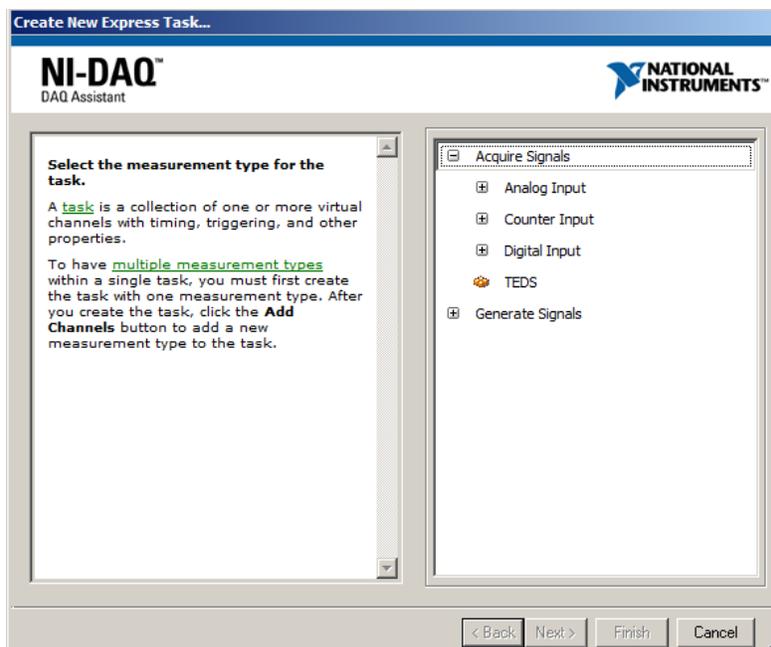


Figura 4.11 Pantalla principal del bloque DAQ Assist

Esta será una entrada analógica de tipo Voltaje, puesto que nuestros sensores de temperatura y Humedad nos entregan 1Volt y 3.3 Volts como máximo respectivamente.



Figura 4.12 Selección de tipo de entrada

Capítulo 4 Automatización e Instrumentación

Con el tipo de entrada seleccionado se procede a configurar los canales de entrada a los cuales irán conectados los 4 sensores, en la *Tabla 4.1* se muestra a que canal corresponde cada sensor. De igual manera se seleccionara los rangos de voltaje admitido para cada canal; en este caso todos fueron configurados en un rango de 0 a 5 Volts para dar un rango amplio de tolerancia y prevenir un mal funcionamiento de la DAQ. En la parte de *Terminal Configuration* será marcada como *RSE* para todos los canales, puesto que nuestra salida de los sensores es de un solo pin, de otra forma seria Diferencial. Por ultimo en la parte de Acquisition Mode se configura para que el programa este leyendo continuamente las señales enviadas por los sensores (1 Sample On Demand).

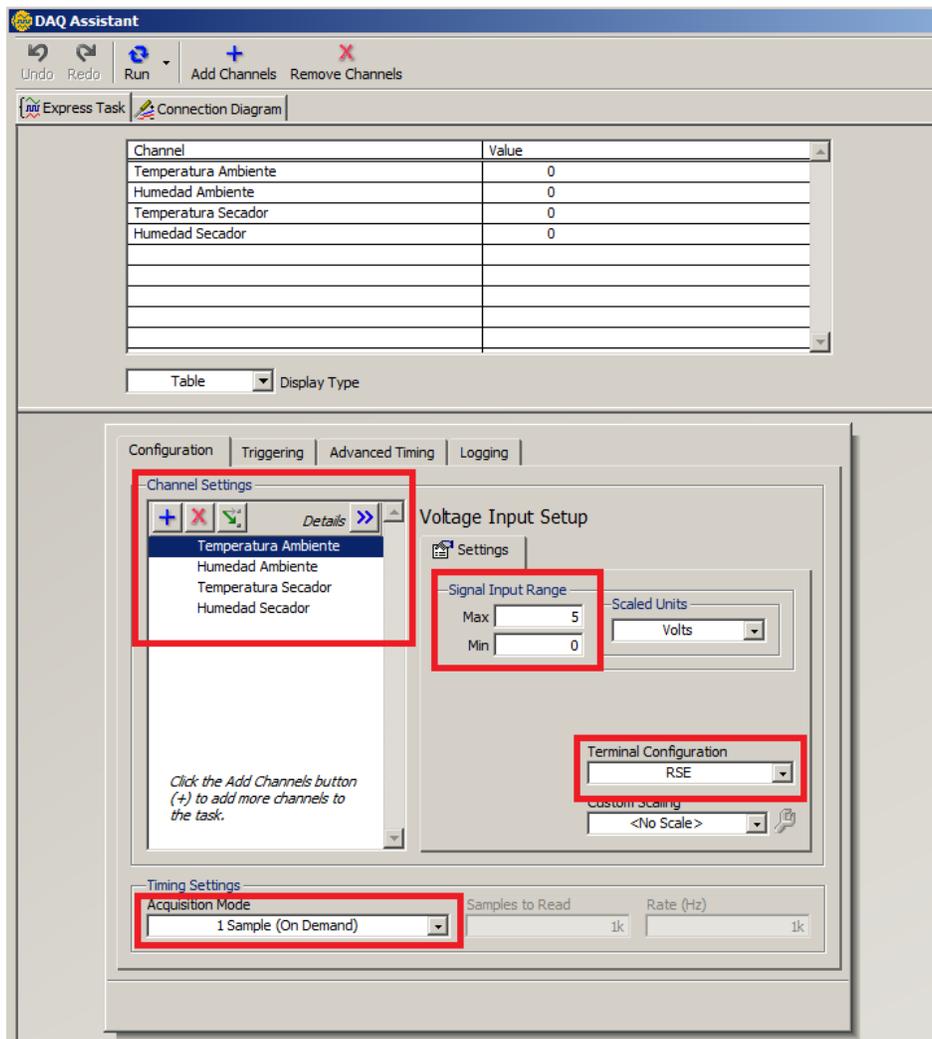


Figura 4.13 Configuración de canales de entrada

Capítulo 4 Automatización e Instrumentación

Con el bloque configurado se procede a realizar el acondicionamiento de las señales para que puedan ser leídas por el usuario de la forma en que él lo desee.

Para los sensores de Temperatura se realizó una multiplicación de la señal por una constante de 100, puesto que este entrega 10mV por cada grado centígrado medido; de esta manera en la pantalla de la HMI estos valores serán visualizados en una escala de 0 a 100° C.

En los sensores de Humedad la señal fue multiplicada por una constante de 100 y a su vez dividida por una constante de 3.3, puesto que el sensor entrega 3.3 Volts por cada 10% de Humedad medida en el ambiente, de esta manera en la pantalla de la HMI estos valores serán visualizados en una escala de 0 a 100%.

Todos los bloques se encontraron trabajando dentro de un ciclo While con un retardo de 100ms para que la señal medida pueda ser visualizada sin presentar perturbaciones y estar en un ciclo continuo de trabajo

El diagrama a bloques y los indicadores se muestran en la figura 4.14 y 4.15, respectivamente.

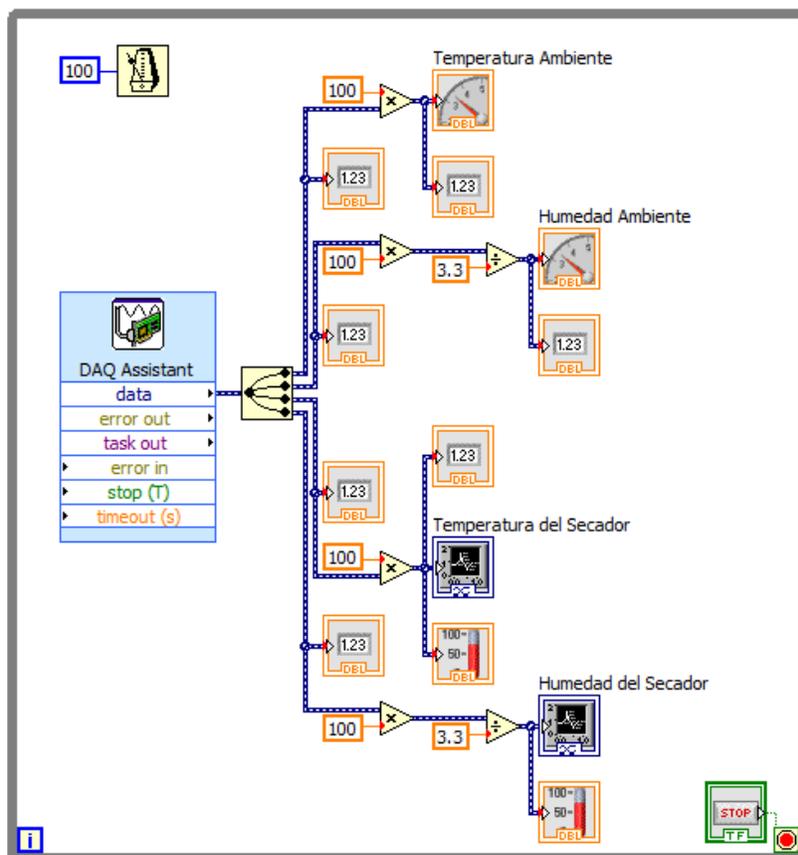


Figura 4.14 Programación de las señales de entrada analógica

Capítulo 4 Automatización e Instrumentación

Como se puede observar en la siguiente figura se cuenta con 2 graficas que estarán mostrando los valores medidos de Temperatura y Humedad dentro del secador, con su respectivo indicador de barra, cada uno de estos con un indicador numérico que muestra la cantidad en volts generados para esa señal. En la parte de los sensores ambiente de humedad y temperatura, se colocaron dos indicadores más sencillos puesto que estos únicamente miden la perturbación que entrara al sistema dependiendo las condiciones ambientales que se encuentren en el momento de la realización del proceso.

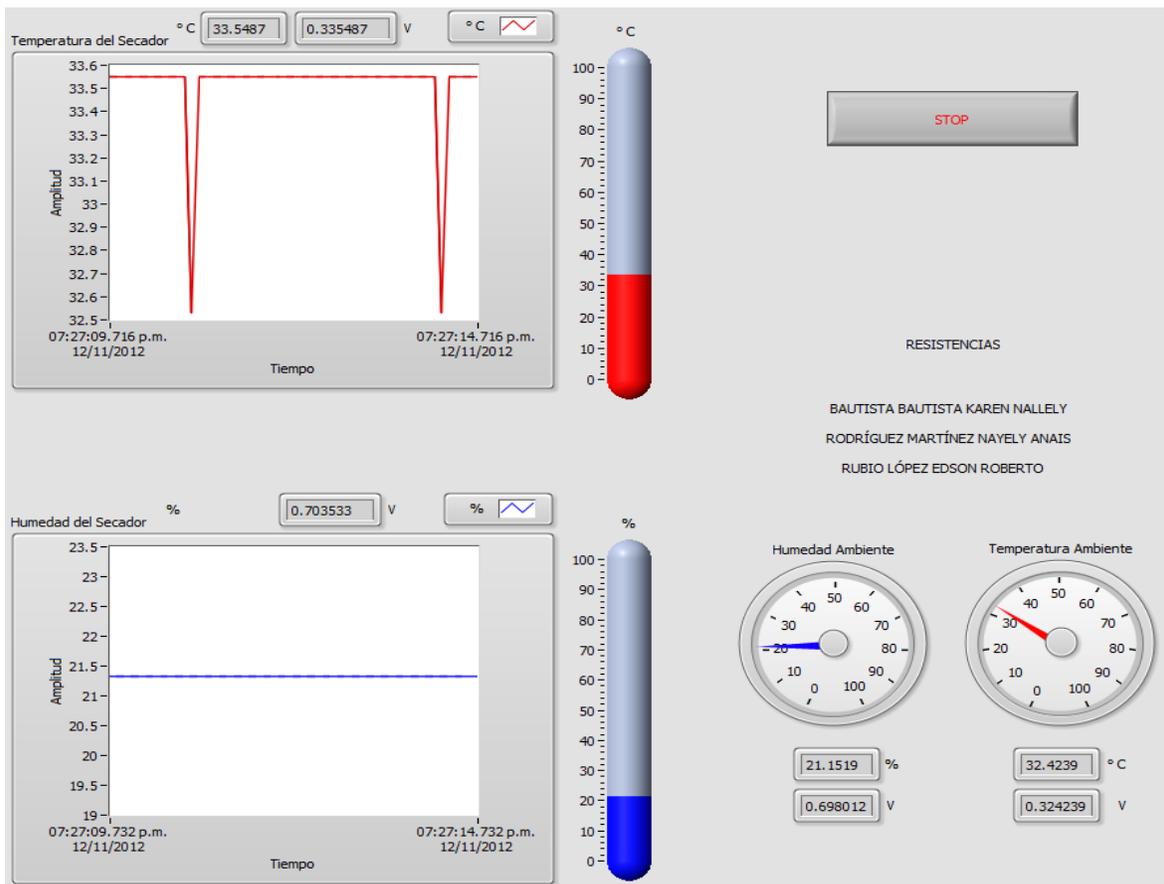


Figura 4.15 Visualización de las señales de entrada

4.2.7.2 CONFIGURACIÓN DE CONDICIONES DE TEMPERATURA

Como se ha venido mencionando el proceso de deshidratación de plátano es muy estricto en cuestiones de temperatura, por ellos fueron colocados indicadores de alta, baja y temperatura óptima con bloques de rango condicional. El bloque de temperatura óptima ira directamente conectado a la señal de temperatura dentro del secador; a este indicador se le agrego un control numérico que manejara una tolerancia de temperatura dentro de la cual se tendrá que mantener durante todo el proceso de secado. En este caso en las pruebas de funcionamiento del lazo de control se realizo con una tolerancia de $\pm 2.5^{\circ}\text{C}$ y $\pm 1.5^{\circ}\text{C}$, cumpliéndose en los tiempos calculados en el capitulo 3. En la siguiente figura se muestra el diagrama a bloques con las condiciones y los indicadores de estas.

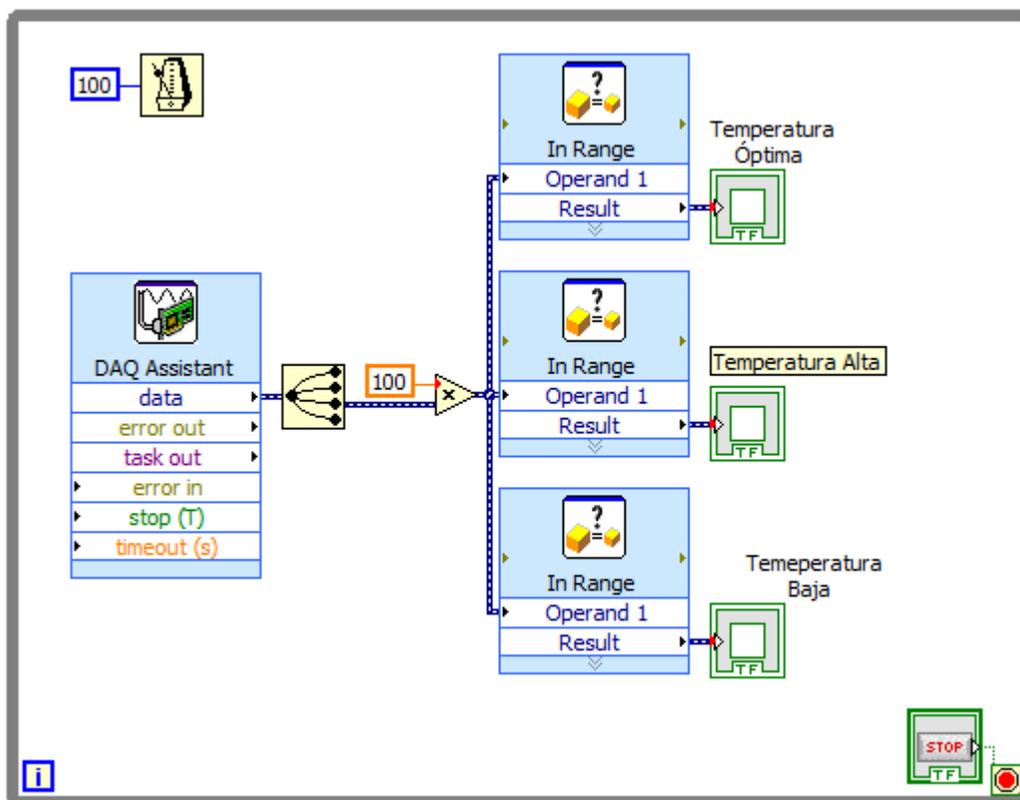


Figura 4.16 Conexión de los Bloques condicionales de Temperatura

Capítulo 4 Automatización e Instrumentación

La configuración de los bloques condicionales nos permite introducir un rango de valores dentro de los cuales este tomara su acción, ya que cuenta con una entrada y una salida de operación, llamados Operand y Result, respectivamente.

En la siguiente figura se puede observar los valores y características con las que cuenta este bloque, en un recuadro color rojo se muestra las condiciones que únicamente son modificadas.

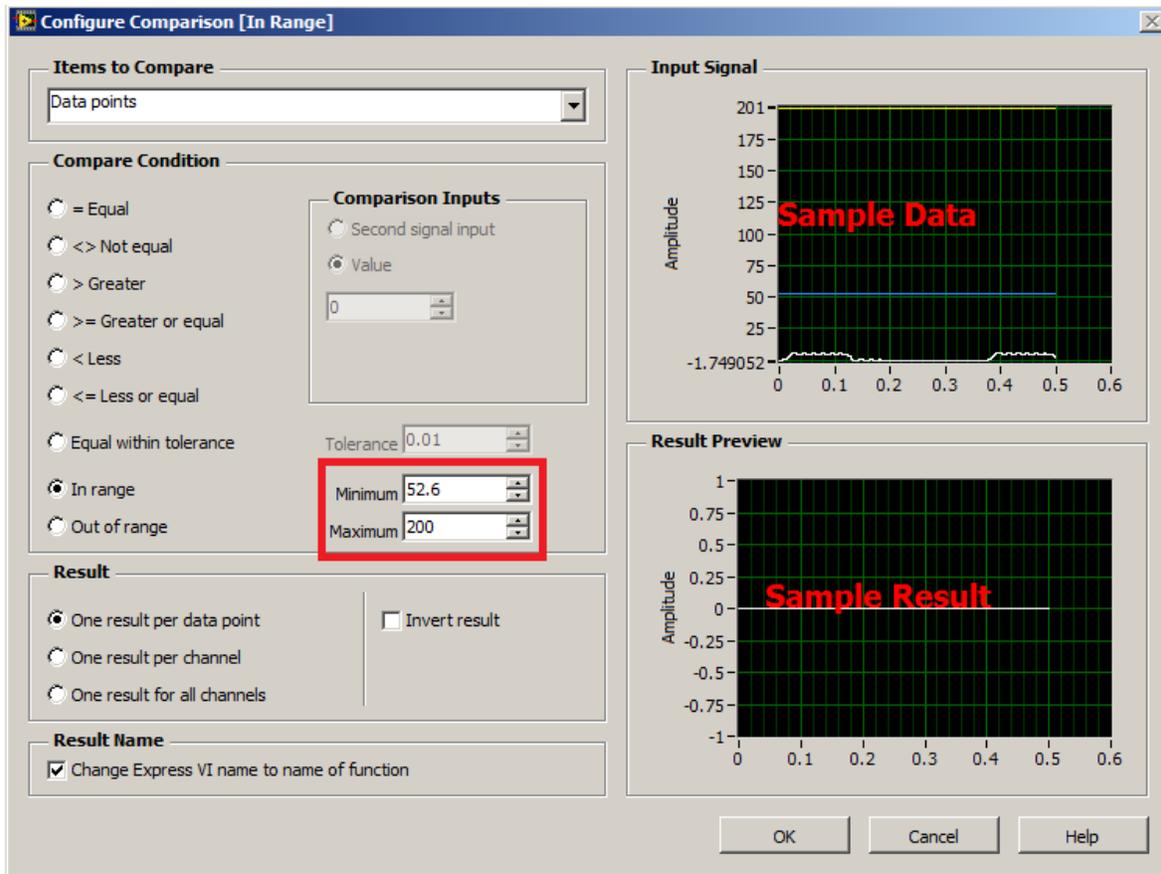


Figura 4.17 Configuración de Bloques condicionales de Temperatura

Capítulo 4 Automatización e Instrumentación

Con estos valores modificados es necesario representar el resultado de cada uno de estos bloques mediante 3 indicadores de tipo LED, que serán encendidos cuando se cumpla alguna de las condiciones, de igual manera en la programación puede ser configurado que se genera una señal digital a través de la DAQ para llevarlo hacia una etapa de potencia y de esta manera poder conectar alarmas o grandes indicadores que se encuentren cerca o sobre el secador, en la siguiente figura se observa la evolución de la pantalla de usuario, con los nuevos controles e indicadores añadidos.

