

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL, MONITOREO
Y ADQUISICIÓN DE DATOS VIA INTERNET DE LA CÁMARA DE
CONGELACIÓN EN EL PROCESO DE OBTENCIÓN DEL
EXTRACTO DE FRUTA DE LA FÁBRICA “MIS FRUTALES” EN
LA CIUDAD DE QUITO.**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
ELECTRÓNICA Y CONTROL**

**JUAN PABLO PARRA ESQUIVEL
jpparrae@yahoo.com**

**WILLAN FERMÍN SILVA SÁNCHEZ
wiloinge@hotmail.com**

**DIRECTOR: ING. YADIRA LUCÍA BRAVO NARVÁEZ
yadibravo@yahoo.com**

Quito, Septiembre 2010

DECLARACIÓN

Nosotros, Juan Pablo Parra Esquivel, Willan Fermín Silva Sánchez, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

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

Juan Pablo Parra Esquivel

Willan Fermín Silva Sánchez

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Juan Pablo Parra Esquivel y Willan Fermín Silva Sánchez, bajo mi supervisión.

Ing. Yadira Bravo
DIRECTOR DEL PROYECTO

DEDICATORIA

A mis vecinos

A la señora dueña de casa

A mis amigos

A mi gran familia, verdaderos artífices de mi triunfo académico

A mi ratita

Pero sobre todo a mi Padre Lauro Bolívar, a Mi abuelito Florencio Esquivel, a Mi Abuelita Filomena Palacios y demás seres queridos, que Dios los tenga en su Reino.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar a Dios y a la Virgen de la Nube, por haberme regalado un Ángel tan maravilloso (BOLIVITAR mi Padre), pues me ha cuidado y guiado mi camino. Sin Él y sus ejemplos de perseverancia, constancia y humildad que lo caracterizaban; se me hubiese hecho imposible llegar hasta este punto y haber logrado mis objetivos.

A mi Abuelita *Mamuca*: piedra angular mi Familia; a mi Madre Julita: a la cual debo mi vida y siempre está allí para mí; a mi Hermana Anita Julia; a mis Hermanos Pepe y Pedro por entenderme y tenerme tanta paciencia y en especial por el amor que me han brindado.

A todos y cada uno de los miembros de mi familia por su apoyo, colaboración pero sobre todo por sus palabras y abrazos que me han sabido alentar, pese a la distancia que nos separa.

A la Ing. Yadira Bravo, nuestra directora de tesis, por su guía y consejos.

Al Ing. Humberto Gualavisi, por facilitarnos sus instalaciones.

A mi pana de Tesis William, por el apoyo mutuo que tuvimos para sacar este proyecto adelante.

A aquellos amigos (no los nombro pues afortunadamente son un montón je je je) por los momentos vividos y por apoyarme incondicionalmente cuando más lo necesitaba.

A la Escuela Politécnica Nacional, sus profesores, por permitirme alojar en su establecimiento durante tantos años.

Un agradecimiento a esa personita que desde hace mucho tiempo atrás ha sido mi compañera y amiga estando a mi lado de una manera desinteresada y que ha sido mi bastón de apoyo en las buenas y en las malas, tqm Sory.

A las personas que colaboraron para que este proyecto vea la luz: Gracias Totales...

JUAN PABLO "EXIBOL"

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado en primer lugar a Papito Dios por bendecido con la familia que tengo, gracias por darme salud y vida para seguir adelante.

Luego a mi madrecita María Victoria porque siempre estuvo conmigo apoyándome de alguna manera para que yo pueda seguir adelante.

A mis hermanos para demostrarles que con un poco de sacrificio se puede llegar a cualquier objetivo en la vida.

A los pocos amigos que he cosechado en la Universidad ya que muchas veces fueron mi único apoyo en los momentos más críticos de la Poli y de mi vida familiar. En especial a J.P.Parra.E., porque es una buena persona a pesar de todo.

Por último, y con esto no quiero decir que sea menos importante este trabajo lo dedico a mi Silvy ya que una mujer tan buena y cariñosa como ella ya dejaron de fabricar. Te Amo corazón de melón,

Y ahora a mis cachorros David y la nueva vida que viene en camino les prometo que voy a ser el mejor Padre, Amigo.....Dios les bendiga.

Este espacio lo dejo a un valiente que luchó hasta su último suspiro lo dedico a esa persona generosa, desprendida, alegre a esa persona que hasta el último confío en mi y espero jamás defraudarlo.

Este espacio es para ti.....Roberto Carlos

Te quiero hermanito.....si supieras cuanta falta nos haces.

Willan

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme salud y vida

A mi madre por cuidarme

A mi padre por enseñarme las cosas que jamás debo hacer

A mi familia por haberme apoyado siempre.

A mi Silvy por estar conmigo y aceptarme tal cual como soy

A mis retoños por ser el más hermoso regalo que Dios nos ha dado.

CONTENIDO

RESUMEN	XII
PRESENTACIÓN	XIII
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 PROCESO DE OBTENCIÓN DE PULPA DE FRUTA	1
1.2 FRUTAS	2
1.3 COMPOSICIÓN DE LA FRUTA	2
1.4 PULPA DE FRUTA	2
1.5 OBTENCIÓN Y CONSERVACIÓN DE PULPAS	2
1.6 PRE-PROCESO	3
1.7 PROCESO DE OBTENCIÓN DE PULPA DE FRUTA	4
1.7.1 RECEPCIÓN DE MATERIA PRIMA	6
1.7.2 RESERVAS	7
1.7.3 PRELAVADO Y DESINFECTADO	8
1.7.4 LAVADO.....	9
1.7.5 PASTEURIZACIÓN EN MARMITA	9
1.7.6 DESPULPADO.....	10
1.7.7 EMPACADO.....	12
1.7.8 CONTROL DE CALIDAD	13
1.7.9 ALMACENAMIENTO.....	14
1.7.10 DISTRIBUCIÓN	15
1.8 CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS.....	15
1.9 CONSERVACIÓN MEDIANTE REFRIGERACIÓN	16
1.10 MÉTODOS DE CONGELACIÓN.....	17
1.11 EQUIPOS DE CONGELACIÓN UTILIZADOS EN LA PROCESADORA MIS FRUTALES.	18
1.12 DESCRIPCIÓN FÍSICA DE LA CÁMARA DE CONGELACIÓN DE QUITO	20
1.13 COMPONENTES DE LA CÁMARA DE CONGELACIÓN	21
1.14 EVAPORADOR	23
1.15 UNIDAD CONDENSADORA	23
1.15.1 COMPRESOR.....	24
1.15.2 CONDENSADOR.....	25
1.16 FILTROS DESHIDRATADORES	25
1.17 INDICADORES DE LÍQUIDO - HUMEDAD	26
1.18 VÁLVULAS DE SOLENOIDE	27
1.19 CONTROLADOR DE FLUJO REFRIGERANTE	27
1.20 TUBERÍA DE SUCCIÓN Y DESCARGA	28
1.21 REFRIGERANTE.....	29
1.22 PRESOSTATO DE ALTA Y BAJA PRESIÓN	30
1.23 TERMISTOR (NTC.- NEGATIVE TEMPERATURE COEFFICIENT)	31
1.24 SISTEMA DE DESCARCHADO	32
DISEÑO DE PLACAS ELECTRÓNICAS	34
2.1 SISTEMA DE CONTROL DE LA CÁMARA DE CONGELACIÓN	34
2.2 CONTROL ARRANQUE-PARADA DEL CICLO DE CONGELACIÓN	34
2.3 CONTROL DE ARRANQUE-PARADA DEL CICLO DE DESCARCHADO	35
2.4 ARQUITECTURA DEL SISTEMA DE CONTROL.....	38
2.5 NIVEL 1: MEDICIÓN Y CONTROL BÁSICO.....	39
2.5.1 INSTRUMENTACIÓN EN EL COMPRESOR(C-CCQ-01).....	39
2.5.2 INSTRUMENTACIÓN EN LA CÁMARA DE REFRIGERACIÓN.....	40
2.5.3 INSTRUMENTACIÓN EN EL EVAPORADOR.....	40
2.6 NIVEL 2: CONTROL DE PROCESOS	40
2.6.1 CIRCUITO DE CONTROL PRINCIPAL (TC-CCQ-01)	42
2.6.1.1 Filtro de Picos de Corriente y Voltaje.....	45

2.6.1.2	Fuente de Alimentación	47
2.6.1.3	Circuito de Comunicación	49
2.6.1.4	Teclado.....	52
2.6.1.5	Display de Cristal Líquido, LCD	54
2.6.1.6	Circuito de Señales Discretas	55
2.6.2	TARJETA DE RELÉS (TC-CCQ-02).....	59
2.6.3	ACONDICIONADOR DE TEMPERATURA (TC-CCQ-03).....	61
2.6.4	CARGADOR DE BATERÍAS (TC-CCQ-04).....	68
2.7	NIVEL 3: SUPERVISIÓN Y CONTROL.....	71
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA PÁGINA ELECTRÓNICA.....		72
3.1	INTRODUCCIÓN	72
3.2	NIVEL 3: SUPERVISIÓN Y CONTROL.....	72
3.2.1	HARDWARE:	72
3.2.2	SOFTWARE:.....	73
3.2.3	DIRECCIÓN IP PÚBLICA:	73
3.3	ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE PANTALLAS GRÁFICAS.....	75
3.3.1	ORGANIZACIÓN DE LAS PANTALLAS	75
3.3.2	ÁREA DE ALARMAS.....	76
3.3.3	PANTALLA DE REPORTE E HISTÓRICOS.....	77
3.3.4	ÁREA DE ADQUISICIÓN Y ENVÍO DE VALORES DE REFERENCIA	78
3.3.5	NAVEGACIÓN	81
3.3.6	SÍMBOLOS DINÁMICOS.....	81
3.4	SEÑALES DIGITALES.....	81
3.5	SEÑALES ANÁLOGAS	82
3.6	RESUMEN DE ALARMAS	82
3.7	ARCHIVO EJECUTABLE DE LABVIEW PARA FUNCIONAR COMO SERVIDOR.....	83
PRUEBAS, RESULTADOS Y CÁLCULO DE ERRORES		87
4.1	INTRODUCCIÓN	87
4.2	PANEL DE CONTROL, LP-CCQ-01.....	87
4.2.1	ANÁLISIS DE CARGAS.....	88
4.2.2	ASPECTOS TÉCNICOS	89
4.2.3	CONDUCTORES.....	89
4.2.4	DIMENSIONAMIENTO DE CABLES.....	90
4.2.5	DIMENSIONAMIENTO DE LOS CIRCUITOS DERIVADOS	91
4.2.6	PROTECCIÓN TÉRMICA.....	94
4.2.7	DIMENSIONAMIENTO DEL ALIMENTADOR PRINCIPAL.....	95
4.2.8	PROTECCIÓN DEL ALIMENTADOR PRINCIPAL.....	96
4.3	MONTAJE DE EQUIPO.....	98
4.4	RESULTADOS CON PAGINA WEB	101
4.5	ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO.....	104
4.5.1	Equipos de control similares.....	104
4.5.2	Lista de Materiales.....	106
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		108
5.1	CONCLUSIONES	108
5.2	RECOMENDACIONES	109
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		112
ANEXOS.....		116
ANEXO 1: DIAGRAMAS DE LAS TARJETAS ELECTRÓNICAS.		117
ANEXO 2: DIAGRAMAS DE CONTROL Y FUERZA DEL SISTEMA DE CONGELACIÓN.		118
ANEXO 3: ESPECIFICACIONES DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS.....		119
ANEXO 4: CÁLCULOS.....		120

ÍNDICE DE FIGURAS

PROCESO DE OBTENCIÓN DE PULPA DE FRUTA.

FIGURA 1.1: PROCESO DE OBTENCIÓN DE PULPA DE FRUTA.	5
FIGURA 1.2: FRUTAS QUE SUPERARON LA ETAPA DE CLASIFICACIÓN.	6
FIGURA 1.3: ALMACENAMIENTO DE GUANÁBANA PELADA DESDE EL PRODUCTOR.	7
FIGURA 1.4: CONTENEDORES DE ALMACENAMIENTO Y RESERVA.	7
FIGURA 1.5: TANQUES DE PRELAVADO Y DESINFECCIÓN.	8
FIGURA 1.6: BANDEJA DE LAVADO.	9
FIGURA 1.7: MARMITA.	10
FIGURA 1.8: DESPULPADORA HORIZONTAL.	11
FIGURA 1.9: EMPACADOR DE PULPA DE FRUTA.	12
FIGURA 1.10: BOLSAS DE PULPA DE FRUTA DE 1000 GR. Y 100 GR.	13
FIGURA 1.11: BALANZAS DE PESAJE DE LOS EMPAQUES DE PULPA DE FRUTA.	14
FIGURA 1.12: BANDEJAS DE TRANSPORTE.	14
FIGURA 1.13: TÚNEL DE ENFRIAMIENTO.	15
FIGURA 1.14: CÁMARA DE CONGELACIÓN RÁPIDA POR CHORRO DE AIRE.	29
FIGURA 1.15: CONTENEDOR DE FRUTA DE RESERVA Y DE PULPA.	20
FIGURA 1.16: DIAGRAMA TÍPICO DE UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.	22
FIGURA 1.17: EVAPORADOR.	23
FIGURA 1.18: UNIDAD CONDENSADORA.	24
FIGURA 1.19: FILTRO DESHIDRATADOR.	26
FIGURA 1.20: INDICADORES HERMÉTICOS DE LÍQUIDO Y HUMEDAD.	26
FIGURA 1.21: VÁLVULA DE SOLENOIDE DE DOS VÍAS, NORMALMENTE CERRADA.	27
FIGURA 1.22: PARTES PRINCIPALES DE UNA VÁLVULA TERMOSTÁTICA DE EXPANSIÓN.	28
FIGURA 1.23: PRESOSTATO DE ALTA Y BAJA.	30
FIGURA 1.24: COMPONENTES DE UN NTC.	32
FIGURA 1.25: RESISTENCIA DE DESHIELO, PARTE POSTERIOR DEL EVAPORADOR.	32

DISEÑO DE PLACAS ELECTRÓNICAS.

FIGURA 2.1: Ciclo de Descarchado.	36
FIGURA 2.2: Microcontrolador PIC 16F877A.	43
FIGURA 2.3: Distribución de pines del PIC16F877A.	44
FIGURA 2.4: Configuración de pines.	45
FIGURA 2.5: Circuito de Filtrado.	47
FIGURA 2.6: Configuración del Regulador de voltaje.	48
FIGURA 2.7: Conexión serial RS-232.	50
FIGURA 2.8: MAX-232.	51
FIGURA 2.9: Conexión del Max 232.	51
FIGURA 2.10: Teclado Alfanumérico Matricial.	52
FIGURA 2.11: Distribución de Filas y Columnas.	52
FIGURA 2.12: Conexión del Teclado.	53
FIGURA 2.13: Display de Cristal Líquido.	54
FIGURA 2.14: Configuración del LCD.	55
FIGURA 2.15: Señal de Presión Acondicionada hacia el PIC.	56
FIGURA 2.16: Señal detectora de Fase A.	56
FIGURA 2.17: Opto- transistor (integrado 4N35).	58
FIGURA 2.18: Configuración del Relé.	60
FIGURA 2.19: Forma física de un sensor de temperatura NTC.	61
FIGURA 2.21: Circuito de acondicionamiento de la NTC.	62
FIGURA 2.22: Linealización de una NTC.	63
FIGURA 2.23: Circuito Cargador de Baterías.	69
FIGURA 2.24: Bornera con líneas de Alimentación; a.- Salida Vdc y b.- Entrada Vac.	70

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE PÁGINA ELECTRÓNICA.

FIGURA 3.1: Cable modem motorola SB5100.	74
FIGURA 3.2: Parámetros de red para el computador servidor.	74
FIGURA 3.3: Pantalla inicial.	75
FIGURA 3.4: Diagrama de bloques para comunicación serial.	76

FIGURA 3.5: Diagrama de bloques para salidas digitales.	77
FIGURA 3.6: Diagrama de bloques de la tabla para adquisición de datos.	77
FIGURA 3.7: Tabla de adquisición de datos.	78
FIGURA 3.8: Adquisición y envío de datos.	79
FIGURA 3.9: Diagrama de bloques del sistema de adquisición y envío set - points.	79
FIGURA 3.10: Panel Frontal para escritura de clave de ingreso.	80
FIGURA 3.11: Diagrama de bloques de para escritura de clave de ingreso.	80
FIGURA 3.12: Publicación de la aplicación VI con Web Server.	83
FIGURA 3.13: Adquisición de archivos con el explorador de proyectos.	84
FIGURA 3.14: Construcción de archivo ejecutable.	85
FIGURA 3.15: Archivos generados en el computador servidor.	85
FIGURA 3.16: Modificación del archivo .ini	86

PRUEBAS, RESULTADOS Y CÁLCULO DE ERRORES

FIGURA 4.1: Ubicación de equipos de fuerza.	99
FIGURA 4.2: Ubicación de tarjetas de control y equipos de fuerza.	100
FIGURA 4.3: Elementos de señalización: teclado y LCD.	100
FIGURA 4.4: Página web principal desplegada en internet.	101
FIGURA 4.5: Solicitud para control del cliente.	102
FIGURA 4.6: Clave de acceso.	102
FIGURA 4.7: Página para cambiar valores del set - point.	103
FIGURA 4.8: Página donde se muestra valores de historiales.	104

ÍNDICE DE TABLAS

PROCESO DE OBTENCIÓN DE PULPA DE FRUTA.

DISEÑO DE PLACAS ELECTRÓNICAS.

TABLA 2.1: Descripción de pines del PIC 16F877A.	46
TABLA 2.2: Descripción de pines de los módulos LCD.	54
TABLA 2.3: Características eléctricas del 4N35.	59
TABLA 2.4: Características del termistor NTC.	61
TABLA 2.5: Descripción de pines del PIC 16F876A.	64

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE PÁGINA ELECTRÓNICA.

TABLA 3.1: Estándar de señales digitales.	81
TABLA 3.2: Estándar de señales análogas.	82

PRUEBAS, RESULTADOS Y CÁLCULO DE ERRORES.

TABLA 4.1: Circuitos de fuerza de la cámara de congelación.	88
TABLA 4.2: Constantes para cálculo de corriente a plena carga.	91
TABLA 4.3: Constantes para calculo de caída de voltaje de tensión.	93
TABLA 4.4: Tabla comparativa de equipos.	93
TABLA 4.5: Elementos utilizados para las placas de control.	93
TABLA 4.6: Elementos utilizados para las placas de control.	93
TABLA 4.7: Elementos utilizados para control de fuerza.	93

RESUMEN

El presente proyecto tiene la finalidad de implementar un sistema de control, monitoreo y adquisición de datos de una cámara de congelación de pulpa de fruta para luego esta información ser publicada en una página web, utilizando para el efecto un PIC ya que posee las herramientas básicas necesarias para desarrollar un sistema de control de este nivel.

La arquitectura de control se basa en tres niveles de operación; siendo el primero, el encargado de la medición y control; el segundo, encargado del control del proceso y el último encargado de la supervisión y control.

Para el efecto antes señalado se ha construido un tablero de control que está constituido por dos fases claramente diferenciables; la primera se trata de los elementos de potencia los cuales están directamente enlazados con el circuito del sistema de congelación, y la segunda son los elementos de control que de acuerdo a las necesidades propias de la cámara de congelación serán los encargados de proporcionar los comandos necesarios para el correcto funcionamiento de los elementos de potencia, tiene además equipos para trabajo local.

Con el fin de conocer en cualquier momento la operación de la cámara, el sistema cuenta con una página web que será también la encargada de controlar al sistema de congelación.

PRESENTACIÓN

La conservación de alimentos hoy en día tiene una importancia trascendental para la vida de todos los seres humanos ya que solo de esta manera no se podrá desperdiciar recursos en generar alimentos frescos que luego de cierto tiempo se echan a perder; de todos los métodos de conservación, la congelación ha probado ser la manera menos dañina de mantención de alimentos ya que alarga el tiempo de vida de los productos sin afectar en gran manera sus cualidades específicas.

El presente proyecto tiene como fin desarrollar un sistema de control capaz de controlar tanto la temperatura, dentro la cámara de congelación, el descarchado o deshielo para poder eliminar la humedad dentro de la misma cámara y por ultimo busca brindar protección al corazón del circuito de congelación que es el compresor ante las fluctuaciones de energía.

Además, se presenta una página web que será un medio de control a distancia de la cámara cuando por algún motivo los operarios no se encuentren junto a esta.

CAPÍTULO 1

PROCESO DE OBTENCIÓN DE PULPA DE FRUTA

INTRODUCCIÓN

1.1 PROCESO DE OBTENCIÓN DE PULPA DE FRUTA

La empresa “MIS FRUTALES”, ubicada en la población de San Luis en el kilómetro 8 de la vía Riobamba - Macas en la provincia de Chimborazo; es la encargada de producir pulpa de frutas, entendiéndose por pulpa: la parte mollar, blanda y fácil de partir¹. En la industria conservera la pulpa se define como la fruta fresca pelada, deshuesada y triturada.

Dicha empresa procesa: frutilla (*Fragaria chiloensis*L.), guanábana (*Annonamuricata.*), papaya (*Carica papaya*), naranja (*Citriussinensis*), tomate de árbol (*Cyphomandrabetacea*), manzana (*Malus domestica*), guayaba (*Psidiumguava.*), mora (*Rubusfruticonsus*), piña (*Ananascomosusl*) y tamarindo (*Tamarindos indica.*) entre otras para producir pulpa de esas frutas².

La fruta de clima tropical, para el proceso, es adquirida en los campos de las provincias de la costa ecuatoriana; por ejemplo Guayas, Los Ríos, Santo Domingo de los Tsáchilas y aquellas frutas de clima templado se las adquiere en el Callejón Interandino en provincias como Tungurahua, Chimborazo, etc. La variedad y calidad de la materia prima va a depender de si los frutos cosechados son de temporada o si no lo son, estas deben ser almacenadas de la mejor manera para que conserven todas sus propiedades.

Las condiciones operacionales dentro del establecimiento de producción y las mejores maneras de manipulación de la materia prima se rigen bajo las buenas prácticas de fabricación (BPF)³, que procedimientos que sirven para mantener bajo control la producción, la higiene, etc. de los alimentos.

¹“APORTE DE ESTUDIANTES DE TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS PARA UN MANUAL DE CALIDAD EN LA PRODUCCIÓN DE PULPA DE FRUTAS”, Revista de la Facultad de Farmacia Vol. 43 2002

² “INFOJARDIN”, Fichas de frutas, árboles frutales y frutos secos nombre científico.

³“CÓDIGO INTERNACIONAL DE PRÁCTICAS RECOMENDADO-PRINCIPIOS GENERALES DE HIGIENE DE LOS ALIMENTOS”, CAC/RCP 1-1969, REV 4 (2003).

1.2 FRUTAS

La fruta es el conjunto de frutos comestibles que se obtienen de plantas cultivadas o silvestres, pero a diferencia de los otros alimentos vegetales (hortalizas y cereales) las frutas poseen un sabor y aroma intensos; presentan unas propiedades nutritivas diferentes, por ello la fruta suele tomarse como postre, fresca o cocinada. Conviene comerlas cuando están maduras.

1.3 COMPOSICIÓN DE LA FRUTA

La composición química de las frutas depende sobre todo del tipo de fruta y de su grado de maduración.

- Agua; Glúcidos; Fibra; Vitaminas; Sales minerales; Valor calórico; Proteínas y grasas; Aromas y pigmentos son los elementos principales que las componen.

1.4 PULPA DE FRUTA

Es el producto pastoso, no diluido, ni concentrado, ni fermentado, obtenido por la desintegración y tamizado de la fracción comestible de frutas frescas, sanas, maduras y limpias. De acuerdo a la Norma CODEX ALIMENTARIOUS, “La pulpa de fruta no se destina generalmente al consumo directo. Es una pasta de fruta fresca cocida ligeramente al vapor y colada, con o sin conservantes añadidos.”⁴

1.5 OBTENCIÓN Y CONSERVACIÓN DE PULPAS

La obtención de pulpas es un renglón de la economía que está muy competido por medianos y pequeños empresarios, uno de los mayores problemas es la falta

⁴ “CODEX STAN 192-1995” – ANEXO - 04.1.2.8 Preparados a base de fruta, incluida la pulpa, los purés, los revestimientos de fruta y la leche de coco

de materias primas de adecuada calidad para responder a los pedidos del mercado interno y de exportación.

La fruta cultivada se prefiere que sea de una variedad tal, que reúna ciertas características ventajosas para la empresa productora de pulpas. Las operaciones necesarias para la separación de las pulpas dependerán de las características de las cáscaras, las semillas, la manera como están adheridas la semilla y la pulpa o la sensibilidad de la pulpa al exponerse al medio ambiente.

El objetivo central de una empresa productora de pulpas es lograr obtener pulpas que cambien lo menos posible sus características sensoriales, sanitarias y nutricionales, es decir que sean lo más parecidas a las pulpas recién obtenidas de las frutas frescas.

Otro factor importante que deben poseer las frutas es la estabilidad de su pulpa a las condiciones ambientales y a las operaciones de conservación. Puede presentarse la situación que la pulpa fácilmente cambie de color cuando se abre la fruta, como es el caso de la manzana o el banano. Si es inevitable este fenómeno habrá necesidad de contrarrestarlo mediante tratamientos térmicos o químicos.

1.6 PRE-PROCESO

El éxito en la obtención de pulpas de alta calidad comienza con el preproceso, que consiste en los pasos previos a la llegada de la fruta a la procesadora; el preproceso de la materia prima va a depender de las siguientes características de las frutas:

- El grado de madurez que la fruta debe alcanzar en el momento de ser retirada de la planta. La fruta pintona ofrece más resistencia a sufrir heridas y aguanta más un transporte brusco. Tal es el caso de la guanábana o la papaya. El inconveniente es que no todas las frutas una vez retiradas de la planta logran madurar, como sucede con la mora.

- La delicadeza con que se realice la cosecha; el cuidado en el desprendimiento de la fruta de la rama es crítico; se debe cortarlas dejando un pequeño pedúnculo unido a la fruta para evitar pudriciones por el sitio de unión.
- La hora que se decida para cosechar, la temperatura baja de la madrugada en que se puede realizar la cosecha, evita acelerar los procesos de respiración, de prematura maduración y deterioro de la fruta. Mejor aún es refrigerarlas inmediatamente se ha cosechado o viajar cuando la temperatura ambiente es baja, por ejemplo en la noche.
- Las condiciones en que permanezca antes de salir del sitio del cultivo; las frutas deben ser empacadas con mucho cuidado y evitar recipientes muy grandes donde las que se hallan en la parte inferior sufran deterioro por la sobre presión del peso de las demás frutas.
- Las condiciones del transporte y su duración; una alternativa económica es la refrigeración de todo un camión de frutas hasta su llegada a los centros de comercialización. Esta posibilidad no es frecuente pero hay que aprovecharla cuando exista.

1.7 PROCESO DE OBTENCIÓN DE PULPA DE FRUTA

El proceso de obtención de pulpa de fruta se resume en la figura 1.1

Cabe recordar que el recinto donde se trabaja para la obtención de la pulpa de fruta debe de ser un lugar en donde las condiciones de higiene sean las mejores para así garantizar que el producto obtenido sea libre de cualquier elemento que pueda atentar con la salud de los consumidores.

Es necesario además identificar todos los lugares del proceso que puedan generar un riesgo elevado de contaminación y buscar las soluciones necesarias para reducir al mínimo dicho riesgo.

Hay que poner mucho cuidado:

- En los niveles de contaminación del aire, del agua, del suelo, de los fertilizantes, de los plaguicidas o cualquier otro agente utilizado en la elaboración del producto
- Controlar la salud de las plantas productoras para así evitar que sus frutos no atenten con la salud de los seres humanos.
- Luego de la elaboración del producto final se debe almacenar la pulpa de tal manera que se evite la contaminación de cualquier agente patógeno externo.

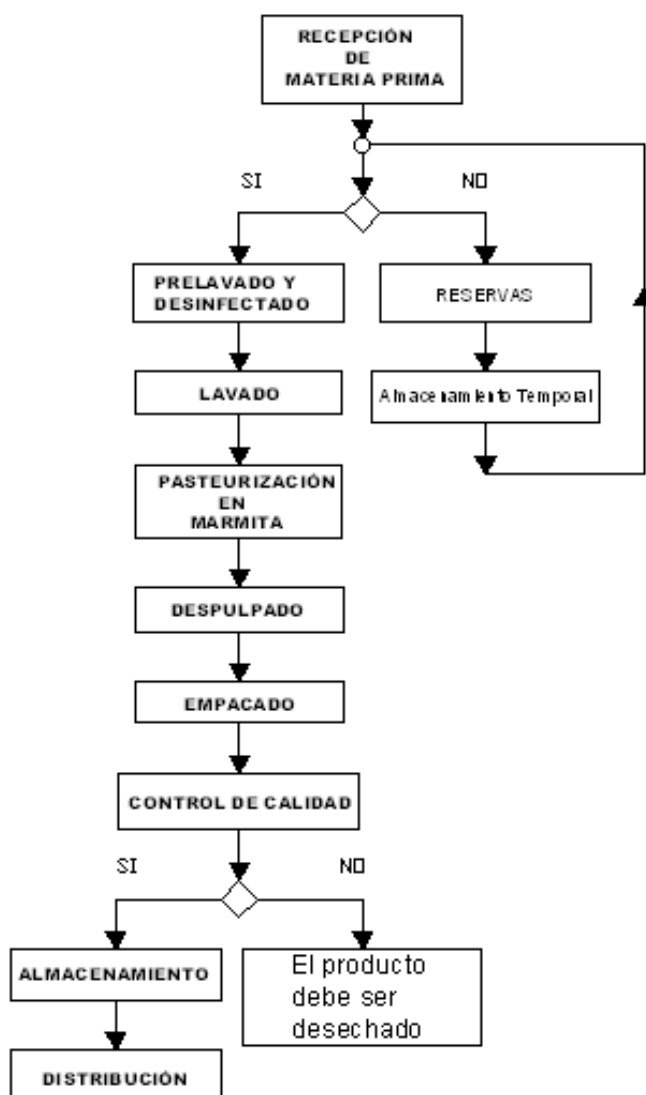


FIGURA 1.1: Proceso de obtención de pulpa de fruta.

