



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CIENCIAS Y SISTEMAS

**PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN DE BENEFICIOS SECOS
DE CAFÉ UTILIZANDO PLC**

LUIS ADOLFO TÉLLEZ LÓPEZ

Asesorado por Ing. Otto René Escobar Leiva

Guatemala, Agosto de 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN DE BENEFICIOS SECOS
DE CAFÉ UTILIZANDO PLC**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

LUIS ADOLFO TÉLLEZ LÓPEZ

ASESORADO POR ING. OTTO RENÉ ESCOBAR LEIVA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO EN CIENCIAS Y SISTEMAS

GUATEMALA, AGOSTO DE 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	
VOCAL II	Ing. Amahám Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Inga. Claudia Liceth Rojas Morales
EXAMINADOR	Ing. Jorge Armín Mazariegos Rabanales
EXAMINADOR	Ing. Cesar Augusto Fernández Cáceres
SECRETARIO	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

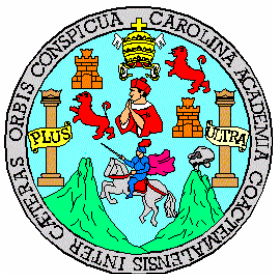
HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN DE BENEFICIOS SECOS DE CAFÉ UTILIZANDO PLC

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la carrera de Ingeniería en Ciencias y Sistemas, con fecha Febrero de 2004.

Luis Adolfo Téllez López



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE CIENCIAS Y SISTEMAS**

Guatemala, 01 de Junio de 2005

Señores
Comisión de Revisión de Tesis
Carrera de Ciencias y Sistemas
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Guatemala, Ciudad

Respetables Señores:

El motivo de la presente es informarles que como asesor del estudiante **LUIS ADOLFO TELLEZ LOPEZ** he procedido a revisar el trabajo de graduación titulado "**PROPUESTA DE AUTOMATIZACION DE BENEFICIOS SECOS DE CAFÉ UTILIZANDO PLC**" y que de acuerdo a mi criterio el mismo se encuentra concluido y cumple con los objetivos definidos al inicio.

He tenido reuniones periódicas con el estudiante y luego de haber revisado cuidadosamente el trabajo, considero que cumple con los requisitos de calidad y profesionalismo que deben caracterizar a un futuro profesional de la Informática.

Sin otro particular me suscribo de ustedes,

Atentamente,

Ing. Otto René Escobar Leiva

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de San Carlos de Guatemala:

Templo del saber y centro de sabiduría que a cada paso me ayudó a culminar la carrera con éxito.

A la Facultad de Ingeniería:

Gracias por brindarme la oportunidad de poder pertenecer a tan honorable y digna facultad.

A mis catedráticos:

Agradeciéndoles por sus sabias enseñanzas.

Al Ingeniero Otto René Escobar Leiva

Gracias por su apoyo y esfuerzo al asesorarme en este trabajo de graduación.

Gracias a todas las personas y organizaciones que colaboraron en la realización de este trabajo de graduación.

DEDICATORIA

A Dios y a la Virgen María

Quienes por su poder sagrado me dieron sabiduría, y derramaron en mí, muchas bendiciones, para poder llegar a mis más altas metas y grandes ideales.

A mi Patria Guatemala

Con respeto y lealtad: Tierra que me vio nacer.
A Dios gracias de vivir en ella.

A mis Padres:

Jorge Mario Téllez López

Aura Marina López de Téllez

Por su amor y cariño; que este triunfo sea una pequeña recompensa a sus esfuerzos.

A mis hermanos:

Norma Elizabeth, Hugo Armando, Jorge Antonio y Aura Jeannette

Por su cariño y ayuda incondicional.

A mi familia en general:

Con mucho aprecio.

A mis amigos(as) y compañeros (as):

Por momentos gratos y su ayuda incondicional, éxitos en el futuro.

A usted de manera especial.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XII
GLOSARIO	XIII
RESUMEN	XXXV
OBJETIVOS	XXXVII
INTRODUCCIÓN	XXXIX
1 PROCESAMIENTO GENERAL DEL CAFÉ	1
1.1 Proceso de cultivo de café	2
1.1.1 Cosecha	3
1.1.2 Corte	3
1.1.3 Transporte	3
1.2 Beneficiado del café	4
1.2.1 Beneficiado húmedo	4
1.2.1.1 Pesaje	5
1.2.1.2 Sifón	6
1.2.1.3 Despulpado	6
1.2.1.4 Fermentación	7
1.2.1.5 Lavado y escurrido	8
1.2.1.6 Presecado y Secado	9
1.2.1.7 Almacenamiento y depósito	10
1.2.2 Beneficiado seco	11
1.2.2.1 Pesaje	12
1.2.2.2 Tolva	12
1.2.2.3 Limpieza y depuración	12