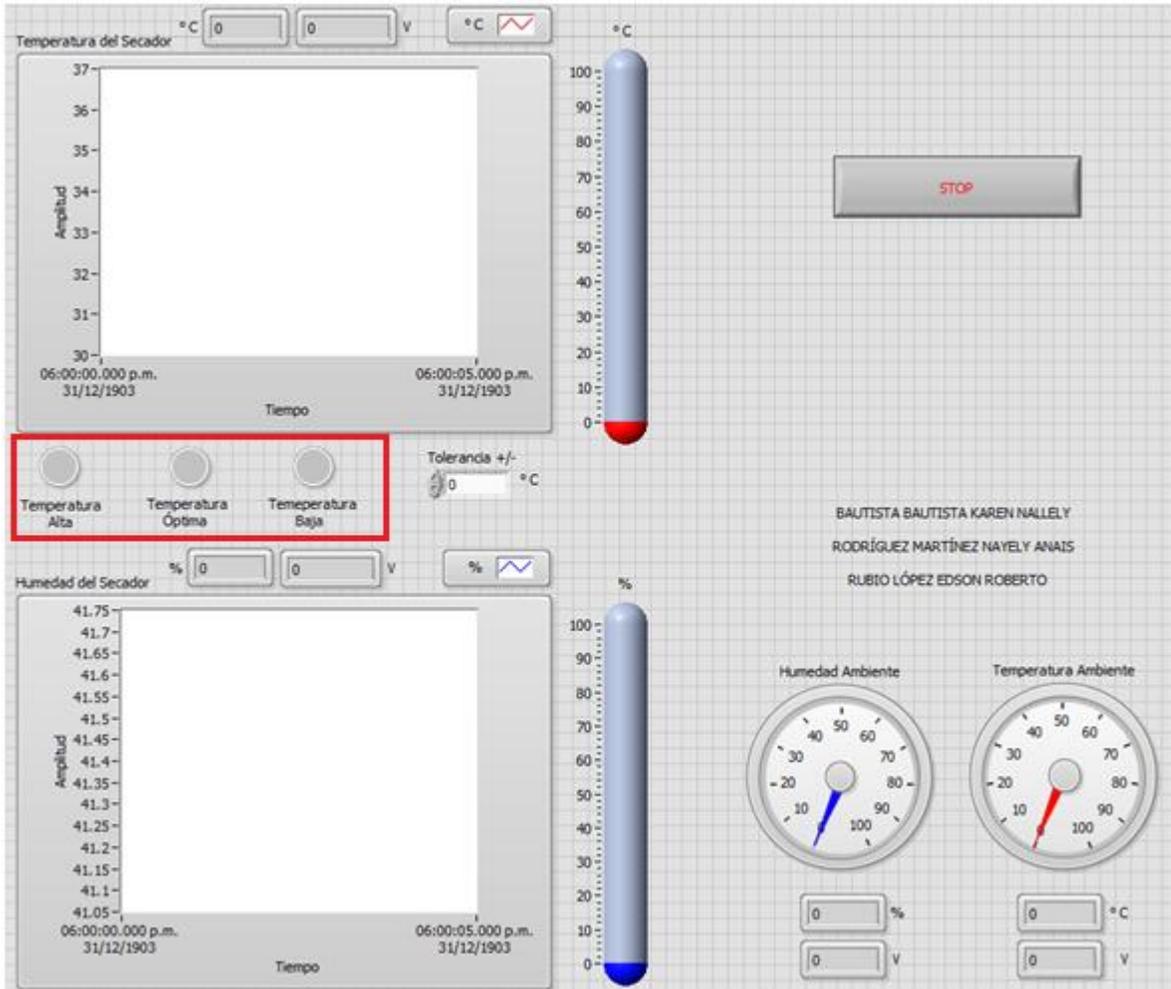


Figura 4.18 Visualización de Alarmas de Temperatura

4.2.7.3 CONFIGURACION DE ENCENDIDO/APAGADO DEL SISTEMA

Para llevar a cabo esta operación es necesario el circuito de la figura 4.7, este permitirá activar y desactivar las resistencias mediante un pulsador en pantalla, como también proporcionará la opción de un paro de emergencia controlado por otro relevador y otro pulsador en pantalla. Cuando el sistema se encuentre en marcha se mantendrá encendido un LED, de igual manera cuando las resistencias se activen o desactiven se contará con un LED en la pantalla. El encendido estará conmutando puesto que este sistema estará conectado directamente con el set point y el rango de tolerancia admitido, de esta manera el controlador mantendrá la temperatura en el rango de tolerancia permitido para el set point determinado y para esto es necesario activar y desactivar las resistencias en determinados instantes de tiempo para poder cumplir con este objetivo.

Todo esto será posible generando dos señales digitales en la DAQ que irán conectadas a las bases de los transistores, el diagrama a bloques y la HMI quedarán como se muestra en las siguientes figuras.

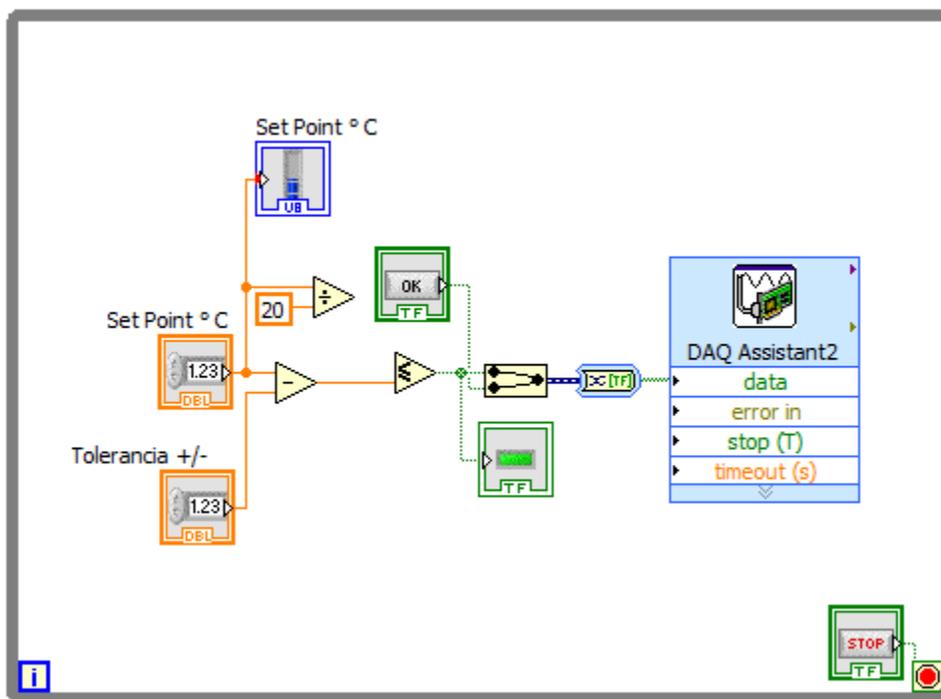


Figura 4.19 Conexión del sistema de arranque/paro del proceso

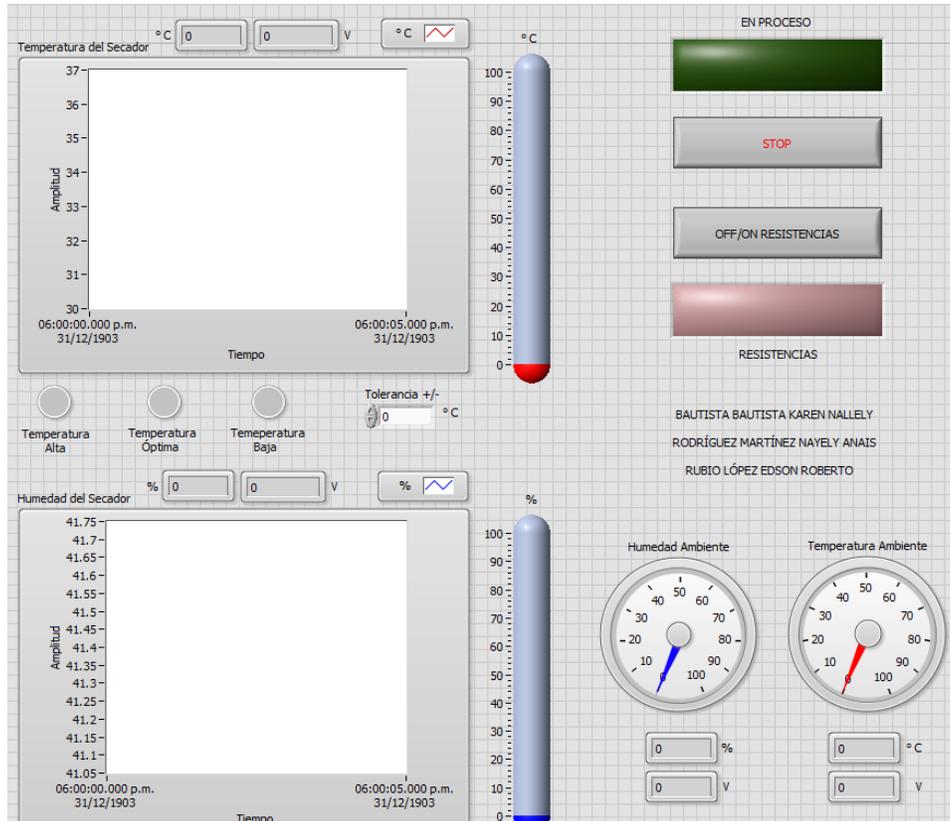


Figura 4.20 Visualización de controles de arranque/paro del proceso

4.2.7.4 SIMULACIÓN DE LA FUNCION DE TRANSFERENCIA DE LA PLANTA

En el capítulo 3 se mencionaron todas las características del sistema y se realizó una simulación en Matlab que permitió calcular que tipo de controlador sería el indicado para este proceso, como también las ganancias necesarias. En esta HMI se anexo una simulación de la grafica de respuesta de la planta por si es necesario hacer un ajuste en las ganancias del controlador. Esto facilitara una acción de control rápida en caso de ser necesaria una modificación en las ganancias, puesto que se encuentra en línea en la misma pantalla.

Para llevar acabo esto se realizo el siguiente diagrama a bloques, que esta representado en la siguiente figura.

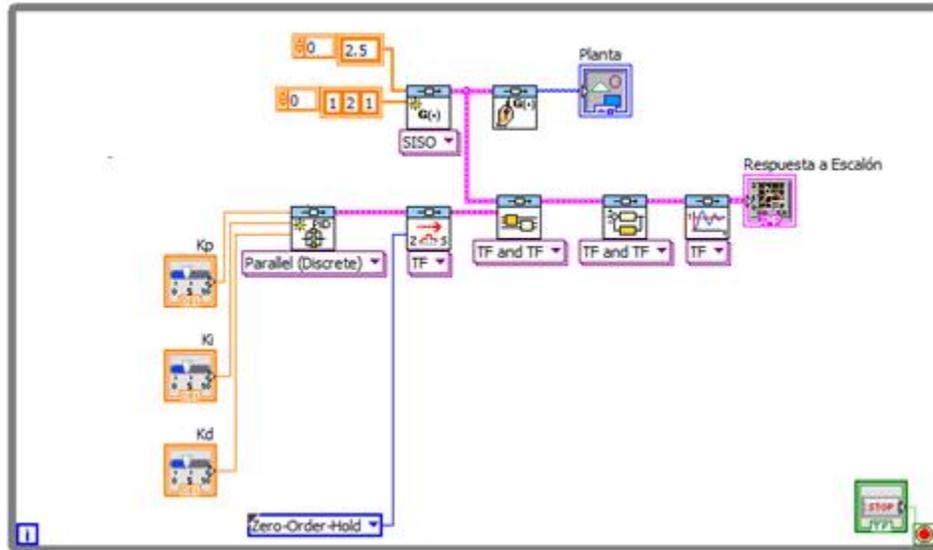


Figura 4.21 Programación de la simulación de respuesta del sistema

En la siguiente figura se muestra la representación en la HMI, esta cuenta con 3 controles, Kp, Ki, y Kd, estos valores serán colocados según la sintonización que se realizó anteriormente y en caso de que se necesite un cambio se introducen para que el sistema sea analizado y dado el resultado se toma la acción de si cambiarlos en el controlador o mantenerlos iguales. Cuenta con varios indicadores entre uno de ellos el mas importante es el que nos muestra cual es la función de transferencia que se esta representando.

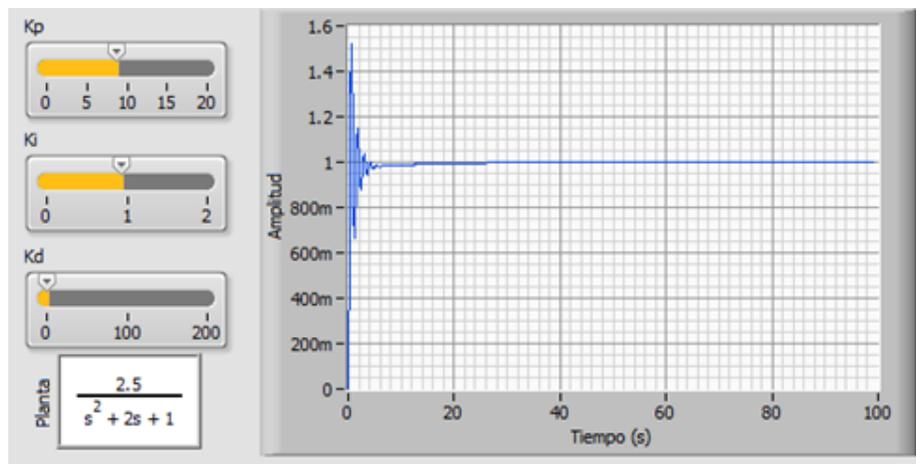


Figura 4.22 Simulación de respuesta del sistema en LabVIEW

Capítulo 4 Automatización e Instrumentación

4.2.7.5 CONFIGURACION DEL CONTROLADOR PROPORCIONAL-INTEGRAL

Como se había calculado anteriormente, el controlador utilizado en este proceso será un Proporcional – Integral (PI), LabVIEW proporciona un sistema que realiza esta acción de control en una salida analógica de la DAQ.

Para llevar a cabo esta acción es necesario introducir en la programación:

- Set Point
- Control de ganancias
- Bloque de PI
- Bloque de DAQ (configurado como salida analógica)
- Retroalimentación (Sensor de Temperatura dentro del secador)
- Grafica de set point y el comportamiento de la variable a controlar
- Grafica de comportamiento del actuador

El Set Point como se ha venido mencionado será el valor deseado de la variable a controlar, en este caso la temperatura óptima dentro del secador será de 50 ° C, +/- Tolerancia, de esta manera queda determinado el Set Point del sistema.

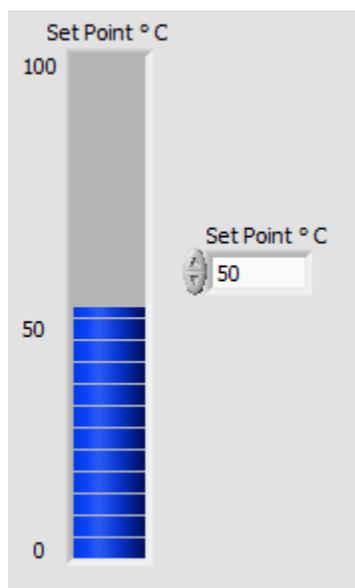


Figura 4.23 Ajuste del Set Point del proceso

Capítulo 4 Automatización e Instrumentación

El control de ganancias nos permitirá estar variando estos valores, sin importar que el programa se encuentre corriendo, las ganancias calculadas son: $K_p= 8.697$, $K_i=0.938$. Como se menciona anteriormente, la simulación de la planta ayudara a obtener la respuesta y así no introducir un valor erróneo y afectar directamente al proceso.

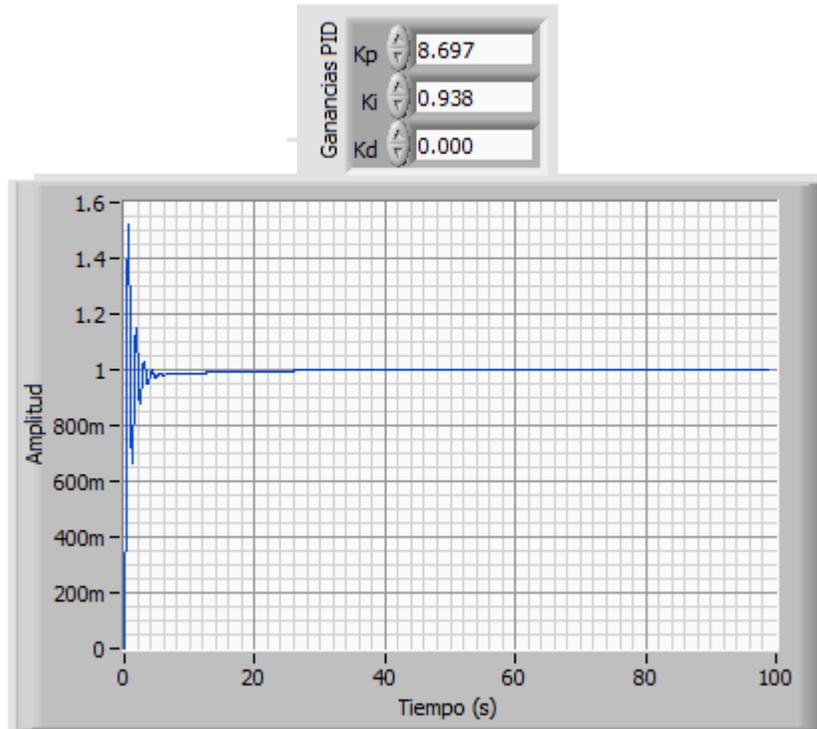


Figura 4.24 Control de Ganancias y respuesta del sistema

El bloque de PI ya viene determinado por LabVIEW este tiene varias entradas que son:

- Señal de proceso
- Control de ganancias
- Set point.
- Salida

Capítulo 4 Automatización e Instrumentación

La configuración del bloque PI en el diagrama a bloques se muestra en la siguiente figura.

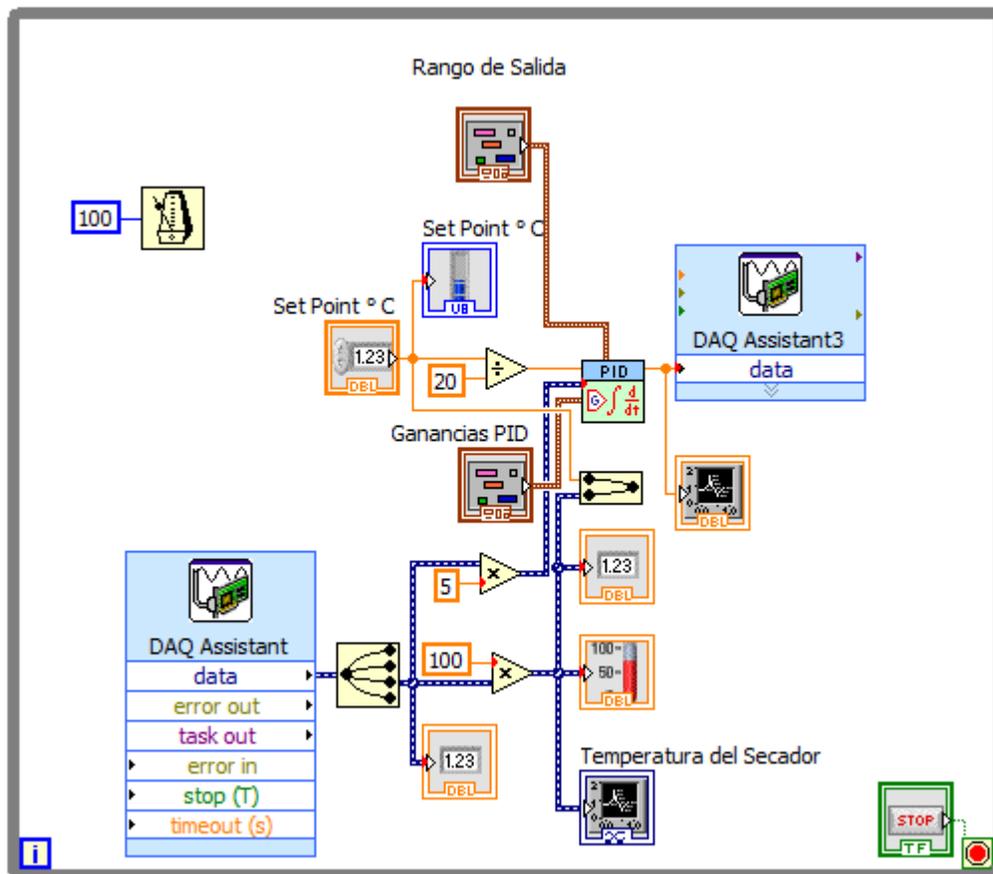


Figura 4.26 Configuración del PI en LabVIEW

Para poder generar la salida del PI será necesaria la configuración de un bloque de la DAQ; en este caso será en configuración tipo salida analógica, con un rango de 0 a 5 Volts que ira conectado a una etapa de amplificación debido a que la corriente generada por la DAQ es muy pequeña para proporcionarle movimiento al motor en ese rango de operación.

Todos los elementos antes mencionados conforman la HMI del proceso de deshidratación de plátano, quedando esta de la siguiente manera.

Capítulo 4 Automatización e Instrumentación

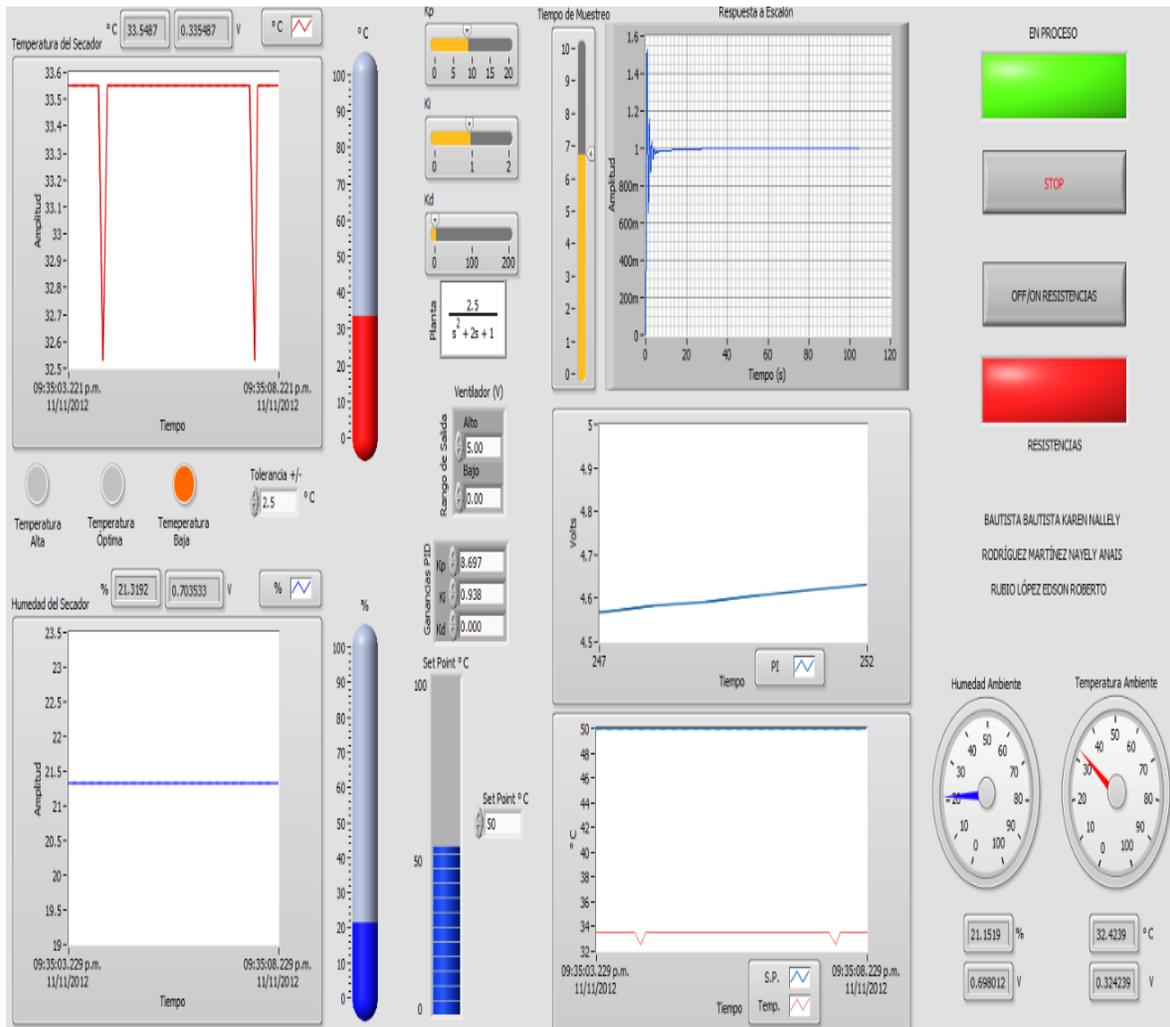


Figura 4.27 HMI del proceso de deshidratación de plátano

4.3 DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACIÓN DE LA CAMARA DE SECADO

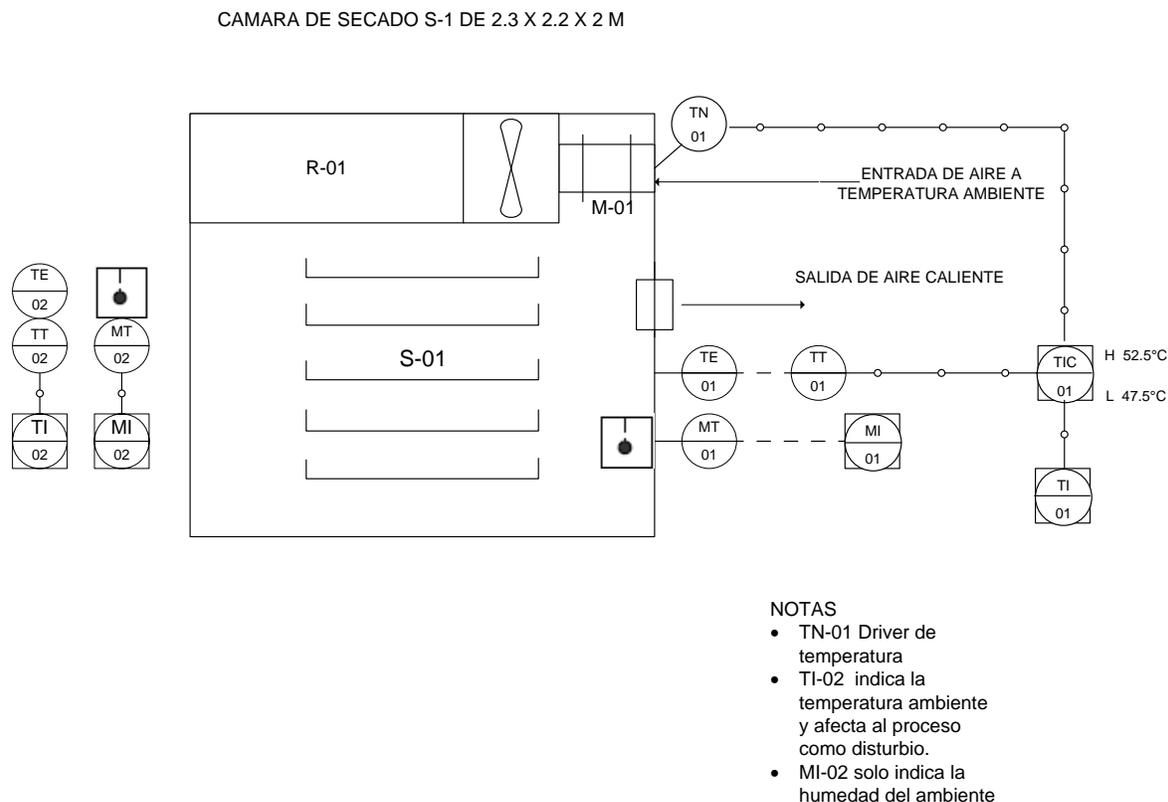


Figura 4.28 DTI de la cámara de secado

4.3.1 INSTRUMENTACIÓN

Sensor de Humedad HMZ-433A1 (MT-01, MT-02)

Estos sensores de humedad se eligieron por ser económicos, por tener un amplio rango de operación, fácil instalación y monitorización.