A continuación se detalla cada una de las etapas del proceso de obtención de pulpa de fruta, siendo la producción diaria de la planta de aproximadamente 600 Kg.

1.7.1 RECEPCIÓN DE MATERIA PRIMA.

La fruta que es recibida por la planta debe pasar por las siguientes sub-etapas:

- **PESADO:** Permite conocer con exactitud la cantidad de materia prima que entrega el proveedor y a partir de esta cantidad se podrá conocer los porcentajes de la calidad de fruta que este suministra.
- **SELECCIÓN:** El fruto recolectado debe ser sometido a un proceso de selección, ya que la calidad de la pulpa dependerá de la fruta; en este punto se eliminan por ejemplo a aquellas frutas en estado de podredumbre.
- **CLASIFICACIÓN:** Permite separar entre las frutas que pasaron la selección, aquellas que están listas para proceso, en razón de su grado de madurez y las verdes o aún pintonas que deben ser almacenadas. Ver figura 1.2



FIGURA 1.2: Frutas que superaron la etapa de clasificación.

1.7.2 RESERVAS

Luego de haber sido evaluada la fruta en la etapa de recepción, puede ocurrir que exista una cantidad de materia prima que no puede ser procesada en esos momentos o por otro lado existen ciertas frutas que se las obtiene en determinadas épocas del año lo que ocasionaría que sus precios en los meses en donde no se produce tal fruta, por ejemplo la guanábana, se disparen generando pérdidas para la extractora; debido a esta situación la planta en épocas de cosecha de estas frutas almacena una cantidad extra; como se puede ver en la figura 1.3



FIGURA 1.3: Almacenamiento de guanábana pelada desde el productor.

La fruta de reserva sea esta de exceso o de temporada es almacenada en contenedores como los que se ve en la figura 1.4, Actualmente se encuentran en funcionamiento dos de estos contenedores, desde hace 3 años estos equipos no han presentado inconvenientes de trabajo.



FIGURA 1.4: Contenedores de almacenamiento y reserva.

1.7.3 PRELAVADO Y DESINFECTADO

El propósito de esta etapa es disminuir al máximo la contaminación de microorganismos que naturalmente trae en su cáscara la fruta, para evitar altos recuentos en la pulpa final, con demérito de su calidad y peligro de fermentación en la cadena de distribución o en manos del consumidor final.

El prelavado se efectúa sumergiendo la materia prima en agua pura en los tanques que se pueden ver en la figura 1.5. El objetivo es retirar toda mugre o tierra que contamine la superficie de las frutas y así disminuir la necesidad de desinfectante en el paso siguiente.



FIGURA 1.5: Tanques de prelavado y desinfección.

Una vez higienizada la materia prima, se procede a desinfectar las frutas que se hallan en gavetas. Estas se sumergen en una solución desinfectante, las sustancias desinfectantes que se emplea en la fábrica son a base de cloro, este elemento no afecta a la calidad de la fruta, el tiempo que reside la fruta en estos tanques es de 5 a 10 minutos, dependiendo de las características de las frutas y estado de suciedad de las mismas.

La solución de cloro puede tener una concentración de 50 mg/kg. La rotación sugerida es de tres lotes; es decir, que si hay un tanque de hipoclorito fresco de 50 ppm, se puede sumergir un lote de cestillos con fruta, dejarlo el tiempo escogido y retirarlo. Introducir otro lote de cestillos y así repetir por tres lotes.

El indicador de si la solución desinfectante aún sirve es determinar que el líquido posea el olor característico de cloro y que esta no se halle muy sucia a simple vista.

1.7.4 LAVADO

A la fruta desinfectada se le debe retirar los residuos de desinfectante y microorganismos mediante lavado con agua potable, previamente calentada hasta una temperatura de 80°C. Esta agua es transportada por aspersión hasta la bandeja que se puede ver en la figura 1.6, el agua corre y es renovada constantemente. No es conveniente enjuagar la fruta sumergiéndola en tanques de agua, ya que la misma estará más contaminada, cada vez que se coloquen más materia prima para su lavado.



FIGURA 1.6: Bandeja de lavado.

1.7.5 PASTEURIZACIÓN EN MARMITA

En la factoría, la pasteurización se efectúa por inmersión de las frutas en una marmita de doble chaqueta, ver figura 1.7, con agua caliente. Esta operación se realiza a presión atmosférica.



FIGURA 1.7: Marmita.

Consiste en someter a la fruta a un calentamiento corto y posterior enfriamiento con el fin de ablandarla y con esto aumentar el rendimiento de pulpa; reducir aún más la carga microbiana que todavía permanece sobre esta y también inactivar enzimas que producen cambios indeseables de apariencia, color, aroma, y sabor en la pulpa, aunque pueda estar conservada bajo congelación. El tiempo promedio que se somete a las frutas es de aproximadamente 5 minutos tomando en cuenta que este tiempo depende del tipo de fruta, por ejemplo:

- La mora, permanece un tiempo de 2 minutos
- La naranja, está un tiempo aproximado de 10 minutos

Otras frutas como: el arazá y el maracuyá por su naturaleza semilíquidas; la papaya, la piña y el coco no pasan por este proceso pues se perdería de manera grande sus propiedades frutales.

1.7.6 DESPULPADO.

El despulpado va a depender del tipo de fruta.

Corte: Algunas frutas como el maracuyá debe ser cortada para extraer su masa interior antes de separar la pulpa, se realizan en forma manual con la ayuda de cuchillos.

Pelado: A otras frutas hay necesidad de retirarles la cáscara como a la guanábana y papaya, por su incompatibilidad de color, textura o sabor al mezclarla con la pulpa. Esta operación se efectúa de manera manual.

Despulpado: Es la operación en la que se logra la separación de la pulpa de los demás residuos como las semillas, cáscaras y otros. El principio en que se basa es el de hacer pasar la pulpa-semilla a través de una malla. Esto se logra por el impulso que comunica a la masa pulpa-semilla, un conjunto de 4 paletas unidas a un eje que gira a velocidad fija, ver figura 1.8. La fuerza centrífuga de giro de las paletas lleva a la masa contra la malla y allí es arrastrada logrando que el fluido pase a través de los orificios la malla. Es el mismo efecto que se logra cuando se pasa por un colador una mezcla de pulpa-semilla que antes ha sido licuada. Aquí las mallas son el colador y las paletas es la cuchara que repasa la pulpa-semilla contra la malla del colador.

La máquina despulpadora es de tipo horizontal; con cortadoras y refinadoras incorporadas; accionada por un motor de 3 hp. Las piezas de la máquina que entran en contacto con la fruta son en acero inoxidable. Las paletas son metálicas.



FIGURA 1.8: Despulpadora horizontal.

El proceso de despulpado se inicia introduciendo la fruta entera en la despulpadora. Solo algunas frutas, como la mora, guayaba o fresa, permiten esta adición directa. Las demás exigen procesos como: pelar (guanábana), cortar y separar la pulpa-semilla de la cáscara (maracuyá). Ablandamiento por escaldado (tomate de árbol).

La máquina arroja por un orificio los residuos como semilla, cáscaras y otros materiales duros que no pudieron pasar por entre los orificios de la malla. Los residuos pueden salir impregnados aún de pulpa, por lo que se acostumbra a repasar estos residuos. Esto se ve cuando el nuevo residuo sale más seco y se aumenta la cantidad de pulpa.

1.7.7 EMPACADO.

Las pulpas ya obtenidas deben ser aisladas del medio ambiente a fin de mantener sus características hasta el momento de su empleo. Esto se logra mediante su empacado con el mínimo de aire, en recipientes adecuados y compatibles con las pulpas. El equipo de la figura 1.9 es el encargado de realizar este trabajo.



FIGURA 1.9: Empacador de pulpa de fruta.

La fábrica de pulpas emplea plásticos en forma de bolsas para su distribución y busca además darle vistosidad, economía y funcionalidad a estos empaques. Actualmente emplea empaques con capacidades de 1000 gr., y 100 gr. En la figura 1.10 se puede apreciar alguna de estas presentaciones.



FIGURA 1.10: Bolsas de pulpa de fruta de 1000 gr. y 100 gr.

La presentación en 500 gr., está próximo a ser lanzada, esto depende de la demanda del producto.

1.7.8 CONTROL DE CALIDAD

El objetivo de esta etapa se centra en dos puntos principales:

- Tomar al azar varias de las fundas que van saliendo de la empacadora llevándolas a unas balanzas electrónicas, las cuales indican el valor real del producto contenido en estas fundas para que en el caso de existir algún error en el peso, se toman las debidas rectificaciones.
- Luego del mismo modo a la salida de la empacadora; figura 1.11, se toman varias muestras de producto que posteriormente serán analizados con el fin de determinar la calidad del producto, los laboratorios que realizan ese trabajo son los de la Escuela Politécnica del Chimborazo y el Ministerio de Salud Pública del Ecuador.



FIGURA 1.11: Balanzas de pesaje de los empaques de pulpa de fruta.

1.7.9 ALMACENAMIENTO

Una vez que el producto se encuentra empacado, se lo coloca en las bandejas que se pueden observar en la figura 1.12 para ser ingresadas al túnel de enfriamiento, desde este punto da inicio la cadena de frío⁵, que terminará con la llegada del producto al consumidor final.



FIGURA 1.12: Bandejas de transporte.

⁵“CÓDIGO INTERNACIONAL RECOMENDADO DE PRÁCTICAS PARA LA ELABORACIÓN Y MANIPULACIÓN DE LOS ALIMENTOS CONGELADOS RÁPIDAMENTE”, CAC/RCP8-1976

El túnel de enfriamiento de la figura 1.13 a diferencia de las cámaras de enfriamiento, conducen a los productos almacenados en su interior a temperaturas muy bajas de aproximadamente $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ en pocas horas.



FIGURA 1.13: Túnel de enfriamiento.

1.7.10 DISTRIBUCIÓN

La pulpa de fruta congelada es transportada a sus consumidores, conservando la temperatura adquirida en la etapa de almacenamiento.

Una parte del producto se distribuye en Quito, razón por la cual necesita de un medio para conservarlo a una temperatura similar a la que se tiene en Riobamba, -18°C .

1.8 CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS

Como se puede apreciar, el proceso de obtención de pulpa de fruta requiere que el producto terminado conserve sus propiedades tanto físicas como químicas hasta que llegue al consumidor final razón por la cual es necesario conocer la importancia de la conservación de alimentos por métodos de enfriamiento, sus ventajas y desventajas en relación con otras formas de preservación de alimentos; además, es preciso comprender los diferentes tipos de congelación y es elemental conocer los equipos de congelación que actualmente se usan en la

Planta MIS FRUTALES con el fin de tener una idea clara de la cadena de frío existente en la planta de extracción.

Cualquier método de conservación de alimentos tiene como principio fundamental el de prevenir o impedir la alteración o descomposición de los mismos. Un alimento se descompone o altera, cuando pierde sus características normales. Esas características pueden ser olor, sabor, color, también puede haber una modificación en cuanto a la pérdida de la textura del alimento como el enmohecimiento avanzado de las frutas y hortalizas. Los alimentos pueden descomponerse por bacterias y hongos.

De todos modos la única forma de mantener un alimento en su estado fresco original es mediante la refrigeración; sin embargo este método también tiene sus desventajas; por ejemplo, “cuando un alimento va a ser conservado mediante refrigeración, este proceso debe empezar inmediatamente después de la recolección, debiendo ser continuo hasta el consumo final del alimento”.

1.9 CONSERVACIÓN MEDIANTE REFRIGERACIÓN

La conservación de alimentos putrescibles por refrigeración, se efectúa a temperaturas bajas con el fin de eliminar o retardar la actividad de los agentes destructores.⁶El almacenamiento de alimentos putrescibles a bajas temperaturas reduce en grande la actividad tanto de las enzimas como la de los microorganismos, dando un medio práctico de conservar a los alimentos en su estado fresco original por periodos variables de tiempo; el grado de temperatura va a depender del tipo de producto y del período de tiempo que debe estar almacenado.

Para fines de conservación, los productos alimenticios pueden agruparse en dos categorías:

1. **Productos vivos** en el tiempo de distribución y almacenamiento, las sustancias alimenticias sin vida como carne, aves de corral y pescado son

⁶“PRINCIPIOS DE REFRIGERACIÓN”, Dossat J. Roy, Editorial CECSA, 17ª Reimpresión, 1997, pag. 172

mucho más susceptibles a la contaminación y destrucción microbiana. Además, el problema de su conservación consiste en proteger al tejido muerto contra las fuerzas de putrefacción y deterioro tanto enzimáticos como microbiales.

2. **Productos no vivos** en la distribución y almacenamiento, en el caso de sustancias alimenticias vivas, tales como frutas y vegetales, el factor de vida en sí mismo les proporciona considerable protección contra invasión de microbios y el problema de su conservación es sobre todo el mantener con vida a las sustancias alimenticias y al mismo tiempo retardar la actividad enzimática natural a fin de retardar la rapidez de la maduración.

El objetivo principal que se persigue al colocar tales productos bajo refrigeración es detener el proceso de vida retardando la actividad enzimática, con lo que el producto se puede conservar durante un periodo largo de tiempo.

1.10 MÉTODOS DE CONGELACIÓN

Los productos alimenticios pueden ser congelados ya sea en forma lenta o rápida.

CONGELACIÓN EN FORMA LENTA

Se coloca el producto en el cuarto de temperatura baja y se deja congelar lentamente, generalmente en aire tranquilo. Los congeladores lentos se mantienen en el rango de temperaturas de 0 °F (-18 °C) a -40 °F (-40 °C). La circulación de aire es por convección natural, el tiempo de congelación va a depender del volumen del producto y de las condiciones del congelador.

CONGELACIÓN EN FORMA RÁPIDA

El congelamiento rápido se obtiene en cualquiera de las tres formas siguientes:

- a) Congelamiento por inmersión, se obtiene introduciendo al producto en una solución de salmuera a baja temperatura, por lo general se utiliza cloruro de sodio o azúcar. La desventaja de este método es la tendencia a que la solución penetre de manera excesiva en el producto congelado.

- b) Congelamiento por contacto indirecto, por lo general se proporciona a través de congeladores de puertas en donde el producto es colocado encima de placas metálicas a través de cuales se hace circular el refrigerante.
- c) Congelamiento por chorro de aire, en este método se utilizan los efectos combinados de baja temperatura y alta velocidad del aire para producir la transferencia de calor. El congelamiento por aire se obtiene por su circulación a alta velocidad, teniéndose aire de baja temperatura en los alrededores del producto. Es importante que los arreglos en el congelador sean tales que el aire pueda circular libremente alrededor de todas las partes del producto.

1.11 EQUIPOS DE CONGELACIÓN UTILIZADOS EN LA PROCESADORA MIS FRUTALES.

Del análisis arriba expuesto se puede ahora conocer en que nicho de funcionamiento se encuentran los congeladores de la Procesadora; tomando en cuenta que se requiere que el producto mantenga sus características tanto sensoriales y nutricionales lo más parecidas a las pulpas frescas, los equipos de conservación deben garantizar que la cadena de frío que inicia luego de la etapa de empaclado y termina al momento de la venta al por menor, no generen caídas bruscas de temperatura lo que podría generar en un detrimento en su calidad.

Los equipos de congelación deben cumplir las siguientes exigencias para así garantizar un producto de calidad:

- una capacidad de refrigeración adecuada, que proporcione al producto una temperatura de -18°C o más fría y que la mantenga en ese nivel;
- una circulación adecuada de aire en torno a los alimentos almacenados;
- que las áreas de almacenamiento dispongan de capacidad para controlar y registrar la temperatura regularmente;

- que se evite la pérdida de aire frío y la penetración de aire caliente y húmedo;
- que se evite la pérdida de refrigerantes. En caso de una pérdida tal, deben aplicarse medidas correctivas de inmediato a fin de eliminar el problema.⁷

La Planta cuenta con una cámara de congelación rápida, tal como se puede ver en la figura 1.14 la misma que almacena 600 Kg. de producto elaborado diariamente.

El tiempo de estadía de la pulpa va a depender de la materia prima a ser utilizada siendo un valor promedio de aproximadamente 12 horas.



FIGURA 1.14: Cámara de congelación rápida por chorro de aire.

El almacenamiento tanto de la fruta de reserva como de la pulpa que sale de la cámara de congelación rápida se lo hace en dos contenedores, ver figura 1.15, estos equipos son los más importantes en la cadena de frío ya que de su correcto funcionamiento queda garantizada la temperatura de la pulpa para la distribución a los consumidores y que la fruta de reserva conserve sus características propias.

⁷“CÓDIGO INTERNACIONAL RECOMENDADO DE PRÁCTICAS PARA LA ELABORACIÓN Y MANIPULACIÓN DE LOS ALIMENTOS CONGELADOS RÁPIDAMENTE”, (CAC/RCP 8-1976)



FIGURA 1.15: Contenedor de fruta de reserva y de pulpa.

La Extractora cuenta además con un almacén temporal de largo tiempo en la ciudad de Quito; este depósito tiene una capacidad de 4000 Kg de pulpa lista a ser distribuida y cada quince días recibe nuevos cargamentos de pulpa.

1.12 DESCRIPCIÓN FÍSICA DE LA CÁMARA DE CONGELACIÓN DE QUITO

La cámara de congelación de la planta “MIS FRUTALES” en Quito, posee las siguientes características físicas:

- Es una cámara de refrigeración con una dimensión de 2.30m alto, 2.10m ancho, 3.90m profundidad; el espesor del aislante es de 12 cm⁸.
- La estructura interna está formada con ángulo y PTR de acero, revestida con paneles térmicos que cuentan con un aislamiento de poliuretano y lámina calibre 16 en su exterior.
- La puerta de acceso está hecha de lámina galvanizada calibre 16, con una dimensión de 1.82m alto, 0.98m ancho, .07m espesor, contando con espuma de poliuretano como aislante térmico.

⁸ VER ANEXO_4: MF-HC-001; Cálculo de Instalaciones Frigoríficas.

- La cámara cuenta con un evaporador de tipo aleta que está formado de tubos concéntricos, y conformado con dos ventiladores (F-CCQ-01) de 1.25 HP de potencia, una lámpara interna de 60 vatios de luz incandescente que permiten una mejor visibilidad;
- En su parte exterior cuenta con una unidad condensadora cuyo compresor (C-CCQ-01) es semi-hermético de 2 HP alimentado con voltaje de 220 Voltios, el condensador es de tipo aleta y conformado con un moto ventilador de 1/2 HP (F-CCQ-02). En la descarga del compresor existe un filtro modelo ADK-083, un visor de humedad y una electroválvula (EV-CCQ-01) de control de flujo de refrigerante.
- La tubería para succión tiene un diámetro de 3/4" y para descarga de 3/8" de cobre.
- La instalación eléctrica es trifásica a 220 Voltios, 60 Hz, no tiene detectores de fase ni medición de corriente consumida por la carga.
- La Cámara se beneficia además con una sonda de temperatura tipo "NTC" para el monitoreo de temperatura en el interior de la cámara.
- El gas refrigerante que circula por el circuito es el R-404a.
- Se tiene para eliminar la escarcha resistencias eléctricas (H-CCQ-01) de 2000 W a 220 V, 60 Hz, colocadas dentro del evaporador

1.13 COMPONENTES DE LA CÁMARA DE CONGELACIÓN

La cámara de congelación es una máquina frigorífica de fluidos condensables en el cual este fluido se recupera con vistas a ser utilizado en un proceso cíclico; razón por la cual este refrigerante se lo aprovecha en sus dos fases, líquida y gaseosa, estos cambios de estado se lo puede interpretar de la mejor manera a través del Diagrama de Entalpia de Mollier⁹.

Como refrigerantes, los líquidos al vaporizarse tienen muchas ventajas con respecto a los sólidos al fusionarse, los mismos que son:

⁹ VER ANEXO_3: DIAGRAMA DE MOLLIER DEL REFRIGERANTE 404A

- En el proceso de vaporización es mucho más fácil su control; es decir, que el efecto refrigerante puede iniciarse y detenerse a voluntad.
- La velocidad del enfriamiento puede regularse dentro de límites pequeños y la temperatura de vaporización del líquido puede regularse controlando la presión a la cual el líquido se vaporiza.
- Además, se puede acumular con facilidad y condensar al vapor regresándolo a la fase líquida con la cual podrá nuevamente usarse proporcionando un suministro continuo del líquido para vaporización.

La procesadora MIS FRUTALES, tiene una máquina frigorífica compuesta por los elementos que se pueden ver en la figura 1.16; el ciclo empieza cuando se activa la válvula solenoide permitiendo en ese instante el paso de líquido refrigerante a través del circuito de congelación; debido a que se produce un aumento de presión en el lado de succión de compresor un relé de baja presión se cierra arrancando el compresor, el refrigerante a la salida del compresor circula por el condensador enfriándolo para luego pasar por la válvula de termoexpansión produciéndose una caída de presión; luego, este líquido por intercambio de calor en el evaporador se vaporiza regresando nuevamente al compresor.

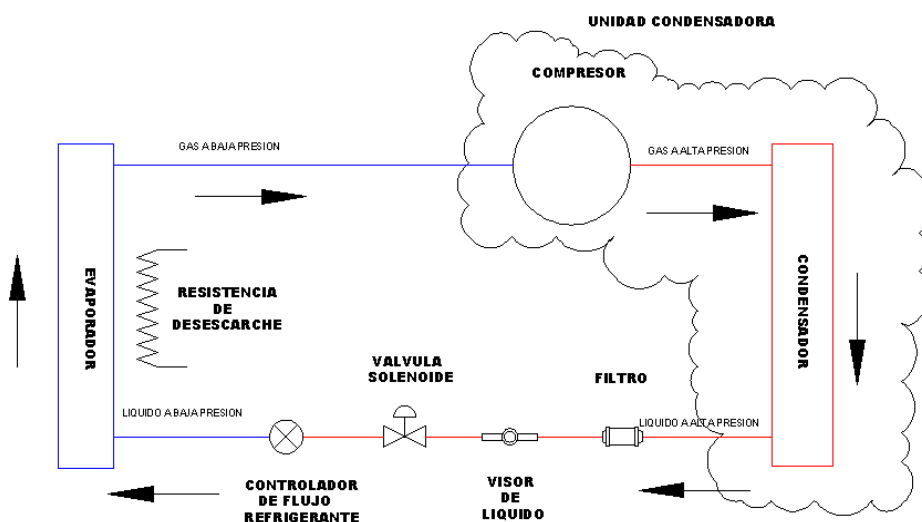


FIGURA 1.16: Diagrama típico de un sistema de refrigeración.

A continuación, se va a detallar el modo de funcionamiento de cada una de las partes del circuito de congelación.

1.14 EVAPORADOR

Su función es proporcionar una superficie para transferencia de calor a través del cual circula la energía calorífica desde el espacio o producto refrigerado hacia el refrigerante vaporizante. El líquido refrigerante a baja presión circula por el evaporador en donde el primero pasa de estado de líquido a vapor por acción del intercambio de calor, ver figura 1.17.



FIGURA1.17: Evaporador.

Cuando el refrigerante entra a los pasajes o tubos, que conforman el evaporador, absorbe calor de la pulpa; producto de esta absorción el líquido empieza a “hervir” y se vaporiza. En este proceso el evaporador ejecuta la función de puente térmico entre el medio a enfriar y el refrigerante, desarrollando el propósito total del sistema, la congelación.

1.15 UNIDAD CONDENSADORA

La unidad condensadora, ver figura 1.18, es la unión en un solo cuerpo tanto del compresor como del condensador para de esta forma aumentar la eficiencia del circuito refrigerante al eliminar la tubería de enlace entre los dos equipos. A continuación, se detalla el funcionamiento del compresor y el condensador.



FIGURA 1.18: Unidad condensadora.

1.15.1 COMPRESOR

La función de un compresor es recibir el vapor del evaporador, elevar la temperatura y presión de éste hasta un punto tal que el vapor pueda ser condensado a través de un medio condensante normalmente disponible. El compresor que se utiliza en la procesadora es del tipo semi-hermético el cual combina el motor en la misma carcasa del compresor, pero a diferencia de la unidad hermética, este tipo suministra acceso al compresor para su reparación.

El modo de funcionamiento del compresor se resume de la siguiente manera:

- El compresor toma el gas refrigerante del vapor saturado desde el evaporador.
- La presión y la entalpia del refrigerante aumentan bajo el efecto de la compresión pasándose a la condición de vapor sobrecalentado.
- El refrigerante se convierte en vapor saturado y después es enviado al condensador.

El compresor al succionar del evaporador reduce la presión en su interior produciendo una corriente de gas refrigerante desde el evaporador hacia el compresor. A causa de la baja temperatura resultante, el calor pasa desde el cuerpo a enfriar hacia el evaporador haciendo hervir al líquido refrigerante contenido en él. El vapor retiene el calor absorbido fluyendo al compresor donde es comprimido y aumentando su presión. Posteriormente el vapor a alta presión y temperatura es impulsado al condensador.

1.15.2 CONDENSADOR

El calor en exceso debe ser eliminado, razón por la cual el gas es conducido a través del condensador por lo que su fin es proporcionar una superficie de transferencia a través del cual pasa calor del vapor refrigerante caliente hacia el medio condensante, ocasionando que el refrigerante se convierta en líquido; aquí el calor es retirado del sistema y el refrigerante está en estado de líquido subenfriado.

En el condensador el intercambio de calor se divide en tres etapas:

1. En la primera etapa el calor sensible es retirado isobáricamente, pasando el fluido de vapor de sobrecalentado a vapor saturado,
2. A continuación el fluido pasa por un proceso de cambio de fase de forma isobárica-isotérmica; para finalmente,
3. Ocurrir un proceso de subenfriamiento a alta presión.

Los condensadores pueden ser enfriados por aire o agua; la procesadora posee un condensador enfriado por aire para realizar la transferencia térmica además emplea ventiladores para así aumentar su eficiencia.

1.16 FILTROS DESHIDRATADORES

Debido a que un sistema de refrigeración es un sistema cerrado, se debe evitar que exista cualquier tipo de contaminante que interfiera con su buen funcionamiento. Estos contaminantes pueden ser:

- **SÓLIDOS:** Partículas metálicas como soldaduras, rebabas, limaduras, etc.
- **LÍQUIDOS:** Agua. Resina, cera, solventes y ácidos.
- **GASEOSOS:** Aire, ácidos, gases no condensables y vapor de agua.

El filtro deshidratador que se observa en la figura 1.19, contiene en su interior un elemento desecante, encargado principalmente de remover la humedad excesiva contenida en la mezcla refrigerante-aceite.

Adsorbiendo los contaminantes líquidos disueltos, tales como humedad y ácidos; el filtro retiene por medio de filtración todas las partículas sólidas que estén siendo arrastradas a través del sistema por la mezcla refrigerante-aceite.



FIGURA 1.19: Filtro deshidratador.

1.17 INDICADORES DE LÍQUIDO - HUMEDAD

Es un dispositivo de metal que está ubicado en el lado de descarga de la unidad condensadora, tiene una mirilla de vidrio, ver figura 1.20, y permite observar la condición del refrigerante que circula por el sistema.



FIGURA 1.20: Indicadores herméticos de líquido y humedad.

Un indicador de líquido y humedad, es en realidad, la herramienta de mantenimiento preventivo más barata, que se puede instalar en el sistema de manera permanente. El indicador de líquido y humedad elimina la incertidumbre

de saber que el contenido de humedad del sistema pueda estar bajo de un nivel seguro, o lo suficientemente alto para causar problemas.

1.18 VÁLVULAS DE SOLENOIDE

En una máquina de refrigeración es necesario abrir o detener el flujo en su circuito para así poder controlar automáticamente el flujo de fluidos en el sistema. Para este propósito se utiliza una válvula de solenoide operada eléctricamente, ver figura 1.21



FIGURA1.21: Válvula de solenoide de dos vías, normalmente cerrada.

La válvula se encuentra instalada en el lado de líquido del circuito de refrigeración y es controlada convenientemente por un dispositivo que abre o cierra un circuito eléctrico, este dispositivo se acciona por ayuda de un interruptor termostático.

1.19 CONTROLADOR DE FLUJO REFRIGERANTE

Un controlador de flujo refrigerante como el de la figura 1.22 tiene como función la de medir la cantidad apropiada de refrigerante usada en el evaporador y reducir la presión del líquido que llega al evaporador de tal modo que la vaporización del líquido en el evaporador se efectúa a la temperatura deseada.

El refrigerante líquido a alta presión, que procede de la unidad condensadora pasa por el controlador de flujo para convertirse en líquido a baja presión. Dicho controlador es el divisor entre las partes de alta y baja presión del sistema.

Las funciones principales de un controlador de flujo son:

- Regular la velocidad de admisión de líquido en el serpentín de enfriamiento y consecuentemente controlar la proporción de área superficial interior que se encuentra en contacto con el refrigerante líquido.
- Mantener constante la carga del compresor al mantener invariable la presión de succión. El aumento en la carga del sistema de refrigeración origina un incremento en la presión de succión pues el vapor se forma con mayor rapidez, si se mantiene constante esta presión la capacidad refrigerante del compresor es inalterable en todo momento.