1.2.2.4	Trillado y pulido	12
1.2.2.5	Clasificación del grano trillado	13
1.2.2.5.1	Clasificación por tamaño	13
1.2.2.5.2	Clasificación neumática y vibro neumática	13
1.2.2.5.3	Clasificación por color o electrónica	13
1.2.2.5.4	Clasificación manual	14
1.2.2.6	Mezclado y ensacado	14
1.2.2.7	Almacenamiento	14
1.3	Industrialización	15
1.3.1	Solubilización	15
1.3.2	Descafeinización	15
1.3.3	Torrefacción	15
2	MAQUINARIA NECESARIA EN EL BENEFICIO SECO	17
2.1	Tolva	18
2.2	Prelimpiadoras y limpiadoras	18
2.2.1	Prelimpiadoras	19
2.2.2	Despedregadoras	21
2.3	Trilladoras	23
2.3.1	Trilladora conjugada	23
2.3.2	Trilladora – Pulidora	24
2.4	Clasificadoras	25
2.4.1	Clasificadoras por tamaño	25
2.4.2	Clasificadoras densimétricas	27
2.4.3	Clasificadoras por color	29
2.4.4	Clasificación manual	31
2.5	Enscadoras o selladora de sacos	32
2.6	Máquinas transportadoras adicionales	33

3	EQUIPO ELECTRONICO A UTILIZAR PARA EL CONTROL DEL BENEFICIO SECO DE CAFÉ	37
3.1	Controlador lógico programable (PLC)	38
3.1.1	Definición	38
3.1.2	Arquitectura externa del Micrologix 1200 Cat. 1762-L24BWA	40
3.1.3	Arquitectura interna del Micrologix 1200 Cat. 1762-L24BWA	42
3.1.3.1	CPU –Unidad Central de Procesos–	43
3.1.3.2	Memoria	43
3.1.3.3	Fuente de alimentación de energía	44
3.1.3.4	Interfaces	44
3.1.3.5	Módulos de Entrada/Salida	45
3.1.3.6	Periféricos	46
3.1.3.7	Equipo de programación	46
3.2	Circuitos electrónicos digitales y analógicos	48
3.2.1	Circuito electrónico con sensor infrarrojo	49
3.2.2	Circuito electrónico de control de temperatura	51
3.2.3	Circuito electrónico de conmutación de potencia	53
3.2.4	Elementos y dispositivos electrónicos	54
3.2.4.1	Diodo	54
3.2.4.2	Diodo infrarrojo emisor SIR	54
3.2.4.3	Fotodiodo detector infrarrojo SIR2	55
3.2.4.4	Resistencias	56
3.2.4.5	<i>Buffer</i> inversor	57
3.2.4.6	Fuente D.C.	57
3.2.4.7	Relé o Relevador – <i>Relay</i> –	58
3.2.4.8	Termistor	59
3.2.5	Simbología de los dispositivos electrónicos	59

4 PROGRAMAS DE ADMINISTRACION Y CONTROL PARA EL BENEFICIO SECO DE CAFE	61
4.1 Análisis y determinación de requerimientos	61
4.1.1 Análisis del problema	62
4.1.2 Requerimientos desde una óptica amplia y general	63
4.1.3 Beneficios del <i>software</i>	64
4.1.4 Límites y alcances del producto de <i>software</i>	65
4.1.4.1 Límites	65
4.1.4.2 Alcances	65
4.2 Diseño del producto de <i>software</i>	66
4.2.1 Módulos necesarios para la implementación	66
4.2.1.1 Módulo de Seguridad	67
4.2.1.2 Módulo de Personal	67
4.2.1.3 Módulo de Producción	68
4.2.1.4 Módulo de Mantenimiento	68
4.2.1.5 Módulo de Instalaciones	69
4.2.1.6 Módulo de Estadísticas	69
4.2.1.7 Módulo de Conexión	69
4.2.2 Diagrama de jerarquía de funciones	70
4.2.3 Sistema de administración de la base de datos (DBMS)	72
4.2.3.1 Nivel interno	73
4.2.3.1.1 Base de datos	73
4.2.3.1.2 Diagrama Entidad – Relación	75
4.2.3.1.2.1 Descripción de entidades	76
4.2.3.2 Nivel conceptual	79
4.2.3.3 Nivel externo	80
4.3 Documento de usuario y pantallas principales	80
4.3.1 Módulo de seguridad	81
4.3.2 Modulo de personal	85