Sensor de Temperatura LM35 (TE-01, TE-02)

Se eligieron estos sensores ya que la temperatura media no deberá exceder de los 60°C como máximo, otros elementos de medición de temperatura tales como los termopares están diseñados para estar sensando temperaturas mucho más altas, dado esto no fueron seleccionados ya que serían demasiado para este proceso.

Workstation (TIC-01)

Se implementara una Workstation ya que están diseñadas para trabajo duro ya que estará conectada las 24 horas, además que el software de monitorización y control LabVIEW exige demasiados recursos y una computadora de trabajo normal se vería afectada conforme el tiempo a este tipo de trabajo.

Tarjeta de Adquisición de Datos DAQ NI-6008(TT-01)

Se utiliza la DAQ NI-6008 por ser económica y además de que se ajusta a las necesidades para realizar el control de la cámara de secado además de trabajar con LabVIEW y contar con entradas tanto analógicas como digitales y salidas analógicas y digitales.

Variador de Velocidad Power Flex 4, 1/4 hp (TN-01)

Debido a las dimensiones de la cámara de secado será necesario la utilización de un motor relativamente grande (ver anexo 5), para esto la salida del PI viene dado de 0-12 V, esta salida será enviada al variador de velocidad que permitirá ajustar la variable manipulada al valor deseado, este drive permitirá realizar las variaciones de velocidad de una manera óptima y con opción a modificaciones en los parámetros de este mismo.

LabVIEW 2011 (TI-01, MI-2, TI-02, MI-02)

LabVIEW es un programa grafico que ayudara a realizar el monitoreo de las variables, fue seleccionado ya que es muy didáctico, tiene diversidad de aplicaciones y comunicaciones con gran variedad de dispositivos electrónicos mediante las interfaces que National Instruments proporciona.

4.3.2 FILOSOFIA DE OPERACIÓN DEL SECADOR

Este proceso se iniciara cuando el aire a temperatura ambiente es impulsado mediante el ventilador axial (M-01) de la cámara de secado S-1.

El aire impulsado pasara por unas resistencias aletadas R-01 las cuales calentaran el aire a una temperatura de 50°C, para esto se hará el control de la temperatura, el sensor de temperatura TE-01 estará captando la temperatura dentro del secador mandando una señal eléctrica de 0 a 1 V a la tarjeta de adquisición de datos TT-01, este a su vez mandara la señal eléctrica al indicador de temperatura TI-01 que estará en una Workstation para estar monitoreando y controlando la temperatura por medio del controlador TIC-01 quien recibirá el valor que detecto el sensor TE-01, para estar comparándola con el set –point de la

Capítulo 4 Automatización e Instrumentación

temperatura optima del secador para así mantenerlo dentro de los parámetros establecidos, esto se logrará por medio de un algoritmo PI, la salida de este ira a un variador de velocidad TN-01 el cual le reducirá o aumentara la velocidad al motor que del ventilador M-01 que corregirá el flujo de aire dependiendo de la velocidad que el controlador PI indique, en dado caso que el aire caliente este por debajo de los 47.5°C (debido a alguna falla) se activa la alarma por baja temperatura TAL-01 y por el contrario si la temperatura rebasa los 52.5°C se activa la alarma por alta temperatura TAH-01.

El sensor de humedad MT-01 estará capturando la humedad dentro de la cámara, le mandara una señal a la tarjeta TT-01 quien después le mandara la señal al indicador de humedad MI-01 ubicado en una Workstation el cual solo estará monitoreando la humedad dentro del secador. El proceso de secado dura aproximadamente 4 horas, una vez llegando ese tiempo el aire caliente que pueda haber dentro de la cámara del secador será expulsado mediante un extractor ya que podría causar daño físico al operador al retirar el producto, el plátano es retirado del secador para introducir nuevo plátano.

Los sensores de temperatura TI-02 y humedad MI-02 fungirán como medidores de la perturbación que entrara a la cámara de secado dependiendo de las condiciones ambientales en las que se encuentre el proceso.

4.4 Maqueta

Para poder comprobar los resultados obtenidos en la estrategia de control que se seleccionó y observar los cambios en la HMI que se creó, se construyó una maqueta para simular como iba a actuar el secador en el proyecto real.

Se utilizó una secadora de cabello, se decidió que fuera de este tipo ya que para el proyecto real se requiere de un secador que utilice resistencias para calentar el aire y las secadoras para el cabello funcionan de esa manera.

Los demás materiales y sus respectivos arreglos electrónicos se mencionan en el punto 4.2.6 IMPLEMENTACION DE ELECTRONICA EN LA HMI, de este mismo capítulo.

En general, la maqueta se distribuyó de la siguiente manera:



Figura 4.29 Disposición General de la Maqueta

También se utilizaron dos arreglos de sensores de temperatura y humedad, uno para el monitoreo y medición de la temperatura y humedad ambiente, el segundo arreglo se utilizó para el monitoreo y medición de la temperatura y humedad dentro del secador.

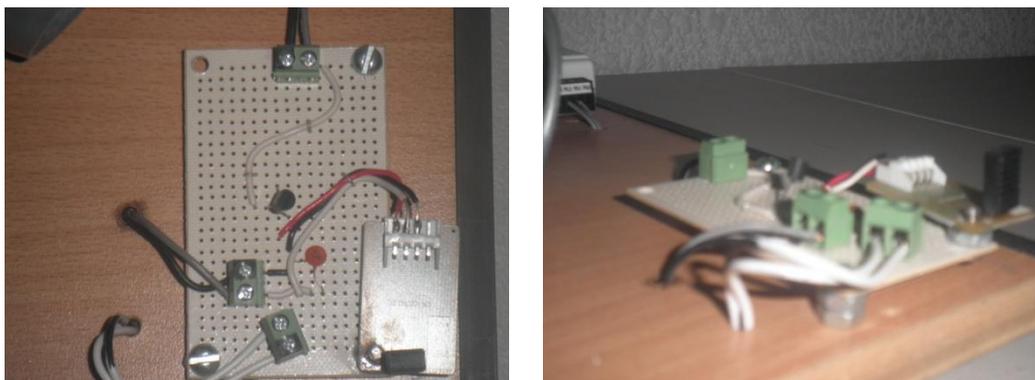


Figura 4.30 Arreglos de Sensores de Humedad y Temperatura

Para el arranque y paro del proceso de secado de plátano se utilizó una etapa de potencia en el cual se utilizaron un par de relevadores conectados entre si para ser manipulados mediante un pulsador ubicado en la pantalla de la HMI, trabajando con los valores de tolerancia y set point mencionados con anterioridad, otro pulsador dentro de la pantalla de la HMI será el encargado de realizar la función de paro por emergencia.

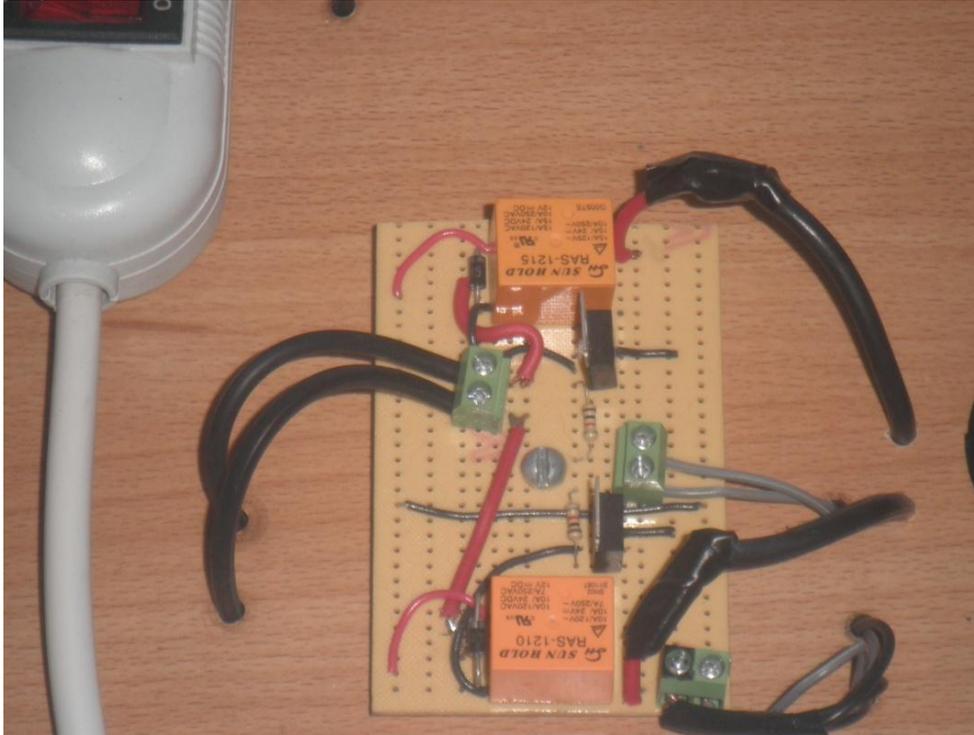


Figura 4.31 Circuito para el Arranque y Paro del Proceso

Para realizar el control de la velocidad del motor del ventilador se utilizó un circuito integrado UNL2803A, el cual se encarga de amplificar la corriente a un máximo de 500mA, manteniendo la tensión al mismo nivel y permitiendo controlar la velocidad del motor para así realizar las pruebas a escala del funcionamiento del lazo de control de temperatura.

CONCLUSIONES

Para llevar a cabo el control y automatización de este proceso es necesario contar con todos los elementos antes descritos, para poder comprobar el funcionamiento tanto del lazo de control y la automatización, en este caso con el modelo realizado se observó el funcionamiento del lazo de control y así poder comprobar los valores obtenidos en el capítulo 3, el variador de velocidad y el motor quedan como propuesta en este momento puesto que no se tiene el presupuesto para llevar a cabo este proyecto. Con las pruebas realizadas se determina que el lazo de control es viable para este proceso puesto que no cuenta con grandes perturbaciones y pasado el tiempo de oscilación alcanza su estabilidad y la mantiene hasta que finaliza el proceso.

En el caso de llevar a cabo la instalación en un secador real las modificaciones que se deberán hacer son mínimas puesto que lo único que cambia es la distancia que recorre el aire para llegar al centro de la cámara de secado.

Capítulo 4 Automatización e Instrumentación

En cuestión de instrumentación todos los sensores utilizados se considera que son de gran utilidad y practicidad, dado que los rangos de operación que ofrecen se adecuan perfectamente a las necesidades del proceso a un precio accesible, fácil instalación y monitorización sencilla, es decir, no se requiere una calibración previa.

CAPITULO 5
COSTO DE LA PROPUESTA Y
ANALISIS FINANCIERO

Capítulo 5 Costo de la propuesta y Análisis financiero

5.1 Análisis de Viabilidad

El análisis de viabilidad es importante ya que en él se justifica el precio, desempeño y aplicación.

El propuesta del control de la cámara de secado para hacer harina de plátano es muy viable debido a que en México gran cantidad del plátano que no se utiliza para comercializar ya sea porque no cumple con los requisitos es desperdiciado, este plátano bien podría ser aprovechado una vez que es deshidratado, como harina de plátano entre otras cosas.

Otro aspecto importante para su viabilidad es que a diferencia de los métodos de secado artesanal para harina de plátano es mucho más eficiente, es más limpio ya que no se expone a la intemperie, además no se tiene que estar volteando la materia prima para su adecuado secado.

También con la implementación del control en la cámara de secado hace que la producción sea más rápida y se incremente.

5.2 Avances y estrategias del proyecto

Se hace necesario esquematizar la información para ajustar las previsiones y las tareas a realizar en el proyecto, para tener una visualización de las fases generales del mismo

Tabla 5.1 Presentación de manera sintética de la información

Concepto	Ingeniería conceptual	Ingeniería de detalle	Situación actual
Costo	Costo de desarrollo de la idea desde su concepción hasta su diseño.	Su cuenta con los costos de materiales y de trabajo de ingeniería	Se desarrollaría totalmente después de la aprobación del proyecto
Duración	10 meses	Se determinaría en función de las facilidades otorgadas por el interesado	Se desarrollaría totalmente después de la aprobación del proyecto

Capítulo 5 Costo de la propuesta y Análisis financiero

Contenido	<ul style="list-style-type: none"> • Diagrama de proceso 	<ul style="list-style-type: none"> • Diagrama de equipos • Diagrama de instrumentación • Especificaciones técnicas 	Se desarrollaría totalmente después de la aprobación del proyecto
Complejidad	++	+++	Se tiene un desarrollo parcial ya con un alto nivel de complejidad en espera de aprobación para pasar a la fase de ingeniería de detalle.
Flexibilidad	Alta	Baja	Los tiempos del proyecto están en función del apoyo otorgado para su realización

5.3 Costos de la propuesta

Se hace necesario hacer una estimación de los costos de los materiales que se van a utilizar para la instrumentación del proyecto. En el entendido que de un tiempo a otro dichos costos se modifican generalmente, sin embargo en cada uno de ellos la estimación se ha hecho con una holgura del 15%.

Capítulo 5 Costo de la propuesta y Análisis financiero

Tabla 5.2 Costos de materiales

Descripción	Modelo	Fabricante	Costo unitario	Cantidad	Costo total
Tarjeta de adquisición de datos	DAQ NI-6008	National Instrument	\$2500.00	1	\$2500.00
Relevadores	2 polos un tiro	Steren	\$20.00	2	\$40.00
Transistores	TIP 41	MOSPEC Semiconductor	\$8.00	2	\$16.00
Diodos	1N4005	PHILIPS	\$4.00	2	\$8.00
Placas fenólicas	MOD 400	Steren	\$15.00	2	\$30.00
Variador de velocidad	Power Flex 4, 1/4 hp	Rockwell Automation	\$4000.00	1	\$4000.00
Sensor de Humedad	HMZ-433A1	RFE International	\$140.00	2	\$280.00
Sensor de temperatura	LM35	National semiconductor	\$35.00	2	\$70.00
Software LabVIEW	2011	National Instrument	\$41,565.00	1	\$41,565.00
Workstation	Z220	HP	\$22,711.00	1	\$22,711.00
Cámara de secado	RXH-27-C	LC	\$118,559.04	1	\$118,559.04
			TOTAL	17	\$254,405.04

Gastos de ingeniería conceptuales: \$ 76, 000.00

Costo total de la fase conceptual del proyecto: $76,000.00 + 254,405.04 =$
\$330,405.04

Capítulo 5 Costo de la propuesta y Análisis financiero

5.3.1 Costos de cada actividad (no se incluyen los materiales)

Además de los materiales que se utilizan es necesario contar con el factor humano de la ingeniería en sus fases de acción, estas actividades profesionales es necesario considerarlas dentro del costo total del proyecto, debido a que es una propuesta hecha por ingenieros que desarrollan sus servicios profesionales fuera del ámbito de la empresa interesada.

Tabla 5.3 Costo por actividad

No.	Actividad	Costo en pesos
1	Conceptualización de la idea	5 000
2	Esquemmatización del proyecto	2 000
3	Planteamiento del problema	2 000
4	Formulación de posibles soluciones	2 000
5	Fiabilidad de las soluciones	3000
6	Selección de la solución adecuada	2 000
7	Planteamiento del modelo solución en el sistema	12 000
8	Planteamiento de elementos del sistema de control (sensor, transmisor, controlador y elemento final de control)	6 000
9	Simulación de parámetros ideales del sistema	10 000
10	Propuesta del sistema de control en una tarjeta de adquisición	6 000
11	Desarrollo del trabajo escrito	10 000
12	Simulación del control del sistema con los parámetros ideales	*
13	Desarrollo de la interface de	*

Capítulo 5 Costo de la propuesta y Análisis financiero

	monitoreo en labView	
14	Realización de DTI	*
15	Desarrollo del control en la cámara de secado	*
16	Pruebas del sistema en la cámara de secado	*
17	Puesta y marcha con parámetros reales en la cámara de secado	*
18	Entrega del proyecto	*

*Como se ha señalado con anterioridad, los cálculos restantes se harán cuando se apruebe el proyecto.

En esta parte se presenta las horas hombre necesarias para la terminación del proyecto, destacando los días hábiles y las actividades por las cuales se va a cobrar.

Tabla 5.4 Costo hora hombre del proyecto

Actividad	Personal	Tiempo en hrs	Duración	Total
Ingeniería básica	3	8	600	\$14,400
Ingeniería de detalle	3	20	600	\$36,000
			Total	\$50,400

Costo total del proyecto: $\$330,405.04 + \$50,400 = \$380,805.04$

5.4 Formato de planeación del proyecto

El objetivo de la planeación del proyecto es mostrar el tiempo de dedicación para la cada una de las actividades mediante un calendario de actividades y el diagrama de Gantt.

5.4.1 Calendario de actividades del proyecto

Es necesario en una propuesta de fechas de inicio y terminación de las actividades por que la realización de un proyecto esto implica compromisos en el

Capítulo 5 Costo de la propuesta y Análisis financiero

tiempo con éste. Esto bajo la condición de que las fechas de inicio y terminación pueden variar aunque siempre hay que considerar las relaciones costo/tiempo como se ve en la Tabla 5.5.

Tabla 5.5 Calendario de actividades

No.	Actividad	Fecha de inicio	Fecha de terminación	Duración
1	Conceptualización de la idea	06- Febrero-2012	27-Febrero-2012	16
2	Esquematización del proyecto	28-Febrero-2012	19-Marzo-2012	15
3	Planteamiento del problema	20-Marzo-2012	08-Abril-2012	15
4	Formulación de posibles soluciones	09-Abril-2012	16-Abril-2012	6
5	Fiabilidad de las soluciones	17-Abril-2012	24-Abril-2012	6
6	Selección de la solución adecuada	25-Abril-2012	07-Mayo-2012	9
7	Planteamiento del modelo solución en el sistema	08-Mayo-2012	22-Mayo-2012	11
8	Planteamiento de elementos del sistema de control (sensor, transmisor, controlador y elemento final de control)	23-Mayo-2012	15-Junio-2012	18
9	Simulación de parámetros ideales del sistema	16-Junio-2012	05-Agosto-2012	37
10	Propuesta del sistema de control en una tarjeta de adquisición	06-Agosto-2012	19-Agosto-2012	11
11	Desarrollo del trabajo escrito	20-Marzo-2012	15-October-2012	150
12	Simulación del control del sistema con los parámetros ideales	*	*	10

Capítulo 5 Costo de la propuesta y Análisis financiero

13	Desarrollo de la interface de monitoreo en labView	*	*	20
14	Realización de DTI	*	*	10
15	Desarrollo del control en la cámara de secado	*	*	25
16	Pruebas del sistema en la cámara de secado	*	*	15
17	Puesta y marcha con parámetros reales en la cámara de secado	*	*	20
18	Entrega del proyecto	*	*	10

* Las fechas se determinaran a partir de la aprobación del proyecto, sin embargo se hace un estimación de las duraciones respectivas.