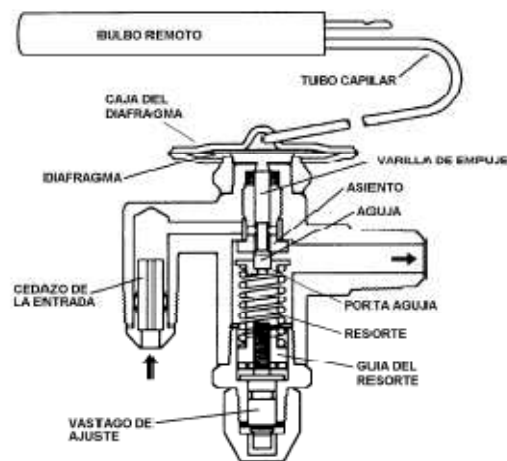


FIGURA1.22: Partes principales de una válvula termostática de expansión.

1.20 TUBERÍA DE SUCCIÓN Y DESCARGA

Para enlazar a todos los elementos ya descritos se utiliza tubería de cobre la misma que se encarga de:

- Transportar el vapor de baja presión desde el evaporador hasta la entrada de la succión del compresor, esta se halla protegida térmicamente para así evitar que el vapor se sobrecaliente de manera exagerada; y
- También, es el camino del líquido refrigerante hacia el elemento de expansión para que empiece la transferencia de calor se encuentra sin ninguna protección térmica para disminuir más su temperatura.

1.21 REFRIGERANTE

Con respecto al ciclo de refrigeración mecánica, el refrigerante es el fluido de trabajo del ciclo el cuál alternativamente se vaporiza y se condensa absorbiendo y cediendo calor, respectivamente, el refrigerante utilizado es el R-404a.

Para que un refrigerante sea apropiado y se le pueda usar en el ciclo antes mencionado, debe poseer ciertas propiedades físicas, químicas y termodinámicas que lo hagan seguro durante su uso, tales como:

Calor latente de Evaporación: Cuanto mayor sea el calor latente de vaporización, mayor es el calor absorbido por kilogramo de refrigerante en circulación, se tiene entonces un aumento en la capacidad y eficiencia del compresor, lo que disminuye el consumo de potencia permitiendo el uso de un equipo más pequeño y compacto.

La relación de compresión: Debido a que si los sistemas de refrigeración trabajasen a presión atmosférica, existe la posibilidad de ingreso de humedad al circuito de refrigeración, por lo que es necesario que el refrigerante trabaje a presiones altas para así contrarrestar este efecto.

Baja temperatura de ebullición: Un punto de ebullición por debajo de la temperatura ambiente, a presión atmosférica (evaporador).

Punto de congelación: Debe de ser inferior a cualquier temperatura que existe en el sistema, para evitar congelaciones en el evaporador.

Fácilmente manejable en estado líquido: El punto de ebullición debe ser controlable con facilidad de modo que su capacidad de absorber calor sea controlable también. Para terminar, el tipo y ubicación de los accesorios que se colocan en un sistema de refrigeración va a depender de la complejidad del sistema y el modo de control a utilizar.

A continuación, se reseñan los accesorios utilizados para controlar la cámara de congelación de la procesadora.

1.22 PRESOSTATO DE ALTA Y BAJA PRESIÓN

El control de alta y baja presión, está diseñado para protección del sistema de refrigeración combinando las funciones de los presostatos de baja y de alta. Puede usarse como controles individuales de baja y de alta, o como un solo control de alta y baja, debido a que de fábrica vienen los dos controles en un mismo chasis y cuenta con un puente removible entre ambos.

Este instrumento es capaz de detectar tanto la presión de baja como la de alta sin la necesidad de independizarse de la succión o de la descarga debido a que posee capilares de conexión tanto para la entrada como para la salida del compresor, este equipo se lo puede ver en la figura 1.23; a continuación se detalla la operación en el lado de alta y baja presión:



FIGURA 1.23: Presostato de alta y baja.

PRESOSTATO DE BAJA

El presostato de baja es el responsable de parar el compresor antes de que éste llegue hacer el vacío en la instalación.

Este presostato está formado por dos escalas:

- La principal es la escala de arranque.
- El diferencial, que es la que restada a la principal proporciona la presión de paro.

Actualmente, para que el compresor de la cámara arranque a 1,4bar (20 psi.).Y pare a 0,7bar. (10 psi.), (La presión de parada será normalmente entre 0 y 0,1 bar.), se debe calibrar al presostato de la siguiente manera:

- Principal: 1,4bar
- Diferencial: 0.7bar

Las escalas son orientativas y se deben comprobar con el manómetro.

La presión de arranque a la cual inicia el compresor es la correspondiente a la temperatura que existe en el recinto a enfriar; de lo contrario si es inferior, se tendrá falsos arranques y si es superior el compresor no arrancará hasta que la temperatura de la cámara no sea elevada.

PRESOSTATO DE ALTA

El presostato de alta es un elemento de seguridad que tiene la función de parar el ciclo de refrigeración, cuando la presión de ésta es excesiva.

- El rango de operación del presostato de alta en la cámara de congelación es: 10 – 30 bar., ó 145 -150 psi., y actualmente se encuentra calibrado para detener el compresor en un valor de 20 bar. (290 psi)

El rearme de este presostato es manual.

1.23 TERMISTOR (NTC.- Negative Temperature Coefficient)

El elemento de la figura 1.24 es el encargado de detectar la temperatura dentro de la cámara en cada instante; esta variación se compara con un valor fijo, el resultado es administrado por el sistema de control el cual realiza las correcciones necesarias dentro de la cámara buscando las condiciones deseadas de temperatura dentro de ella.

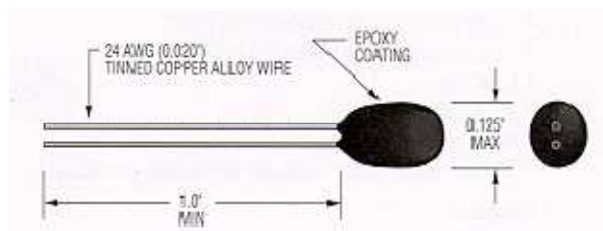


FIGURA 1.24: Componentes de un NTC.

1.24 SISTEMA DE DESCARCHADO

El vapor de agua que se halla en suspensión en el aire que atraviesa el evaporador y cuya temperatura es inferior a la de la cámara, si está por debajo de los cero grados se deposita en forma de escarcha sobre las paredes del evaporador.

Además de las aperturas de puerta, con las consiguientes entradas de aire caliente y húmedo, los productos almacenados despiden también humedad, cristalizando el hielo y llegando a impedir el paso del aire, ya que al convertirse en un medio menos conductor, dificulta la debida transmisión térmica.



FIGURA 1.25: Resistencia de deshielo, parte posterior del evaporador.

El método de deshielo utilizado en la Procesadora es utilizando elementos de calefacción eléctrica como se puede ver en la figura 1.25.

Todo esto contribuye a que, al descender la temperatura del refrigerante en ebullición en el interior del evaporador disminuya la producción frigorífica,

aumente el tiempo de funcionamientos de los compresores y se eleve el grado higrométrico. Por ello, es necesario realizar periódicamente el deshielo de los evaporadores. Para eliminar el hielo formado a la temperatura que se encuentra en los evaporadores de una cámara de conservación es preciso valerse de aportaciones de calor suplementarias para fundirlo.

Se instalan resistencias eléctricas que al ser energizadas (este procedimiento se lo hace con el sistema de refrigeración apagado), generan calor dentro del recinto de enfriamiento produciendo el derretimiento de la escarcha, este método se lo hace alrededor de unos 20 minutos aproximadamente o este valor puede variar de acuerdo a la cantidad de escarcha presente en el cuarto frío.

CAPÍTULO 2

SISTEMA DE CONTROL DE LA CÁMARA DE CONGELACIÓN

DISEÑO DE PLACAS ELECTRÓNICAS

2.1 SISTEMA DE CONTROL DE LA CÁMARA DE CONGELACIÓN

La Procesadora Mis Frutales, de acuerdo con el plan de desarrollo de la empresa, requiere los servicios de ingeniería para efectuar las modificaciones necesarias del Cuarto Frío ubicado en la ciudad de Quito para la conservación; bajo las mejores condiciones de temperatura, de la pulpa de fruta que producen.

En la actualidad la cámara de refrigeración no cuenta con un control adecuado y continuo de su temperatura; el ciclo de descarchado se lo hace actualmente con ayuda de un relé temporal a intervalos fijos de tiempo y no toma en cuenta los efectos dentro de la cámara de congelación debido al ingreso de más producto, aperturas de la puerta de ingreso o existencia de escarcha que no se ha derretido en el tiempo de descongelación.

La arquitectura del sistema estará basada en un microcontrolador PIC, para procesar las señales asociadas a la cámara de refrigeración, así como para monitorear, controlar y transferir datos vía comunicación serial para luego ser enviada a la red de Internet.

Una vez que la cámara de refrigeración comience a ser operada de manera automática, la procesadora debe ser apta de monitorear y controlar los ciclos de congelación y descarchado del cuarto frío, para lo cual se plantea instalar un módulo de control automático a ser acoplado al sistema que hoy opera, el mismo que será capaz de enviar reportes en tiempo real a la red pública de internet.

2.2 CONTROL ARRANQUE-PARADA DEL CICLO DE CONGELACIÓN

El control de arranque-parada en el ciclo de congelación requiere, para su correcto funcionamiento, salvar las siguientes etapas y en cada una de estas existe el debido instrumento que ayudará al fin requerido.

- La instalación posee un termistor tipo “NTC” para medir la temperatura en el interior del recinto de congelación.
- Inmediatamente la válvula solenoide que se encuentra en el lado de líquido del circuito de refrigeración se cierra.
- Pero, el compresor continúa trabajando hasta que se detiene mediante un interruptor de baja presión. Esta operación elimina del evaporador una cantidad considerable de refrigerante.
- Cuando la cámara requiere enfriamiento; la válvula solenoide se abre, la presión de succión se eleva, y el interruptor de baja presión arranca el compresor.

El mayor problema que enfrenta este tipo de circuito, sin tomar en cuenta sobrecarga de producto, fallas de energía de alimentación al motor del compresor, fugas de refrigerante; es “la acumulación de humedad en forma de escarcha en el evaporador”.

El diagrama de flujo¹⁰ muestra la lógica de funcionamiento del ciclo de congelación; en el cual, se señala una moderna manera de mantener a los alimentos a cierta temperatura de tal forma que se lo pueda consumir mucho tiempo después de su almacenamiento.

2.3 CONTROL DE ARRANQUE-PARADA DEL CICLO DE DESCARCHADO

El enfriamiento del aire en el interior de la cámara de refrigeración al pasar por el evaporador, ocasiona la condensación del vapor de agua que contiene. La cantidad de agua condensada depende de las condiciones de temperatura y de humedad del aire a su entrada en el intercambiador y de la importancia del enfriamiento sufrido; por lo general el momento más crítico del sistema de refrigeración es cuando las condiciones dentro del ambiente sufren cambios bruscos de temperatura, por ejemplo si se ingresa o descarga pulpa de fruta, es en ese instante donde se tiene un desequilibrio térmico mayor debido a la

¹⁰ VER ANEXO_5: Diagramas de Flujo, Control de Arranque-Parada del Ciclo de Congelación

apertura de la puerta de la cámara de refrigeración permitiendo el ingreso de una cantidad indeseable de aire muchas veces con elevada humedad, es más, la misma pulpa que recién ingresa dentro del recinto produce también este desequilibrio ocasionando aumentos indeseables de humedad dentro de la cámara de refrigeración.

A partir de cierta temperatura del aire (del orden de $+3^{\circ}\text{C}$) la temperatura de evaporación del fluido refrigerante se hace suficientemente baja para que la superficie del evaporador, en contacto con el aire, esté a una temperatura inferior a 0°C y, el agua eventualmente condensada, se transforme en hielo. La capa de escarcha así formada no hace más que crecer con el tiempo y entorpecer la transferencia térmica, provocando un aumento en la diferencia de temperatura entre el fluido refrigerante que se evapora y el aire.

Para eliminar el hielo que se forma en los evaporadores, hay que realizar un aporte de calor que varíe conforme pasa el tiempo como se puede apreciar en la figura 2.1.

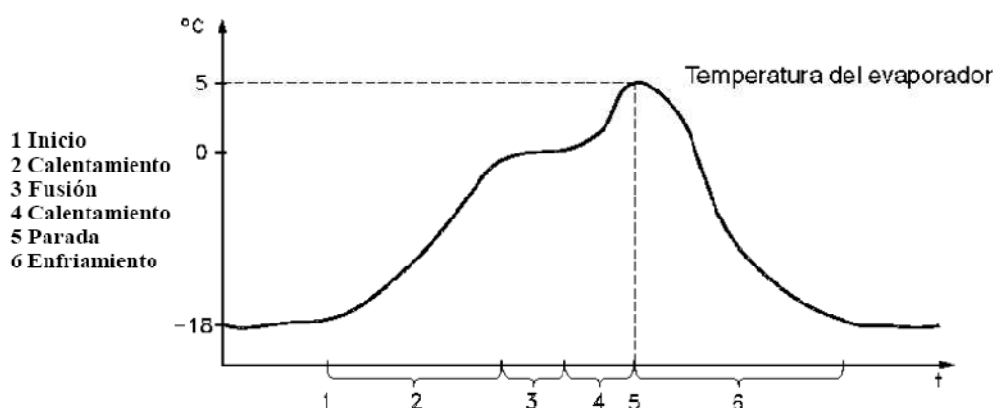


FIGURA 2.1: Ciclo de descarchado.

De los varios métodos existentes de descarche, por la versatilidad, lo sencillo de la instalación y por lo económicamente conveniente, se utiliza el que contiene resistencias eléctricas conectadas junto al serpentín del evaporador las cuales vienen incorporadas en la cámara de refrigeración.

El proceso de descarche comienza cuando se da la orden de cortar la producción de frío en el evaporador y simultáneamente comienza la aportación de calor al interior de la cámara de refrigeración; en este instante, el evaporador y el hielo acumulado se calientan hasta alcanzar la temperatura de cero grados, entonces se produce la fusión del hielo, cuando se ha fundido por completo la temperatura del evaporador continua subiendo por lo que es necesario dar por terminado el ciclo para luego empezar nuevamente a generar frío en la cámara de refrigeración.

La lógica que se requiere para automatizar este ciclo, además de los puntos señalados arriba, debe tomar en cuenta los pequeños fenómenos que ocurren en cada etapa del ciclo y que se resumen en el diagrama de flujo¹¹.

Del diagrama antes señalado se desprenden los siguientes pasos para un correcto descarchado:

1. **Inicio del descarche** por medio de una señal obtenida de un termistor colocado en una posición estratégica, se detiene la inyección, se cierra el solenoide de líquido del evaporador. Se deja de introducir frío, el resto de elementos continúa igual.
2. **Vaciado del evaporador**, retardo de tiempo en el cual el líquido que hay en el evaporador se elimina produciendo frío. Este retraso acorta el tiempo total del descarche dado que no hay que introducir un calor adicional para evaporar este líquido. Al finalizar este tiempo puede parar el ventilador.
3. **Retardo reservado**, tiempo reservado para definir alguna función especial con todos los elementos que intervienen en el descarche.
4. **Aporte de calor por resistencia y realización del descarche**, tiempo durante el cual se aporta calor durante un tiempo fijo o variable en función de la temperatura y durante el cual se funde el hielo hasta alcanzar una temperatura aproximada de 5 °C.

¹¹ VER ANEXO_5: Diagramas de Flujo, Control de Arranque-Parada del Ciclo de Descarchado.

5. **Retardo reservado**, tiempo reservado para definir alguna función especial con todos los elementos que intervienen en el descarche.
6. **Drenaje del evaporador**, luego de desconectar las resistencias de descarchado empieza el proceso de eliminación del líquido caliente que se ha acumulado en el evaporador durante el descarche.
7. **Retardo de la inyección**, tiempo empleado para que gotee el agua que queda pegada en el evaporador al terminar el aporte de calor. Además el evaporador se enfría por convección natural a una temperatura más baja.
8. **Retardo de los ventiladores**, tiempo de espera en el arranque de los ventiladores después de comenzar la inyección de líquido. Su función es congelar los restos de agua del evaporador que no han goteado y evitar que el aire los dispare hacia el evaporador.

2.4 ARQUITECTURA DEL SISTEMA DE CONTROL

La Arquitectura del Sistema de Control, que se propone instalar en el Circuito de Congelación, tiene los siguientes niveles de control¹²:

Nivel 1 (medición y control básico): Comprende la instrumentación de campo (transmisores, interruptores), actuadores eléctricos, válvulas de control y relé de protección.

Nivel 2 (control de procesos): Es un nivel intermedio y comprende el Sistema de Control del Circuito de Congelación y la red de control de proceso para los dispositivos de campo.

Nivel 3 (Supervisión y control): es el nivel de mayor jerarquía y constituye la página Web, el servidor para almacenar los parámetros más sobresalientes que ocurren en el cuarto frío, este nivel será detallado en el siguiente capítulo de esta tesis.

¹² VER ANEXO_2: Diagramas de Control y Fuerza, DWG: MF-PLN-CTR-001

A continuación se describen cada uno de los componentes que conforman los niveles 1 y 2 de la arquitectura de control propuesta.

2.5 NIVEL 1: MEDICIÓN Y CONTROL BÁSICO

En este nivel, la instrumentación¹³ y equipos de control básicos se localizan en tres áreas principales: Compresor, Cámara de Congelación y Evaporador. A continuación se describe la instrumentación y equipos de control básicos del Nivel 1 de la Arquitectura de Control, ubicados o a ser ubicados en estas áreas:

2.5.1 INSTRUMENTACIÓN EN EL COMPRESOR(C-CCQ-01)

1. Un relé térmico (TERM-CCQ-01) con ajuste de corriente, para abrir el circuito de alimentación del compresor cuando ocurra un aumento inesperado de corriente por un tiempo determinado. Tipo de señal: Contacto Seco.
2. Una electroválvula (EV-CCQ-01) de inicio y fin de ciclo de congelación. Tipo de señal: 220 VAC.
3. Un sensor de Alta y Baja Presión (PY-CCQ-01) para detectar un aumento exagerado en la presión de descarga o una disminución inesperada de presión en el lado de succión. Tipo de señal: Contacto Seco (SPDT).
4. Tres detectores de presencia de fases para monitorear la existencia de las fases R, S y T que alimentan al sistema de refrigeración. Tipo de señal: Contacto Seco.

¹³ VER ANEXO_2: Diagramas de Control y Fuerza, DWG: MF-PLN-CTR-002

2.5.2 INSTRUMENTACIÓN EN LA CÁMARA DE REFRIGERACIÓN

1. Un sensor de temperatura, para controlar el ambiente que debe existir en la cámara de refrigeración con el fin de garantizar un recinto favorable para la conservación de la pulpa. Tipo de señal: 0-5V.

2.5.3 INSTRUMENTACIÓN EN EL EVAPORADOR

1. Un sensor de temperatura, para detectar el inicio del ciclo de descarchado. Tipo de señal: 0-5V.
2. Un sensor de temperatura, para detectar la finalización del ciclo de descarchado. Tipo de señal: 0-5V.

2.6 NIVEL 2: CONTROL DE PROCESOS

En este nivel, la arquitectura propuesta para el sistema de control de la cámara de refrigeración considera el uso de un PIC modelo 16F877A.

Este PIC¹⁴ a través de su software maneja la instrumentación asociada a todo el circuito de refrigeración y además obtiene la información de la instrumentación por medio de módulos de I/O locales y de módulos de comunicación para protocolo RS 232.

Además, se cuenta con una tarjeta de acondicionamiento y adquisición de datos provenientes de los sensores de presión y cuyo principal elemento es un PIC modelo 16F876A; el cual, se encarga de enviar los datos obtenidos a la tarjeta de control principal.

Para integrar este nivel con los niveles 1 y 3 se tienen dos redes de control de proceso, las cuales se describen a continuación:

Integración con el nivel 1: Las comunicaciones de datos entre el PIC y los módulos de entrada y salida de las señales se realizan directamente con los

¹⁴ VER ANEXO_5: Diagramas de Flujo, Programación del PIC 16F877A

pórticos P01, P02, P03 y P04 del PIC. Este enlace va a depender del tipo de instrumento enlazado pudiendo ser una señal analógica o digital, la rapidez va a depender del tiempo de respuesta de los sensores ante los impulsos que monitorea y la distancia del enlace no va a ser una molestia ya que los instrumentos y las tarjetas electrónicas se hallan en la periferia del cuarto frío; por último el medio físico de transmisión son cables # 16 AWG flexible con derivaciones pasivas para hacer las conexiones.

Integración con el nivel 3: La comunicación del módulo LP-CCQ-01 con el Internet se realiza por medio de una red, bajo el protocolo RS-232, hasta el servidor destinado para el monitoreo y control de la cámara de refrigeración. El medio físico de enlace es a través de un convertidor MAX 232 que es el encargado de cambiar la señal TTL a señal RS-232.

El sistema de control¹⁵ tiene los siguientes componentes para realizar sus funciones de control y de integración con el nivel 1 y con el nivel 3:

Un módulo principal, TC-CCQ-01¹⁶, para alojar al PIC 16F877A y los demás componentes que garantizan su buen funcionamiento; cuenta además con los elementos de acondicionamiento de las señales de entrada digital, tiene el enlace con las señales analógicas, un teclado para control manual con sus respectivo display de cristal líquido y por último posee los elementos de comunicación serial.

Un (1) módulo que contiene los relés de control, TC-CCQ-02¹⁷, para las bobinas de accionamiento del compresor y de las resistencias de descarchado.

Un (1) módulo, TC-CCQ-03¹⁸, que contienen los elementos de acondicionamiento para las señales analógicas, además cuenta con los elementos necesarios para alojar al PIC 16F876A..

Un (1) módulo, TC-CCQ-04¹⁹, que es la fuente de alimentación continua del sistema de control.

¹⁵ VER ANEXO_2: Diagramas de Control, DWG: MF-PLN-ELE-003

¹⁶VER ANEXO_1: Diagramas de las Tarjetas Electrónicas, TC-CCQ-01

¹⁷VER ANEXO_1: Diagramas de las Tarjetas Electrónicas, TC-CCQ-02

¹⁸VER ANEXO_1: Diagramas de las Tarjetas Electrónicas, TC-CCQ-03

Interfaz hombre máquina local del PIC: el sistema cuenta además con una interfaz hombre máquina (IHM) del tipo teclado matricial y display de cristal líquido,(LCD) se lo usa para presentar un menú de parámetros de operación para ser seleccionado por el operador.

Como se mencionó anteriormente, este nivel representa un factor muy importante en el desempeño global del sistema de monitoreo, a continuación se describe el hardware de los equipos, con su debido dimensionamiento, los cuales constan de los siguientes componentes:

- Una fuente de alimentación encargada de suministrar energía a las tarjetas de control.
- Sensores de temperatura, con los cuales se adquieren las señales externas.
- Microcontrolador encargado del procesamiento de datos y transmisión serial.
- Circuitos para el acondicionamiento de las señales de temperatura tomadas externamente.

2.6.1 CIRCUITO DE CONTROL PRINCIPAL (TC-CCQ-01)

La Tarjeta de Control Principal, TC-CCQ-01²⁰, posee todos los elementos electrónicos que se encargan de la operación del sistema de control de la cámara de congelación. Esta tarjeta contiene:

- Acondicionadores de señales discretas,
- Una fuente de alimentación,
- Módulo de comunicación serial
- PIC, encargado de administrar todo el sistema de control
- Elementos de enlace con las tarjetas de acondicionamiento de señal
- Cargador de baterías.

¹⁹VER ANEXO_1: Diagramas de las Tarjetas Electrónicas, TC-CCQ-04

²⁰ VER ANEXO_1: Diagramas de las Tarjetas Electrónicas, TC-CCQ-01 Tarjeta de Control principal

El elemento más importante de esta tarjeta es el PIC, que se observa en la Figura 2.2, ya que es el encargado de administrar todo el sistema de control para la cámara de congelación, para este fin tiene en su memoria un programa flexible²¹ capaz de realizar un determinado objetivo de acuerdo a las necesidades, en cualquier instante, de la cámara de congelación.



FIGURA 2.2: Microcontrolador PIC 16F877A²².

El PIC posee las siguientes características²³:

- Memoria de programa de 8Kwords.
- Memoria estática RAM de 368 bytes.
- Memoria EEprom de 256 bytes.
- Tres temporizadores con fuente de interrupción.
- Módulo comparador, PWM y capturador.
- Ocho canales analógicos de 10 bits.
- Puerto Seria Sincrónico y Asincrónico.

La Figura 2.3, muestra los pines del PIC con cada una de sus características electrónicas y su tipo de funcionamiento, estas se utilizarán de acuerdo a las necesidades y objetivos del proyecto.

El PIC es el encargado de procesar los datos recibidos por los diferentes puertos digitales, analógicos y de comunicación; este último con ayuda de un acondicionador de señal TTL a serial que es el CI: Max 232.

El PIC para que cumpla con las necesidades de cualquier proyecto necesita de una fuente de energía de 5 Vdc.

²¹ VER ANEXO_5: Diagramas de Flujo, Programación del PIC 16F877A

²² VER ANEXO_4: Hoja de Datos, PIC 16F877A

²³ Para observar otras características del PIC, consultar el ANEXO_3 en Especificaciones del PIC 16F877A

Además el PIC requiere de un oscilador compuesto por un cristal y dos capacitores de desacople; dicho cristal es de 20MHz obteniendo una velocidad eficaz de funcionamiento:

$$1CM = 4 / 20 \text{ Mhz} = 2 \text{ uSeg} \quad (\text{Ec. 2.1})$$

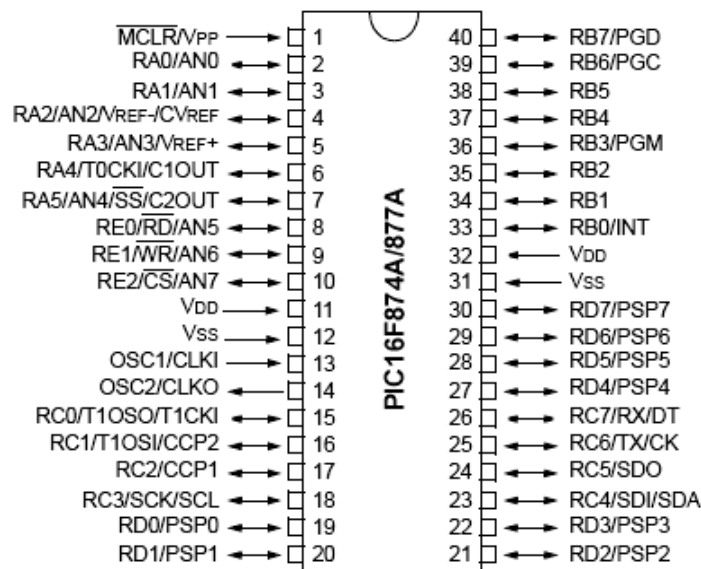


FIGURA 2.3: Distribución de pines del PIC16F877A.

De lo que se deduce que el tiempo que tarda en ejecutarse una instrucción es de tan sólo 2 microsegundos.

Los capacitores de 22 pF en los extremos del cristal, ayudan a eliminar interferencias propias del circuito electrónico.

Para el reset el manual sugiere los valores establecidos en el esquema $R_{21}=10K\Omega$, los capacitores se escogen de acuerdo a la frecuencia de operación en este caso 20MHz y por ello los capacitores son de 22pF.

La Figura 2.4 muestra las conexiones básicas de cada uno de los puertos del PIC de acuerdo al requerimiento del proyecto²⁴.