5.4.2 Previsiones de evaluación del proyecto

Las metas y objetivos del proyecto deben cumplirse en tiempo y forma. Se hace necesario por lo tanto elaborar juicios de valor cerca del nivel de cumplimiento de las metas y objetivos; y así de esta manera tomar las medidas de ajuste en su caso para terminar el proyecto dentro de las fechas comprometidas

Tabla 5.6 Evaluación del proyecto

No.	Actividad	Peso en %	Porcentaje alcanzado al corte de evaluación
1	Conceptualización de la idea	5%	Terminada
2	Esquemmatización del proyecto	2%	Terminada
3	Planteamiento del problema	2%	Terminada
4	Formulación de posibles soluciones	2%	Terminada
5	Fiabilidad de las soluciones	2%	Terminada
6	Selección de la solución adecuada	2%	Terminada

Capítulo 5 Costo de la propuesta y Análisis financiero

7	Planteamiento del modelo solución en el sistema	3%	Terminada
8	Planteamiento de elementos del sistema de control (sensor, transmisor, controlador y elemento final de control)	6%	Terminada
9	Simulación de parámetros ideales del sistema	4%	Terminada
10	Propuesta del sistema de control en una tarjeta de adquisición	6%	Terminada
11	Desarrollo del trabajo escrito	6%	Terminada
12	Simulación del control del sistema con los parámetros ideales	6%	*
13	Desarrollo de la interface de monitoreo en labView	6%	*
14	Realización de DTI	5%	*
15	Desarrollo del control en la cámara de secado	11%	*
16	Pruebas del sistema en la cámara de secado	10%	*
17	Puesta y marcha con parámetros reales en la cámara de secado	10%	*
18	Entrega del proyecto	12%	*
		100%	*

*Las actividades restantes, se calcularan cuando se apruebe el proyecto

5.5 Depreciación

Es una reducción anual del valor de una propiedad, planta o equipo. Esta depreciación puede derivarse de tres razones principales: el desgaste debido al uso, el paso del tiempo y la obsolescencia.

5.5.1 Cálculo de la depreciación

El costo total del presente proyecto, como ya se observó anteriormente, es de \$380,805.04. La cámara que se propone, tiene una vida útil estimada de 10 años al cabo de los cuales se estima que al final de los cinco años de trabajo, la cámara tendría un valor de \$38 080.504. El valor a depreciar entonces es de -380,805.04-38 080.504 en 10 años, vale decir $\$342,724.536/10 = \$34,272.4536$ anuales

Se hará una estimación más aproximada, utilizando la denominada depreciación acelerada por el método de los dígitos, se hará para 10 años la cual se hace de acuerdo con los siguientes pasos:

Se calcula un factor S:

$$S = \frac{n(n+1)}{2}$$

Donde S es un factor a aplicar y n es el número de años en los que se depreciará.

En nuestro caso, n=10 por lo tanto

$$S = \frac{10(10+1)}{2} = \frac{110}{2} = 55$$

Por lo tanto, la depreciación de cada año se calculará como sigue:

Tabla 5.7 Depreciación de la cámara de secado

Año	n/S x (valor a depreciar el equipo)	Depreciación
1	(10/55)(342,724.536)	62,313.552
2	(9/55)(342,724.536)	56,082.1968

Capítulo 5 Costo de la propuesta y Análisis financiero

3	(8/55)(342,724.536)	49,850.8416
4	(7/55)(342,724.536)	43,619.4864
5	(6/55)(342,724.536)	37,388.1312
6	(5/55)(342,724.536)	31,156.776
7	(4/55)(342,724.536)	24,925.4208
8	(3/55)(342,724.536)	18,694.0656
9	(2/55)(342,724.536)	12,462.7104
10	(1/55)(342,724.536)	6231.3552

En la tabla se observa la depreciación que se tendrá para cada año por un periodo de 10 años.

5.6 Valor actual neto (VAN) y Tasa interna de retorno (TIR)

El valor actual neto es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros (ingresos y egresos), originados por una inversión. La metodología consiste en descontar al momento actual (es decir, actualizar mediante una tasa) todos los flujos de caja futuros del proyecto. A este valor se le resta la inversión inicial, de tal modo que el valor obtenido es el valor actual neto del proyecto.

La fórmula que nos permite calcular el Valor Actual Neto es:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

V_t Representa los flujos de caja en cada periodo t.

I_0 Es el valor del desembolso inicial de la inversión.

n Es el número de períodos considerado.

k Es el tipo de interés.

Capítulo 5 Costo de la propuesta y Análisis financiero

Tabla 5.8 Valores de VAN

Valor	Interpretación	Decisión a tomar
VAN > 0	La inversión produciría ganancias por encima de la rentabilidad exigida (r).	El proyecto puede aceptarse
VAN < 0	La inversión produciría pérdidas por debajo de la rentabilidad exigida (r)	El proyecto debería rechazarse
VAN = 0	La inversión no produciría ni ganancias ni pérdidas	Dado que el proyecto no agrega valor monetario por encima de la rentabilidad exigida (r), la decisión debería basarse en otros criterios, como la obtención de un mejor posicionamiento en el mercado u otros factores.

Con el VAN se estimará si la inversión es mejor que invertir en algo seguro, sin riesgo específico.

Cuando el VAN toma un valor igual a 0, k pasa a llamarse TIR (tasa interna de retorno). La TIR que es la rentabilidad que nos está proporcionando el proyecto y se realiza igualando el VAN a cero.

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0 = 0$$

5.6.1 Cálculo del VAN y TIR

Para realizar el cálculo de VAN se realiza para un periodo de 5 años con una tasa de 10% anual, para fines de cálculo se estima que ya se tiene descontados los egresos a los ingresos dando así un ingreso neto del \$10,500,000.00 pesos y la inversión para la cámara de secado es de \$380,805.04 pesos.

Capítulo 5 Costo de la propuesta y Análisis financiero

Tabla 5.9 VAN del proyecto

Inversión inicial	\$380,805.04
Tasa de 10% anual	
Años	Flujos de efectivo
1	\$10,500,000
2	\$10,500,000
3	\$10,500,000
4	\$10,500,000
5	\$10,500,000
VAN	\$72,437,616.9

Ingresando la formula en Excel se obtiene el VAN de \$72, 437,616.9 en la tabla 5.7 comparamos este valor y es mayor a 0 con lo cual se observa que es viable el proyecto.

Se tomó una tasa de interés del 10% pero esta puede variar. Ahora es importante evaluar a partir de qué momento la inversión empieza a ser productiva, para ello se calculara el TIR. Con ayuda de Excel se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 5.10 TIR del proyecto

Inversión inicial	-380,805.04
Tasa de 10% anual	
Años	Flujos de efectivo
1	\$10,500,000
2	\$10,500,000
3	\$10,500,000
4	\$10,500,000
5	\$10,500,000
TIR	27.57%

Los valores arrojados por la tabla nos dicen que por cada año en cada año se recuperara el 27.57% de lo que se invirtió para la realización de la cámara de secado.

CONCLUSIONES

La implementación del control en la cámara de secado es una opción viable, en México la producción de harina de plátano es poca y el plátano que se desperdicia es bastante, se puede utilizar para la producción de harina de plátano, en un proceso artesanal el secado para la producción de harina de plátano tiende a ser más tardado y la producción es menor.

El secado se realiza a la intemperie esto lo hace más tardado debido a que influyen las condiciones del clima y también se tiene que estar volteando el plátano para que tenga un secado uniforme.

Si se implementa una cámara de secado con control se eficientaría la operación, ya que el secado sería más rápido, más limpio y con un volumen de producción mayor esto justifica el costo de la implementación del control en la cámara, además de que el material utilizado es fácil de conseguir y de implementar.

En los costos de producción total que se utilizaron como referencia para obtener el costo total agregando al control de la cámara de secado, dieron como resultado que se obtendrían buenos ingresos, la inversión que se realiza al adquirir una cámara de secado con control se recupera en un poco de tiempo lo cual hace atractivo el proyecto.

CONCLUSIONES

El control, automatización e instrumentación de un secador de bandejas tipo convectivo para la obtención de harina de plátano se puede implementar, para optimizar el tiempo, esfuerzo y principalmente la calidad del producto. Ofreciendo al mercado un producto novedoso, natural y que ayuda a conservar el medio ambiente, evitando el desperdicio del fruto.

El control, automatización e instrumentación debido a la falta de presupuesto no fue posible implementarlo en una cámara de secado real, pero con el prototipo realizado a escala se pudo comprobar que tanto la instrumentación como el lazo de control funcionaron de acuerdo a los cálculos, simulaciones y programación antes mencionada.

Para poder llevar a cabo la implementación del sistema de control, automatización e instrumentación en la cámara de secado real a las dimensiones mencionadas, es necesaria realizar algunas modificaciones en la programación del controlador, lo que se vería afectado es la distancia recorrida por el aire, que afecta directamente el tiempo de calentamiento del aire.

Las empresas que se dediquen a la producción de harina de plátano tendrán otra opción para la deshidratación de este, así como los productores de harina de plátano tradicional, una cámara automatizada y controlada tiene una mayor producción, el secado es más rápido, más eficiente en cuestiones de temperaturas óptimas de secado, se desperdicia menos cantidad de plátano, ayudando a cuidar el medio ambiente y plazo de la inversión que se realiza para la cámara automatizada se recupera en plazo de un año.

El control, automatización e instrumentación que se propone aplica al secado de plátano, se puede aplicar a otras frutas o verduras, con el análisis previo de temperaturas de secado y sus características de humedad; esto le daría más campo de aplicación a la cámara automatizada y así entrar en el negocio de alimentos deshidratados que se encuentra en pleno desarrollo.

REFERENCIAS

- <http://portal.veracruz.gob.mx/pls/portal/docs/PAGE/COVECAINICIO/IMAGENES/ARCHIVOSPDF/ARCHIVOSDIFUSION/MONOGRAFIA%20PL%C1TANO2010.PDF>
- <http://www.amsda.com.mx/PREEstatales/Estatales/JALISCO/PREplatano.pdf>
- http://www.mincetur.gob.pe/comercio/otros/penx/pdfs/Banano_Organico.pdf
- <http://ebookbrowse.com/ventilacion-extractores-helicoidales-tejado-sodeca-pdf-d340646898>
- *Ingeniería de alimentos, Operaciones Unitarias y Prácticas de Laboratorio*, Sharma, editorial Limusa Wiley, 2003
- *Procesos de conservación de alimentos 2a. ed.*, Ana Casp Vanaclocha - José Abril Requena, editorial Mundi-Prensa, 2003
- Chou, S.K., y Chua, K.J.(2001) “New Hybrid Heat Pump Drying Technologies – Status and Potential For Drying Food And Heat Sensitive Materials” In the Proceedings of the Second Interamerican Drying Conference, Boca del Río, Veracruz, México.
- Chua, K.J., Ho, J.C., Chou, S.K., Mujumdar, A.S., Hawlader, M.N.A. (2002) “Analytical Study Of Cyclic Temperature Drying: Effect on Drying Kinetics and Product Quality”, *Journal of Food Engineering*, Vol. 51, pp. 65-75
- Lee, D.S. y Pyun, Y.R. (1993) “Optimization of Operating Conditions in Tunnel Drying Of Food”, *Drying Technology*, Vol. 11, No. 5, pp. 1025 – 1052.
- Mujumdar, A.S. Y Meon, A.S., (1995) “Drying Of Solids, Handbook Of Industrial Drying”, New York, Basel, Hong Kong, Vol. 1., Ed. Mujumdar A.S., Marcel Dekker, Inc., pp. 1- 39.
- <http://www.longchangjx.com/Html/Proen200.html>, Secador por convección de aire forzado.

- http://www.esi2.us.es/~alamo/Archivos/Certificaciones/Sec_9_Otras_Publicaciones/Docente/AlamoPIDTotal.pdf
- <http://www.eng.newcastle.edu.au/~jhb519/teaching/caut1/Apuntes/PID.pdf>
- <http://prof.usb.ve/montbrun/sintonizacion%20controladores%20sep07.pdf>
- <http://clubensayos.com/M%C3%BAsica-Y-Cine/Informe-Harina-De-Platano/266730.html>

ANEXOS

ANEXO 1

DISEÑO DEL SECADOR

La base del secador se encuentra a 2.60 cm con respecto al nivel de piso terminado.

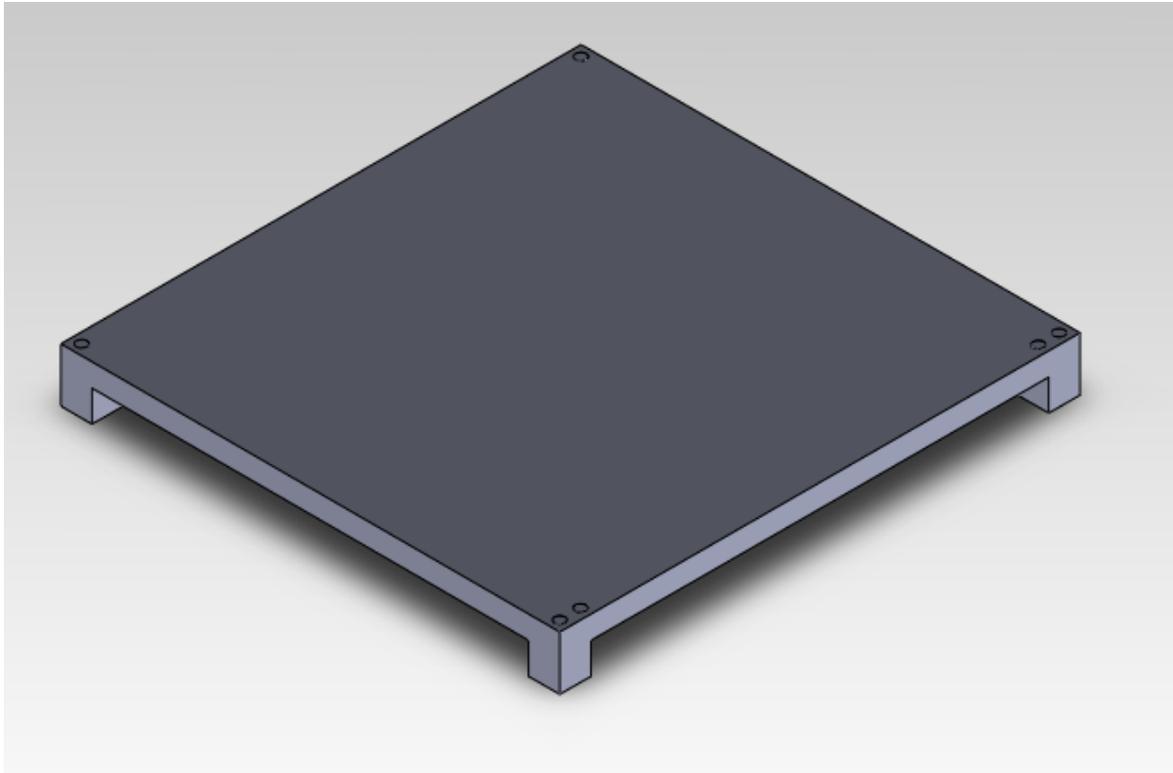


Fig. A 1.1 BASE PRINCIPAL DEL SECADOR (VISTA ISOMETRICA)

Las medidas de la base son 2500 cm por 2400 cm.

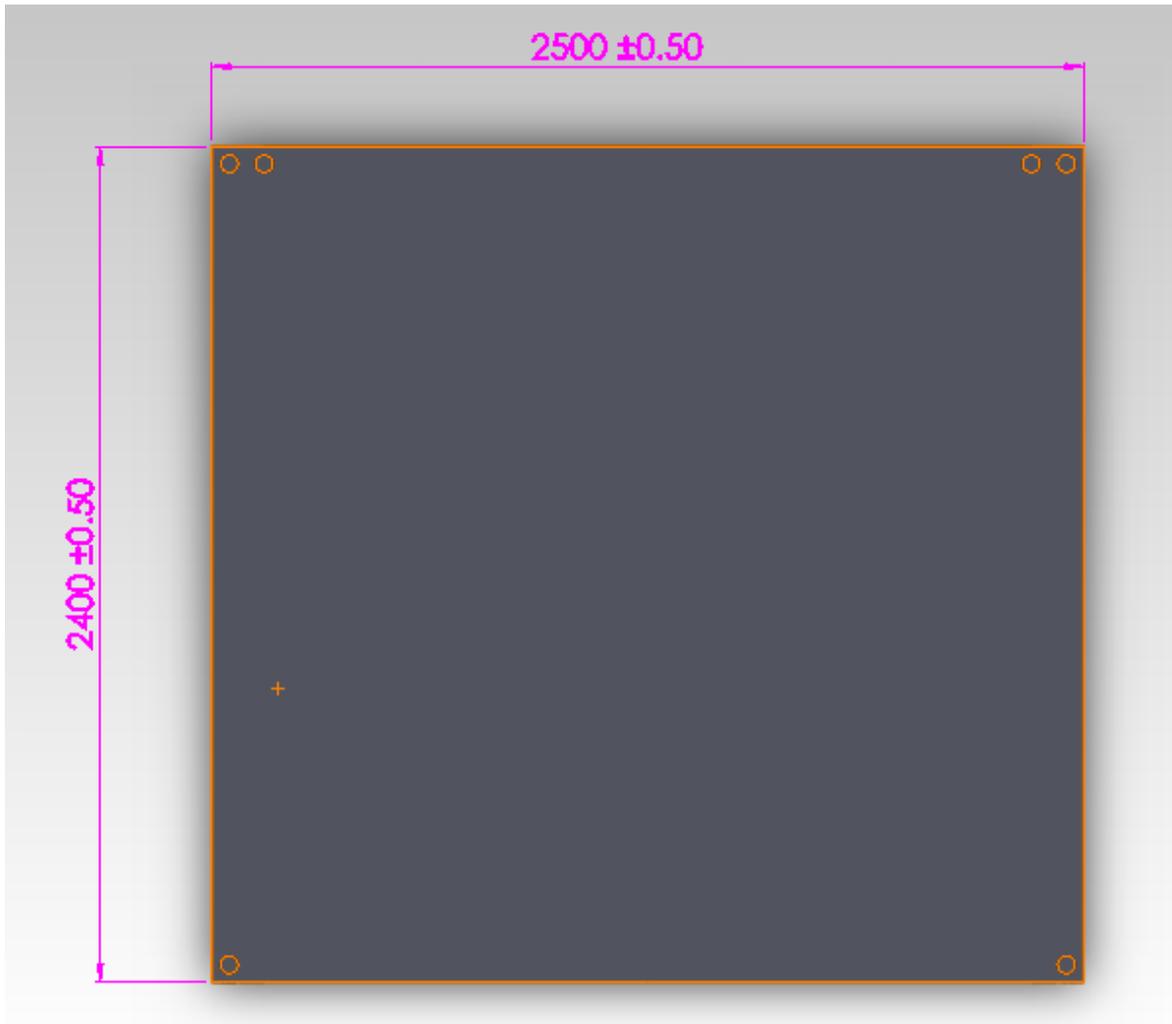


Fig. A.1.2 DIMENSIONES DE BASE PRINCIPAL (VISTA SUPERIOR)

La altura de las patas del secador es de 260 mm.

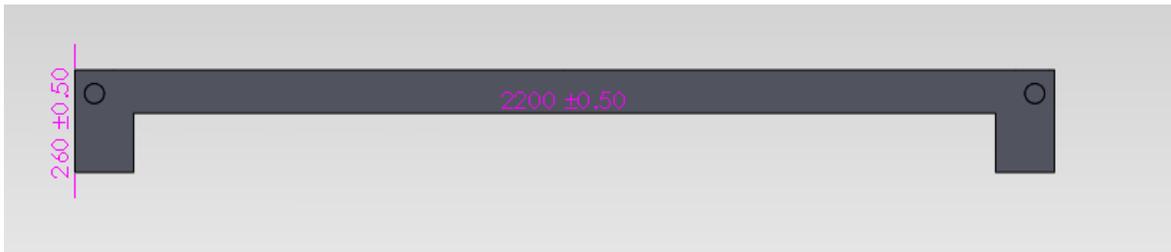


Fig. A.1.3 DIMENSIONES DE BASE PRINCIPAL (VISTA FRONTAL)

Forma en que se acomodan los cuatro carritos montados sobre la base del secador con sus respectivas charolas.

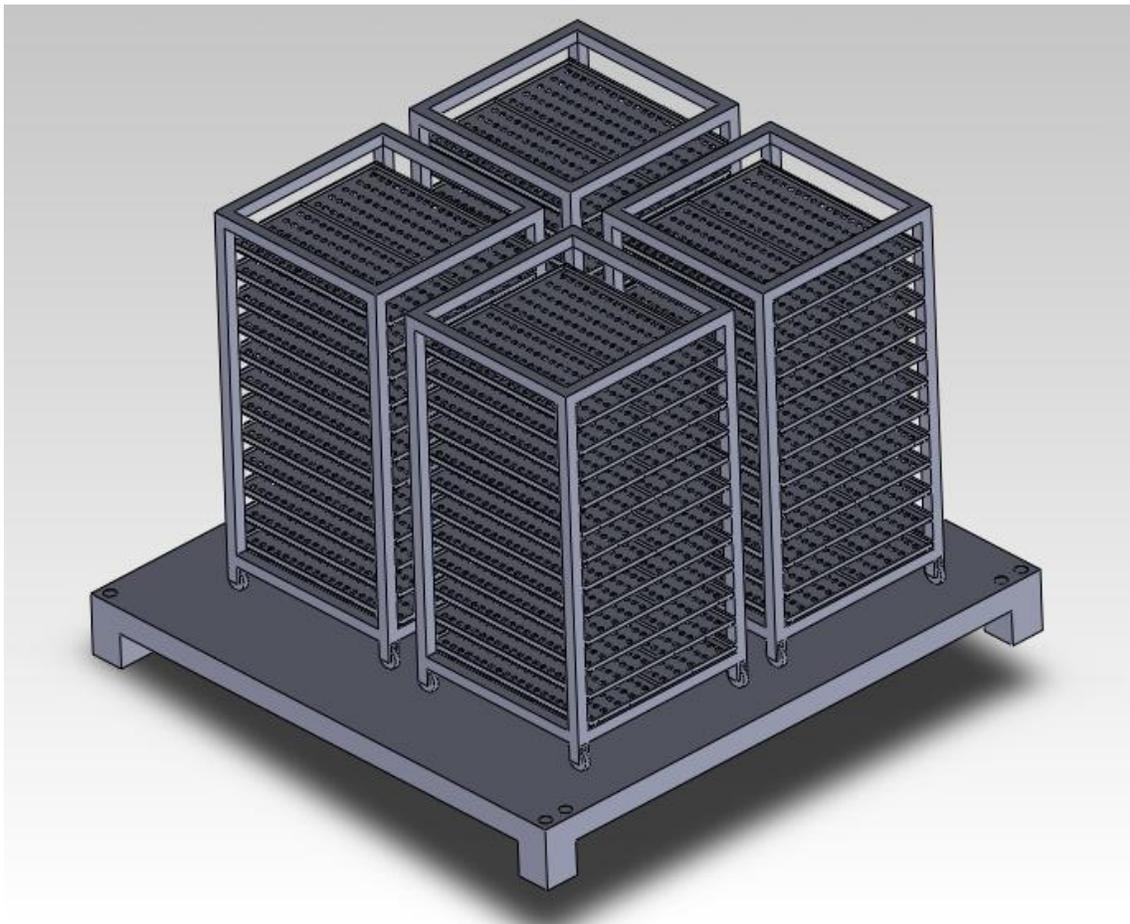


Fig. A.1.4 BASE PRINCIPAL CON CARRITOS (VISTA ISOMETRICA)

Charolas perforadas montadas en el carrito

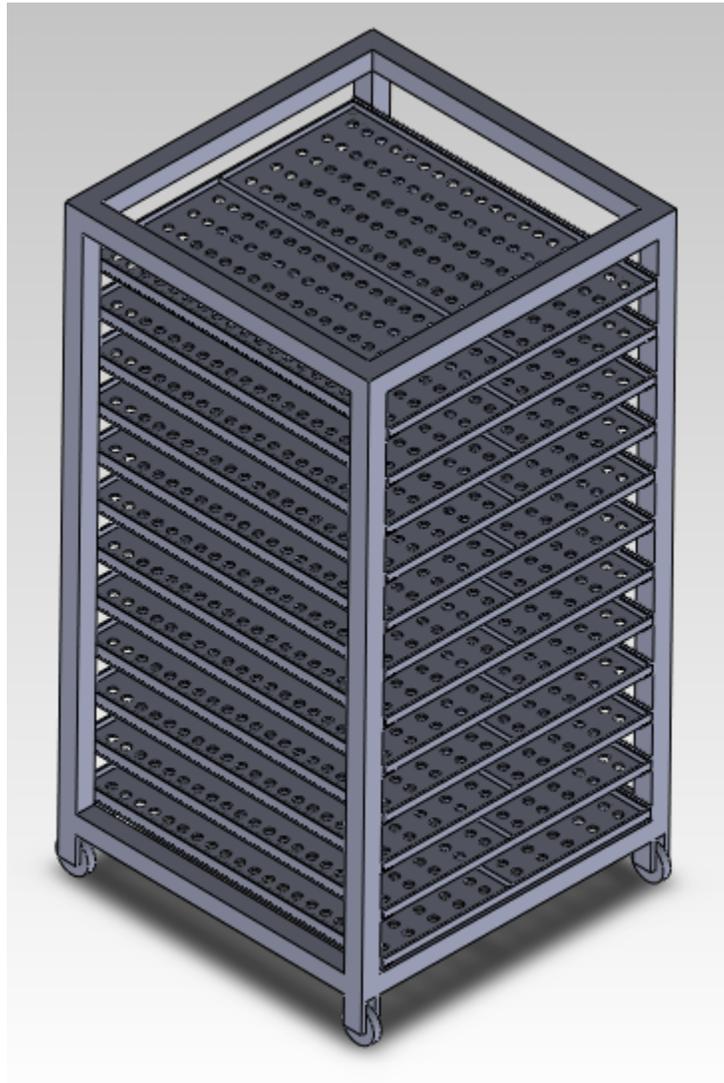


Fig. A.1.5 ESTRUCTURA DE CARRITO CON CHAROLAS (VISTA ISOMETRICA)

Carrito con divisiones para cada una de las charolas.



Fig. A.1.6 ESTRUCTURA DE CARRITO SIN CHAROLAS (VISTA ISOMETRICA)

El carrito tiene una altura de 157.5 cm con un largo de 85 cm.

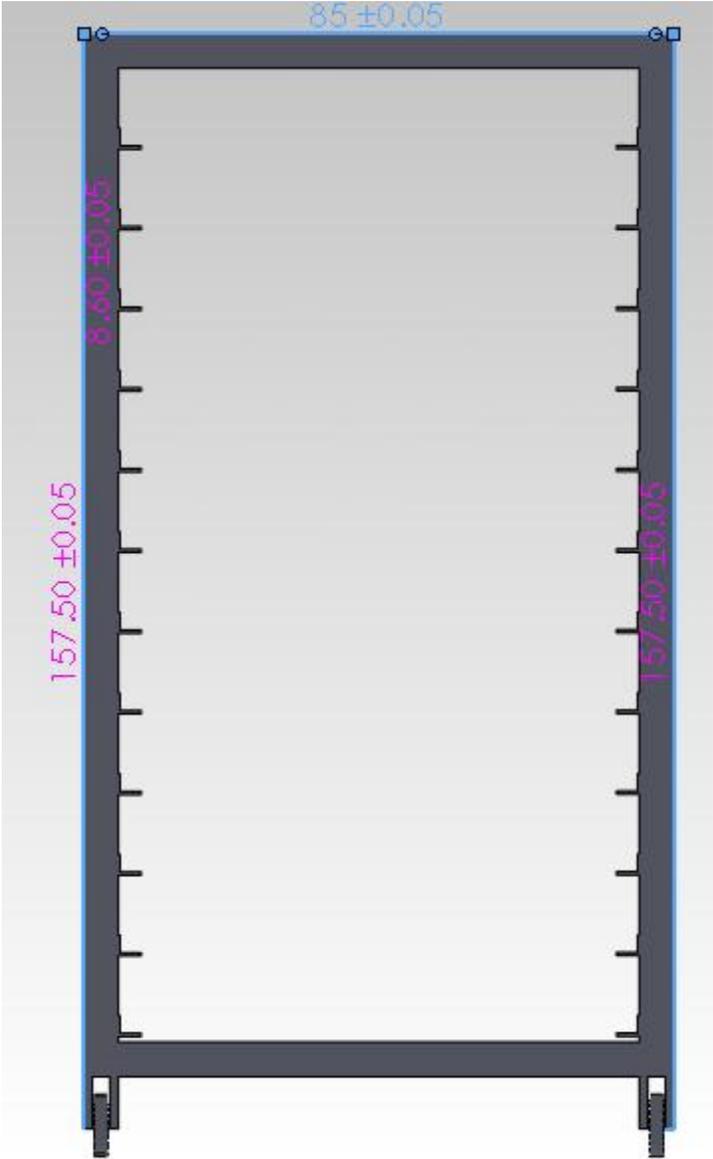


Fig. A.1.7 DIMENSIONES DE ESTRUCTURA DE CARRITOS (VISTA FRONTAL)

El carrito mide 85 cm por 85 cm de cada lado.

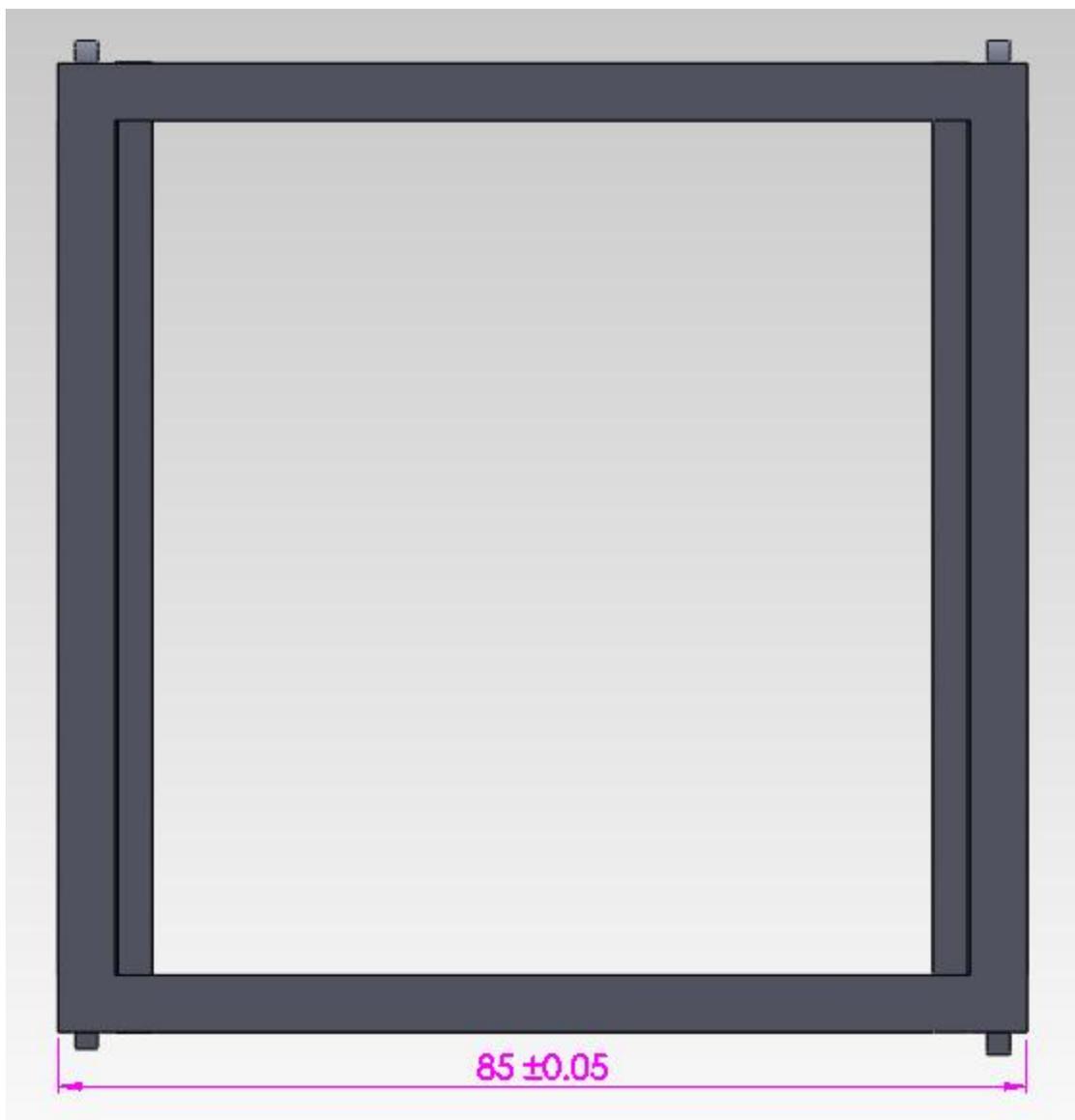


Fig. A.1.8 DIMENSIONES DE ESTRUCTURA DE CARRITO (VISTA SUPERIOR)

Charola con 200 perforaciones distribuidas quitativamente a lo largo y ancho de la charola para proporcionar una mejor entrada de aire y por lo tanto un mejor secado.

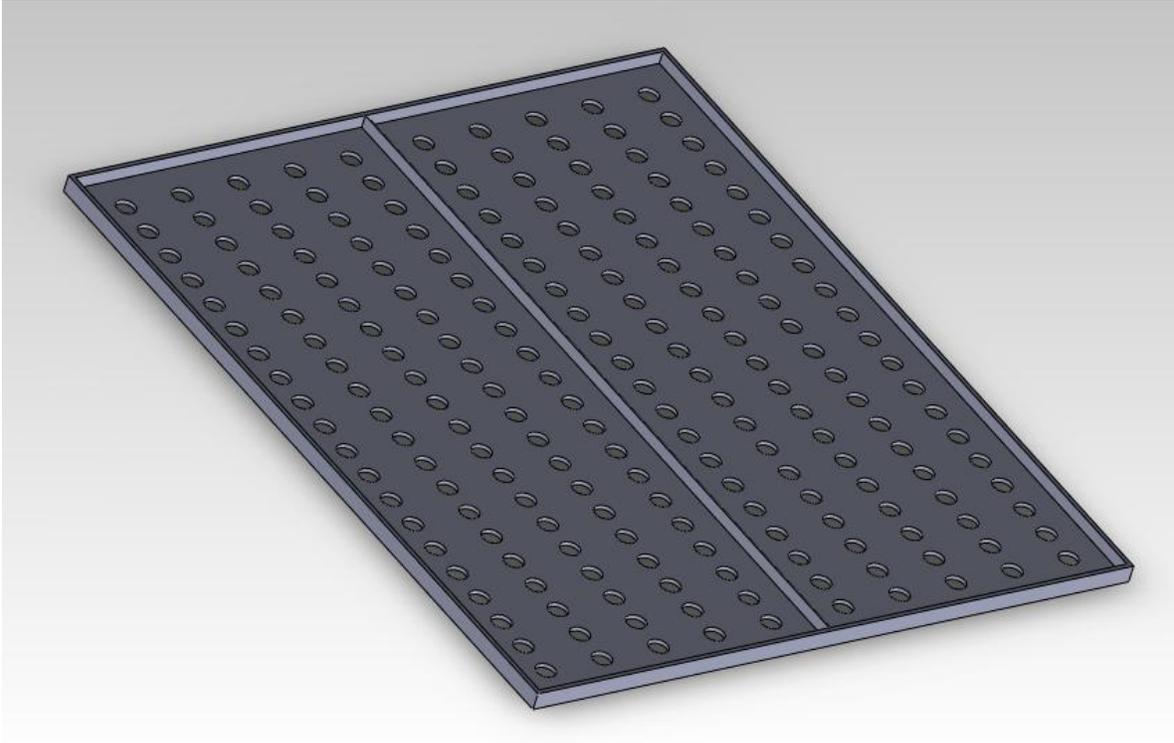


Fig. A.1.9 CHAROLA (VISTA ISOMETRICA)

La charola mide 8.50cm de largo por 0.50cm de ancho, tiene dos divisiones cada división mide 368.50 cm

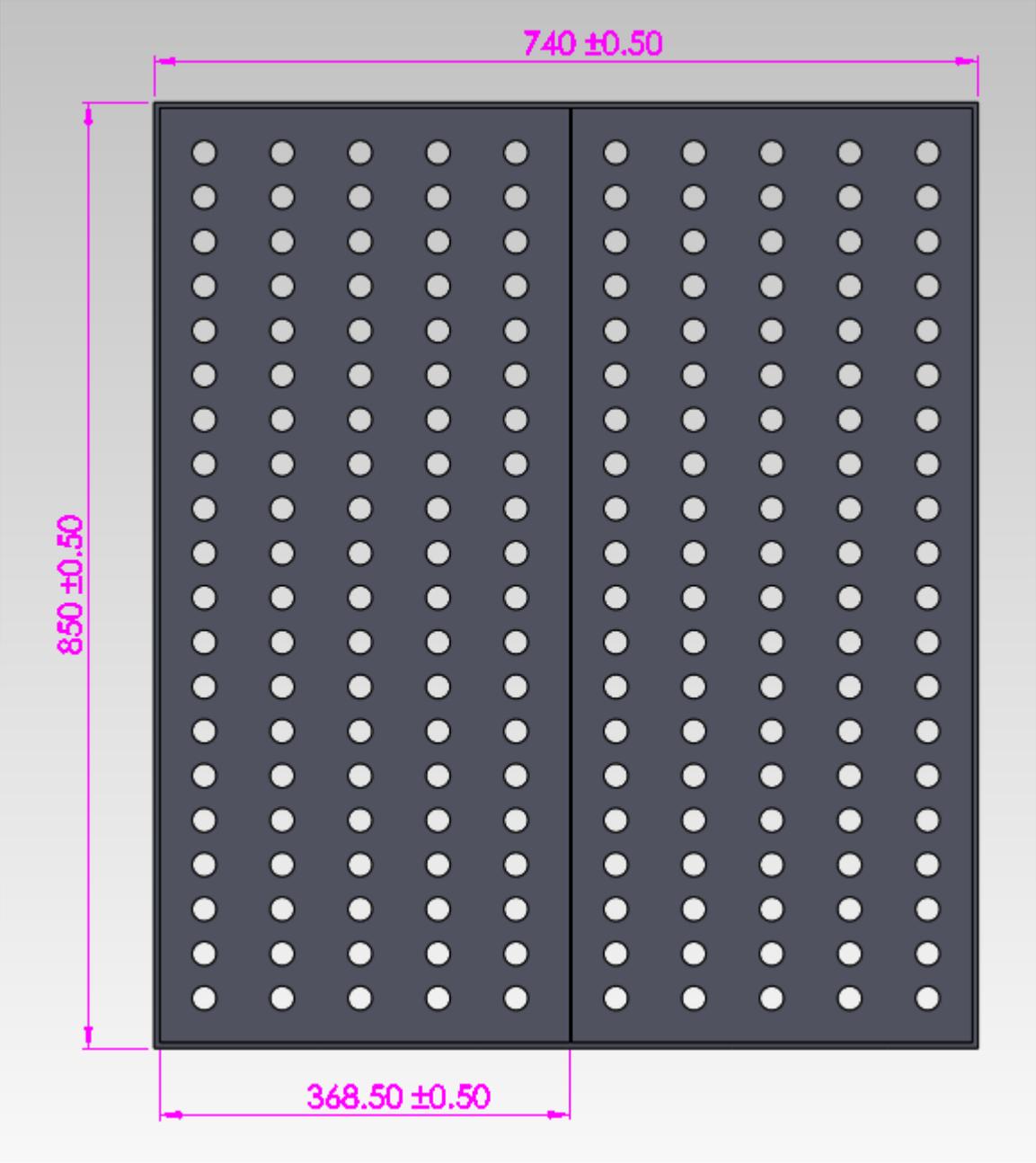


Fig. A.1.10 DIMENSIONES DE CHAROLA (VISTA SUPERIOR)

Secador con carritos y charolas, con cara lateral izquierda del secador.

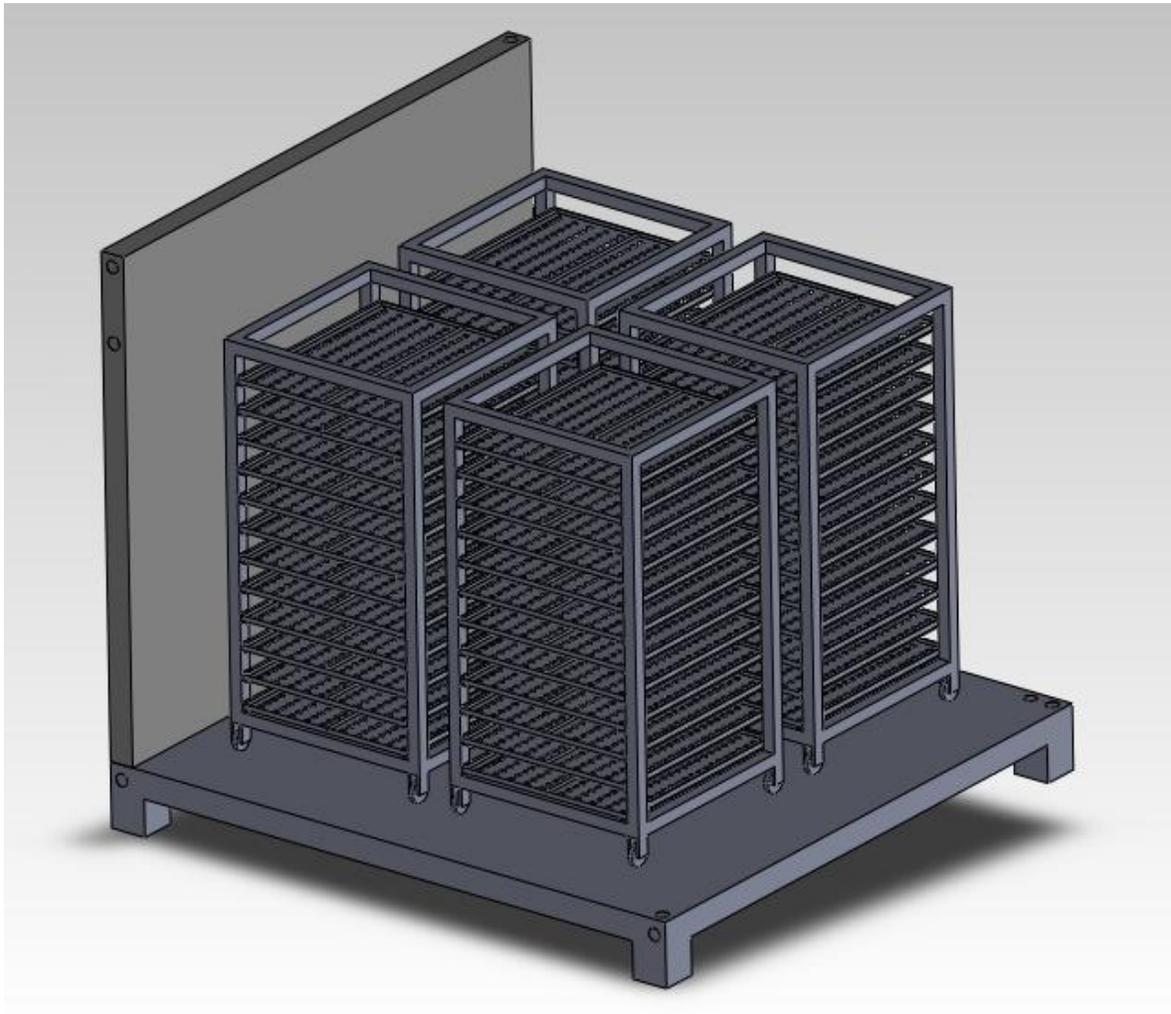


Fig. A.1.11 PLACA LATERAL IZQUIERDA DEL SECADOR (VISTA ISOMETRICA)

Secador con carritos y charolas, más cara frontal y trasera del secador.

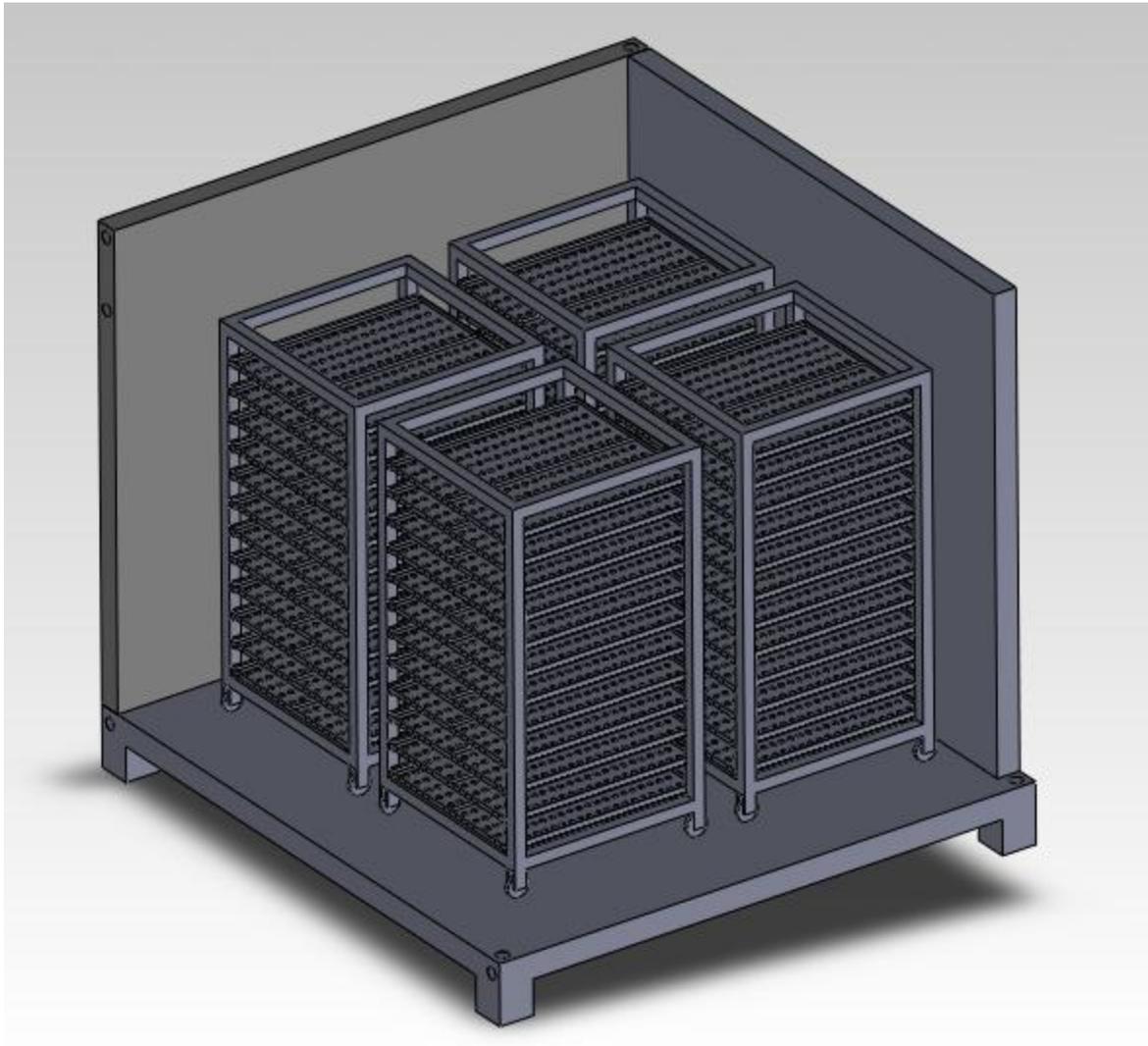


Fig. A.1.12 PLACA TRASERA DEL SECADOR (VISTA ISOMETRICA)

Secador con carritos y charolas con cara frontal, trasera y cara del ventilador.