²⁴ VER ANEXO_3, DWG: MF-PLN-CTR-003, Detalle de Conexión de las Tarjetas Electrónicas

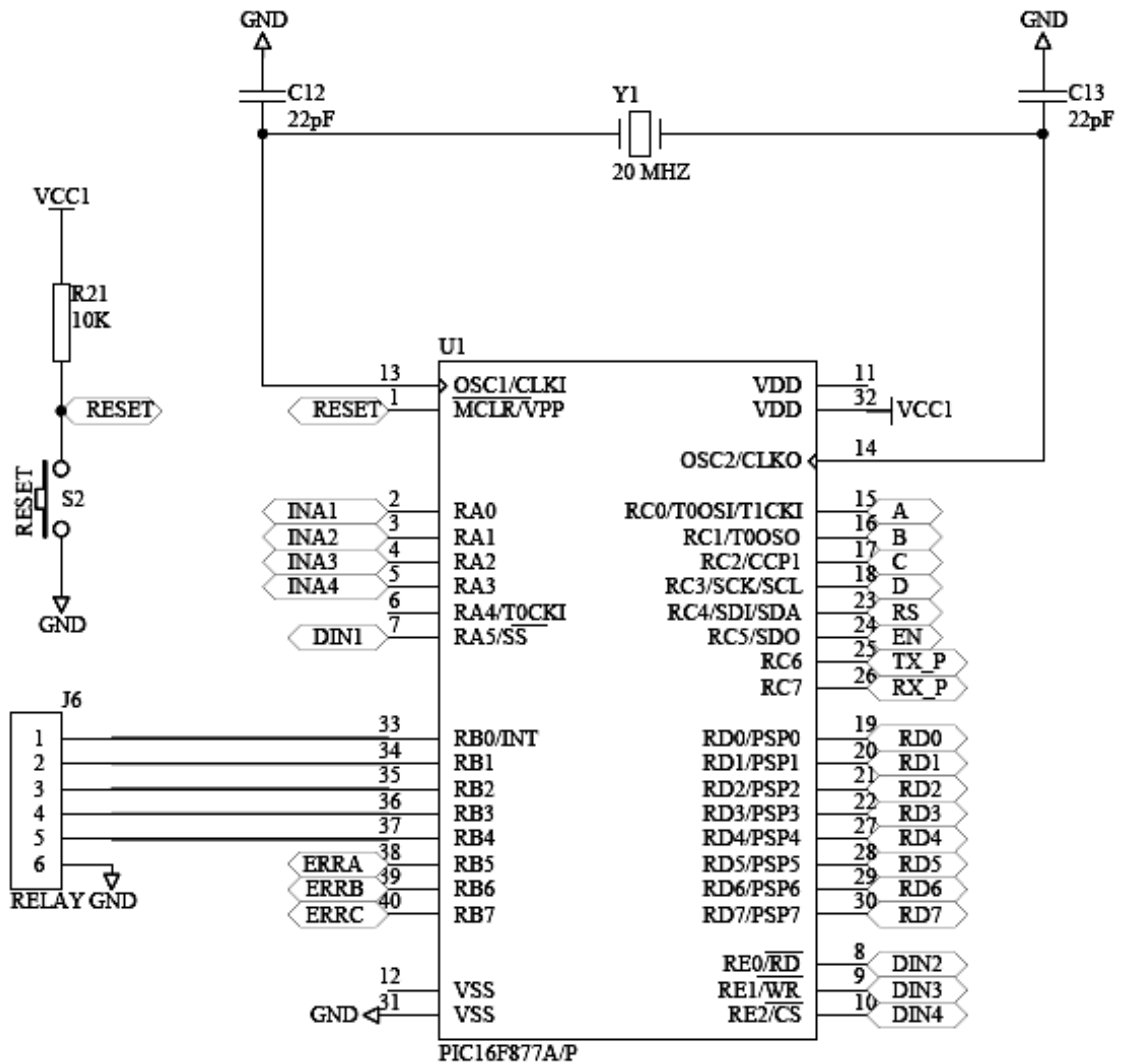


FIGURA 2.4: Configuración de pines.

En la tabla 2.1 se detalla las conexiones de cada uno de los pines del PIC 16F877A con respecto a las necesidades del proyecto.

2.6.1.1 Filtro de Picos de Corriente y Voltaje

Con el fin de eliminar cualquier interferencia, sea esta de corriente o de voltaje, que pueda interferir en el correcto funcionamiento del PIC se utiliza un filtro pasivo, ver Figura 2.5, este filtro posee un condensador C_{15} y una bobina L_1 para tener doble efecto en el aislamiento del circuito.

Por un lado la capacitancia suaviza la onda de tensión, y la inductancia lo hace con la de corriente.

PUERTOS	DISTRIBUCIÓN DE PINES	ASIGNACIÓN
Puerto A	RA0 (pin 2)	Entrada Análoga 1(temperatura)
	RA1 (pin 3)	Entrada Análoga 2(evaporador)
	RA2 (pin 4)	Entrada Análoga 3(aislamiento)
	RA3 (pin 2)	Entrada Análoga 4(compresor)
	RA5 (pin 7)	Entrada Digital 1(baja presión)
Puerto B	RB0 (pin33)	Salida 1(relé RL1)Puerta
	RB1 (pin 34)	Salida 2(relé RL2)Compresor
	RB2 (pin 35)	Salida 3(relé RL3)Electroválvula
	RB3 (pin 36)	Salida 4(relé RL4)Ventiladores
	RB4 (pin 37)	Salida 5(relé RL5)Resistencias
	RB5 (pin 38)	Error A(fase 1)
	RB6 (pin 39)	Error B(fase 2)
	RB7 (pin 40)	Error C(fase 3)
Puerto C	RC0 (pin 15)	A (LCD pin 11)
	RC1 (pin 16)	B (LCD pin 12)
	RC2 (pin 17)	C (LCD pin 13)
	RC3 (pin 18)	D (LCD pin 14)
	RC4 (pin 23)	RS (LCD pin 4)
	RC5 (pin24)	EN (LCD pin 6)
	RC6 (pin 25)	TX hacia el PC
	RC7 (pin 26)	RX hacia el PC
Puerto B	RD0 (pin 19)	Teclado pin 1
	RD1 (pin 20)	Teclado pin 2
	RD2 (pin 21)	Teclado pin 3
	RD3 (pin 22)	Teclado pin 4
	RD4 (pin 27)	Teclado pin 5
	RD5 (pin 28)	Teclado pin 6
	RD6 (pin 29)	Teclado pin 7
	RD7 (pin 30)	Teclado pin 8
Puerto E	RE0 (pin 8)	Entrada Digital 2(alta presión)
	RE1 (pin 9)	Entrada Digital 3(sobre corriente)
	RE2 (pin 10)	Entrada Digital 4(puerta)
	Pin 14	Oscilador
	Pin 13	Oscilador
	Pin 1	Reset
	Pin 32	Vcc1
	Pin 12	Gnd
	Pin 31	Gnd

TABLA 2.1: Descripción de pines del PIC16F877A.

Partiendo con un capacitor $C_{15} = 0.1\mu\text{F}$ y una frecuencia de corte de 1.5 kHz se puede determinar el valor de la inductancia que sirve para crear el filtro que se requiere para la fuente de alimentación del PIC:

$$Z_{eq} = j(X_L - X_C) = 0 \quad (\text{Ec. 2.2})$$

$$Z_{eq} = j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right) = 0 \quad (\text{Ec. 2.3})$$

$$W_L = \frac{1}{W_C}; \quad (\text{Ec. 2.4})$$

$$W_C = \frac{1}{\sqrt{LC}}; \quad (\text{Ec. 2.5})$$

$$F_C = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (\text{Ec. 2.6})$$

Despejando la inductancia (L) de la ecuación 2.6 se tiene la siguiente expresión:

$$L = 1 / (2\pi F_C)^2 * C \quad (\text{Ec. 2.7})$$

Con la ecuación hallada se procede a encontrar el valor de la inductancia con los valores arriba propuestos.

$$L_1 = 1 / (2\pi * 1500 \text{ hz})^2 * 0,1 \text{ uF} = 0.101 \text{ (H)} = 100 \text{ (mH)}$$

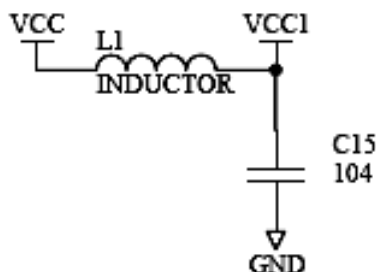


FIGURA 2.5: Circuito de filtrado.

2.6.1.2 Fuente de Alimentación

La alimentación que recibe la tarjeta de control proviene del cargador de baterías TC-CCQ-04; la misma que genera una señal de 12VDC, pero como el PIC y los demás elementos que se hallan en la tarjeta de control necesitan una alimentación de 5 VDC, es necesario acondicionar la señal de voltaje entrante y para este efecto se utiliza el circuito de la figura 2.8, el dispositivo principal del

mencionado circuito es el regulador de tensión LM 7805²⁵, que se encarga de entregar los 5V necesarios. Como se puede observar en la figura 2.6, en el punto 1 ingresa $V_{DD} = 12 \text{ VDC}$, en el punto 3 se encuentra $V_{CC} = 5 \text{ VDC}$; además, tanto el capacitor C_{17} como el C_8 , se encargan de eliminar el rizado tanto a la entrada como a la salida del regulador.

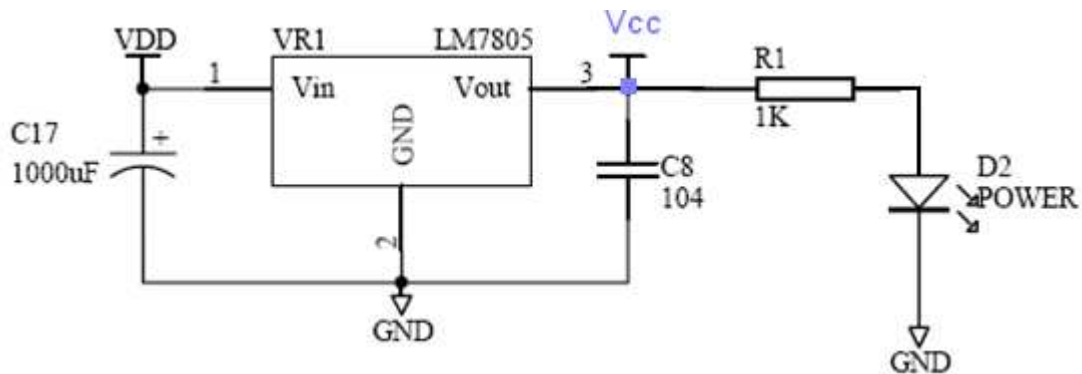


FIGURA 2.6: Configuración del regulador de voltaje.

El capacitor C_8 agrega estabilidad al regulador, absorbiendo las variaciones de voltaje producido por conmutación de circuitos digitales.

El punto 2 del regulador lleva al circuito hacia la tierra común.

Al considerar la siguiente ecuación:

$$I_{D2 \text{ POWER}} = \frac{V_{CC}}{R_1} \quad (\text{Ec. 2.8})$$

Donde:

I_{D2} = Corriente que puede soportar el diodo D_2

V_{CC} = Voltaje de la fuente

R_1 = Resistencia

Partiendo del hecho que se requiere que circule 5 mA por la resistencia, se puede hallar el valor de esta última con ayuda de la ecuación (Ec. 2.8).

²⁵ VER ANEXO_4, Hojas de Datos, CI: LM7805

$$R_1 = \frac{5V}{5mA} = 1K\Omega$$

La resistencia $R_1 = 1K\Omega$ sirve para disminuir la corriente que ingresa hacia el diodo D_{2POWER} el cual indica cuando se encuentra encendida o apagada la fuente.

2.6.1.3 Circuito de Comunicación

La comunicación con el PC se hace a través de la USART del PIC. La transmisión se hace de 8 bits con un bit de inicio. Para la comunicación se eligió una tasa de transmisión de 19200 bps. Para determinar la velocidad de recepción/ transmisión se utiliza la expresión de la ecuación (Ec. 2.9), esta ecuación es válida cuando el registro BRGH es igual a 1 (baja velocidad en modo de transmisión asincrónica).

$$Bd = \frac{F_{oscilación}}{(64(n+1))} \quad (Ec. 2.9)$$

Reemplazando los valores se tiene:

$$19200 = \frac{20000000}{(64(n+1))}$$

$$n = 15.27$$

En donde "n" es el registro SPBRG del PIC y Bd es la tasa de transmisión en baudios; como SPBRG es un número entero y el valor obtenido contiene decimales se va a generar un porcentaje de error en la transmisión, este valor de error se lo encuentra de la siguiente manera:

Partiendo de la (Ec. 2.9), se halla la velocidad de transmisión cuando $n=15$:

$$Bd = \frac{20 MHz}{(64(15+1))} = 19531 \text{ Baudios}$$

El cálculo de errores se lo hace con la siguiente ecuación:

$$[\%] = \frac{Bd \text{ Real} - Bd \text{ Calculada}}{Bd \text{ Calculada}} * 100\% \quad (Ec. 2.10)$$

$$[\%] = \frac{19531 - 19200}{19200} * 100\% = 1,723\%$$

Siendo este un porcentaje aceptable para las necesidades del presente proyecto.

Este tipo de conexión permite realizar la lectura de los sensores de temperatura y responder a órdenes externas debido a su propiedad de ser una comunicación tipo FULL-DUPLEX.

Desde el exterior se realizarán órdenes como son la configuración de alarmas, cambio de set-point o selección de temperatura deseada por el usuario, estando solo limitado por el hardware utilizado para la medición análogo de la temperatura.

La conexión al PC, se puede obtener con un tipo de conector PS2 o DB9, se utilizó DB9 debido a que es más común este tipo de conexión sobre el PC, el circuito desarrollado se lo puede apreciar en la Figura 2.7.

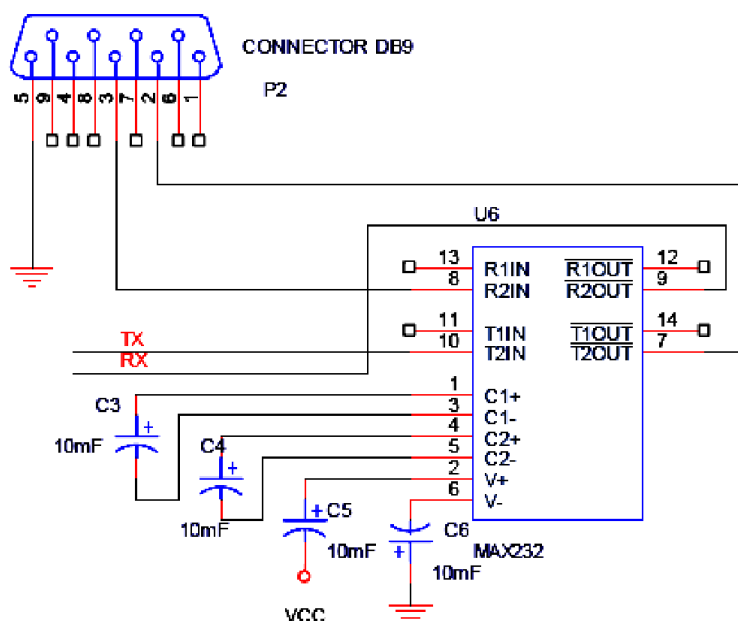


FIGURA 2.7: Conexión serial RS-232.

El elemento que realiza el enlace de la tarjeta de control con la PC es el MAX-232²⁶, ver figura 2.8, el cual se describe a continuación:

²⁶ VER ANEXO_4, Especificaciones, CI: MAX232



FIGURA 2.8: MAX-232.

El circuito integrado MAX232, se encarga de convertir los niveles de tensión CMOS del PIC (0V y 5V) en niveles RS232C compatibles (-10V y +10V) necesarios para poder comunicarse con la computadora. En la Figura 2.9, se muestra la manera de integración del MAX-232 con todos los elementos que intervienen para su buen funcionamiento; si bien se utiliza la comunicación en los dos sentidos (con la PC), el terminal de recepción de datos debe ser conectado para lograr un mejor rendimiento en este bloque.

Los cuatro capacitores electrolíticos acoplados a este integrado forman un doblador y un inversor de tensión logrando así las tensiones requeridas por el RS-232 y sus valores de cada uno de los capacitores C_1 , C_2 , C_3 , C_4 , los define el fabricante.

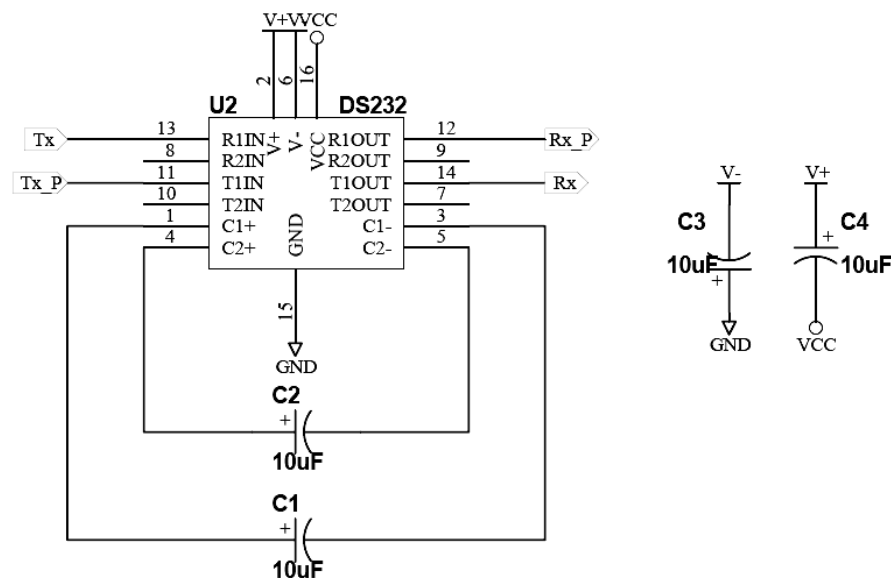


FIGURA 2.9: Conexión del Max 232.

Para controlar el sistema de refrigeración de manera local, el sistema de cuenta con los siguientes elementos:

2.6.1.4 Teclado

Se ha previsto de un teclado matricial de 16 teclas (4x4), ver figura 2.10. La ventaja de un teclado matricial es que permite tener un mayor número de teclas con un menor número de cables.



FIGURA 2.10: Teclado Alfanumérico Matricial.

Un teclado matricial 4x4 tiene 4 columnas y 4 filas, ver figura 2.11, de manera que cuando se pulsa una tecla se pone en contacto una columna con una fila; sabiendo qué fila y qué columna se han unido es posible saber cuál de las 16 teclas ha sido pulsada.

Las filas del teclado en este caso se conectan a la parte alta del puerto D y las columnas a las bajas del puerto D.

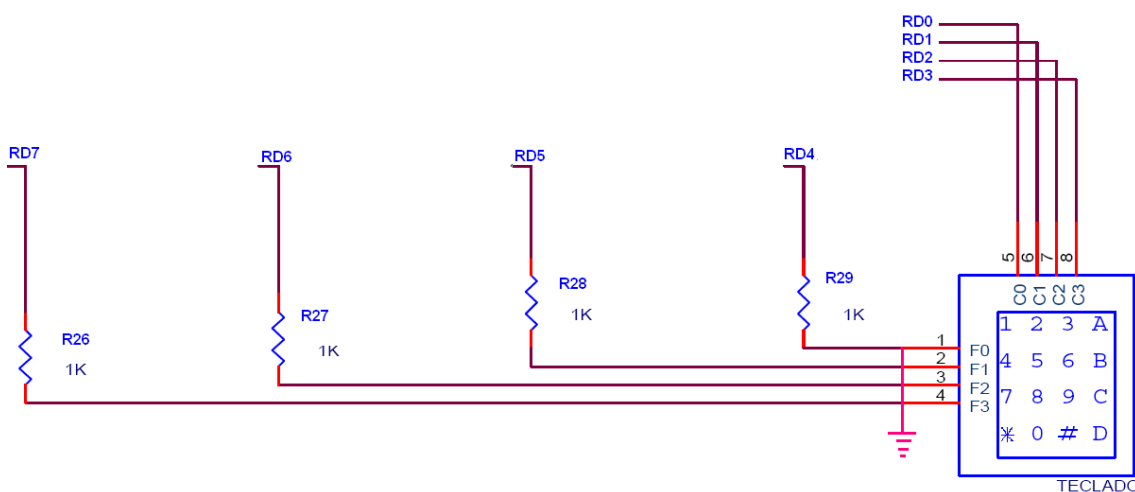


FIGURA 2.11: Distribución de filas y columnas.

La forma habitual de leer una tecla es en dos fases. En la primera fase se programan los 4 bits menos significativos de D como salida y los más significativos como entrada²⁷. Antes de sacar nada por el puerto D hay que habilitar los *pull-ups* internos. A continuación se saca un cero por D (las líneas RD3-RD0 se pondrán a nivel bajo) y seguido se lee D para ver las entradas más significativas (RD7-RD4).

Si no se ha pulsado nada, en la parte alta habrá sólo unos (gracias a los pull-ups internos), mientras que si se ha pulsado algo, el bit correspondiente a la columna que se hubiera pulsado se pondrá a cero (gracias a que se conecta ese bit con alguno de los de salida que están a nivel bajo).

En el instante que se pulsa una tecla se puede generar una señal transitoria de retorno al PIC, por tal motivo se protege al sistema llevando la señal de las filas a tierra mediante una resistencia de 1K, ver figura 2.12,

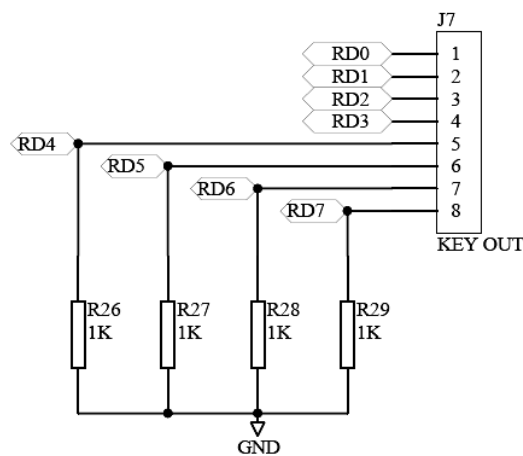


FIGURA 2.12: Conexión del teclado.

Para limitar la corriente a un valor manejable por el Pic se hace uso de la siguiente ecuación:

$$I_{teclado} = \frac{V}{R} = \frac{5V}{1K} = 5mA \quad (\text{Ec. 2.11})$$

²⁷VER ANEXO_5: Diagramas de Flujo, Programación del PIC 16F877A

2.6.1.5 Display de Cristal Líquido, LCD

El display de la figura 2.13, es una pantalla de dos filas de 16 caracteres cada una, su principal característica es su reducido consumo de potencia (en el orden de los microvatios).



FIGURA 2.13: Display de cristal líquido.

En la tabla 2.2 se describen cada uno de los pines de los módulos del LCD, mostrando, tanto su función mediante hojas de datos y también gracias a pruebas realizadas con el fin de obtener las mejores condiciones de trabajo. Los pines 15 y 16 están destinados para suministrar la corriente al back light o retroalimentación.

DISTRIBUCIÓN DE PINES	ASIGNACIÓN
Pin 1	Conexión a tierra o masa
Pin 2	Fuente Vcc (5 Vdc +)
Pin 3	Voltaje de alimentación variable desde 0 a 5 Vdc + para contraste de la pantalla para limitar la corriente con $R= 10\text{ K}\Omega$
Pin 4	Selección de dato/ comando hacia el PIC
Pin 5	Conexión a tierra o masa
Pin 6	Habilitación EN (enable) comando hacia el PIC
Pin 11	Línea de datos hacia el PIC (LSB) bit menos significativo
Pin 12	Línea de datos hacia el PIC
Pin 13	Línea de datos hacia el PIC
Pin 14	Línea de datos hacia el PIC (MSB) bit más significativo
Pin 15	Voltaje de alimentación Vcc (5 Vdc+) con resistencia de 82 ohms para limitar la corriente
Pin 16	Conexión a tierra o masa

TABLA 2.2: Descripción de pines de los módulos LCD.

En la Figura 2.14, mostrada a continuación, se muestra el circuito de conexión del LCD con los demás elementos que conforman la tarjeta de control.

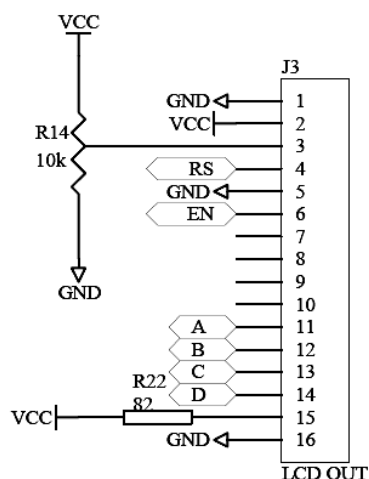


FIGURA 2.14: Configuración del LCD.

2.6.1.6 Circuito de Señales Discretas

Las señales discretas utilizadas en el proyecto se caracterizan por tener el sistema de control similar, pero de acuerdo a la función que desempeñan se clasifican en:

- Detector de Alta y Baja Presión
- Detector de fases

2.6.1.6.1 *Detector de Alta y Baja Presión.*

Para obtener señales discretas se trabaja con el circuito mostrado en la figura 2.15, en donde el diodo D1 rectifica la señal alterna que proviene de la bornera J4²⁸, en este caso es la salida de baja presión, en vista de que este voltaje es muy elevado para ser puesto directamente en una de las entradas del PIC se utiliza un acoplador para aislar el circuito de control del circuito de potencia para este efecto se utiliza el opto-transistor 4N35.

El mismo tratamiento se va a aplicar para la salida de alta presión.

²⁸ VER ANEXO_2: DWG: MF-PLN-CTR-003

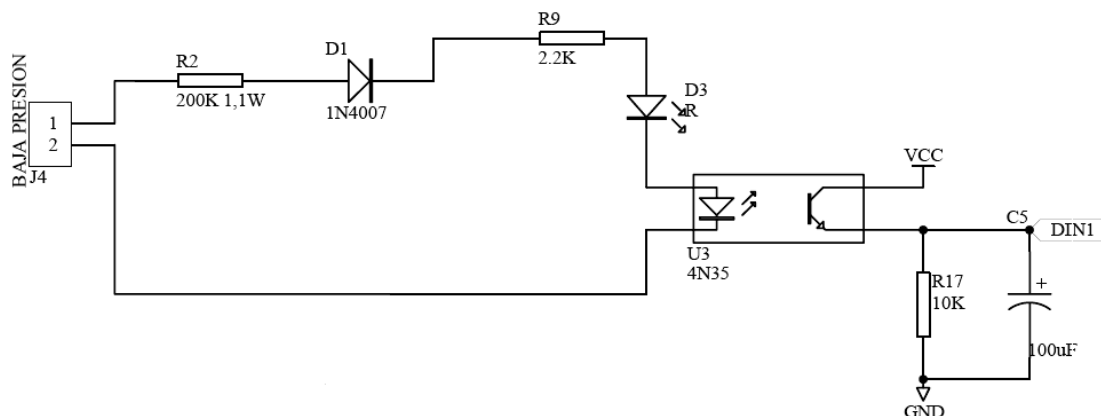


FIGURA 2.15: Señal de presión acondicionada hacia el PIC.

Los elementos electrónicos que se detallaron se encuentran en la tarjeta TC-CCQ-01²⁹, porque de esta manera se optimiza el espacio de la tarjeta de control y además se obtiene una señal lo más libre de ruidos.

2.6.1.6.2 *Detector De Fase*

El PIC se encuentra monitoreando constantemente las tres fases³⁰ de entrada al sistema principal, en caso de ausencia de una de ellas, el PIC genera una señal hacia la PC, la cual mediante el HMI labVIEW, crea una alerta visual señalando que el sistema se encuentra en estado inestable por ausencia de una de las fases. En la Figura 2.16 se observa claramente el circuito electrónico.

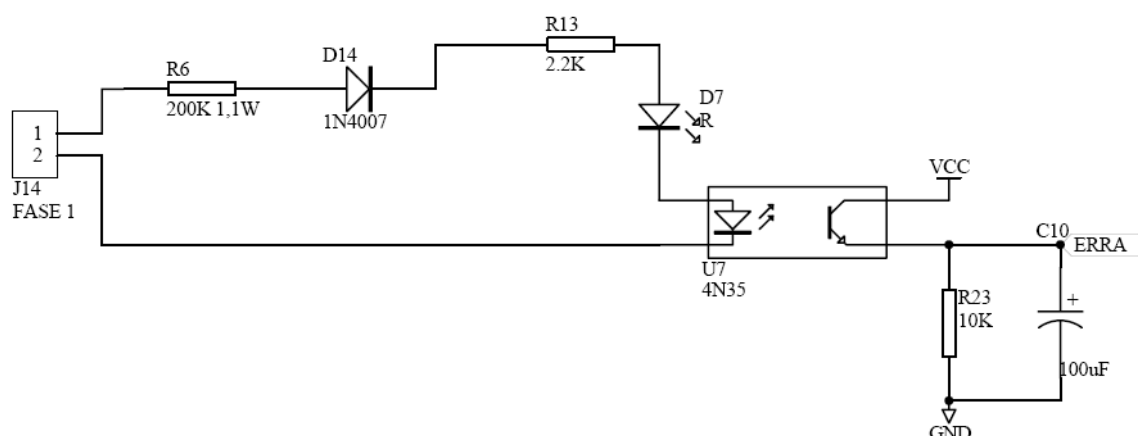


FIGURA 2.16: Señal detectora de fase A.

²⁹ VER ANEXO_1: Diagramas de las Tarjetas Electrónicas, TC-CCQ-01, Tarjeta de Control Principal

³⁰ VER ANEXO_5: Diagramas de Flujo, Programación del PIC 16F877A

Según la hoja de datos del 4N35, ver tabla 2.3³¹; se asume una corriente de forward de $I_F=1\text{mA}$ para el caso más crítico, con ayuda de la figura 2.16 y en ella aplicando ley de voltajes de Kirchoff se tiene la ecuación siguiente:

$$V_{in} - V_{D14} - V_{D7} - V_{U7} = I_A (R_6 + R_{13}) \quad (\text{Ec. 2.14})$$

Donde:

V_{in} es el voltaje de la fuente.

V_{D14}, V_{D7} son los voltajes de los diodos 14 y 7 respectivamente (0.7 Vdc).

V_{U7} es el voltaje del opto-acoplador (0.7 Vdc).

Reemplazando estos valores en la ecuación (Ec. 2.14) se tiene lo siguiente:

$$\begin{aligned} 220-0.7-0.7-0.7 &= 1\text{mA} (R_6 + R_{13}) \\ (R_6 + R_{13}) &= 202200 \Omega \end{aligned}$$

Asumiendo $R_{13} = 2.2\text{K}\Omega$ por lo tanto:

$$R_6 = 202200\Omega - R_{13} = 200 \text{ K}\Omega$$

La potencia que circula por la resistencia R_{13} se la encuentra con la ecuación (Ec. 2.15) esta se encuentra basándose en la ley de Joule:

$$\begin{aligned} P_{R6} &= I_F^2 * R_6 && (\text{Ec. 2.15}) \\ P_{R6} &= (1\text{mA})^2 * 200 \text{ K}\Omega = 1,1 \text{ W} \end{aligned}$$

Este valor de potencia es el mínimo que debería tener la R_{13} , se busca por lo tanto en el mercado un valor estándar, en este caso es una resistencia de 2 W.