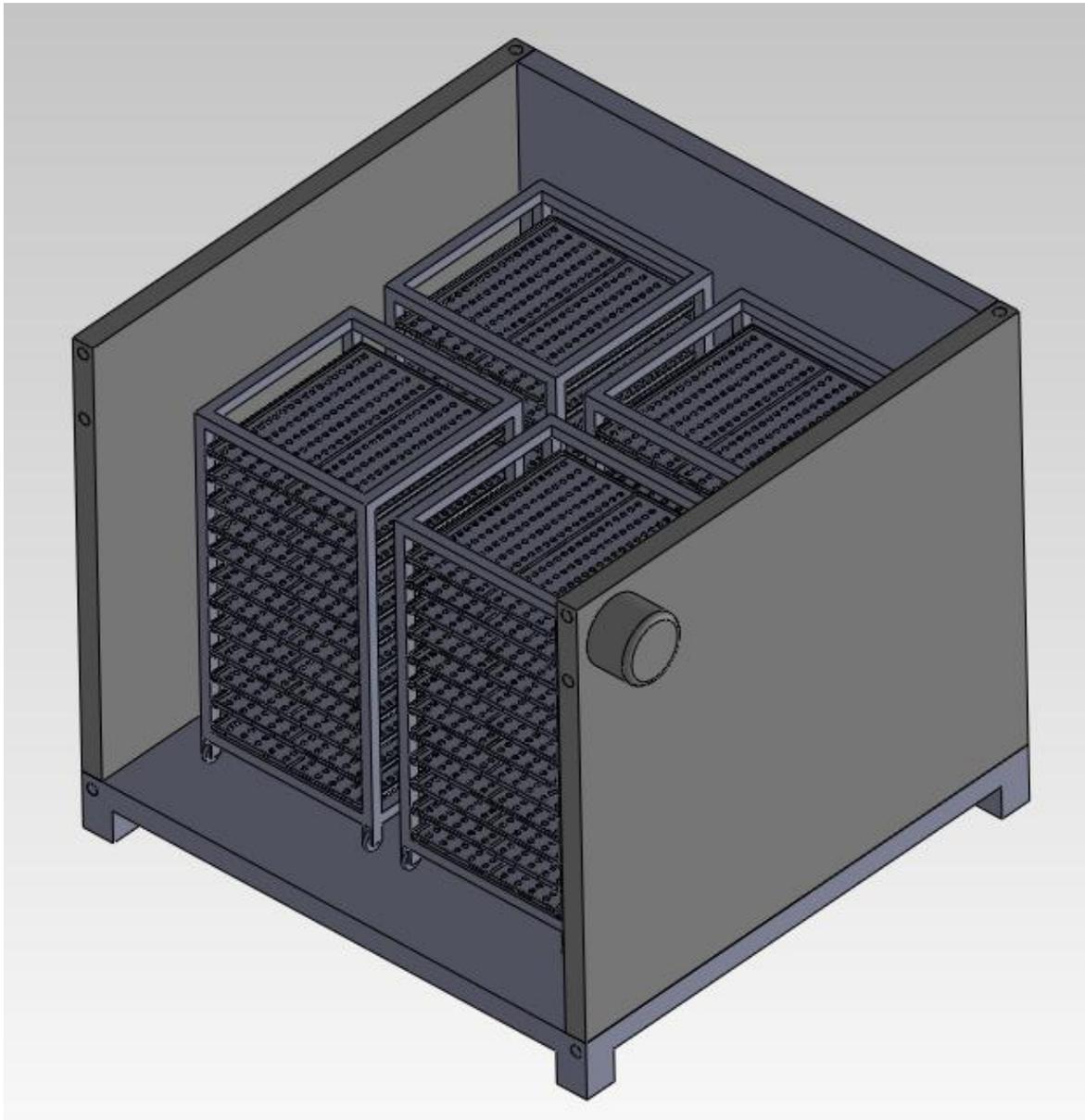


Fig. A.1.13 PLACA DEL VENTILADOR DEL SECADOR (VISTA ISOMETRICA)

Isométrico del secador con carrito y charolas, cara frontal, trasera, y cara el ventilador, con distribución de las resistencias y así como la distribución dela aire caliente.

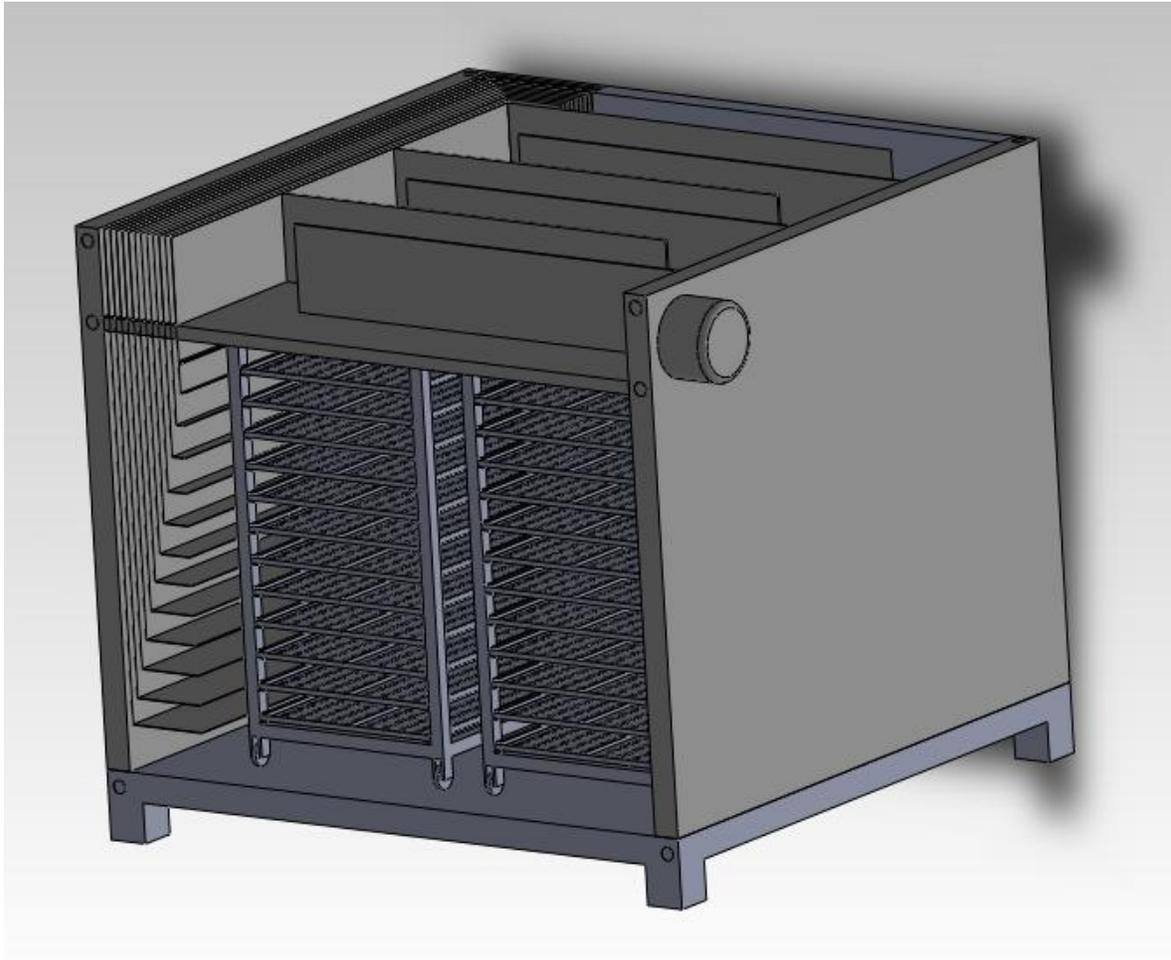


Fig. A.1.14 DISTRIBUCION DE AIRE CALIENTE Y DIVISIONES DE LINEAS DE RESISTENCIAS (VISTA ISOMETRICA)

Vista interna del área de las resistencias su colocación y área de distribución del aire caliente.

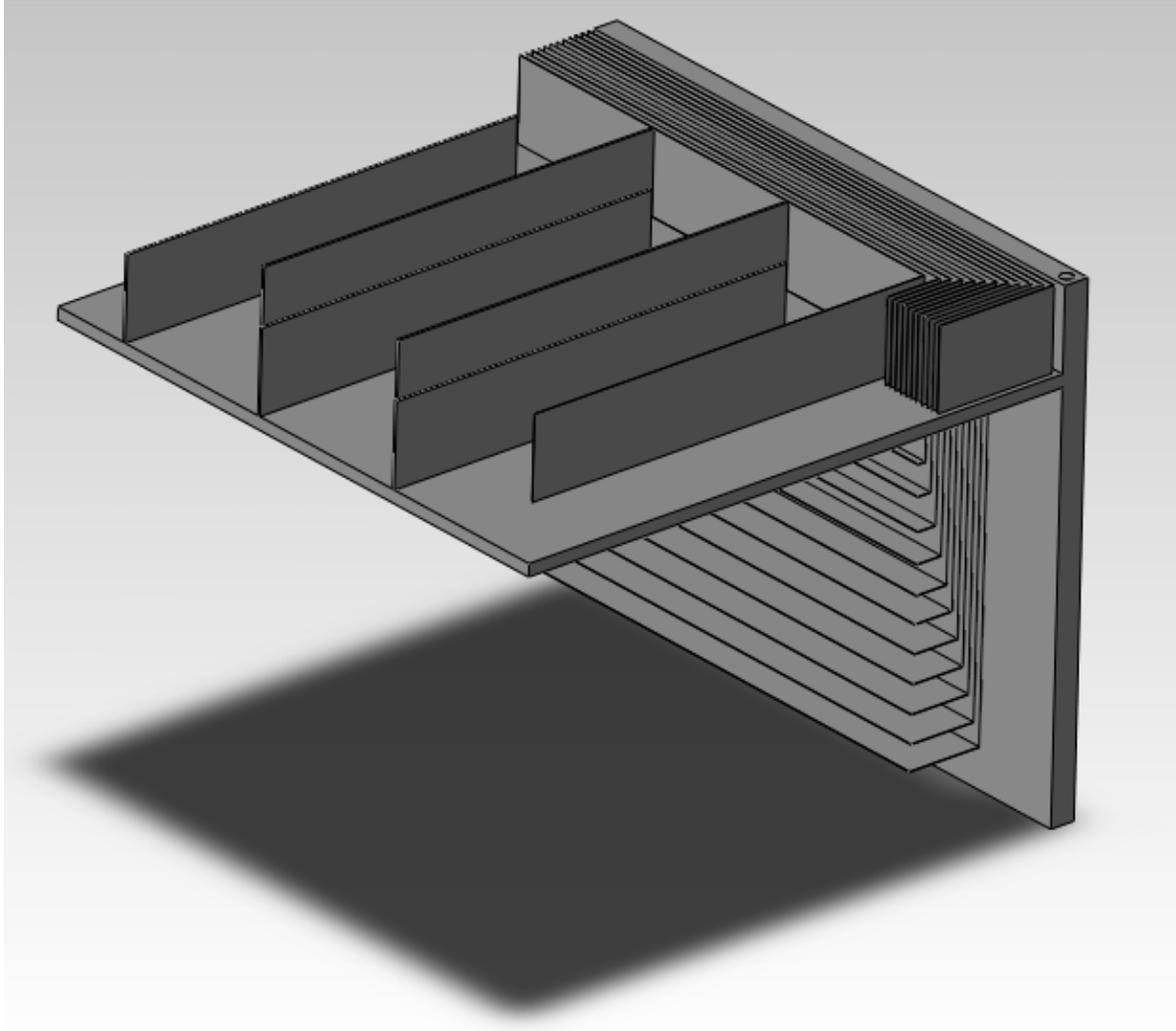


Fig. A.1.15 PIEZA INDEPENDIENTE DE DISTRIBUCION DE AIRE (VISTA ISOMETRICA)

Las dimensiones del área de distribución tienen un largo de 2400cm, el ancho para el área de distribución del aire es de 23.53 cm y el aire pasara por las resistencias de 1680cm de largo cada una.

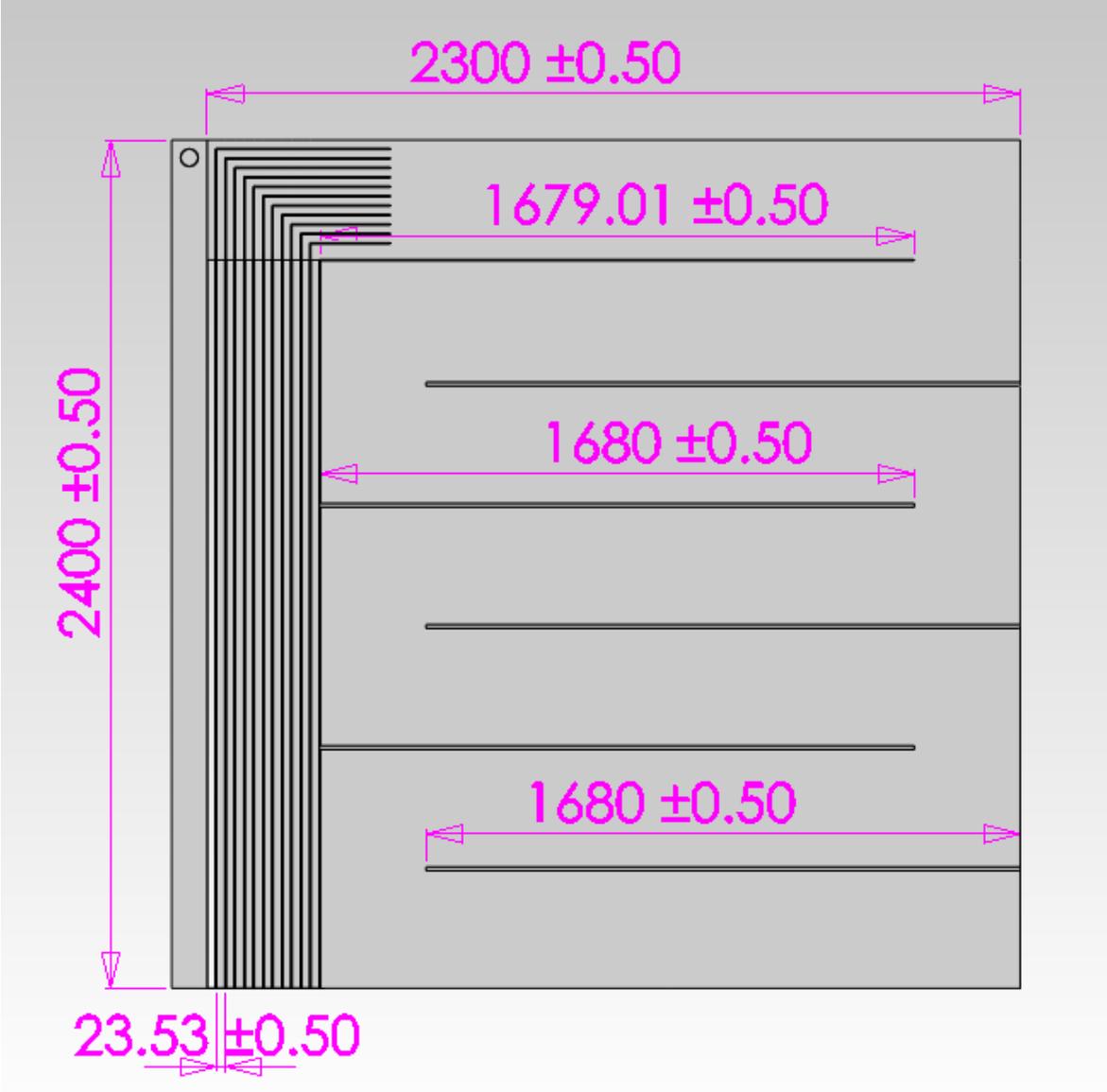


Fig. A.1.16 DIMENSIONES DE PIEZA INDEPENDIENTE DE AIRE (VISTA SUPERIOR)

Vista frontal del secador con dos carritos acomodados delante y dos carritos atrás, del lado izquierdo esta el área de distribución del aire para cada división del carrito.

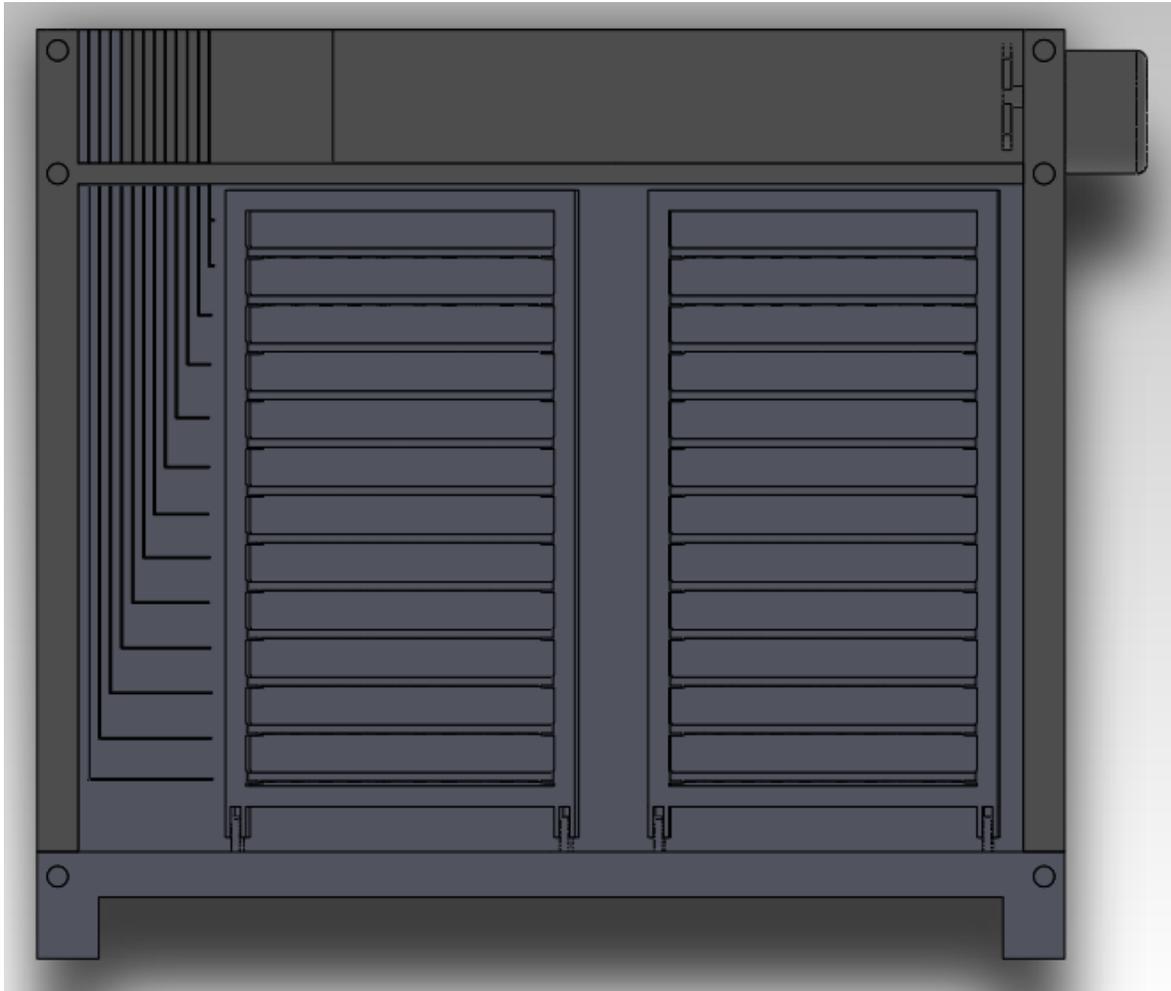


Fig. A.1.17 SECADOR (VISTA FRONTAL)

Ventilador axial colocado en la parte superior derecha del secador para impulsar la entrada de aire al secador.

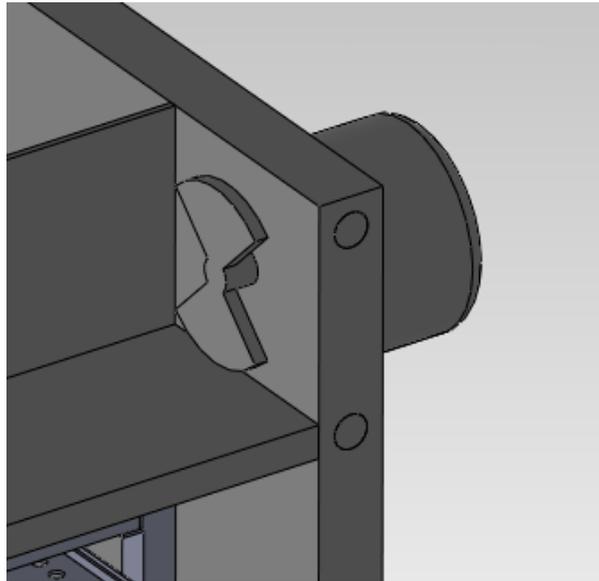


Fig. A.1.18 VENTILADOR Y EXTRACTOR (VISTA ISOMETRICA)

Extractor de aire caliente que habrá dentro de la cámara, será accionado en la finalización del proceso.

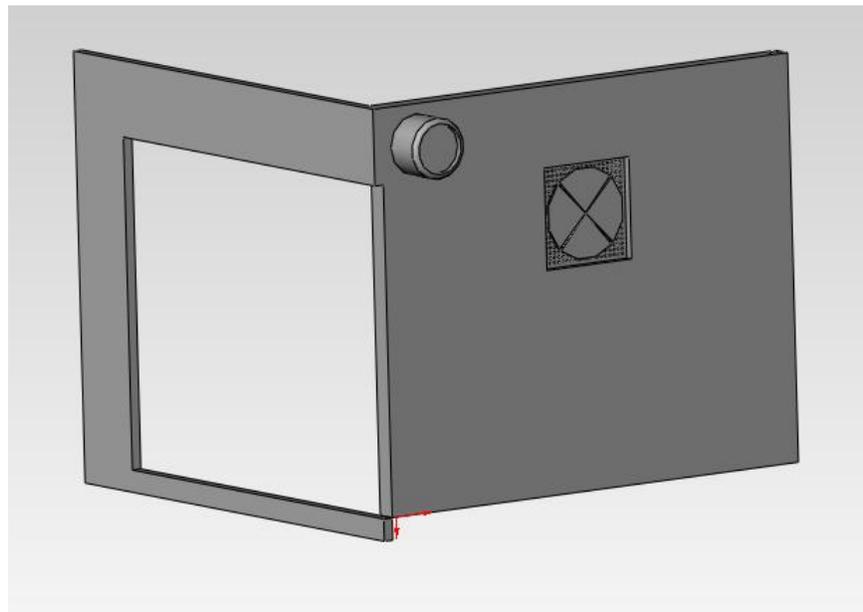


Fig. A.1.19 EXTRACTOR

Secador con cara lateral, trasera, cara del ventilador, con carritos acomodados dentro del secador y distribución de aire caliente y resistencias.

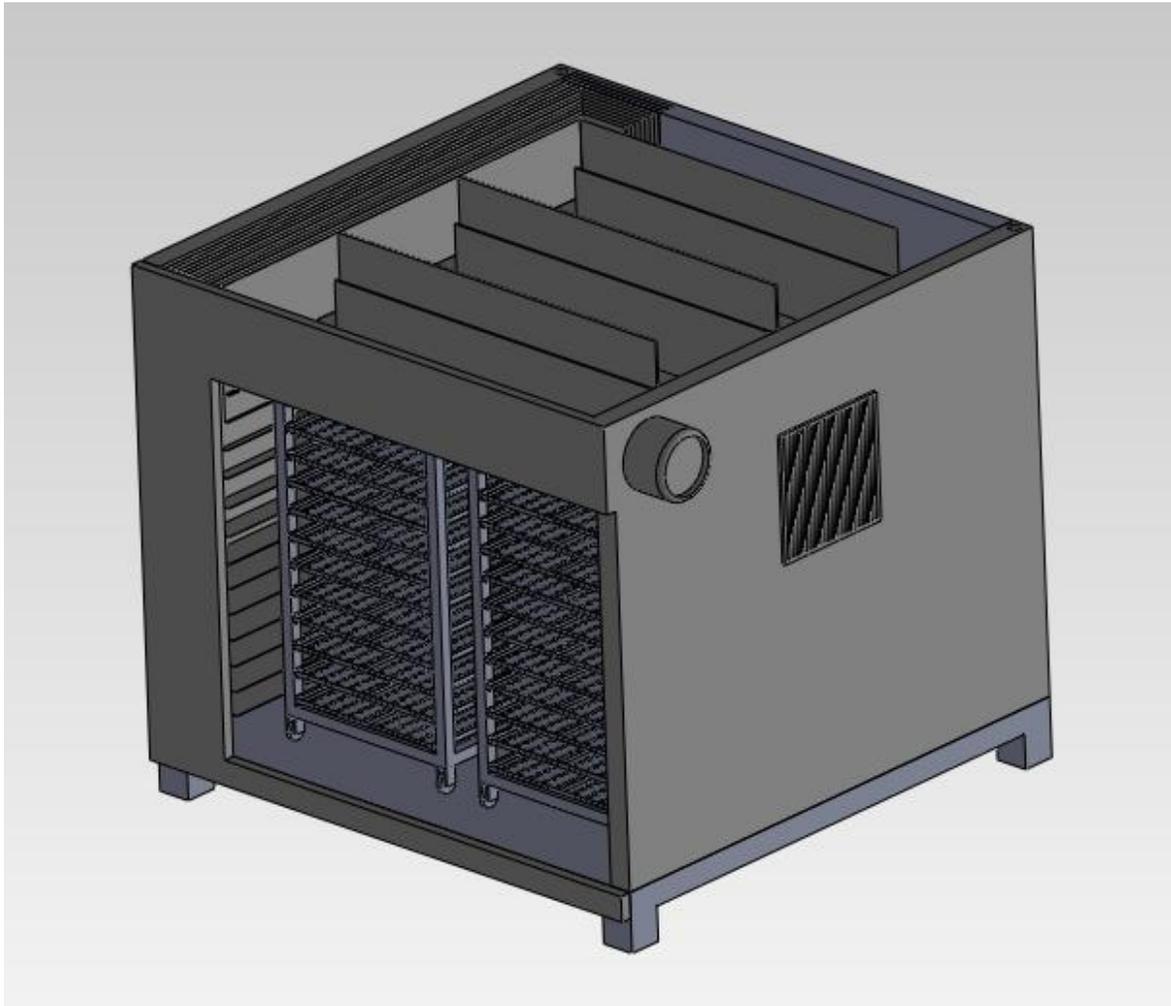


Fig. A.1.20 SECADOR CON ESTRUCTURA DE PUERTAS (VISTA ISOMETRICA)

Colocación de las puertas del secador.

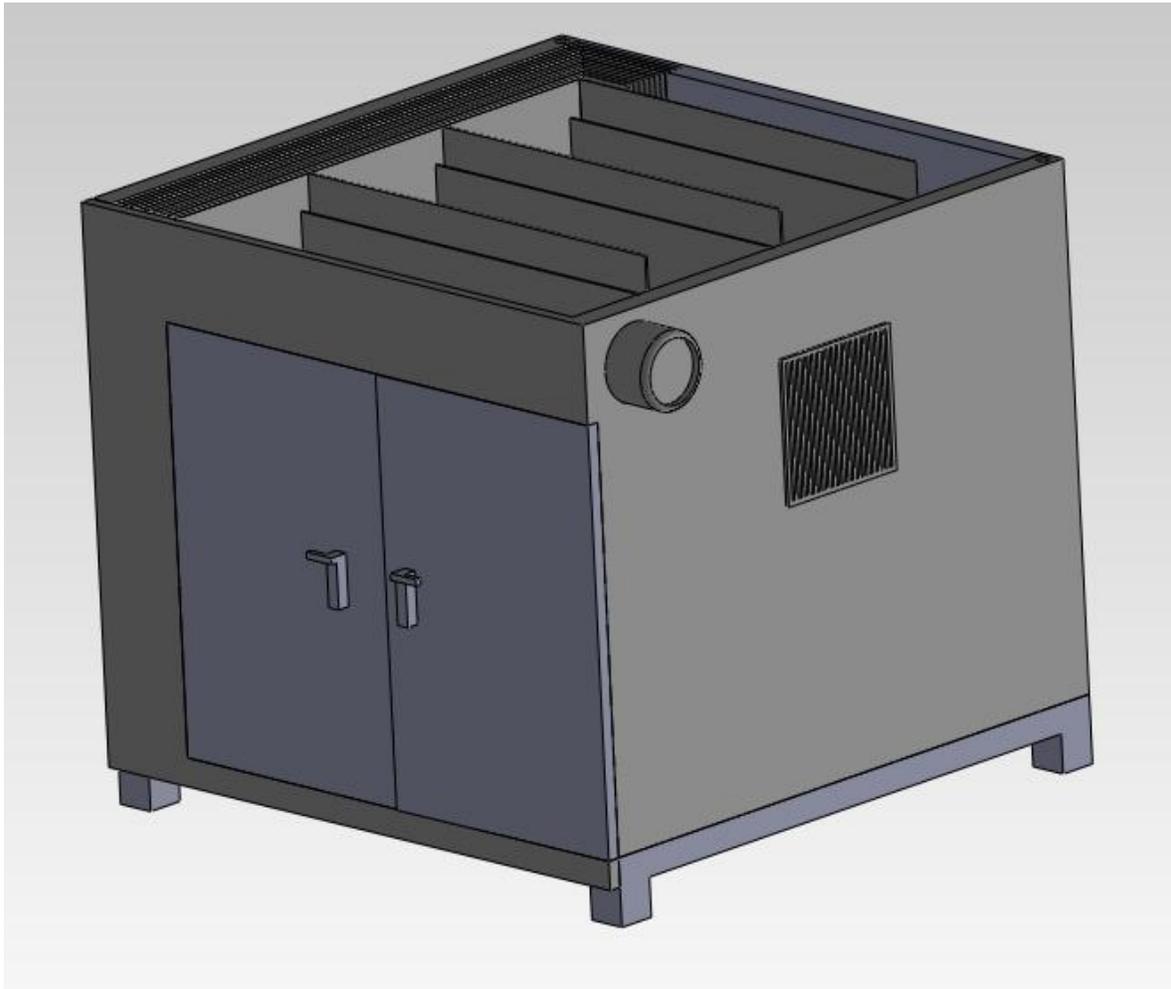


Fig. A.1.21 SECADOR CON PUERTAS (VISTA ISOMETRICA)

Vista superior del área de resistencias por donde el aire hará el recorrido para calentarse.

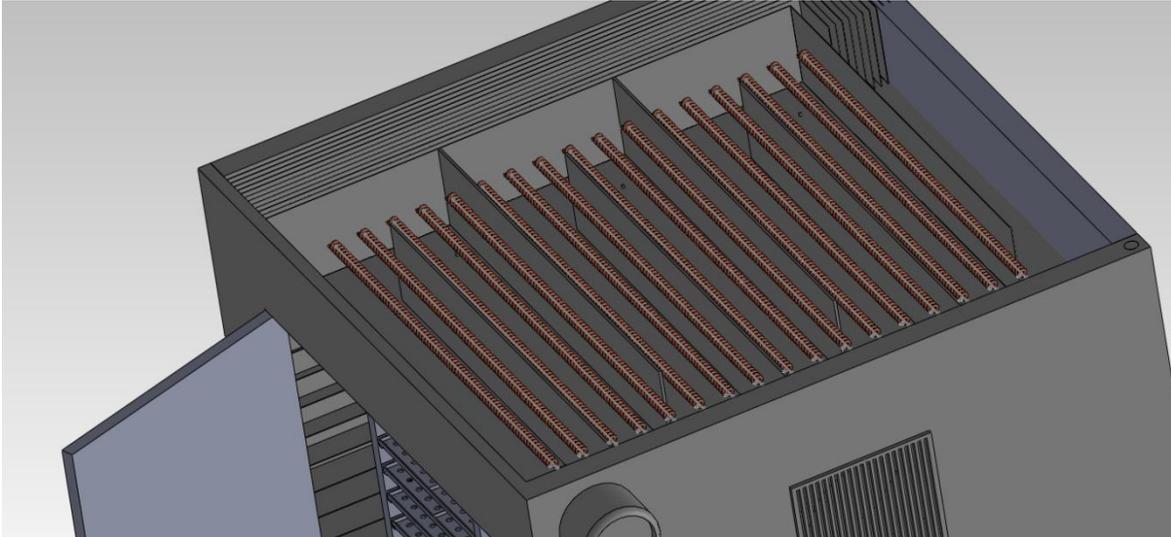


Fig. A.1.22 RESISTENCIAS PARA CALENTAMIENTO DE AIRE (VISTA ISOMETRICA)

Secador armado, en la parte lateral izquierda se observa el ventilador y extractor, internamente se ven los carritos acomodados.

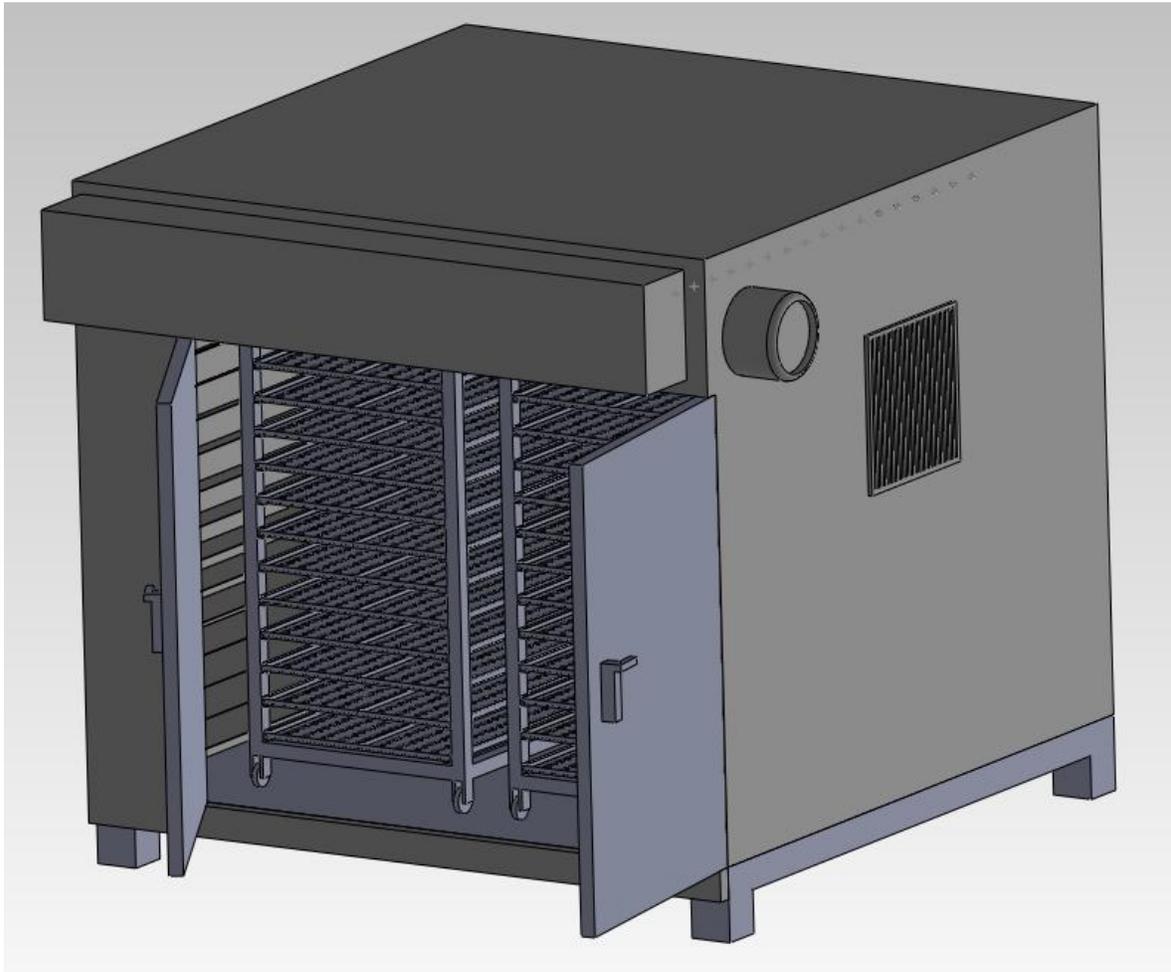


Fig. A.1.23 SECADOR COMPLETO (VISTA ISOMETRICA)

ANEXO 2
ESPECIFICACIONES SENSOR DE
HUMEDAD HMZ-433A1

HMZ-433A1 Humidity module specifications

1. Application range :

The HMZ-433A1 module consists of an HCZ sensor and integrated circuit to provide a linear DC Voltage for 0-100%RH to enable easy user application of the HCZ sensor. They are specifically designed for use appliances and controllers.

Feature	Application
Wide humidity operation range	Air condition, humidifier, Dehumidifier.
Linear DC Output	Humidity controller, Humidity transmitter.
Easy operation	Hygrometer, Hygro-recorder.
Long-term stability	Copying machine.
Small and economical	Clock, Weather-forecast barometer.

2. Electrical characteristics :

2.1 Sensing element (Humidity) : HMZ-433A1 Humidity sensor “ GHITRON HCZ sensor“

2.2 Supply Voltage(Vin) : 5VDC±5%

2.3 Current Consumption : 5mA max:(2mA avg.)

2.4 Operating Range

Temperature : 0 to 60°C

Humidity : 95%RH or less

2.5 Storage

Temperature : -20 to 70°C

Humidity : 95%RH or less

2.6 Humidity transmitting

Range : 20 to 90%RH

2.7 Accuracy :

Temperature : Resistance(1%) : $50 \pm 0.5K\Omega$ (at $25 \pm 0.2^\circ C$)

Humidity : $\pm 5\%RH$ (at $25^\circ C$, 60%RH, Vin=5.00VDC)

2.8 Humidity Output 0~3.3V

At $25^\circ C$, Vin=5.00VDC

Signal(Reference) : (Output Impedance approx:5KΩ)

Humidity(%RH)	20	30	40	50	60	70	80	90
Output Voltage(V)	0.66	0.99	1.32	1.65	1.98	2.31	2.64	2.97

2.9 Temperature Output

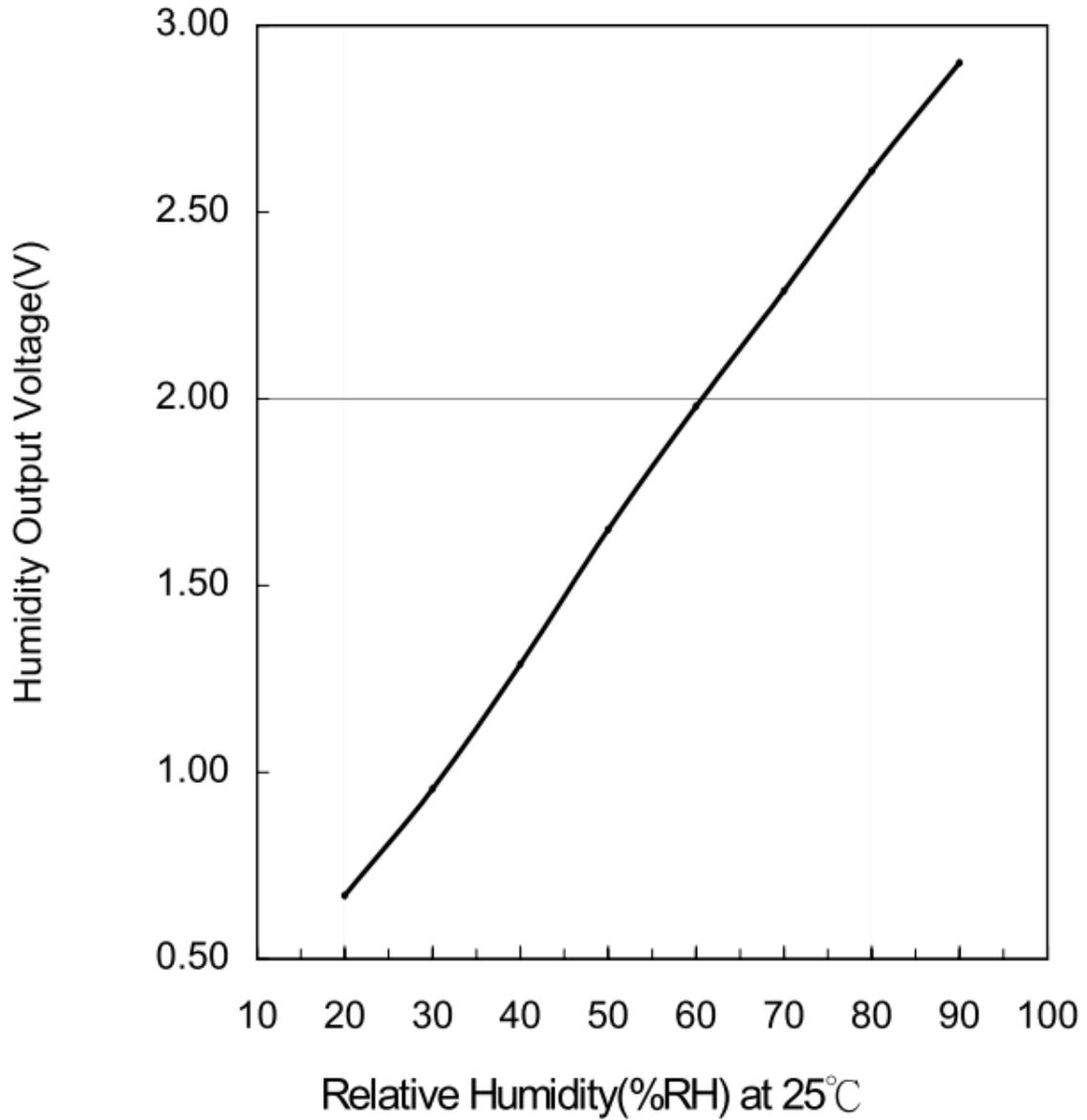
Using thermistor 503 $R(25^\circ C) = 50K\Omega \pm 1\%$,

Signal(Reference) : $B(25/85) = 3950K \pm 1\%$

Temperature(°C)	0	10	20	25	30	40	50	60
Resistance(KΩ)	160.56	98.714	62.328	50.0	40.356	26.756	18.138	12.554

2.10 Humidity Output 0~3.3V characteristics :

HMZ-433A1 Humidity Output 0~3.3V characteristics



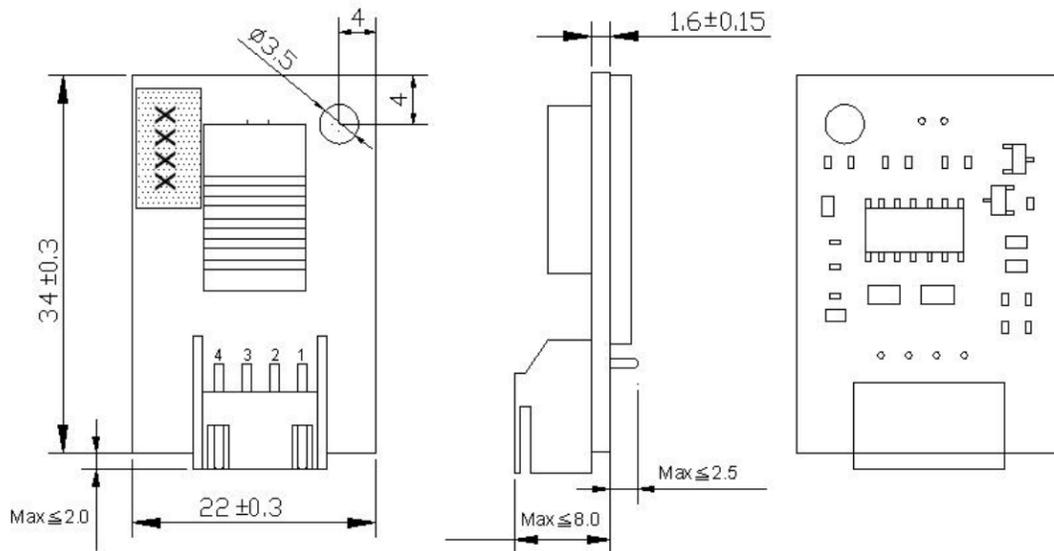
2.11 HMZ module Humidity Output 0~3.3V v.s Temperature characteristics :

	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C
20%RH	0.75	0.72	0.69	0.66	0.62	0.59	0.55
30%RH	1.03	1.00	1.00	0.99	0.96	0.93	0.90
40%RH	1.32	1.30	1.31	1.32	1.30	1.28	1.25
50%RH	1.64	1.63	1.64	1.65	1.64	1.63	1.61
60%RH	1.97	1.97	1.98	1.98	1.98	1.98	1.96
70%RH	2.30	2.30	2.31	2.31	2.31	2.31	2.30
80%RH	2.64	2.64	2.63	2.64	2.63	2.63	2.61
90%RH	2.97	2.96	2.94	2.97	2.94	2.92	2.90

Remark : Accuracy : $\pm 5\%$ RH(at 25°C , 60%RH , $V_{in}=5.00VDC$)

Output range : 1.815~2.145V(55%RH~65%RH Output)

3. Configuration & Dimensions (Units :mm) : Model No. HMZ-433A1 Drawing



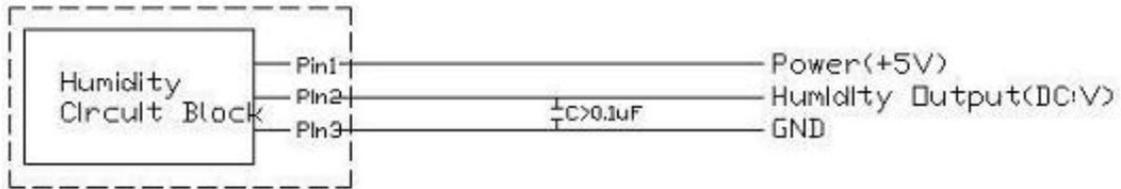
3.1 Terminal Connection :

Terminal	Content. (4Pin Pitch : 2.5mm)
Pin1	Power Source 5V DC.
Pin2	Humidity Output
Pin3	GND
Pin4	Temp Output $50k\Omega$ (at 25°C)

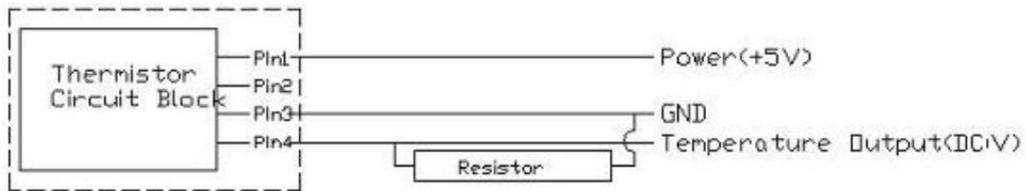
Remark : Please pay attention to the power source and GND polarity position.