Al diodo led D_7 se lo utiliza como referencia para saber si el sistema se encuentra en funcionamiento o no.

En lo que respecta al circuito que es conectado al PIC se tiene que:

³¹ Para mayor información, ver ANEXO_3: Especificaciones, CI: AD-595

Por el hecho de ser un circuito en paralelo se tiene que los voltajes:

$$V_{CC} = V_{C10} = V_{R23}$$

Si se sabe que la corriente (I_c) que circula por el colector tiene un valor de 100mA, esto en base a su hoja de datos; esta es la máxima corriente que soporta el 4N35, por un tiempo (t) no mayor a 5 μ seg.

Con estos valores se procede a dimensionar tanto el capacitor (C_{10}) como la resistencia (R_{23}), por lo tanto:

$$C_{10} = \frac{I \cdot t}{V} = \frac{100\text{mA} \cdot 5\mu\text{Seg}}{5\text{V}} = 0.1\mu\text{F} \quad (\text{Ec. 2.16})$$

$$I_{C10} = \frac{V_x}{R_1} e^{-\frac{t}{R_{23}C_{10}}}; \quad (\text{Ec. 2.17})$$

$$25\text{mA} = \frac{5\text{V}}{R_{23}} e^{-\frac{5\mu\text{seg}}{R_{23} \cdot 0.1\mu\text{F}}}$$

Despejando se obtiene:

$$R_{23} \approx 10000\Omega$$

El Opto Transistor de la figura 2.17, se usa con el objeto de aislar las señales que ingresan a las diferentes entradas del PIC.

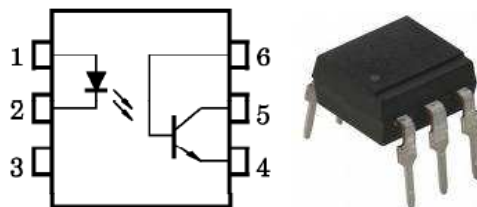


FIGURA 2.17: Opto- transistor (integrado 4N35).

En la tabla 2.3 se identifican las diferentes características eléctricas que realzan la operatividad del 4n35.

Características	Nomenclatura	Valores	unidades
Corriente directa	IF	60	mA
Potencia de disipación (diodo)	P _D	100	mW
Voltaje Reverso	V _R	6	V
Voltaje colector - emisor	V _{CE}	30	V
Voltaje colector - base	V _{CB}	70	V
Corriente de Colector	I _c	100	mA
Potencia de disipación (transistor)	P _D	300	mW
Temperatura de operación	T _{OPR}	-55 a 100	°C
Voltaje medio	BV _s	2500/3550	Vrms
Corriente colector - emisor	I _{CE}	50	nA
Tiempo de encendido	t _{ON}	10	ns
Tiempo de apagado	t _{Off}	10	ns

TABLA 2.3: Características eléctricas del 4N35

2.6.2 TARJETA DE RELÉS (TC-CCQ-02)

La tarjeta TC-CCQ-02³² se encuentra conformada por relés que poseen las siguientes características.

- Bobina: 12 Voltios (Vcc), corriente de encendido semejante a 60mA.
- Contactos: Corriente máxima 10 amperios a 220 voltios.

Dado que la corriente al momento de activar la bobina del relé se encuentra alrededor de los 60 mA y su voltaje de alimentación es de 12 voltios, es necesario utilizar una interfaz entre el PIC y el relé, dicha interfaz se lo realiza mediante transistores NPN (2N3904).

Para mantener activado el relé, el PIC debe enviar un 1 lógico, y por el contrario para mantener desactivado el relé se debe enviar un 0 lógico, la Figura 2.18 muestra el diagrama del circuito de activación del relé.

³²VER ANEXO_1: Diagramas de las Tarjetas Electrónicas, TC-CCQ-02 Tarjetas de Relés de Control

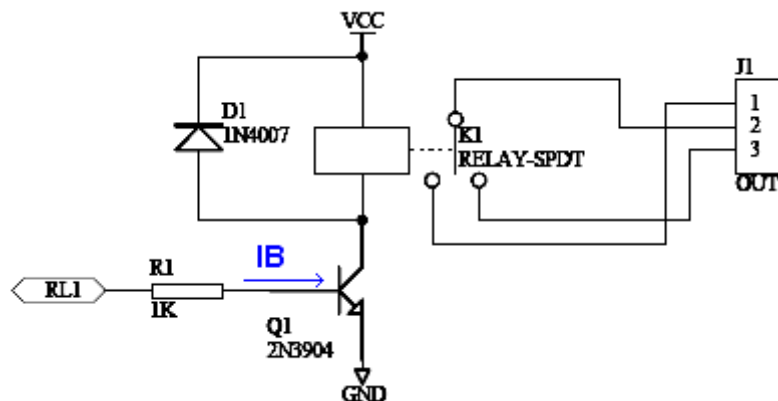


FIGURA 2.18: Configuración del relé.

Un transistor 2N3904 en configuración emisor común, se satura al recibir los 5V del PIC entrando en conducción. El relé está conectado permanentemente al positivo de 5V mientras que la masa es conmutada por el transistor. El diodo D_1 se encarga de evitar que la tensión inversa producida por la bobina del relé al desconectarse arruine el transistor. La resistencia en la base $R_B = 1K$, limita la corriente para evitar daños al transistor.

Dimensionamiento

Si el β para este transistor (2N3904) es semejante a 120, se determina la corriente mínima para saturación.

$I_{\beta Min}$ para saturación:

$$I_{\beta Min} \geq I_c / \beta \quad (\text{Ec. 2-18})$$

$I_{c Min}$ para activación relé 60mA.

$$I_{\beta Min} \geq 50\text{mA} / 120$$

$$I_{\beta Min} \geq 0,41 \text{ mA}$$

Siendo esta la corriente mínima que debe circular por el colector por el transistor se procede entonces a determinar el valor de la resistencia a ser colocada en la entrada del colector con ayuda de la ecuación (Ec. 2.22).

$$R_B \leq \frac{\text{Voltaje de entrada (Pic)} - 0,7 V}{I_{BMin}} \quad (\text{Ec. 2.19})$$

$$R_B \leq \frac{5V - 0,7 V}{0,5 mA} \leq 8,4 K\Omega$$

$$R_B = 1 K\Omega$$

2.6.3 ACONDICIONADOR DE TEMPERATURA (TC-CCQ-03)

Los termistores NTC son resistencias sensibles a la temperatura, están fabricados de una mezcla de óxidos de Mn, Ni, Co, Cu, Fe y están moldeados en un cuerpo cerámico de varios tamaños, ver figura 2.19, típicamente tienen una resistencia entre 50Ω y $1M\Omega$ a 25°C y una sensibilidad del $4\%/^\circ\text{C}$ a 25°C . El efecto de Coeficiente Negativo con la Temperatura puede resultar de un cambio externo de la temperatura ambiente o un calentamiento interno debido al efecto Joule de una corriente que fluye a través del termistor.



FIGURA 2.19: Forma física de un sensor de temperatura NTC.

VANTAJAS	DESVENTAJAS
Respuesta rápida.	No lineal.
Tamaño pequeño y bajo costo.	Rango de temperatura muy pequeño.
Su alta resistencia elimina algunas veces el uso de compensación de cables.	Muy alta sensibilidad $100 \Omega/^\circ\text{C}$.
Resistente a movimientos y vibraciones.	Problemas de estabilidad.

TABLA 2.4: Características del termistor NTC.

Una característica muy notoria de las NTC es que el cambio de la resistencia en función de la temperatura es no lineal, a diferencia de las RTD que presentan una respuesta lineal, se requiere por lo tanto de algún modo para linealizar esta respuesta de manera que resulten “alineados” los valores de resistencia ante un cambio de temperatura para así facilitar la programación del PIC, pero este proceso genera una disminución en la sensibilidad del termistor.

El procedimiento más sencillo para linealizar la respuesta de un termistor es disponer una resistencia fija (R) en paralelo con la NTC (), tal como se puede ver en la figura 2.20, se escoge el valor de dicha resistencia para que la respuesta cumpla alguna condición de linealidad en un margen dado, en este caso va desde -20°C hasta 50°C.

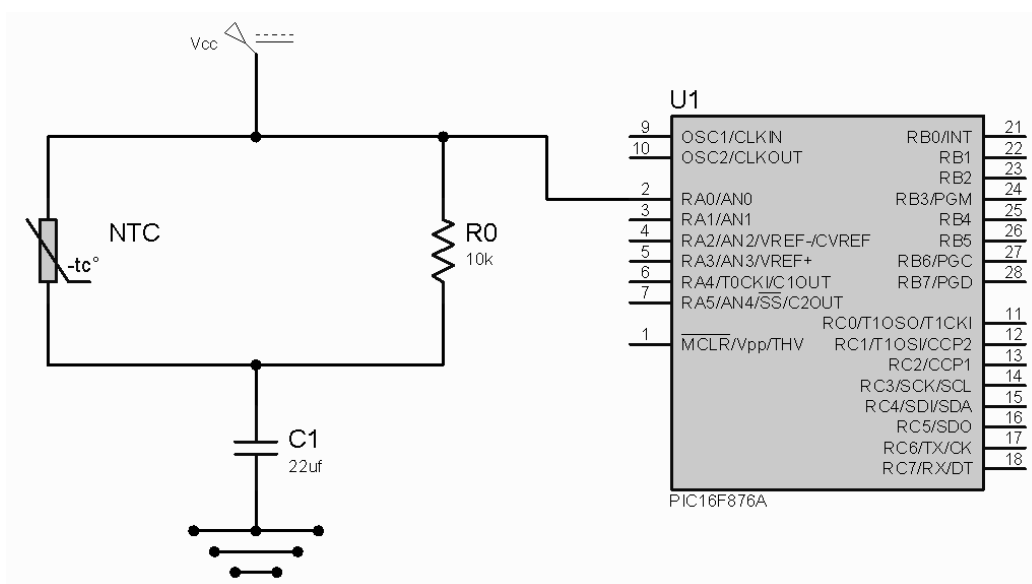


Figura 2.20: Circuito de acondicionamiento de la NTC.

Sea la siguiente expresión:

$$R_p = \frac{R \cdot R_T}{R + R_T} \quad (\text{Ec. 2.20})$$

La resistencia resultante R_p presenta una linealidad mayor y una menor dependencia con la temperatura, es decir, una menor sensibilidad. La variación de R_p (la resistencia equivalente), se la puede expresar como la derivada de R_p respecto de la temperatura T , y por lo tanto:

$$\frac{dR_p}{dT} = \frac{R^2}{(R+R_T)^2} \frac{dR_T}{dT} \quad (\text{Ec. 2.21})$$

Como se puede ver, la variación respecto de la temperatura de la resistencia equivalente es menor que la resistencia del termistor sin linealizar, dado que el factor $R^2 / (R+R_T)^2$ es siempre menor que 1, y por lo tanto, la resistencia equivalente R_p es más lineal respecto de la temperatura. Se gana en linealidad, pero a costa de reducir la sensibilidad.

Si la resistencia³³(R) tiene por valor el mismo que la resistencia del termistor R_T a la temperatura ambiente (25°C) entonces la región de resistencia relativamente lineal será simétrica en torno a la temperatura ambiente tal como se puede observar en la Figura 2.21.

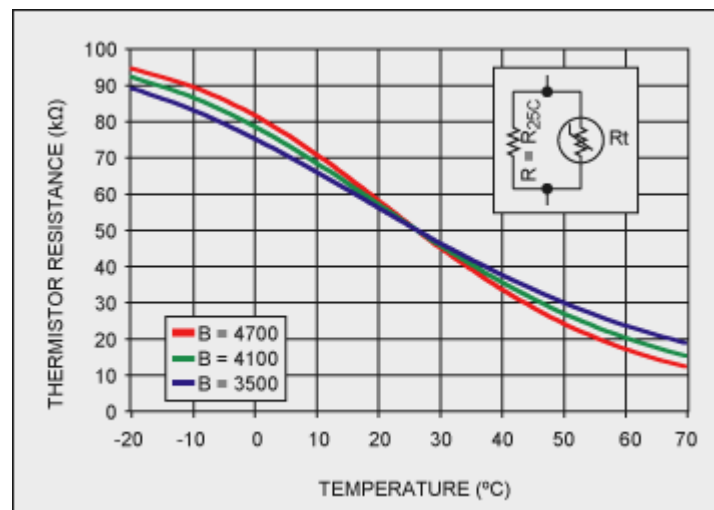


Figura 2.21: Linealización de una NTC³⁴.

Los termistores (NTC)³⁵ que se van a recurrir en el presente proyecto tienen por resistencia, a la temperatura de 25°C, de 10 KΩ; razón por la cual la resistencia que se va a utilizar para acondicionar a estos elementos es de 10 KΩ.

Hay que tomar en cuenta que los valores más bajos de β producen resultados lineales en un rango de temperatura más amplio, mientras que valores más altos

³³ "USING THERMISTORS IN TEMPERATURE TRACKING POWER SUPPLIES", MAXIM INNOVATION DELIVERED, <http://www.maxim-ic.com/app-notes/index.mvp/id/817>

³⁴ "USING THERMISTORS IN TEMPERATURE TRACKING POWER SUPPLIES", MAXIM INNOVATION DELIVERED, <http://www.maxim-ic.com/app-notes/index.mvp/id/817>

³⁵ Ver ANEXO_3: Especificaciones: NTC Thermistor for temperature measurement, SERIES B57500K

de β producen aumento de la sensibilidad durante un intervalo de temperaturas más estrecha.

Como se pudo observar en la figura 2.20 la respuesta que va generando el NTC en paralelo con la resistencia (R_0) es llevado a un microcontrolador que se encarga de adquirir estos valores para luego llevarlos a la tarjeta de control. El microcontrolador a ser utilizado es el PIC modelo 16F876A

A continuación, en la tabla 2.5 se detalla las conexiones de cada uno de los pines del PIC 16F876A con respecto a las necesidades del proyecto.

PUERTOS	DISTRIBUCIÓN DE PINES	ASIGNACIÓN
Puerto A	RA0 (pin 2)	Entrada Análoga 0(PWTH4)opcional
	RA1 (pin 3)	Entrada Análoga 1(TESTTH4)opcional
	RA2 (pin 4)	Entrada de referencia(negativo)
Puerto B	RB0 (pin33)	Entrada de interrupción externa
Puerto C	RC0 (pin 11)	Entrada Análoga 0(PWTH1)
	RC1 (pin 12)	Entrada Análoga 1(TESTTH1)
	RC2 (pin 13)	Entrada Análoga 2(PWTH2)
	RC3 (pin 14)	Entrada Análoga 3(TESTTH2)
	RC4 (pin 15)	Entrada Análoga 4 (PWTH3)
	RC5 (pin16)	Entrada Análoga 5(TESTTH3)
	RC6 (pin 17)	TX hacia el PC
	RC7 (pin 18)	RX hacia el PC
Pines de Polarización	RD0 (pin 9)	OSCILADOR1/CLKIN
	RD1 (pin 10)	OSCILADOR2/CLKOUT
	RD2 (pin 20)	Vcc
	RD3 (pin 8)	Vss / GND
	RD4 (pin 19)	Vss / GND

TABLA 2.5: Descripción de pines del PIC 16F876A.

La resistencia equivalente varía en aproximadamente:

- el 90% de la resistencia a 25°C a temperaturas bajas (-20 °C),
- al 50% de la resistencia a 25°C a temperatura ambiente (+25 °C),y
- aproximadamente el 15% de la resistencia a 25°C en caliente (70 °C).

Dado que lo que se pretende es medir la temperatura como si fuese un termómetro, el procedimiento utiliza una medición continua. El resultado de esta medida se almacenará en un búffer circular, a partir del cual, se realiza la conversión de valor binario a temperatura.

Para inicializar el conversor AD, se escoge la entrada adecuada, la velocidad de conversión más baja (la temperatura cambia muy lentamente), y se habilita las interrupciones no sin antes desactivar el comparador analógico y limpiar cualquier interrupción pendiente.

El condensador C1, de la figura 2.20, se lo escoge tomando en cuenta que se requiere 13.1 ms para que el PIC llegue a su conteo máximo así que para que la medición sea en buena medida correcta se busca un tiempo de carga del capacitor menor a ese valor.

Partiendo de la siguiente expresión:

$$\tau = R_p * C1 \text{ (s)} \quad (\text{Ec. 2.22})$$

Siendo:

$$\tau = \text{Constante de tiempo (s)}$$

$$R_p = \text{Resistencia Resultante } (\Omega)$$

$$C = \text{Capacitor (F)}$$

Si se conoce que a 25°C la resistencia de la NTC (R_T) es de 10 K Ω , que el valor de $R = 10 \text{ K}\Omega$ y con ayuda de la ecuación 2.48 se obtiene el valor de R_p de la siguiente forma:

$$R_p = \frac{10 * 10}{(10 + 10)} = 5(\text{K}\Omega)$$

Luego, se escoge un tiempo menor al de 13.1 ms en este caso es de 10 ms; entonces, se determina C1 despejando este valor de la ecuación 2.22, obteniendo la siguiente expresión:

$$C1 = \frac{\tau}{R_p} \text{ } (\mu\text{F}) \quad (\text{Ec. 2.23})$$

$$C1 = \frac{10 \text{ ms}}{5 \text{ K}\Omega} = 2\mu\text{F}$$

Como en el mercado no existe este valor de capacitor se lo aproxima al valor comercial que es de 2.2 μf , además con el fin de buscar estabilidad con el tiempo, temperatura y vibraciones; una menor absorción dieléctrica los capacitores deberán ser de tantalio³⁶ por que presentan las características anteriormente citadas.

Se han propuesto diversos modelos matemáticos para relacionar la variación de la resistencia eléctrica del termistor y la temperatura. Entre las ecuaciones más importantes se encuentra la propuesta por Scarr y Settingington (1960):

$$R_T = R_0 e^{\left\{\beta\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}\right)\right\}} \quad (\text{Ec. 2.24})$$

Dónde:

R_T = Resistencia eléctrica (K Ω),

T = Temperatura absoluta (K),

R_0 = Resistencia eléctrica para $T=T_0$,

T_0 = Temperatura absoluta de referencia (K) (regularmente 25

°C temperatura ambiente),

e = Función exponencial, y

β = Temperatura absoluta característica del material (K).

El parámetro β que depende del material de construcción del NTC y puede tener valores que oscilan entre 2000 °K a 5000 °K, para determinar su valor se despeja de la ecuación (Ec. 2.24) y se obtiene la siguiente expresión:

$$\beta = \frac{\ln\left(\frac{R_1}{R_0}\right)}{\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}} \quad (\text{Ec. 2.25})$$

³⁶ “CAPACITORES PARTE II”, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional de Mendoza, http://www.frm.utn.edu.ar/tecnologiae/apuntes/capacitores_parteII.pdf

Del mismo modo se puede determinar la temperatura absoluta:

$$T = \frac{\beta T_0}{\beta + T_0 \ln \left(\frac{R_T}{R_{T_0}} \right)} \quad (\text{Ec. 2.26})$$

La sensibilidad del termistor se la puede hallar generando una variación de la resistencia (R_T) con respecto a un cambio de la temperatura absoluta T , a la expresión resultante se la conoce también como el coeficiente de temperatura, habitualmente simbolizado como α , que es una propiedad intensiva de los materiales; es decir, cuyo valor permanece inalterable al subdividir el sistema inicial en varios subsistemas y que cuantifican la relación entre la variación de la resistencia eléctrica de un material y el cambio de temperatura expresando de esta manera la no linealidad del material.

$$\alpha = \text{sensibilidad} = \frac{1}{R_T} \frac{dR_T}{dT} \quad (\text{Ec. 2.27})$$

$$\alpha = -\frac{\beta}{T^2} \quad (\text{Ec. 2.28})$$

Para obtener un valor aproximado de β se usa una tabla donde se almacenan los valores medidos de resistencia que proporciona el NTC al ser expuesto a temperaturas a las que va a trabajar, luego se calcula el valor de R_T con ayuda de la ecuación (Ec. 2.24), los valores obtenidos se los tabula en una hoja de cálculo³⁷ para luego determinar el valor medio de β siendo este valor con el que se va a trabajar.

Al analizar la hoja de cálculo se obtuvieron los siguientes resultados:

- El valor promedio obtenido de las tres sondas de NTC es de 3772,16 (K), este número será ingresado dentro de la rutina de control.
- Se puede observar claramente en los gráficos obtenidos el efecto de colocar una resistencia para linealizar la respuesta del NTC.
- Se ha obtenido una buena respuesta lineal de las NTC pero se ha producido una disminución en la sensibilidad de los mismos.

³⁷VER ANEXO_4: Cálculos, "Cálculo de la temperatura característica del material (β)", MF-HC-003

TIEMPO DE BARRIDO

El cálculo del tiempo máximo de barrido con el PIC 16F876A se lo realiza en base a los 16 bits que puede contar el TIMER 1 que posee este microcontrolador; siendo entonces el valor máximo de $2^{16} = 65536$, por lo tanto el rango con que trabaja este PIC va desde 0 hasta 65535.

El tiempo máximo de conteo del PIC se lo encuentra con la siguiente expresión:

$$TMC = FE * CM \quad (\text{Ec. 2.29})$$

Donde:

TMC = Tiempo Máximo de Conteo

FE = Valor de Fondo Escala

CM = Ciclo de Máquina del PIC (200 ns)

Reemplazando con los valores de diseño se tiene:

$$TMC = 65535 * 200 \text{ ns} = 13.1 \text{ ms}$$

Siendo este valor el máximo tiempo en donde el PIC puede tomar una muestra.

2.6.4 CARGADOR DE BATERÍAS (TC-CCQ-04)

Las tarjetas electrónicas del presente proyecto necesitan para su funcionamiento un suministro de voltaje continuo e ininterrumpido, razón por la cual se requiere de una fuente que transforme la energía alterna a continua y en ausencia de esta, las tarjetas recibirán energía de una batería que soporte los efectos del medio ambiente y que no requiera de mantenimiento la composición química de estas baterías son de Plomo-Níquel³⁸.

La tarjeta, TC-CCQ-04³⁹, de la Figura 2.22, posee las siguientes características:

³⁸ VER ANEXO_3, Especificaciones, Baterías CSB

³⁹ VER ANEXO_1: Diagramas de las Tarjetas Electrónicas, TC-CCQ-06 Fuente de Energía

comporta como un circuito abierto y Q2 se mantiene en estado de corte. Se ajusta el potenciómetro para obtener la tensión de disparo de Q2, que en este caso corresponde a la tensión del zener cuando las baterías están completamente cargadas. A medida que la carga de la batería aumenta, el voltaje en el cursor del potenciómetro también aumenta, llegando a tener un voltaje suficiente para hacer conducir al diodo zener.

- Cuando el diodo zener conduce, dispara el tiristor (Q2) que ahora se comporta como un corto,
- Luego el tiristor Q2 conduce y se crea una caída de tensión en R5, causando que el voltaje en el ánodo del diodo D9 sea muy pequeño para disparar al tiristor Q1 y así se detiene el paso de corriente hacia la batería (dejando de cargarla).
- Si la batería se volviese a descargar el proceso se inicia automáticamente.
- El capacitor C1, se utiliza para evitar posibles disparos no deseados del SCR (Q2).

Para la batería de 12 V, el voltaje del zener debe estar entre 4.2V hasta 15V como máximo.

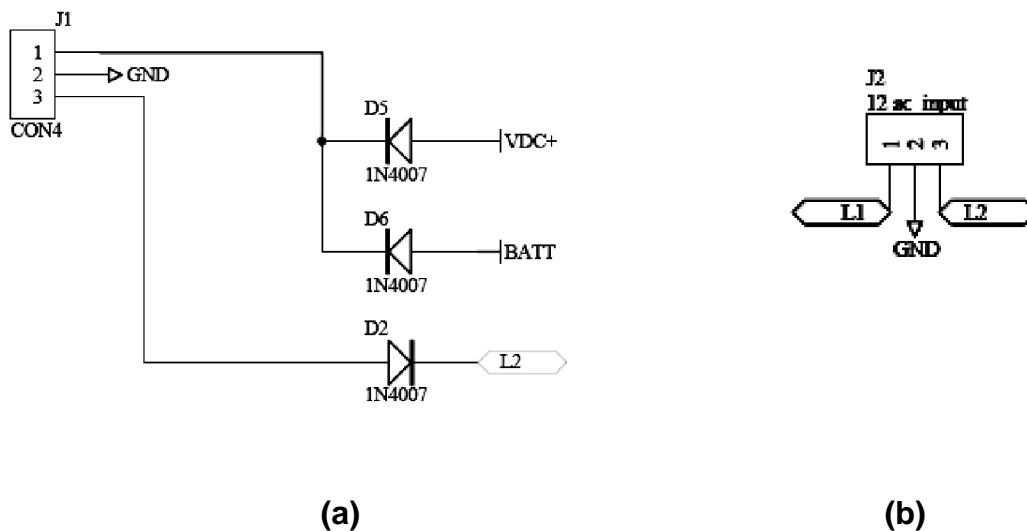


FIGURA 2.23: Bornera con líneas de alimentación;

a.- Salida Vdc.

b.- Entrada Vac.

Cuando la batería presenta entre sus terminales la tensión que corresponde a la carga completa, el zener conduce y Q2 se dispara. Bajo estas condiciones, el mismo prácticamente pone a tierra la compuerta de Q1, lo que impide el disparo de este, y por lo tanto interrumpe la carga. Al mismo tiempo, la conducción completa de Q2 hace que el LED D₈ se encienda indicando que las baterías están completamente cargadas.

Con esto se ajusta el cargador para que funcione correctamente. De esta manera se regula la cantidad de corriente de carga que entrega el elemento de paso, como fuente constante y cuyo valor va a depender del grado de descarga de la batería.

Las entradas V_{DC} y BATT, de la figura 2.27 (a), funcionan de manera alternante ya que la primera permite el flujo de energía desde la red comercial y la segunda proporciona energía desde las baterías; los diodos D₅, D₆ y D₂, sirven para independizar este circuito de los otros que forman las demás tarjetas de control.

2.7 NIVEL 3: SUPERVISIÓN Y CONTROL

En este nivel se supervisa la operación de la cámara de congelación; debido a la importancia de este nivel, se la va a explicar de manera más detallada en el Capítulo III.

CAPITULO 3

DESARROLLO DE LA PÁGINA WEB PARA EL SISTEMA DE CONTROL

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA PÁGINA ELECTRÓNICA

3.1 INTRODUCCIÓN

Con el fin de conocer el comportamiento de la cámara de congelación sin la necesidad de tener aparatos fuera de lo común si no solamente con ayuda de un computador y un punto de red se desarrolla en este capítulo una página web la cual interactuará con el usuario para mostrar los parámetros más importantes del sistema de congelación, así como también se podrá realizar cambios en el funcionamiento de dicho cuarto sin el requerimiento de estar junto a ella, lo cual permitirá optimizar tiempos de funcionamiento y mejorar el rendimiento de la procesadora de pulpa.

A continuación se va a detallar el diseño de la página web; la misma que es parte importante del nivel 3 de la arquitectura de control que quedó inconclusa en el capítulo II.

3.2 NIVEL 3: SUPERVISIÓN Y CONTROL

Este nivel se supervisa la operación de la cámara de congelación; en forma general tiene los siguientes componentes⁴⁰:

3.2.1 HARDWARE:

El sistema de control posee:

Un computador marca DELL VOSTRO 1015, cuyas características principales son: procesador Intel(R) Core (TM) 2Duo 2.1Ghz, 2.96Gb de Ram, tarjeta de red de Realtek RTL8168D/8111DFamily PCI-E GBE NIC, 197Gb de espacio disponible en disco, pantalla plana de 15.5", unidad de cd-rom y dvd, teclado ingles/español, Touchpad y mouse" tipo óptico.

⁴⁰VER ANEXO_2, DWG: MF-PLN-CTR-003

3.2.2 SOFTWARE:

Un archivo ejecutable de LABVIEW 8.2, Marca: NATIONAL INSTRUMENTS. Esta aplicación reside en el Servidor.

La comunicación entre el PIC y el Sistema de Control Remoto se realiza vía protocolo RS-232⁴¹. Esta red se conecta a los pines del pórtico de comunicación serial del microcontrolador, usando cable CAT6 par trenzado, de ocho hilos. El enlace físico se realiza por medio de un circuito integrado denominado MAX 232 ubicado en la tarjeta principal del módulo de control (TC-CCQ-01).

La siguiente información está disponible en el PIC y el Sistema de Control Remoto tendrá acceso a ella:

- Valores de los instrumentos analógicos
- Valores de los estados discretos
- Valores discretos de alarmas

La siguiente información será enviada por el Sistema de Control

- Comandos de Control discretos (encendido , apagado , reconocimiento de alarmas, estados de funcionamiento)
- Valores analógicos y digitales de instrumentos asociados la cámara de congelación

3.2.3 DIRECCIÓN IP PÚBLICA:

La dirección IP Pública es la ubicación del equipo dentro de Internet; gracias a ella se puede publicar cualquier página web desde el computador sin ninguna confusión, ya que no existen dos iguales en todo el mundo; es decir, la dirección IP identifica el equipo dentro de toda la red del mundo.

La dirección IP está formada por 32 bits agrupados en 4 bloques de 8 bits cada bloque.