4. Typical Applications :

4.1 Pin2 Humidity output (DC:V)



4.2 Pin4 Thermistor output (DC:V)



5. Order Form :

HMZ—433A1 is the module with 2317RJ-04 4 pins(pitch = 2.5 mm) of terminal Connector of voltage output for humidity and temperature output 50K Ω (at 25 $^{\circ}$ C) .

HMZ-433A1 Configure of definition.	
Input Voltage	5V
Humidity Output Voltage	0~3.3V
Temperature Output	50k Ω (at 25 $^{\circ}$ C) .
Terminal Connector	2317RJ-04 , 4pins , (Pitch = 2.5 mm) .
Accuracy	\pm 5%RH(at 25 $^{\circ}$ C , 60%RH, Vin=5.00VDC)
Sensing element (Humidity) :	Humidity sensor " GHITRON HCZ sensor"

ANEXO 3
SENSOR DE TEMPERATURA LM35

LM35

Precision Centigrade Temperature Sensors

General Description

The LM35 series are precision integrated-circuit temperature sensors, whose output voltage is linearly proportional to the Celsius (Centigrade) temperature. The LM35 thus has an advantage over linear temperature sensors calibrated in ° Kelvin, as the user is not required to subtract a large constant voltage from its output to obtain convenient Centigrade scaling. The LM35 does not require any external calibration or trimming to provide typical accuracies of $\pm 1/4^\circ\text{C}$ at room temperature and $\pm 3/4^\circ\text{C}$ over a full -55 to $+150^\circ\text{C}$ temperature range. Low cost is assured by trimming and calibration at the wafer level. The LM35's low output impedance, linear output, and precise inherent calibration make interfacing to readout or control circuitry especially easy. It can be used with single power supplies, or with plus and minus supplies. As it draws only $60\ \mu\text{A}$ from its supply, it has very low self-heating, less than 0.1°C in still air. The LM35 is rated to operate over a -55 to $+150^\circ\text{C}$ temperature range, while the LM35C is rated for a -40 to $+110^\circ\text{C}$ range (-10 with improved accuracy). The LM35 series is available packaged in

hermetic TO-46 transistor packages, while the LM35C, LM35CA, and LM35D are also available in the plastic TO-92 transistor package. The LM35D is also available in an 8-lead surface mount small outline package and a plastic TO-220 package.

Features

- Calibrated directly in ° Celsius (Centigrade)
- Linear + 10.0 mV/°C scale factor
- 0.5°C accuracy guaranteeable (at +25°C)
- Rated for full -55 to $+150^\circ\text{C}$ range
- Suitable for remote applications
- Low cost due to wafer-level trimming
- Operates from 4 to 30 volts
- Less than $60\ \mu\text{A}$ current drain
- Low self-heating, 0.08°C in still air
- Nonlinearity only $\pm 1/4^\circ\text{C}$ typical
- Low impedance output, $0.1\ \Omega$ for 1 mA load

Typical Applications

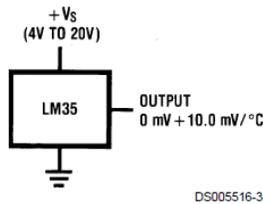
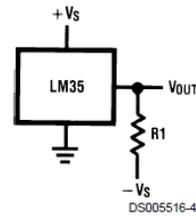


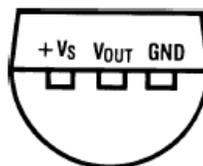
FIGURE 1. Basic Centigrade Temperature Sensor (+2°C to +150°C)



Choose $R_1 = -V_S/50\ \mu\text{A}$
 $V_{\text{OUT}} = +1,500\ \text{mV}$ at $+150^\circ\text{C}$
 $= +250\ \text{mV}$ at $+25^\circ\text{C}$
 $= -550\ \text{mV}$ at -55°C

FIGURE 2. Full-Range Centigrade Temperature Sensor

TO-92 Plastic Package



BOTTOM VIEW
 DS005516-2

**Order Number LM35CZ,
 LM35CAZ or LM35DZ
 See NS Package Number Z03A**

ANEXO 4
RESISTENCIAS ALETADAS

EVERWATT s.r.l.

Via Reggio Emilia 13
20090 Segrate (MI)
Tel. 02/26922944
Tel. 02/26920945
Fax 02/26920970

P. IVA - C.F. 04416310151
E-mail : infoeverwatt@tre-c.it
[http : www.tre-c.it/Everwatt/Index.htm](http://www.tre-c.it/Everwatt/Index.htm)

Riscaldatori alettati per aria

DESCRIZIONE PRODOTTO :

Riscaldatori alettati :

I riscaldatori corazzati per aria vengono realizzati con soluzioni produttive altamente innovative che, attraverso l'impiego di materiali di prima qualità provenienti dai principali mercati mondiali, permettono di ottenere riscaldatori idonei a lavorare in ambienti in cui le condizioni sono particolarmente gravose e impegnative.

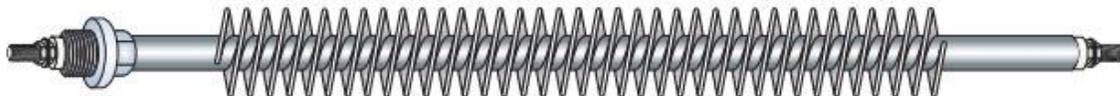
I riscaldatori alettati e le batterie elettriche si adattano a molteplici impieghi, eccone alcuni :

- CLIMATIZZAZIONE
- ALIMENTARE
- BENESSERE e SALUTE
- FERROVIARIO
- ESSICAZIONE/ASCIUGATURA
- AGRICOLTURA
- EDILIZIA
- IMPIANTISTICA

DATI TECNICI

Lunghezza elemento	da mm. 250 a mm. 5300
Materiale struttura	Ferro, AISI 304, AISI 321, AISI 316L, Incoloy
Diametro tubo	mm. 8,2 - mm. 10,3 - mm. 15,4
Diametro alettatura	da mm. 18,5 a mm. 36
Spessore alettatura	mm. 0,4
Dimensione struttura	a richiesta (compatibile con la lunghezza)
Materiale filamento resistivo	Filo Nichel / Cromo
Temperatura di esercizio	da -20 °C a +550 °C
Temperatura sigillante	da -20 °C a +180 °C
Finitura elettrica	Cavi rame/nichel e Perni (da M3 a M8)
Livello protezione contatti	da 0 a IP 65 (ATEX)
Sensori di controllo	Termocoppie, PT100, PT1000, PTC
Dispositivi di controllo	Termostati (fisso/regolabile), Termoregolatori
Alimentazione (Volt)	da V.12 a.c. (mono) a V.400 a.c. (mono/trifase)
Potenza (Watt)	da 0,1 W/cm ² a 7,5 W/cm ² (con aria ventilata)
Certificazioni - Marchi	Norme CENELEC EN 60335-1

RoHS (Dir. 2002/95/CE) Compliant



ANEXO 5
VENTILADOR AXIAL HCT 63-12T-1

HCH HFT HCT

Ventiladores helicoidales murales o tubulares, de gran robustez

Ventiladores helicoidales murales o tubulares, versión PL equipados con hélice de plástico y versión AL equipados con hélice de aluminio.

Ventilador:

- Dirección aire motor-hélice
- Hélices versión PL en poliamida 6 reforzada con fibra de vidrio y versión AL en fundición de aluminio. Los modelos HCT-40-2T y HCT-45-2T sólo en versión AL
- HCH: Aro soporte en chapa de acero
- HFT: Aro soporte en chapa de acero con doble brida y prensaestopas para entrada de cable
- HCT: Envoltorio tubular en chapa de acero con caja de bornes exterior

Motor:

- Motores eficiencia IE-2, excepto potencias inferiores a 0,75 Kw, monofásicos y 2 velocidades.
- Motores clase F, con rodamientos a bolas, protección IP55, excepto modelos monofásicos desde el tamaño 45 hasta el tamaño 56, protección IP54. De 1 ó 2 velocidades según modelo
- Monofásicos 230V.-50Hz., y trifásicos 230/400V.-50Hz.(hasta 5,5C.V.) y 400/690V.-50Hz.(potencias superiores a 5,5C.V.)
- Temperatura de trabajo : -25°C.+ 50°C.

Acabado:

- Anticorrosivo en resina de poliéster polimerizada a 190°C, previo desengrase alcalino y pretratamiento libre de fosfatos.

Bajo demanda:

- Dirección aire hélice-motor.
- Hélices reversibles 100%.
- Bobinados especiales para diferentes tensiones.
- Certificación ATEX Categoría 2



HCH

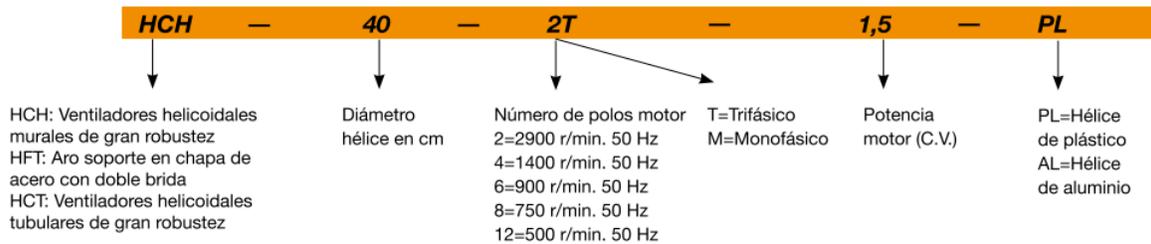


HFT



HCT

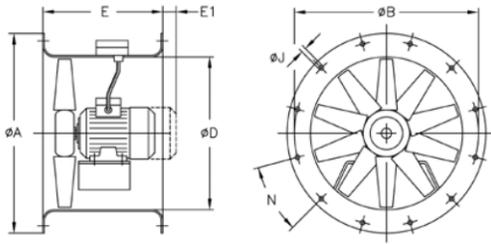
Código de pedido



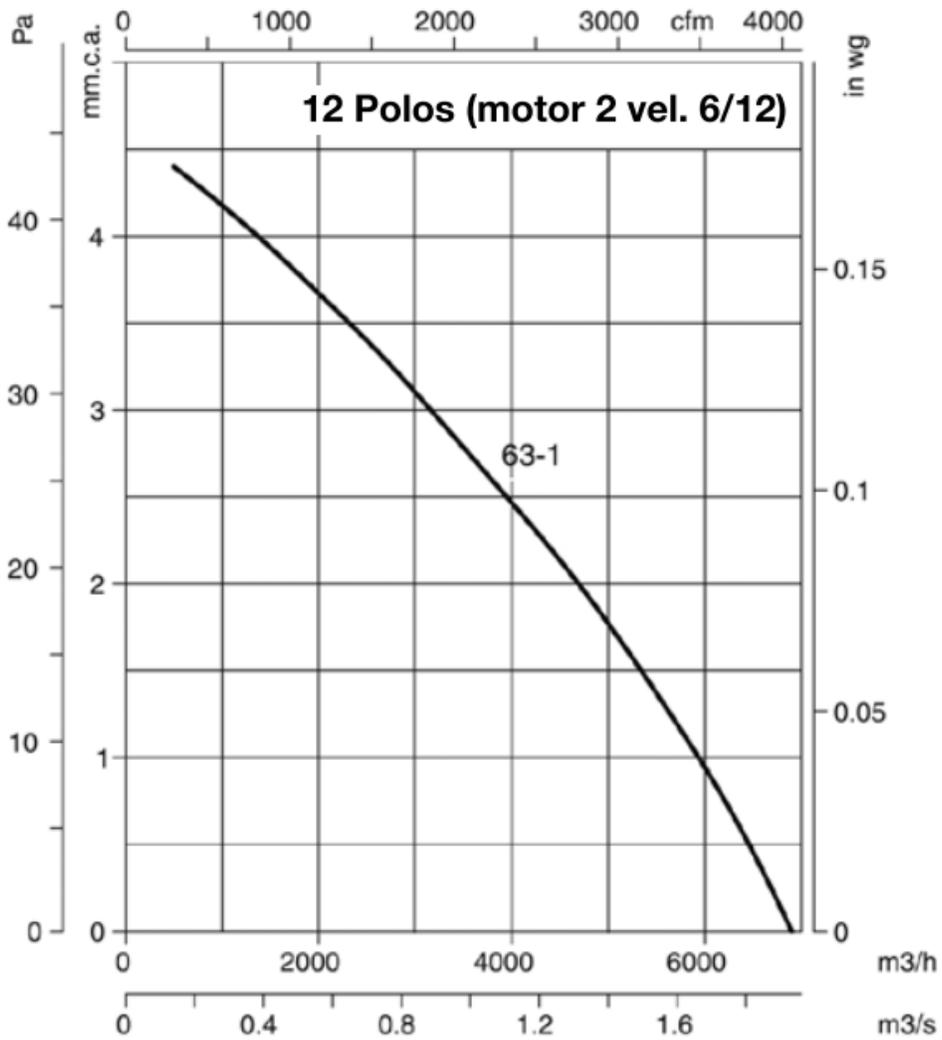
Características técnicas

Modelo	Velocidad (r/min)	Intensidad máxima admisible (A)			Potencia instalada (kW)	Caudal máximo (m³/h)	Nivel presión sonora dB(A)	Peso aprox. (Kg)	
		230V	400V	690V				HCH	HCT
HCH HFT HCT 63-6M-0,5	950	2,80			0,37	12000	64	25	40
HCH HFT HCT 63-6T-0,75	950	2,96	1,71		0,55	12600	65	27	42
HCH HFT HCT 63-6T-1	950	3,91	2,26		0,75	13800	66	33	48
HCH HFT HCT 63-6/12T-1	935/435	-	2,20/0,87		0,75/0,15	13800/6900	66/51	32	47
HCH HFT HCT 71-4T-1,5	1450	5,20	3,00		1,10	19900	78	33	52
HCH HFT HCT 71-4/8T-1,5	1440/710	-	3,15/1,30		1,10/0,25	19900/9950	78/63	32	51
HCH HFT HCT 71-4T-2	1450	6,41	3,70		1,50	21000	79	36	55
HCH HFT HCT 71-4/8T-2	1420/700	-	3,50/1,50		1,50/0,37	21000/10500	79/64	35	54

HCT



Modelo	ØA	ØB	ØD	E	E1	ØJ	N
HCT-25	310	280	240	230	10	10	4x90°
HCT-31	350	320	280	270	-	10	4x90°
HCT-35	425	395	355	280	-	10	8x45°
HCT-40	490	450	410	320	-	12	8x45°
HCT-45	540	500	460	360	-	12	8x45°
HCT-50	600	560	514	360	-	12	12x30°
HCT-56	660	620	560	400	-	12	12x30°
HCT-63	730	690	640	430	-	12	12x30°
HCT-71	810	770	710	500	-	12	16x22°30'
HCT-80	900	860	800	500	-	12	16x22°30'
HCT-90	1015	970	900	500	-	15	16x22°30'
HCT-100	1115	1070	1000	550	-	15	16x22°30'
HCT-100-4T-15	1115	1070	1000	650	-	15	16x22°30'
HCT-100-4T-20	1115	1070	1000	650	-	15	16x22°30'



ANEXO 6
DAQ NI USB-6008



Ventas
México
01 800 010 0793
info.mexico@ni.com

NI USB-6008

DAQ Multifunción de Bajo Costo de 12 Bits, 10 kS/s

- 8 entradas analógicas (12 bits, 10 kS/s)
- 2 salidas analógicas (12 bits a 150 S/s), 12 E/S digitales; contador de 32 bits
- Energizado por bus para una mayor movilidad, conectividad de señal integrada
- La versión OEM está disponible
- Compatible con LabVIEW, LabWindows/CVI y Measurement Studio para Visual Studio .NET
- Software controlador NI-DAQmx y software interactivo NI LabVIEW SignalExpress LE para registro de datos



Información General

El USB-6008 de National Instruments brinda funcionalidad de adquisición de datos básica para aplicaciones como registro de datos simple, medidas portátiles y experimentos académicos de laboratorio. Es accesible para uso de estudiantes, pero lo suficientemente poderoso para aplicaciones de medida más sofisticadas. Utilice el NI USB-6008 que incluye el software registrador de datos para empezar a tomar medidas básicas en minutos o prográmelo usando LabVIEW o C y el software de servicios de medida NI-DAQmx Base para un sistema de medida personalizado.

Para cursos suplementarios con experimentos prácticos sobre teoría de simulación, medidas y automatización, NI desarrolló un Paquete de Estudiante USB-6008 que incluye una copia de LabVIEW Edición de Estudiante. Estos paquetes son exclusivamente para estudiantes, proporcionándoles una herramienta de aprendizaje potente, práctica y a bajo costo. Visite la página de productos académicos de NI para más detalles.

Para un muestreo más rápido, medidas más precisas, soporte para calibración y mayor número de canales, considere los dispositivos de adquisición de datos de alto rendimiento energizados por bus USB, NI USB-6210 y NI USB-6211.

Cada módulo USB de adquisición de datos incluye una copia de NI LabVIEW SignalExpress LE así usted puede adquirir, analizar y presentar datos rápidamente sin programación. Además de LabVIEW SignalExpress, los dispositivos de adquisición de datos por USB son compatibles con las siguientes versiones (o posteriores) de software de aplicación - LabVIEW 7.x, LabWindows™/CVI 7.x o Measurement Studio 7.x. Los módulos USB de adquisición de datos también son compatibles con Visual Studio .NET, C/C++ y Visual Basic 6.

Resumen de Especificaciones

General

Producto	USB-6008
Familia de Productos	DAQ Multifunción
Formato Físico	USB
Número de Parte	779051-01
Sistema Operativo/Objetivo	Linux , Mac OS , Pocket PC , Windows
Familia de Productos DAQ	Serie B
Tipos de Medida	Voltaje
Compatibilidad con RoHS	Sí

Entrada Analógica

Canales	4 , 8
Canales de una sola terminal	8
Canales Diferenciales	4
Resolución	12 bits
Velocidad de Muestreo	10 kS/s
Rendimiento (Todos los Canales)	10 kS/s
Máx. Voltaje de Entrada Analógica	10 V
Rango de Voltaje Máximo	-10 V , 10 V
Precisión Máxima del Rango de Voltaje	138 mV
Rango de Voltaje Mínimo	-1 V , 1 V
Mínima Precisión del Rango de Voltaje	37.5 mV
Número de Rangos	8
Muestreo Simultáneo	No
Resolución	12 bits
Máx. Voltaje de Entrada Analógica	5 V
Rango de Voltaje Máximo	0 V , 5 V

ANEXO 7
UNL2803A



Octal High Voltage, High Current Darlington Transistor Arrays

The eight NPN Darlington connected transistors in this family of arrays are ideally suited for interfacing between low logic level digital circuitry (such as TTL, CMOS or PMOS/NMOS) and the higher current/voltage requirements of lamps, relays, printer hammers or other similar loads for a broad range of computer, industrial, and consumer applications. All devices feature open-collector outputs and free wheeling clamp diodes for transient suppression.

The ULN2803 is designed to be compatible with standard TTL families while the ULN2804 is optimized for 6 to 15 volt high level CMOS or PMOS.

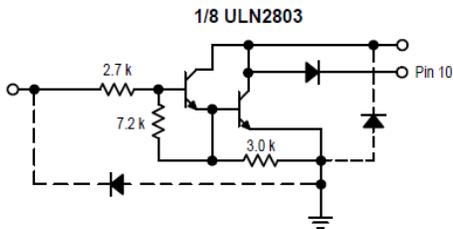
MAXIMUM RATINGS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ and rating apply to any one device in the package, unless otherwise noted.)

Rating	Symbol	Value	Unit
Output Voltage	V_O	50	V
Input Voltage (Except ULN2801)	V_I	30	V
Collector Current – Continuous	I_C	500	mA
Base Current – Continuous	I_B	25	mA
Operating Ambient Temperature Range	T_A	0 to +70	$^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range	T_{stg}	-55 to +150	$^\circ\text{C}$
Junction Temperature	T_J	125	$^\circ\text{C}$

$R_{\theta JA} = 55^\circ\text{C/W}$
Do not exceed maximum current limit per driver.

ORDERING INFORMATION

Device	Characteristics		
	Input Compatibility	$V_{CE(\text{Max})}/I_C(\text{Max})$	Operating Temperature Range
ULN2803A	TTL, 5.0 V CMOS	50 V/500 mA	$T_A = 0 \text{ to } +70^\circ\text{C}$
ULN2804A	6 to 15 V CMOS, PMOS		



Order this document by ULN2803/D

ULN2803 ULN2804

OCTAL PERIPHERAL DRIVER ARRAYS

SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA



A SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 707

PIN CONNECTIONS