⁴¹ El Hardware del módulo de comunicación quedó claramente indicado en el Capítulo II

Por la ubicación física de la fábrica mis frutales y haciendo un estudio económico de todos los proveedores de IP públicas en la ciudad de Quito, se adquirió una IP pública con el proveedor TV Cable la cual tiene la estructura: 186.69.149.250, y donde los dos primeros bytes definen el dominio (red o subred) y los dos últimos definen el terminal.

Se dispone un cable modem marca Motorola, modelo sb5100 el cual se encarga de convertir la señal del cable coaxial hacia el computador mediante el cable de red.



FIGURA 3.1: Cable modem motorola SB5100.

En la figura 3.2 se indica el resto de parámetros de red configurados en el computador servidor, cabe indicar que por motivos de privacidad se ha ocultado algunos datos numéricos.

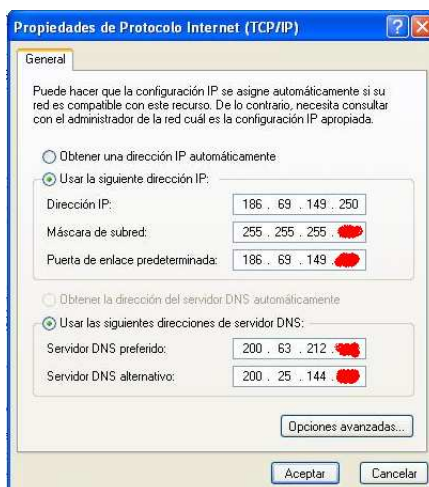


FIGURA 3.2: Parámetros de red para el computador servidor.

3.3 ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE PANTALLAS GRÁFICAS

3.3.1 ORGANIZACIÓN DE LAS PANTALLAS

Una vez que el operador ha ingresado a la Internet, aparecerá la pantalla principal la página de inicio del sistema como se muestra en la figura 3.3, en el cual de acuerdo a la jerarquía del usuario podrá ingresar a otras sub-pantallas de la página.

La figura 3.3 por consiguiente, muestra un diagrama esquemático general de la cámara de congelación donde se pueden observar las señales digitales, alarmas, comandos, pódicos de comunicación, etc.



FIGURA 3.3: Pantalla inicial.

Esta pantalla muestra gráficamente el proceso de funcionamiento en tiempo real de las variables análogas de temperatura, escarchado y del valor de set-point.

Aquí se muestra la variable de proceso, la variable de control y set-point con curvas para las correspondientes variables del lazo de control. Las variaciones de

set-point tendrán una predefinida variación, controlada desde el PIC, para cambiar el set-point de un valor original a un valor deseado.

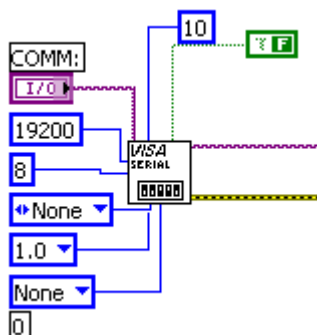


FIGURA 3.4: Diagrama de bloques para comunicación serial.

El diagrama de bloques consta, del enlace entre el computador, que funciona como servidor, y el panel de control LP-CCQ-01 a través de un interfaz de comunicación serial, ver figura 3.4, cuyos parámetros principales son: velocidad de transmisión 19200 baudios, el ancho de los datos es de 8 bits, no posee bit de paridad, entre otras características.

3.3.2 ÁREA DE ALARMAS

El área de esta pantalla está conformada por luces de señalización, los cuales se encienden cuando se produce una estado anormal de funcionamiento. Con la información obtenida se puede conocer el origen de la falla para su posterior corrección.

Las alarmas mostradas serán dependientes de las alarmas incluidas en la lógica del PIC. Estas alarmas tienen la propiedad dinámica de cambio como color cuando ocurre un imprevisto.

Para distribuir las señales que se va recibiendo desde campo, y con el fin de visualizarlas en la pantalla de la página web se utiliza un “Index Array” que se encarga de redireccionar estas señales hacia cada una de las salidas.

Además en esta pantalla pueden ser mostradas las alarmas de falla de energía eléctrica, existencia de sobrepresión, etc.

Todos los elementos señalados en la Figura 3.5 se indican en la pantalla usando objetos dinámicos para mostrar cuando un sistema está activo, desactivado o en alarma.

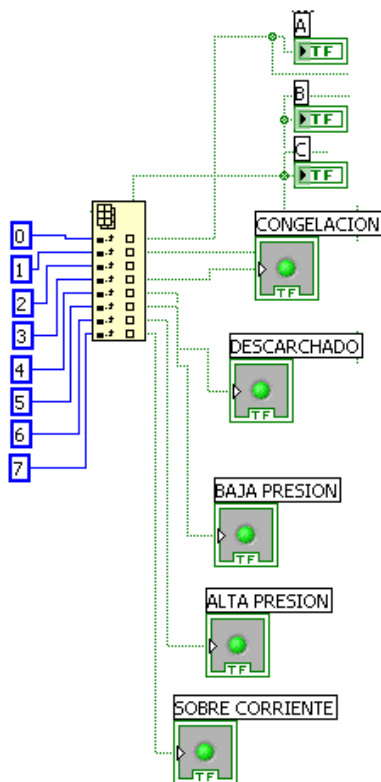


FIGURA 3.5: Diagrama de bloques para salidas digitales.

3.3.3 PANTALLA DE REPORTES E HISTÓRICOS

Esta pantalla refleja el estatus actual del sistema como fecha y hora presentes así como la indicación de los estados de los servicios presentes del sistema, etc.

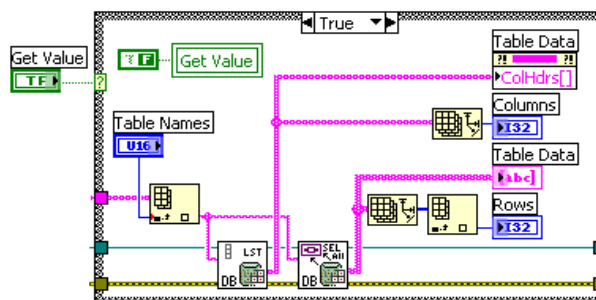


FIGURA 3.6: Diagrama de bloques de la tabla para adquisición de datos.

El diagrama de bloques, visto en la figura 3.6, consta de un lazo condicional en el cual se va distribuyendo la información de acuerdo a un orden establecido.

PROYECTO CONTROL DE TEMPERATURA "MIS FRUTALES"

TABLA DE HISTORIALES

Hora	Fecha	Temperatura	TempEscarcha	FaseA	FaseB	FaseC	PresCompresor
14:52:55	13/08/2010	-4.4	-4.9	Normal	Normal	Normal	Normal
14:52:59	13/08/2010	-4	-4	Normal	Normal	Normal	Normal
14:53:02	13/08/2010	-4.2	-4.7	Normal	Normal	Normal	Normal
14:53:05	13/08/2010	-3.7	-4.5	Normal	Normal	Normal	Normal
14:53:08	13/08/2010	-3.8	-4.6	Normal	Normal	Normal	Normal
14:53:11	13/08/2010	-4.4	-5	Normal	Normal	Normal	Normal
14:53:14	13/08/2010	-3.8	-4.8	Normal	Normal	Normal	Normal
14:53:17	13/08/2010	-3.8	-4.3	Normal	Normal	Normal	Normal
14:53:20	13/08/2010	-4.3	-4.3	Normal	Normal	Normal	Normal
14:53:23	13/08/2010	-4.4	-4.9	Normal	Normal	Normal	Normal
14:53:26	13/08/2010	-4.5	-5.1	Normal	Normal	Normal	Normal
14:53:29	13/08/2010	-4.5	-5.4	Normal	Normal	Normal	Normal
14:53:32	13/08/2010	-4	-4.5	Normal	Normal	Normal	Normal
14:53:35	13/08/2010	-3.9	-5.1	Normal	Normal	Normal	Normal
14:53:38	13/08/2010	-4.4	-4.7	Normal	Normal	Normal	Normal
14:53:41	13/08/2010	-4.6	-4.8	Normal	Normal	Normal	Normal
14:53:44	13/08/2010	-4.9	-5.1	Normal	Normal	Normal	Normal
14:53:47	13/08/2010	-4	-5	Normal	Normal	Normal	Normal
14:53:50	13/08/2010	-4.9	-5.2	Normal	Normal	Normal	Normal

FIGURA 3.7: Tabla de adquisición de datos.

La pantalla, vista en la figura 3.7, permite al operador tomar los valores de los sucesos que ocurren en determinado tiempo, la información tabulada se muestra en forma de tabla, con esta información se realizan las correcciones necesarias, eso sí amerita hacerlo según la necesidad de la fábrica "Mis Frutales".

3.3.4 ÁREA DE ADQUISICIÓN Y ENVÍO DE VALORES DE REFERENCIA

La pantalla de envío y adquisición de valores de referencia es la que se presenta a continuación en la figura 3.8 en la cual interactúa la página web con el PIC, indicando al operador el rango de temperaturas permisibles, en caso de ingresar un valor fuera del rango, este número no será procesado debido a que estará generando un valor que ocasionaría el desborde del contador del PIC; cada valor de set-point es enviado de manera individual. Además esta pantalla cuenta con un visor para conocer el estado de envío recepción de información, esto ocurre cada vez que es presionado el botón "Leer Configuración".

Si la comunicación es errónea se genera un mensaje de “error”, si se lee el mensaje “OK”, la pantalla se refresca con los valores de “set-point” que se hallan especificados en el PIC.

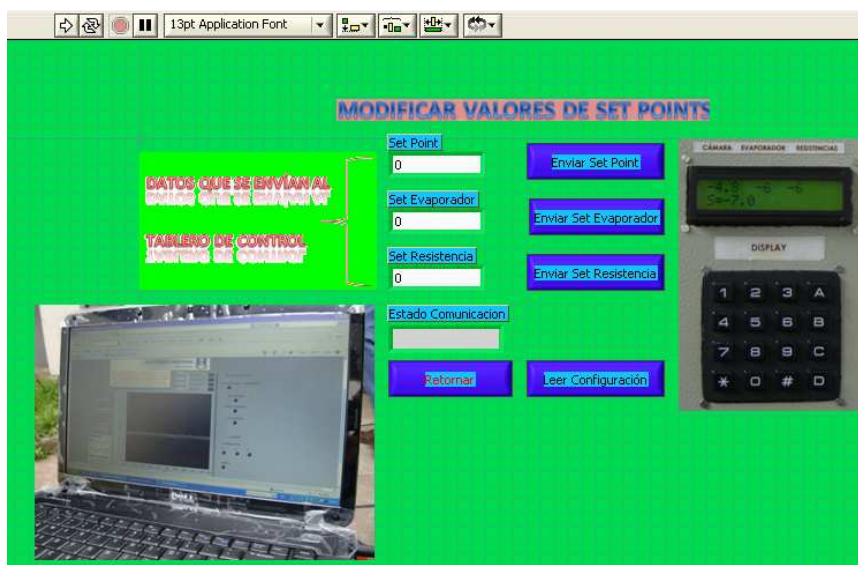


FIGURA 3.8: Adquisición y envío de datos.

Cabe señalar que para poder ingresar a este menú es necesario poseer la clave de acceso, ya que solo de esta manera se evita que personas ajenas a la planta puedan manejar estos valores ocasionando fallas del sistema.

El diagrama de bloques del panel frontal visto en la figura 3.9, tiene una función importante que se encarga de escribir desde el “write buffer” hasta el dispositivo especificado por el “VISA resource name”.

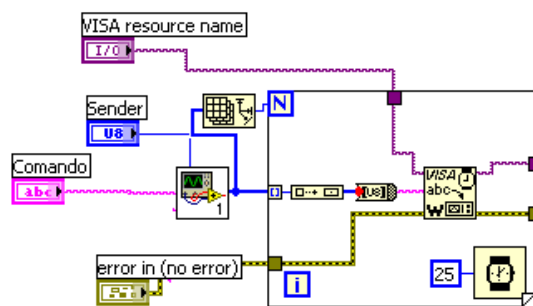


FIGURA 3.9: Diagrama de bloques del sistema de adquisición y envío de set - point.

Debido a que se debe evitar que personas ajenas al proceso de obtención de extracto de fruta de la Empresa Mis Frutales, es necesario que solo personal autorizado tenga acceso a la pantalla antes mencionada, entonces por esta razón es que antes de que aparezca el Panel frontal visto en la figura 3.8, es necesario que el usuario tenga acceso vía una clave que debe colocarla en la pantalla vista en la figura 3.10.



FIGURA 3.10: Panel Frontal para escritura de clave de ingreso.

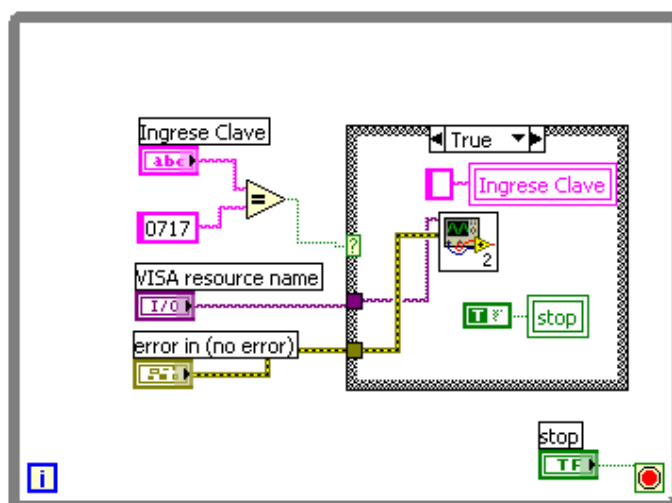


FIGURA 3.11: Diagrama de bloques para escritura de clave de ingreso.

El diagrama de bloques de la pantalla vista en la figura 3.11 tiene como elemento principal una estructura condicional, la cual se encarga de comparar la clave con el valor almacenado en el programa si es correcto se puede ingresar, caso contrario se queda en estado de espera.

3.3.5 NAVEGACIÓN

Como ya se vio anteriormente, se tiene una sola vía de acceso a las pantallas individuales, siendo esta muy sencilla desde la pantalla general y de esta a las pantallas de sistema de la planta con información detallada. Las pantallas son llamadas desde cajas de texto.

3.3.6 SÍMBOLOS DINÁMICOS

Los equipos y elementos serán representados por símbolos dinámicos dependiendo el tipo de señal que está siendo enlazada con el símbolo. Cuando un dispositivo está en alarma, el símbolo gráfico se enciende mostrando la operación que está realizándose en ese momento.

A continuación se detalla la estandarización de colores y símbolos dinámicos de los equipos:

3.4 SEÑALES DIGITALES

El compresor, las resistencias y cualquier otro elemento, están enlazados a una señal digital de estado desde campo y puede ser representado como símbolo dinámico de dos estados.

ELEMENTO	TIPO DE SEÑAL	TIPO DE PANTALLA	ESTADO	COLOR	PARPADEO	NIVEL DE ALARMA	ESTADO DE ALARMA
Símbolo Dinámico	Digital (dos estados)	Proceso	Run (Normal)	Verde	NO	N/D	NO
Símbolo Dinámico	Digital (dos estados)	Alarma	Stop (Normal)	Rojo	NO	N/D	NO

TABLA 3.1: Estándar de señales digitales.

En la pantalla principal dependiendo de las características del proceso se tiene iconos de selección que permitirán establecer ciertas características de operación, como se indica a continuación.

3.5 SEÑALES ANÁLOGAS

La información de las temperaturas de la cámara, del evaporador y de las resistencias, se encuentran enlazadas con dos registros análogos de la base de datos. Estos valores de señales tomarán la siguiente estandarización para que puedan ser dibujados en la pantalla de proceso:

ELEMENTO	TIPO DE SEÑAL	TIPO DE PANTALLA	ESTADO	COLOR	PARPADEO	NIVEL DE ALARMA	ESTADO DE ALARMA
Temperatura de la Cámara	Análoga	Proceso	Normal	Amarillo	NO	N/D	NO
Temperatura en el Evaporador	Análoga	Proceso	Normal	Rojo	NO	N/D	NO
Temperatura de las Resistencias	Análoga	Proceso	Normal	Verde	NO	N/D	NO
Set Point Temperatura de la Cámara	Análoga	Proceso	Normal	Celeste	NO	N/D	NO

TABLA 3.2: Estándar de señales análogas.

El refrescamiento del estado de las señales, lo puede realizar el sistema en un mínimo de tiempo para actualizar su base de datos.

3.6 RESUMEN DE ALARMAS

El área donde muestra una lista de alarmas prioritarias por orden de apareamiento en el tiempo; las alarmas con el más alto nivel de gravedad estarán en el tope de la lista. Debe tenerse la posibilidad de representar la severidad de las alarmas coloreando el fondo de pantalla de cada alarma registrada en la pantalla de alarmas, así cuando ocurra que alguien quede atrapado dentro de la cámara, esta persona tiene la posibilidad de accionar un pulsante el cual envía

una señal de alarma para que apague el sistema; en el mismo instante se enciende una alarma sonora y por último, este acontecimiento será guardado en la base de datos y si ocurriese una pérdida de energía, entiéndase falta total o parcial de alguna de las fases, se encenderá la alarma sonora de manera intermitente, además de esta alarma “in-situ” en la página se muestra dicho acontecimiento.

3.7 ARCHIVO EJECUTABLE DE LABVIEW PARA FUNCIONAR COMO SERVIDOR.

En el computador principal; que hace de Servidor Web, utiliza el software que proporciona National Instruments de manera gratuita en su página web oficial simplemente suscribiéndose. Su nombre es LabVIEW821RuntimeEngine, el mismo que varía dependiendo de su versión, para nuestro caso LabVIEW 8.2.

Instalado el Run-Time en el servidor, para poder interactuar entre los paneles frontales del sistema y los clientes remotos, se debe generar los archivos ejecutables cuya extensión se caracteriza por ser .exe y el proceso para obtener los mismos, se detalla a continuación:

1. Abrir el proyecto de LabVIEW y construir la página web para el VI. Para ello en el panel frontal del VI se selecciona **Tools>>Web Publishing Tool**.

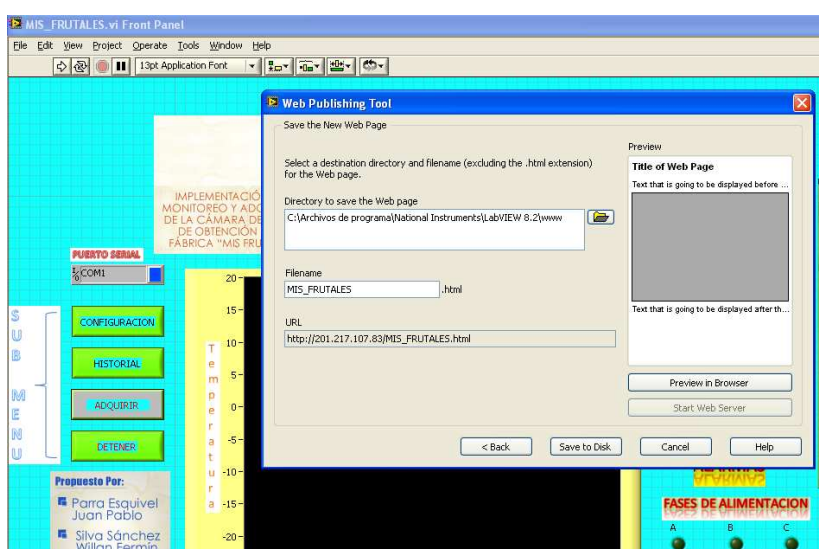


FIGURA 3.12: Publicación de la aplicación VI con Web Server.

Se configura el **Viewing Mode** para que funcione como se desea. Presionar el botón de ayuda para conocer la funcionalidad de cada opción. Dar click en **Next** y crear el título del documento y presionar **Next**.

Se guarda el documento **HTML** en su directorio [LabVIEW]\www. Se da click en **Save to Disk**. Asegurarse de anotar el URL. La página web que se desplegará está completa y guardada en el disco duro del Servidor.

2. En el explorador de proyectos de LabVIEW (**Tools>>Build Executable**), se agrega el documento HTML al hacer click derecho en el icono **My Computer** y seleccionando **Add File**. Navegar hasta la dirección de raíz del documento y agregarlo.

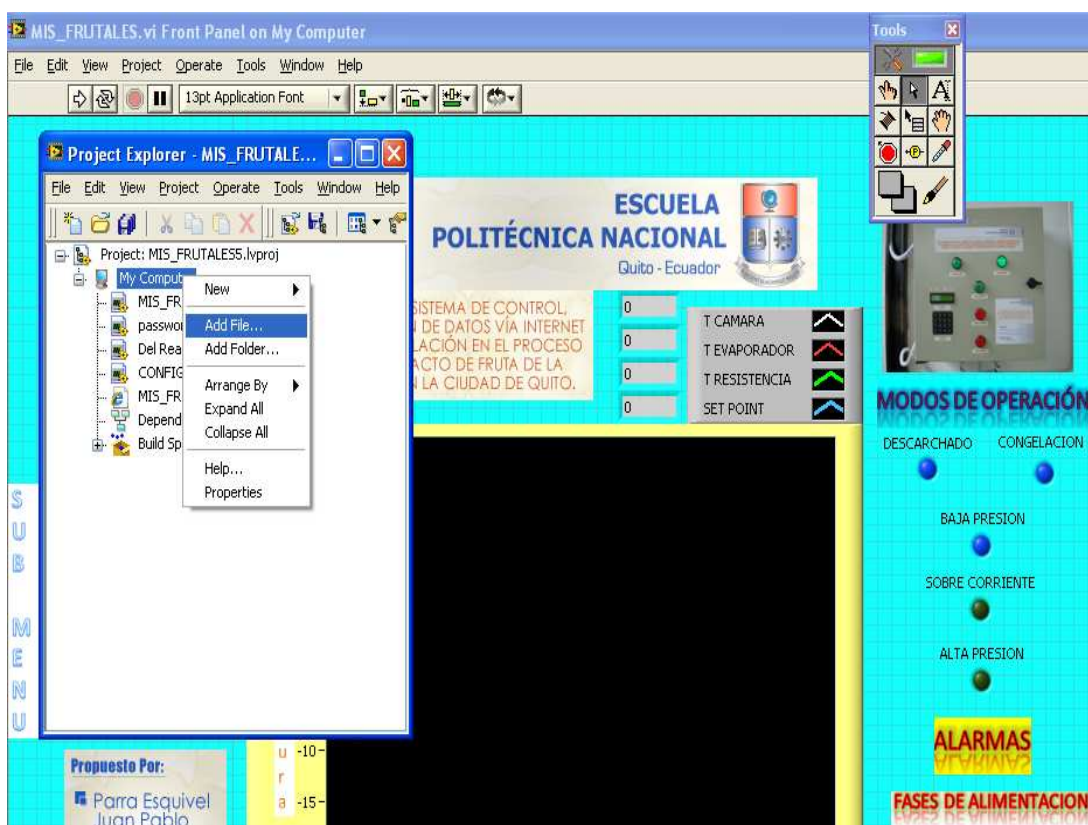


FIGURA 3.13: Adquisición de archivos con el explorador de proyectos.

3. Construir el ejecutable al hacer click derecho en **Build Specification>>New>>Application**. Seleccionar la sección de **Source Files** para añadir el VI de más alto nivel a **Startup VIs** y agregar la cadena

de archivos VIs que se utilizan junto con el archivo HTML en **Dynamic VIs and Support Files**. Crear la aplicación al seleccionar **Build**.

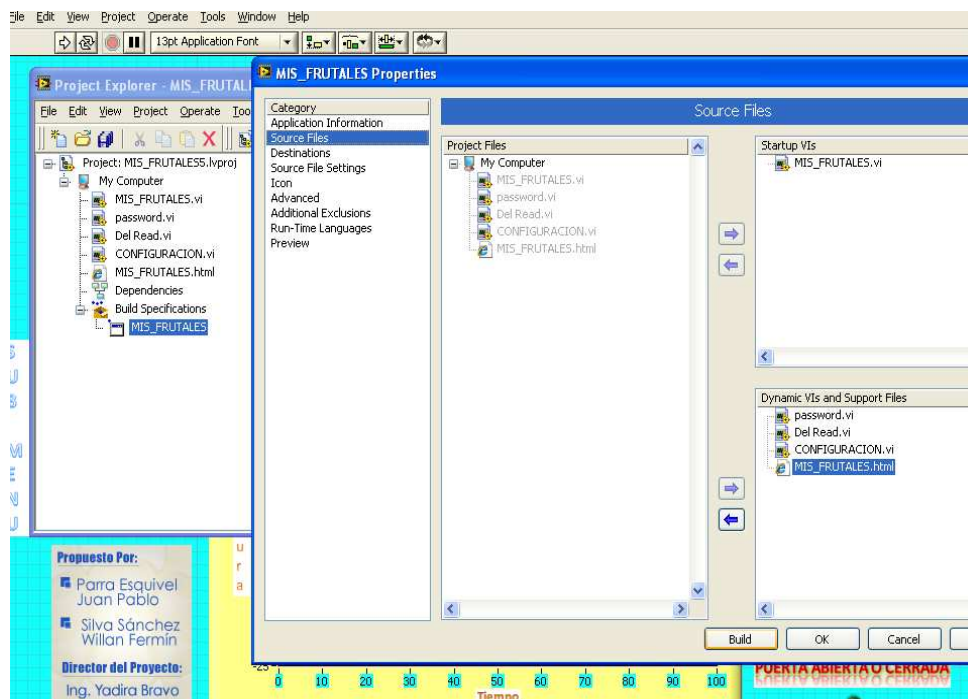


FIGURA 3.14: Construcción de archivo ejecutable.

4. Copiar el ejecutable y todos los archivos generados en la computadora Servidor.
5. En la computadora servidor buscar el directorio de la aplicación que se genera en C:\Documents and Settings\nombre del computador\Mis documentos\buildsy abrir el archivo de extensión **.ini**, agregar la llave **WebServer.Enabled=True** bajo las otras llaves del WebServer.

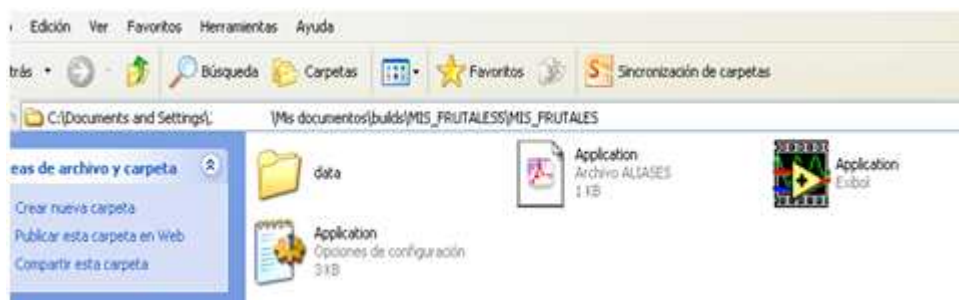


FIGURA 3.15: Archivos generados en el computador servidor.

Cambiar la ruta del servidor web de la dirección [LabVIEW]www que aparece por defecto al directorio donde la página HTML reside.

Debe localizarse en el directorio donde se encuentra el ejecutable data.

Guardar los cambios en el archivo .ini y cerrar.

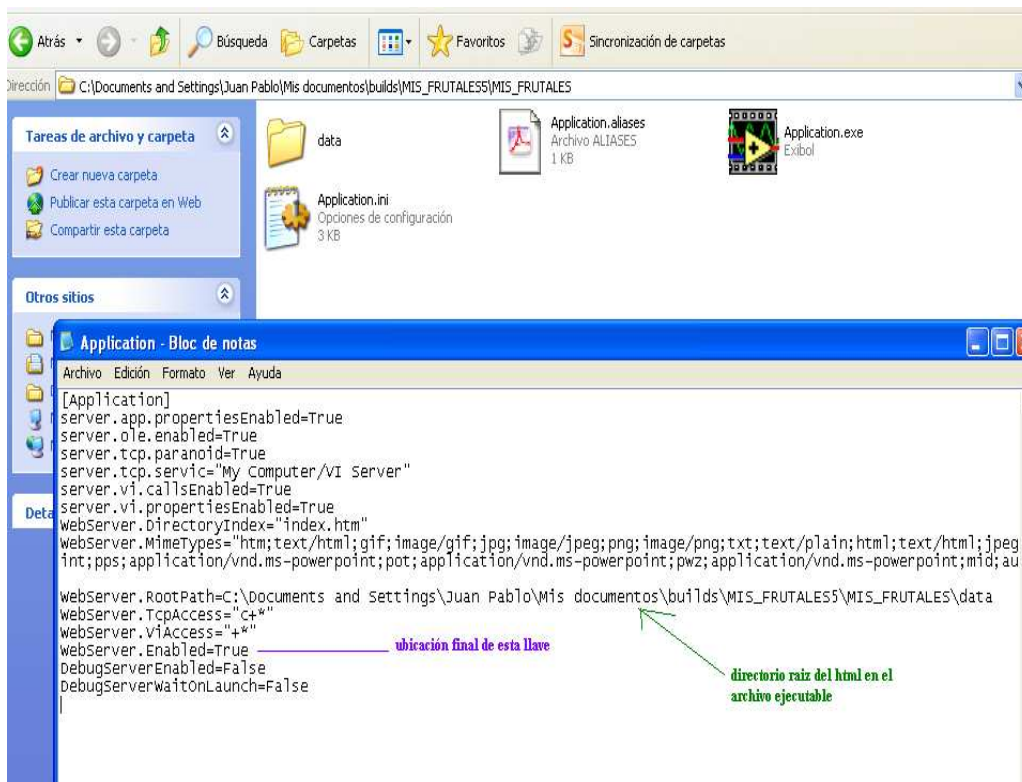


FIGURA 3.16: Modificación del archivo .ini

6. Correr el ejecutable. No hace falta tener LabVIEW abierto.
7. Abrir el navegador web en un computador remoto cualesquiera, este debe tener instalado LabVIEW821RuntimeEngine, y navegue hasta la URL que obtuvo en el paso 5.

Para este proyecto tiene que ser:

http://186.69.149.250/MIS_FRUTALES.HTML

NOTA: En caso de salir un mensaje de error: **This page cannot be displayed**, chequear la configuración del **firewall** si usa Windows XP o más reciente.

CAPÍTULO 4

PRUEBAS, RESULTADOS Y CÁLCULO DE ERRORES

PRUEBAS, RESULTADOS Y CÁLCULO DE ERRORES

4.1 INTRODUCCIÓN

El presente capítulo pretende mostrar los resultados obtenidos al acoplar el tablero de control, LP-CCQ-01, a la cámara de congelación que pertenece a la procesadora Mis Frutales, además muestra las características de dicho panel y el cálculo que se hizo para determinar cada uno de los elementos que conforman el sistema de fuerza del tablero de control.

Luego, se muestra los resultados obtenidos al transmitir y recibir datos desde la página web.

4.2 PANEL DE CONTROL, LP-CCQ-01.

De acuerdo al Diagrama de Bloques⁴² del panel de control, este se halla dividido en dos secciones, la primera es el circuito de fuerza conformada con los contactores que accionan a cada uno de los equipos que, de acuerdo al diagrama unifilar MF-PLN-ELE-001⁴³, conforman el circuito de refrigeración, y la segunda se trata de las tarjetas electrónicas, que se encargan en comandar, de acuerdo a las necesidades de la cámara, las bobinas de alimentación de los contactores; también de recibir y transmitir datos hacia la página web y por último, se encarga de adquirir datos de los termistores, contactos y demás sensores que se utilizan en el presente proyecto.

El panel de control trabaja a 220/120 VAC, reúne todas las características para operación continua a carga plena. Este tablero se encuentra instalado bajo techo, a una temperatura promedio de 21°C; sin embargo, tiene la ventaja de estar protegido contra la acción de hongos, salitre y polvos corrosivos.

⁴²VER ANEXO_2: Diagramas de Bloques del Panel de Control LP-CCQ-01, DWG: MF-PLN-ELE-002

⁴³ VER ANEXO_2: Diagrama Unifilar General, DWG: MF-PLN-ELE-001

4.2.1 ANÁLISIS DE CARGAS

En la tabla 4.1 se puede observar a todas las cargas a ser conectadas al sistema de fuerza⁴⁴ del panel de control LP-CCQ-01 las mismas que intervienen tanto en el congelamiento como en el descongelamiento de la cámara de la Procesadora Mis Frutales, estas cargas se las obtiene del diagrama unifilar⁴⁵ MF-PLN-ELE-001.

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT	POT. (KW)	POT. (HP)	FFU (%)	CIR (KW)	FSN (%)	DMU (KW)
1	UNIDAD CONDENSADORA	1	1,49	2.5	100%	1,49	60%	0,89
2	ELECTROVÁLVULA	1	0,05	-	100%	0,05	60%	0,03
3	VENTILADORES DEL EVAPORADOR	2	0,93	1.75	100%	1,86	80%	1,48
4	RESISTENCIA DE DESCARCHE	2	2	-	100%	4	50%	2

TABLA 4.1: Circuitos de fuerza de la cámara de congelación.

Siendo:

FFU: Factor de Frecuencia de Uso (1% – 100%)

CIR: Carga instalada ($CIR = CANT * POT(KW) * FFU$)

FSN: Factor de Simultaneidad (1% - 100%)

DMU: Demanda Máxima Unitaria. ($DMU = FSN * CIR$)

Luego de haberse determinado la potencia que necesita el panel de control MF-CP-01, se procede a determinar las características principales de los equipos y los elementos que se requieren para ensamblar dicho panel de control.

⁴⁴ GUÍA PARA DISEÑO, Normas para Sistemas de Distribución Parte A, Empresa Eléctrica Quito S.A., Rev. 4, 2009

⁴⁵ VER ANEXO_2: Diagramas de Control y Fuerza, DWG: MF-PLN-ELE-001

4.2.2 ASPECTOS TÉCNICOS

De acuerdo a las facilidades donde se encuentra la cámara y luego de observar y analizar la mejor ubicación donde ubicar al panel de control, tomando en cuenta el ingreso de su alimentador y las salidas hacia las diferentes cargas, se requiere las siguientes facilidades para el mencionado tablero.

- El alimentador ingresa por la parte superior lateral derecha
- Las salidas de cables que se dirigen hacia las cargas es por la parte inferior del Tablero.
- El tablero posee una puerta simple, en donde está ubicada la placa con el nombre y TAG del tablero. En el interior existe un doble fondo el cual sirve para colocar todos los elementos a ser utilizados en el proyecto.
- El tablero debe contar en la parte frontal de la puerta de luces señalizadores las mismas que se activan de acuerdo a las necesidades del proyecto.

Por último, los cables deben presentar las mejores cualidades para soportar los efectos del ambiente donde trabajan y deben tener además buenas características mecánicas para que al momento de su manipulación no exista ningún daño físico.

A continuación, se muestra el modo en que se han dimensionado los diferentes conductores para las cargas a ser conectadas desde el tablero, de acuerdo a las necesidades eléctricas del sistema.

4.2.3 CONDUCTORES

Todos los conductores para el presente proyecto en bajo voltaje se han diseñado en función de no sobrepasar los niveles requeridos por el NEC⁴⁶.

Para prolongación de la vida útil de los equipos involucrados, se considera una caída máxima de 2,5% por alimentador, siendo este un valor por debajo de lo indicado en la normativa citada.

⁴⁶Artículos 210, 215, 220 y 310

Los valores utilizados para el dimensionamiento de alimentadores son los proporcionados por el fabricante y los definidos en las normativas para cables de cobre; para el proyecto los cables a utilizar son del tipo SUPERFLEX o más conocido como tipo “Sucre”, ya que se usa generalmente en “sistemas industriales se lo puede colocar en bandejas, ductos, conduit o directamente enterrados, o usos generales donde la temperatura del conductor no exceda los 60°C, el ambiente en donde opera es en lugares húmedos o secos⁴⁷”.

4.2.4 DIMENSIONAMIENTO DE CABLES

Para todo conductor se selecciona:

- Su tipo, el cual está en función de la aplicación que se va a cubrir, para el caso de estudio en cuestión, se ha definido el uso de conductores cableados según el ASTM B-3 y B-8, clase J,
- El aislamiento seleccionado corresponde al THHN y THW, los cuales brindan las características adecuadas para el medio ambiente en el que trabaja el conductor.

Como el cable se encuentra en el exterior será del tipo “Sucre” con chaqueta plástica para brindarle protección mecánica contra las condiciones propias del trabajo.

El calibre de los conductores se lo define en función de la capacidad de conducción y de su caída de tensión, para esto se hace uso de la siguiente expresión:

$$I_{pc} = \frac{P}{k \cdot V \cdot f_p \cdot \eta} \quad (A) \quad (\text{Ec. 4.1})$$

Donde:

I_{pc} .- Corriente a plena carga (A).

⁴⁷ CABLES COMERCIALES, Catalogo Phelps Dodge, cable flexible TSJN, cables de fuerza-control 600V-60°C

P.- Potencia activa (W) (1 hp = 746 KW)

k.- Constante que depende del tipo de sistema (Ver tabla 4.2).

Fp.- Factor de Potencia

V.- Voltaje línea – línea (V)

k	Sistema	V
1.0	SISTEMA MONOFÁSICO (2 HILOS)	F-N
1.0	SISTEMA MONOFÁSICO (3 HILOS)	F-N
$\sqrt{3}$	SISTEMA TRIFÁSICO (3 HILOS)	3F
3	SISTEMA TRIFÁSICO (4 HILOS)	3F-N

Tabla 4.2: Constantes para cálculo de corriente a plena carga.

Por ejemplo, en el caso de la unidad condensadora, que comprende el compresor C-CCQ-01 (2 hp) y el ventilador del condensador F-CCQ-02 (0.5 hp), la corriente a plena carga se determina de la siguiente manera:

$$I_{pc} = \frac{2.5 \text{ hp}}{\sqrt{3} * 220 * 0.85 * 0.9} * \frac{746}{1 \text{ hp}} = 6.39 \text{ (A)}$$

Los resultados obtenidos, de cada una de las cargas, se guardan en el Estudio de Caídas de Tensión y Rendimiento de Cables⁴⁸.

Luego, de encontradas las corrientes a plena carga de las cargas se procede a determinar el tamaño del conductor que debe ser ubicado en cada una de ellas, tomando en cuenta la potencia que debe transportar y la distancia entre el tablero de alimentación y la carga a la cual se le va a suministrar energía.

4.2.5 DIMENSIONAMIENTO DE LOS CIRCUITOS DERIVADOS

La corriente que circula por cada uno de los circuitos que alimentan a las diferentes cargas se la determina a partir de la siguiente expresión:

⁴⁸ VER ANEXO_4: Cálculos, MF-HC-002, Estudio de Caídas de Tensión y Rendimiento de Cables

$$I_D = 1.25I_{pc} \quad (\text{Ec. 4.2})$$

Siendo:

I_D = Corriente que circula por el circuito derivado (A)

I_{pc} = Corriente a plena carga (A)

Al tomar como ejemplo nuevamente la unidad condensadora se tiene que la corriente que circula por el circuito derivador es:

$$I_D = 1.25 * 6.39 = 8(\text{A})$$

Es con este valor que se busca el tamaño del conductor que alimenta a esta carga para lo cual se busca en una tabla donde se halla tabulado el amperaje de cada conductor⁴⁹. El tamaño que se sugiere es de un conductor # 18 AWG, pero como la carga que se va alimentar se trata de un motor⁵⁰ se va a trabajar con un conductor no menor a 14 AWG, razón por la cual el conductor elegido es 12 AWG.

Con este conductor es necesario saber si la caída de tensión que se produce debido a la longitud del cable no produce un porcentaje de regulación no mayor a 2.5% con el fin de garantizar de que el voltaje aplicado en los bornes de los motores sea el requerido para su correcto funcionamiento.

La caída de tensión se define con la siguiente expresión:

$$\Delta V = \frac{k_1 * L * I * k_2}{s} \quad (\text{Ec. 4.3})$$

Donde:

ΔV .- Caída de voltaje en porcentaje.

k_1 .- Conductividad del cable: 78.74 para cobre o 118.11 para aluminio.

⁴⁹ VER ANEXO_3: Especificaciones, Conductores Tipo THHN

⁵⁰ NATIONAL ELECTRICAL CODE, ART. 430.22

L.- Longitud del conductor (m)

I.- Corriente de fase nominal de la carga (A)

S.- Sección Transversal del Conductor (CM)

k_2 .- Constante que depende del tipo de sistema (tabla 4.3)

k_2	SISTEMA	V
1.0	SISTEMA MONOFÁSICO (2 HILOS)	F-N
1.0	SISTEMA MONOFÁSICO (3 HILOS)	F-N
0.866	SISTEMA TRIFÁSICO (3 HILOS)	3F
0.5	SISTEMA TRIFÁSICO (4 HILOS)	3F-N

Tabla 4.3: Constantes para cálculo de caída de tensión.

Entonces, si el área transversal del conductor # 12 AWG es de 3.31 mm^2 , se procede a calcular su caída de voltaje, se requiere que esta caída de voltaje sea menor al 2.5%⁵¹ para así garantizar que las pérdidas por efecto Joule son despreciables, si se sabe que se necesita un cable de longitud igual a 9 metros y con ayuda de la ecuación 4.3.

$$\Delta V = \frac{78.74 * 9 * 8 * 0.866}{3.31 \text{ mm}^2} * \frac{1 \text{ mm}^2}{1974 \text{ CM}} = 0.75 \text{ (V)}$$

Siendo el valor arriba calculado el voltaje que cae en el conductor, se va a calcular entonces este valor en porcentaje:

$$\Delta V(\%) = \frac{\Delta V}{V} * 100 \% = \frac{0.75}{220} * 100 \% = 0.35 \%$$

Por lo tanto el conductor que alimenta a esta carga es el correcto.

El procedimiento antes señalado se aplicara para las demás cargas y los valores hallados serán tabulados en el “EL ESTUDIO DE CAÍDAS DE TENSIÓN Y RENDIMIENTO DE CABLES”, DOC. MF-HC-002

⁵¹ NORMAS PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCION, PARTE A, Empresa Eléctrica Quito, Año 2009

De los resultados obtenidos⁵² se concluye lo siguiente:

- Los conductores utilizados para alimentar a cada una de las cargas que intervienen en la automatización de la cámara de congelación cumplen con las necesidades de caída de voltaje menor a 2.5%. siendo las resistencias de descarchado quienes tienen la mayor caída de voltaje, 0.83%, en sus conductores de alimentación.

4.2.6 PROTECCIÓN TÉRMICA

El equipo principal del panel de control LP-CCQ-01 es la unidad condensadora cuyo compresor tiene un motor de jaula de ardilla, este motor debe ser protegido ante aumentos excesivos de corriente debido a una subida inesperada de carga a debe operar, para protegerlo contra esto se utiliza un relé térmico. Una sobrecarga no protegida suele conducir a un cortocircuito.

La protección contra sobrecarga se dimensiona con la siguiente expresión:

$$I_{th} = 1.25I_{pc} \quad (\text{Ec. 4.4})$$

Siendo:

$$I_{th} = \text{Corriente para dimensionar sobrecarga (A)}$$

$$I_{pc} = \text{Corriente a plena carga (A)}$$

Como la corriente a plena carga de la unidad condensadora es de 6.39 (A) se tiene entonces:

$$I_{th} = 1.25 * 6.39 = 8(\text{A})$$

El relé térmico⁵³ del presente proyecto tiene un rango de operación de 6 – 13 (A) entonces se calibra este equipo al valor requerido.

⁵² ANEXO_4: Cálculos, Estudio de Caídas de Tensión y rendimiento de Cables

⁵³ VER ANEXO_3: Especificaciones, Relés Térmicos SASSIN

4.2.7 DIMENSIONAMIENTO DEL ALIMENTADOR PRINCIPAL

La corriente que circula por el alimentador se la determina a partir de la tabla 4.1 ya que se toma en cuenta, a más de la potencia (KW), los instantes en el proceso en que estas cargas van a trabajar, de esta manera se encuentra un conductor mucho menor al que se podría hallar si se deja de considerar el factor de simultaneidad (FSN) encareciendo el proyecto.

Entonces la potencia (P) que maneja el tablero LP-CCQ-01 es:

$$P = 1.26 + 0.03 + 1.12 + 1.6 = 4.01 \text{ (KW)}$$

A este valor de potencia se le adiciona una reserva de 20%, para otras cargas previstas a ser instaladas, pero que debido a su magnitud no afectan en mayor grado a los cálculos posteriores.

$$P = 4.01 * 1.2 \% = 4,81 \text{ (KW)}$$

Con el valor obtenido, se procede entonces a encontrar la corriente a plena carga que requiere este panel. Esto se hace con ayuda de la ecuación 4.1

$$I_{pc} = \frac{4810}{\sqrt{3*220*0.85*1}} = 14,87 \text{ (A)}$$

Siendo esta la corriente que requiere el sistema para poder trabajar de manera correcta, luego este valor se le sobredimensiona un 25% para así evitar algún tipo de sobrecarga, la ecuación 4.5 se utiliza para este propósito.

$$I = 1.25 I_{pc} \quad \text{(Ec. 4.5)}$$

Siendo:

I = Corriente que circula por el alimentador (A)

I_{pc} = Corriente a plena carga (A)

$$I = 1.25 * 14.85 = 18.56 \text{ (A)}$$

Con este valor se procede a buscar el conductor que pueda soportar esta corriente y el conductor que sirve para este propósito es el # 12 AWG.

Por último, para garantizar que este conductor es el requerido se procede a determinar el porcentaje de regulación que posee, esto se lo hace con ayuda de la ecuación 4.3.

$$\Delta V = \frac{78.74 * 20 * 18.56 * 0.866}{3.31} * \frac{1 \text{ mm}^2}{1975 \text{ CM}} = 3.87 \text{ (V)}$$

Y en porcentaje es:

$$\Delta V (\%) = \frac{3.87}{220} * 100 (\%) = 1.76 (\%)$$

Por lo tanto este conductor reúne todas las condiciones para trabajar en el presente proyecto, cabe señalar que al haber sobredimensionado en un 25% la corriente que requiere el panel LP-CCQ-01 se toma en cuenta la corriente que toma el sistema de control para su funcionamiento.

4.2.8 PROTECCIÓN DEL ALIMENTADOR PRINCIPAL

Con la siguiente expresión se va a determinar el valor de la corriente que se usa para dimensionar la protección del alimentador:

$$I_B = 1.25 I_{arr} (\text{Motor mas grande}) + \sum I_{pc} (\text{Otros motores}) \quad (\text{Ec. 4.6})$$

Siendo:

I_B = Corriente para dimensionar protección del alimentador (A)

I_{arr} = Corriente de arranque (A)

I_{pc} = Corriente a plena carga (A)

El motor más grande, en este caso, es de la Unidad Condensadora con un amperaje de 6.39 (A), a la corriente de arranque se la define de la siguiente manera:

- Se debe determinar cuanta potencia aparente (KVA) por potencia real (hp) requiere el motor para su arranque, para lo cual se necesita saber la letra clave del motor en cuestión, esta letra es la “K”
- Ya conocida la letra clave se procede a determinar el tanto por ciento de la intensidad a plena carga para saber la intensidad de disparo del disyuntor. Y cuyo valor es de 250%, siendo este número el factor que se requiere para conocer la corriente de arranque de la unidad condensadora.

$$I_B = 1.25 * 2.5 * 6.39 + (2 * 5.53 + 0.06) = 31.09(A)$$

La corriente hallada será el valor de disyuntor termomagnético que alimenta al panel de control LP-CCQ-01. Como en el mercado no se puede encontrar un disyuntor con la característica de corriente calculada se busca un elemento superior a este valor siendo en este caso la necesidad de contar con un disyuntor de 40 A.

Con el disyuntor calculado se consigue que este equipo sea capaz de soportar la corriente de arranque de los motores en el inicio de su funcionamiento.

El dimensionamiento de los conductores debe también tomar en cuenta el efecto del calentamiento de los cables ante un posible cortocircuito el tiempo de apertura del disyuntor debe ser el necesario para despejar una falla de cortocircuito en el punto donde ocurre la mencionada falla.

Para determinar la máxima corriente que es capaz de soportar un conductor sin sufrir ningún daño se utiliza la siguiente expresión⁵⁴:

$$I_{cc} = A \sqrt{\frac{0.02979 \log \left[\frac{T_2 + 234}{T_1 + 234} \right]}{t}} \quad (\text{Ec. 4.7})$$

⁵⁴ Engineering Data for Copper and Aluminum Conductor Electrical Cables, The Okonite Company, Bulletin EHB-98, 1998

Donde:

I_{cc} = Corriente Máxima de Corto Circuito

A = Área del conductor en MCM

T = Tiempo de Corto Circuito en segundos.

T_1 = Temperatura de Operación del cable

T_2 = Temperatura Máxima de Corto Circuito

En el presente proyecto, el conductor principal de alimentación es de calibre 12 AWG (aprox. 6530 CMIL), la frecuencia de trabajo es de 60 Hz, para eliminar lo más rápido el corto circuito se trabaja a 1/3 de ciclo (0.01 seg.), la temperatura de operación es de 25 °C y la temperatura máxima de corto circuito de 350 °C, se tiene entonces aplicando la ecuación 4.7:

$$I_{cc} = A \sqrt{\frac{0.02979 \log \left[\frac{350+234}{25+234} \right]}{0.01}} = 8.98(\text{KA})$$

Es decir, que se requiere de un elemento que actúe aproximadamente a 10 kA de corriente de cortocircuito.

Por último, para proteger el sistema de control se coloca como medida de prevención un breaker termomagnético de 6 A, 2 polos, 220V, se elige este valor de amperaje del disyuntor porque la corriente máxima que circula por el transformador reductor es de 2 (A).

4.3 MONTAJE DE EQUIPO

Luego de haberse determinado las características de los elementos se procede a ensamblar con ayuda de los planos ubicados en el ANEXO_2, Diagramas de Control y Fuerza del Sistema de Refrigeración, de la siguiente manera:

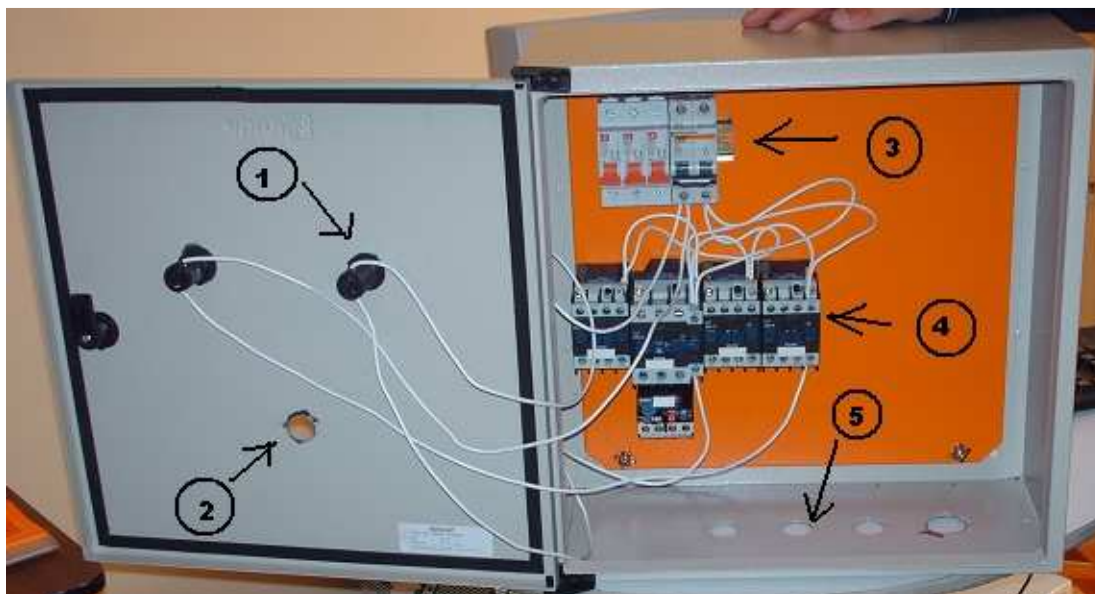


FIGURA 4.1: Ubicación de equipos de fuerza.

- Con ayuda de riel DIN se procede a colocar los termomagnéticos de los circuitos de control y fuerza, en la base de doble fondo del tablero LP-CCQ-01, adicionalmente se realizan las perforaciones necesarias para el ingreso de los conductores de alimentación de los diferentes tipos de cargas, teniendo además en cuenta las normas de seguridad eléctrica para funcionar a 220 V, ver figura 4.1.

- 1.- Vista posterior de las luces señalización
- 2.- Perforaciones para colocar las luces de señalización
- 3.- Termomagnéticos del sistema de control y fuerza
- 4.- Contactores del sistema de control y fuerza
- 5.- Perforaciones para ingreso de cables de control y fuerza

- Junto al circuito de fuerza se coloca las tarjetas de control, las mismas que se encargan de administrar, de acuerdo a las necesidades de la cámara de congelación, tanto las señales de entrada como las de salida y además se colocan todas las luces de señalización, el teclado y el LCD que se requieren para el presente proyecto.

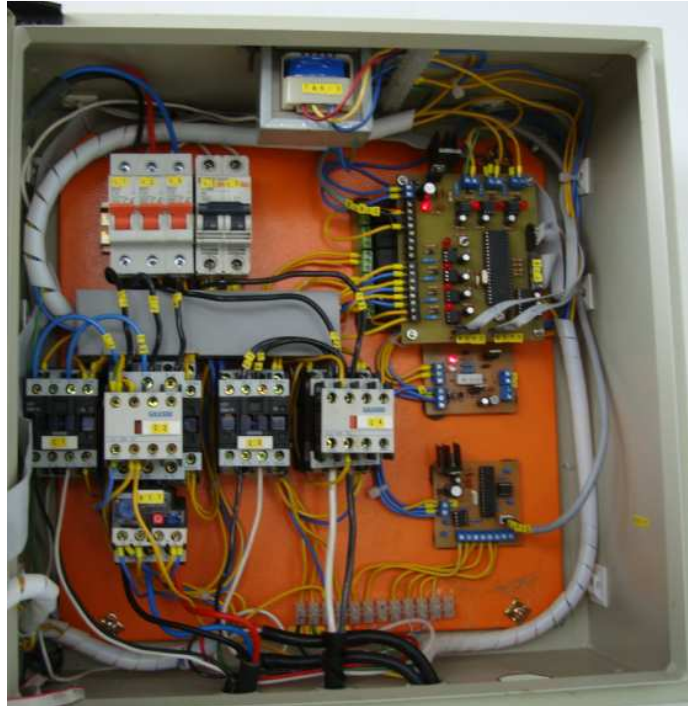


FIGURA 4.2: Ubicación de tarjetas de control y equipos de fuerza.



FIGURA 4.3: Elementos de señalización: teclado y LCD.

Inmediatamente, de haberse comprobado que el sistema de control está operando correctamente tanto el sistema de congelación como el dedescarchado.

Se procede a enlazar la página web con el sistema de control que está operando en el panel LP-CCQ-01.

4.4 RESULTADOS CON PAGINA WEB

El resultado final obtenido en cuanto tiene que ver con Internet, se presenta a continuación. Las ventanas siguientes son las desplazadas en el computador del cliente.

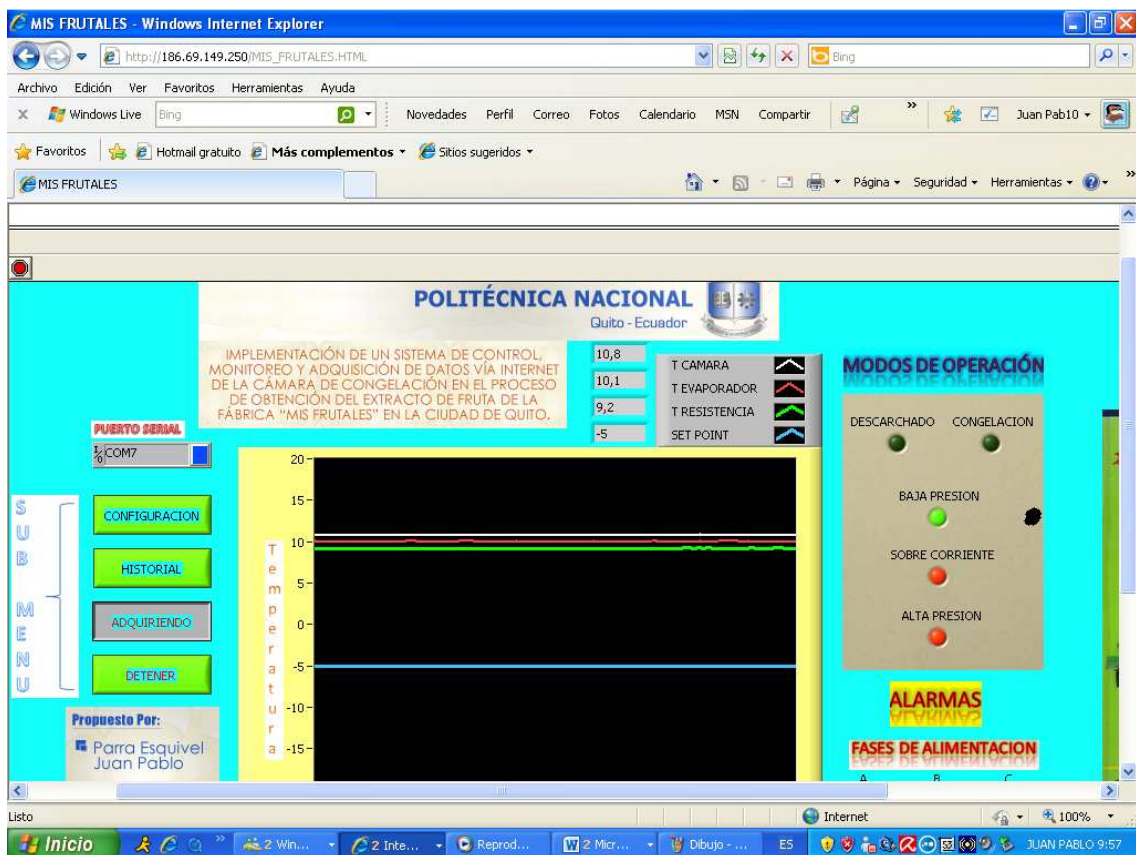


FIGURA 4.4: Página web principal desplegada en internet.

Se observa en la Figura 4.4 con líneas de diferentes colores y con escala en el eje de temperatura desde -20°C hasta $+20^{\circ}\text{C}$, los valores actuales de temperatura en la cámara, evaporador y resistencias.

Con click derecho del mouse en cualquier parte de la página principal (ver figura 4.5), el panel principal presenta un sub menú en el que se encuentra la opción de adquirir el control (Request Control).

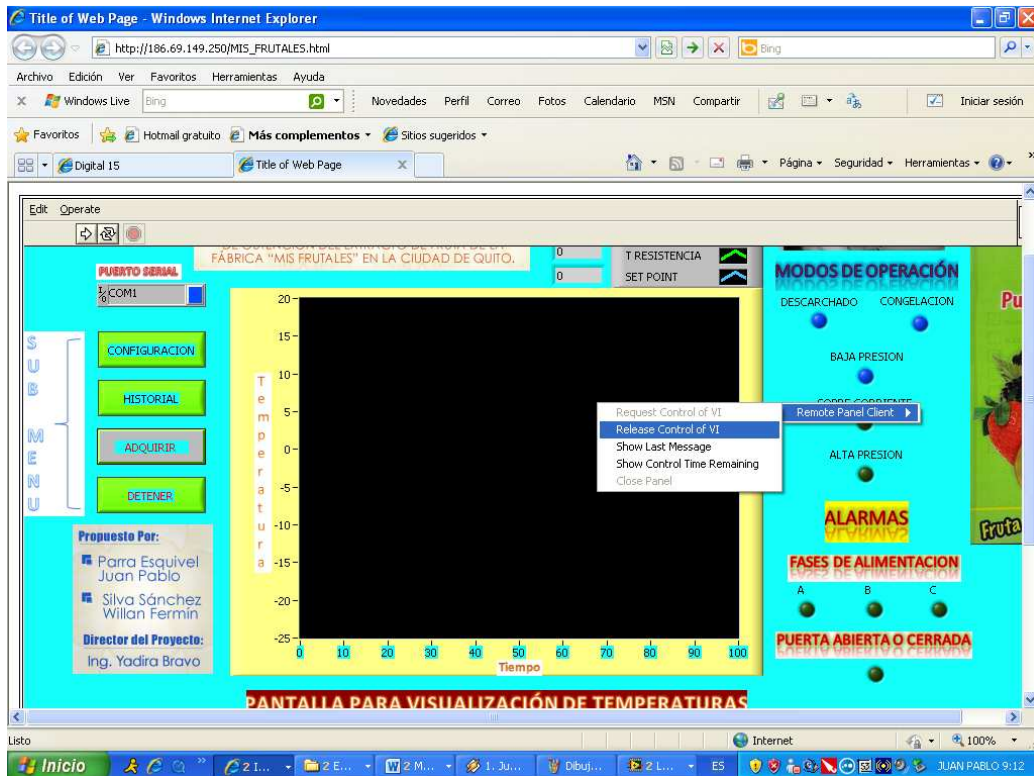


FIGURA 4.5: Solicitud para control del cliente.

Al dar click en el icono de CONFIGURACIÓN se despliega la ventana de la figura 4.6 para lo cual se debe ingresar la clave de ingreso.

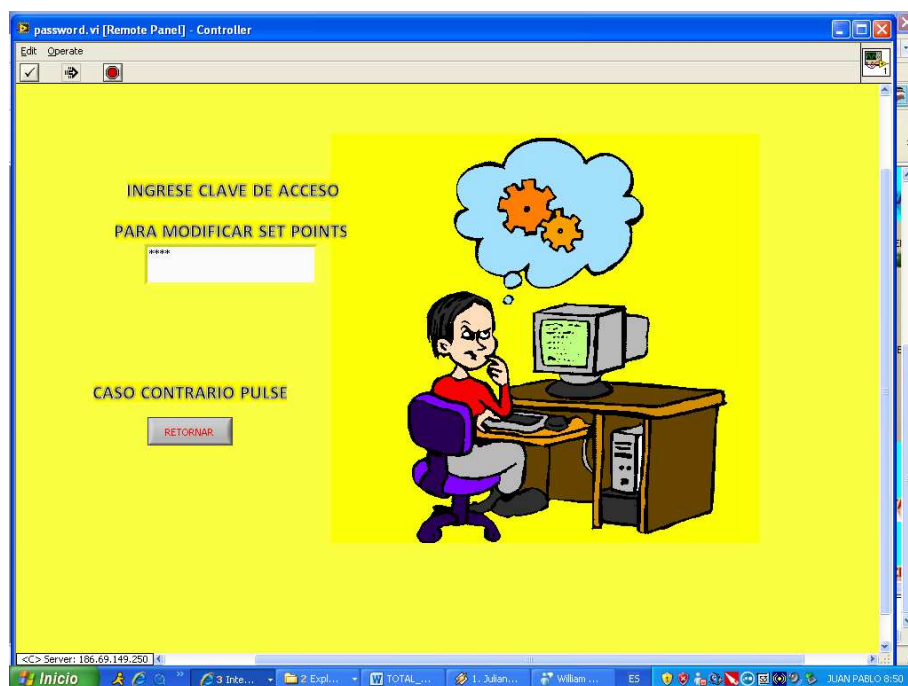


FIGURA 4.6: Clave de acceso.

Ingresada correctamente la clave, se despliega la ventana para modificar los valores de Set – Points.

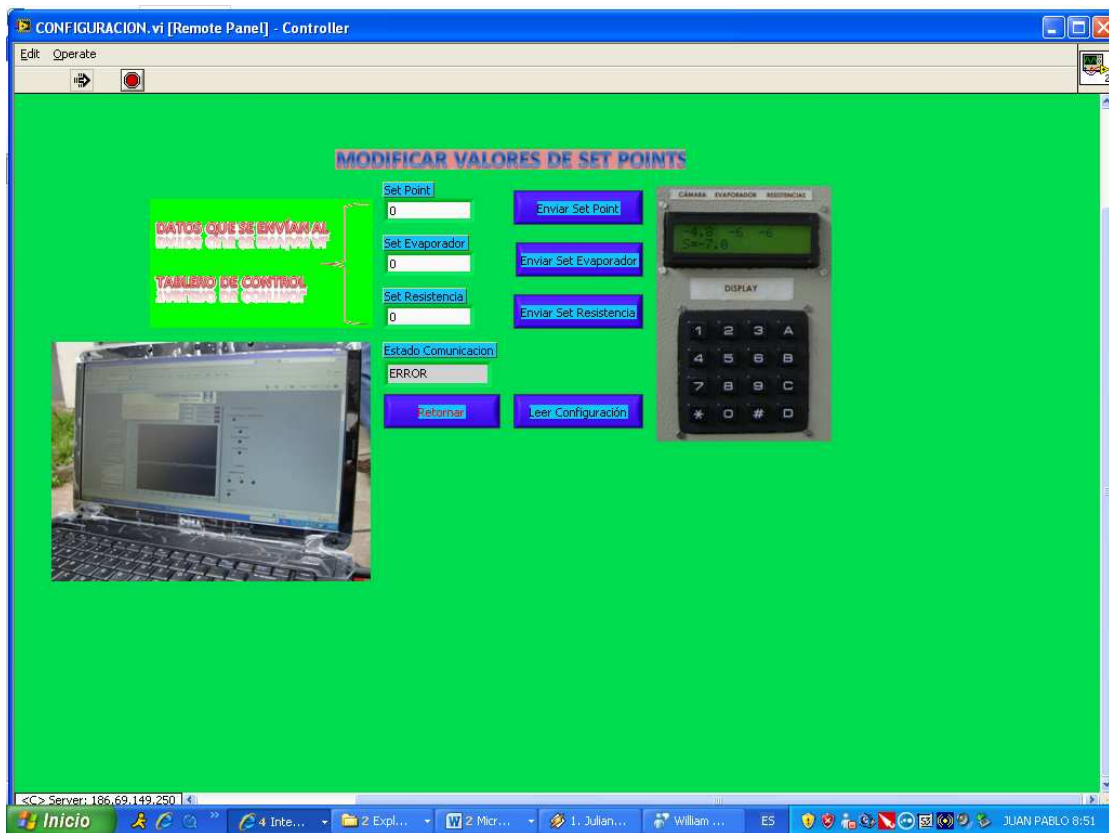


FIGURA 4.7: Página para cambiar valores de set – points.

El icono **HISTORIAL** despliega la ventana donde se encuentran los parámetros de análisis. **UPDATE** para actualizar dichos datos y **fila – columna** ubica un dato específico en la tabla.

En el recuadro de la parte inferior derecha, se visualiza la dirección de almacenamiento de datos en el computador principal que se utiliza de Servidor, ver Figura 4.7.

También esta ventana dispone de un botón **STOP** el mismo que al ser requerido por el usuario, detendrá la adquisición de datos de la tabla y se podrá ingresar a la carpeta en el computador donde se encuentran estos datos de la tabla para finalmente ser manipulado según las necesidades del operador.

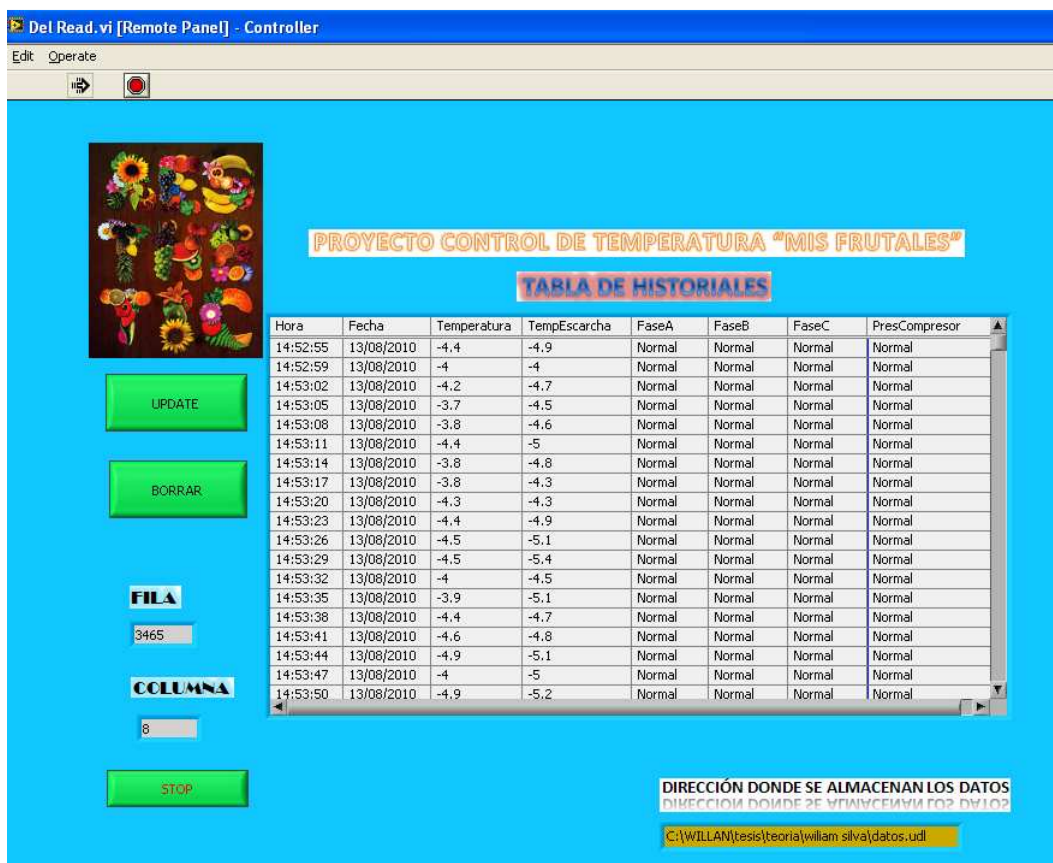


FIGURA 4.8: Página donde se muestra valores de historiales.

4.5 ANALISIS ECONÓMICO DE LA CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO

4.5.1 Equipos de control similares

Existen en el mercado varios equipos que realizan el control de temperatura de una cámara de congelación, uno de los equipos que ha tenido mayor aceptación en el mercado ecuatoriano es el siguiente:

AKO 14312A AKO 1332A (AKO ELECTRÓNICA)

Una de las razones por las que se utiliza este equipo, ver figura 4.xx, es porque se puede utilizar en instalaciones donde la inyección de refrigerante se realiza por medio de válvulas de expansión termostáticas.

Por su reducido tamaño y precio parecer una buena herramienta para controlar un sistema de congelación.

El costo de este producto en el mercado nacional es de 94 USD, en comparación con el equipo construido (LP- CCQ-01) que es de 134 USD; ver tabla 4.5, además que trabaja con una sonda tipo NTC que sirve para iniciar el ciclo de descarchado. En la tabla 4.4 se van a comparar los dos equipos:

FUNCION	LP-CCQ-01	AKO - 1431A
Relés de control	5	3
Tipo de relé	SPDT	SPST
Sondas de temperatura	3	2
Rango de operación	-30 hasta 60	-30 hasta 60
Ciclo de descarchado/día	automática depende del nivel de humedad del evaporador	programación manual diaria
alarma	ausencia de fases, apertura de puertas, persona atrapada	temperatura alta set-point
Tipo de alarma	sonora, bloqueo de sistema	sonora
Energía	220Vac y 12Vdc	220Vac
Historial del sistema	si	no
Tamaño	grande	compacto

TABLA 4.4: Tabla comparativa de equipos.

La mayor desventaja del equipo AKO es el hecho de que posee un ciclo de descarchado que va depender de la destreza del operador de estos equipos, porque de acuerdo a su buen juicio se programara el número de veces en que se genere un ciclo de descarchado.

En ocasiones puede suceder que el ambiente dentro de la cámara no requiera muchos ciclos de descarchado y lo que conlleva es que se generen consumos de energía innecesarios generando gastos para el propietario.

El equipo desarrollado en este proyecto, presenta buenas características en comparación con el equipo que se encuentra en el mercado, el control de temperatura es más fino al tener tres sondas de temperatura tipo NTC.

4.5.2 Lista de Materiales

Con el fin de conocer los costos en la inversión del proyecto para la construcción del tablero LP-CCQ-01, se procede a tabular el precio de cada uno de sus elementos en las tablas:

ITEM	MATERIAL	CARACTERISTICA	CANTIDAD	\$ PRECIO UNITARIO	\$ PRECIO TOTAL
1	Reles	220V	5	0,8	4
2	Resistencias	1/2 watt	8	0,08	0,64
3	Resistencias	10 ohm 2 watt	1	0,3	0,3
4	Resistencias	1/4 watt	32	0,05	1,6
5	Borneras	2 out	20	0,3	6
6	Borneras	3 out	7	0,4	2,8
7	Diodo	1n4007	18	0,2	3,6
8	Transistor	2n3904	5	0,4	2
9	Placa	10 x 20 cm	2	4	8
10	Hoja Azul		1	1,5	1,5
11	Espadines	macho	4	0,4	1,6
12	Pic	16f876A	1	8,5	8,5
13	Pic	16f877A	1	9,5	9,5
14	Oscilador	20Mhz	2	0,5	1
15	Regulador	lm 7805	2	0,8	1,6
16	Sócalo	8 pines	2	0,4	0,8
17	Sócalo	6 pines	7	0,3	2,1
18	Sócalo	40 pines	1	0,5	0,5
19	Sócalo	28 pines	1	0,4	0,4
20	Sócalo	16 pines	1	0,4	0,4
21	Pulsante	A4	1	0,3	0,3
22	Potenciómetro	presición	2	0,4	0,8
23	Diodo	Led	10	0,1	1
24	Capacitor	0,1 uF	2	0,2	0,4
25	Capacitor	10 uF 12V	4	0,2	0,8
26	Capacitor	100 uf 12V	7	0,3	2,1
27	Capacitor	104	4	0,15	0,6
28	Capacitor presicion	2,2 uF	4	0,2	0,8
29	Capacitor	22 pF	4	0,1	0,4
30	Capacitor	1000 uF 16V	3	0,35	1,05
31	Inductancia	100 mH	1	0,2	0,2
32	Diodo zener	13,6 V	1	0,3	0,3
33	Transistor	SCR	2	0,5	1
34	Operacional	lm393an	2	0,7	1,4
35	Terminal	hembra	2	0,35	0,7
36	Terminal	serial db9	1	0,5	0,5
37	Cable Serial	4 hilos	15	0,95	14,25
38	Bus Serial	datos 40 hilos	3	2	6
39	Espadin	hembra	3	0,4	1,2
40	Termocontraible	espaguetti	1	0,5	0,5
41	Display	LCD	1	3	3
42	Teclado	hexadecimal	1	2,5	2,5
				SUBTOTAL	96,64

TABLA 4.5: Elementos utilizados para placas de control.

ITEM	MATERIAL	CARACTERISTICA	CANTIDAD	\$ PRECIO UNITARIO	\$ PRECIO TOTAL
43	Cable flexible	# 18	15	0,98	14,7
44	Terminales	tipo pin #18	1	4,5	4,5
45	Maquilladora	tipo cuaderno	1	7	7
46	Espiral	blanco	7	0,4	2,8
47	Bornera	Plastico #14	1	0,5	0,5
48	Amarras	blanco/negro	1	2,1	2,1
49	Porta amarras	1 salida	20	0,1	2
50	Pega	cemento cont.	1	0,4	0,4
51	Silicon	barra	1	0,45	0,45
52	Tornillos		4	0,2	0,8
				\$ TOTAL:	131,89

TABLA 4.6: Elementos utilizados para placas de control.

Lista de materiales circuito de fuerza:

ITEM	MATERIAL	CARACTERISTICA	CANTIDAD	\$ PRECIO UNITARIO	\$ PRECIO TOTAL
1	pulsante emergencia	220V	1	5	5
2	Sensor magnético	120V	1	3,5	3,5
3	Transformador	220V / 12V	1	9,5	9,5
4	Luces Señalización	220 V	5	2,5	12,5
5	Bocina	12 V	1	2	2
6	Batería	12V - 7,2A h	1	45	45
7	Contactador	Trifásico 220V AC3-7A	2	10	20
8	Contactador	Trifásico 220V AC3-10A	2	14	28
9	Breaker	Trifásico 220V 3P-40A	1	10	10
10	Breaker	Trifásico 220V 2P-6A	1	15	15
11	Rele Térmico	Trifásico 220V-(6-13A)	1	12	12
12	Juego Contactador Aux.	220 V	1	2	2
13	Canaleta	Dexon 40 x 35	1	3,5	3,5
14	Canaleta	Dexon 60 x 40	1	5	5
15	Riel Din		1	2	2
16	Tablero Electrostatico	40 x 40 x 20	1	50	50
17	Prensa Estopa	1 1/2 plg	1	1,75	1,75
18	Prensa Estopa	1/2 plg	4	0,5	2
19	Cable Sucre	1C/3x12 AWG	40	1,2	48
20	Cable Sucre	1C/3x14 AWG	10	0,9	9
21	Cable Sucre	1C/4x14 AWG	10	1,3	13
22	Cable Sucre	1C/2x12 AWG	20	0,95	19
23	Varilla	Copperweld	1	4	4
24	Conector para Gnd	Copperweld	1	0,8	0,8
25	Conector talón	14-4AWG	2	0,25	0,5
26	Cable monopolar	TW- 4 AWG	30	0,85	25,5
				\$ TOTAL:	348,55

TABLA 4.7: Elementos utilizados para control de fuerza.

CAPITULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las presentes conclusiones y recomendaciones se derivan de los resultados obtenidos de las pruebas realizadas a este proyecto de automatización de la Fábrica “Mis Frutales” en su etapa de modernización.

5.1 CONCLUSIONES

- La línea de producción de la Extractora Mis Frutales posee una gran ventaja que es el hecho de poseer un sistema de almacenamiento temporal de fruta; porque, cuando esta no se encuentra en temporada sus precios se encarecen.
- Con el presente proyecto se ha logrado mantener una cadena de frío adecuada para conservar la pulpa de fruta, sin que estos sufran cambios exagerados en su composición.
- Los objetivos planteados al inicio de este trabajo se han cumplido; por lo que se entregó a la Fábrica “Mis Frutales” el proyecto de implementación de un sistema de control, monitoreo y adquisición de datos vía internet de la cámara de congelación.
- Al implementar un sistema de comunicación y control mediante el internet, éste no puede quedar tan solo en los niveles más bajos del triángulo de automatización si no que se debe tratar que la información generada viaje en forma transparente hasta los niveles administrativos evitando, en lo posible, la intervención del personal, porque podría provocar errores en la toma de datos o traspaso de información.
- La calidad de los productos almacenados ha mejorado debido a que el sistema de control de temperatura implementado, analiza a la cámara de congelación en tiempo real y realiza las acciones de control de acuerdo a las necesidades a cada instante de la cámara de congelación.
- Cuando se conoce en tiempo real datos, los ritmos (o rendimientos) de cada una de las etapas de refrigeración, es posible ajustar el funcionamiento del conjunto para mejorar el rendimiento de la línea.
- Para este tipo de cámaras de congelación el mejor sistema de expansión es la válvula termostática ya que ha demostrado ser una buena

herramienta de dosificación de refrigerante sin la necesidad de más elementos de control ya que solo trabaja con las variaciones de temperatura del lado de bajo del sistema de refrigeración.

- Al consultar los tiempos perdidos, permiten conocer cuál es la causa más recurrente de parada en cada una de las etapas de refrigeración, con esta información, se programarán los mantenimientos futuros si es necesario del compresor, condensador, evaporador, etc.
- Se ha producido un ahorro de energía, debido a que ya no se producen innecesarios ciclos de descarchado debido a que ahora el control de la temperatura en el evaporador empieza un ciclo de descongelamiento solo cuando ha existido un aumento considerable de temperatura por efectos de la humedad solidificada dejando de lado el antiguo procedimiento de descarchado con tiempos fijos.
- La mejor manera de detener un ciclo de congelamiento es por el método de baja presión ya que de esa manera se evita que el compresor sufra daños originados por el recalentamiento; si se realizara paradas del mencionado ciclo dejando que el gas en el lado de baja y el líquido en el de alta permanezcan en esos lugares producirían recalentamiento en el compresor ocasionando con el tiempo de que este equipo sufra daños considerables.
- La página web desarrolla es una buena herramienta para monitorear y controlar el correcto funcionamiento de la cámara de congelación, porque solo de esa manera se puede evaluar a cada uno de los componentes que conforman el circuito refrigerante.
- El hecho de que el panel de control posea un sistema alternativo de energía colabora a que se pueda monitorear, en ausencia de energía eléctrica, en cada instante la temperatura de la cámara ya que con ello se puede conocer lo que ocurre con la pulpa de fruta hasta que la energía eléctrica se recupere.

5.2 RECOMENDACIONES

- Es indudable que para mejorar la calidad del extracto de fruta se debe optar por utilizar la mejor fruta en el mercado, logrando de esta forma un mejor rendimiento, aumento de vida útil de los equipos y una mayor

producción pues el tiempo de respuesta del proceso de producción se volvería más versátil y ágil.

- Es necesario que se aplique de una manera más rigurosa ‘Las Buenas Prácticas Alimentarias’ ya que solo de esa manera se puede garantizar un producto higiénicamente apto para el consumo humano.
- La cadena de frío de la Empresa Mis Frutales tiene una debilidad ya que al final de esta no se tiene un medio de transporte adecuado para la pulpa por lo que se recomienda, se adquiera una camioneta con un sistema de congelación para así mantener mejor la temperatura del producto hasta que llegue al consumidor final
- Sería de gran ayuda instalar otro computador funcionando en paralelo dentro de la Fábrica Mis Frutales con el sistema HMI para de esta manera tener un respaldo de la información.
- Se recomienda que las empresas que efectúen un control de este tipo, involucre a todos sus trabajadores en la solución de problemas industriales reales y prepare además a ciertos técnicos de la planta en la actualización de programas computacionales de internet que actualmente se encuentra en auge, sobre todo porque así se le permite adquirir mucha experiencia práctica para el futuro en la solución de inconvenientes.
- Una vez realizado el análisis de errores, se puede observar que en mayor porcentaje se deben a la falta de aislamiento térmico de la cámara pues existen fugas térmicas por orificios en las paredes y piso del mismo, las cuales debido al peso de las canastillas con producto, aumentan a diario. Por lo tanto se debería hacer una manutención del mismo semestralmente.
- Cuando una empresa efectúa un sistema de monitoreo, no debe concentrarse en desarrollar únicamente una área específica, por el contrario, se debe desarrollar un sistema que abarque todas las áreas con el fin de obtener integración total de todos los subprocesos, como en este caso que se unió la planta de Quito con la matriz de Riobamba.
- Además se recomienda que el proceso de control realizado sea evaluado tanto en lo técnico como en lo operativo, pues una vez completado esto, se desarrollan ideas y proyectos para mejoras a mediano y largo plazo.

- Finalmente, no es recomendable sobrecargar con producto la cámara pues el tiempo de vida útil de los equipos eléctricos como el compresor por ejemplo, disminuyen en gran medida, lo cual conllevaría a un eventual cambio de los mismos afectando innecesariamente la economía de la Fábrica, al contrario de lo que se pensaría inicialmente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LIBROS

- Ref. 1** PRINCIPIOS DE REFRIGERACIÓN, Dossat J. Roy, Editorial CECOSA, 17ª Reimpresión, 1997.
- Ref. 2** TECNOLOGÍA DE LA REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO, William C. Whitman, William M. Johnson, Editorial PARANINFO, Thomson Learning.
- Ref. 3** MANUAL DE INGENIERÍA, Bohn, Grupo FrigusTherme.
- Ref. 4** BUENAS PRÁCTICAS EN SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN, Ing. Luis Antonio Coloma Rodríguez, Inacap, Gobierno de Chile.
- Ref. 5** HANDBOOK OF AIR CONDITIONING AND REFRIGERATION, Shan K Wang, Second Edition, Editorial McGraw-Hill, 2000.
- Ref. 6** MANUAL TÉCNICO VALYCONTROL.
- Ref. 7** MANUAL DE REFRIGERACIÓN BÁSICA, Ing. Celso Tapia Sánchez, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.
- Ref. 8** REFRIGERATION AND AIR CONDITIONING, A. R. Trott and T. Welch, Printed Butterworth-Heinemann 2000, Third Edition.
- Ref. 9** HMIY - Indicador Hermético de Líquido y Humedad, Emerson Climate Technologies.
- Ref. 10** AUTOMATIZACIÓN DE INSTALACIONES DE REFRIGERACIÓN COMERCIALES, Danfoss.
- Ref. 11** REFRIGERACIÓN INDUSTRIAL, Ing. Fernando Becerra Ariza, Danfoss.

- Ref. 12** CODEX STAN 8-1976, “Código Internacional Recomendado de Prácticas para la Elaboración y Manipulación de los Alimentos Congelados Rápidamente”.

DOCUMENTOS DIGITALES

- Ref. 13** Aporte de estudiantes de Tecnología de Alimentos para un manual de calidad en la producción de pulpa de frutas.
<http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/23768/1/articulo43-6.pdf>
- Ref. 14** Infojardin, fichas de frutas, árboles frutales y frutos nombres científicos.
<http://www.infojardin.com/foro/showthread.php?t=7169>
- Ref. 15** Capacitores parte II, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional de Mendoza, Departamento de Electrónica.
http://www.frm.utn.edu.ar/tecnologiae/apuntes/capacitores_parteII.pdf
- Ref. 16** Artículos sobre refrigeración.
http://www.quiminet.com.mx/principal/resultados_busqueda.php?N=refrigeracion&d=A
- Ref. 17** Aislamiento con Poliuretano.
<http://www.poliseal.net/Brochure%20Poliseal.pdf>
- Ref. 18** Descripción del PIC16f877A.
<http://www.monografias.com/trabajos18/descripcion-pic/descripcion-pic.shtml>
- Ref. 19** Control de temperatura con PIC 16f877.
<http://www.todopic.com.ar/foros/index.php?topic=12515.0>
- Ref. 20** Sensores de Temperatura NTC.
http://server-die.alc.upv.es/asignaturas/LSED/2003-4/0.Sens_Temp/ARCHIVOS/SensoresTemperatura.pdf

- Ref.21** Características filtro.
<http://mail4.ansal.com.ar/Documentacion/pdfs/964114.pdf>
- Ref. 22** Válvula de termo expansión.
http://www.totaline.com.ar/site/uploads/file_7-200713133540-0.pdf
- Ref. 23** Características líquido refrigerante R 404A.
<http://maximatec.com/downloads/GasesRefrigerantes.pdf>
- Ref.24** Aislamiento de cuartos fríos.
<http://www.fanosa.com/productos-fanosa/manuales/ins-plus-cuartos-frios.pdf>

ARTÍCULOS WEB

- Ref. 25** Conceptos sobre refrigeración.
<http://www.monografias.com/trabajos45/camaras-frigorificas/camaras-frigorificas.shtml>
- Ref. 26** Tratado practico de refrigeración.
http://books.google.com.ec/books?id=Qy0Rlxo1blsC&printsec=frontcover&dq=Tratado+practico+de+refrigeracion+automatica&hl=es&ei=6fVvTPboGYL6lwfSvqS8Dw&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CCsQ6AEwAA#v=onepage&q&f=false
- Ref.27** Diseño de placas electrónicas, Electrónica Fácil.
<http://www.electronicafacil.net/>
- Ref. 28** Diseño de circuitos y sistemas integrados.
<http://books.google.com.ec/books?id=4AtUxr5u6JMC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>

- Ref. 29** Microcontroladores y display lcd.
<http://www.neoteo.com/microcontroladores-construye-un-lcd-para-i2c-16092.neo>
- Ref. 30** Teclado matricial 4x4.
<http://micropic.wordpress.com/2007/06/13/teclado-matricial-4x4/>
- Ref. 31** Interruptores Sassin.
http://sp.sassin.com/ehibition/ehibition_default.asp?pro_id=226&sort_id=186
- Ref. 32** Características termistor NTC.
http://www.diotronic.com/pasivos/variados/termistores-ntc-_P_107.aspx
- Ref. 33** Electroválvulas.

<http://www.directindustry.es/prod/vuototecnica/electrovalvula-26412-135970.html>
- Ref.34** Compresores y sus características.
<http://www.area.es/>

ANEXOS

ANEXO 1: Diagramas de las tarjetas electrónicas.

ANEXO 2: Diagramas de control y fuerza del sistema de congelación.

ANEXO 3: Especificaciones de los equipos utilizados.

ANEXO 4: Cálculos.

ANEXO 5: Diagramas de flujo.