4.3.3	Módulo de producción	88
4.3.3.1	Funciones para el producto	88
4.3.3.2	Funciones para la producción	91
4.3.4	Módulo de mantenimiento	94
4.3.5	Módulo de Instalaciones	96
4.3.5.1	Funciones para el beneficio	97
4.3.5.2	Funciones para la bodega	98
4.3.6	Módulo de estadísticas –Reportes y gráficos–	101
4.3.7	Módulo conexión	105
4.3.7.1	Estándar RS-232	107
4.4	Programa de control del PLC Micrologix 1200 Cat. 1762-L24BWA	109
4.4.1	Programación en escalera	110
4.4.1.1	Instrucciones básicas de programación <i>Ladder</i>	110
4.4.1.2	<i>Ladder's</i> de control y monitorización	113
4.4.1.2.1	<i>Ladder</i> control de conmutación de potencia	114
4.4.1.2.2	<i>Ladder</i> control de infrarrojos	114
4.4.1.2.3	<i>Ladder</i> control de temperatura	116
4.4.2	Ciclo de trabajo del PLC	118
5	AUTOMATIZACION DEL SISTEMA DE PRODUCCION A INTEGRAR EN EL BENEFICIO DE CAFE	119
5.1	Componentes integrales para la automatización	119
5.1.1	Maquinaria y proceso	121
5.1.2	Dispositivos periféricos	122
5.1.3	Autómata (PLC Micrologix 1200 Cat. 1762-L24BWA y módulo ADC Cat. 1762-IF20F2)	125
5.1.3.1	Configuración del PLC y módulo E/S analógicas	125
5.1.3.2	Instalación del PLC y periféricos	127
5.1.3.3	Puesta en marcha del autómata	128

5.1.4	<i>Software</i> de aplicación y monitorización	129
5.1.4.1	<i>Software</i> RSLogix 500 y RSLinx	129
5.1.4.1.1	Explorar el RSLogix 500	130
5.1.4.1.2	Configuración del sistema de comunicación	131
5.1.4.1.3	Módulos de expansión del PLC	136
5.1.4.2	Borland Delphi 7.0 <i>Enterprise</i>	137
5.1.4.3	DBMS InterBase 6.5	138
5.1.5	Equipo de cómputo	141
5.1.6	Personal de supervisión y control	142
5.2	Integración de componentes para la automatización	143
6	EVALUACION DE COSTOS	145
6.1	Evaluación de costos para la maquinaria	145
6.2	Evaluación de costos en equipo electrónico	146
6.3	Costos a nivel de programas, licencias de <i>software</i> y equipo de cómputo	148
6.4	Inversión total para la automatización	149
	CONCLUSIONES	151
	RECOMENDACIONES	153
	BIBLIOGRAFÍA	155

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Proceso del café	1
2	Grano de café	2
3	Proceso de cultivo del café	3
4	Proceso del beneficio húmedo de café	4
5	Báscula camionera	5
6	Sifón y primera clasificación de café cereza	6
7	Clasificación del café despulpado	7
8	Fermentación del grano	8
9	Depósitos escurridores	8
10	Presecado del café mojado	9
11	Secado del café	10
12	Almacenamiento del café pergamino	10
13	Diagrama del proceso de beneficiado seco	11
14	Maquinas necesarias en el proceso del beneficiado seco	17
15	Tolva de clasificación	18
16	Máquina prelimpiadora	19
17	Operación interna de la prelimpiadora	20
18	Máquina despedregadora	21
19	Operación de la despedregadora	22
20	Máquina trilladora conjugada	23
21	Máquina trilladora – pulidora	24
22	Máquina clasificadora por tamaño tipo zaranda	25
23	Vista frontal de la máquina clasificadora por tamaño	26

24	Máquina clasificadora densimétrica	27
25	Vista frontal de la máquina clasificadora por peso	28
26	Vista superior de la máquina densimétrica	29
27	Clasificadora por color marca Xeltron modelo 6100c	30
28	Clasificación manual del grano de café oro	31
29	Banda transportadora	32
30	Máquina ensacadora	32
31	Elevador tubular	33
32	Transportador vibratorio	34
33	Transportador neumático	34
34	Transportadora de sacos	35
35	Arquitectura externa del PLC Micrologix 1200 Cat. 1762-L24BWA	40
36	Características externas del Micrologix 1200 Cat. 1762-L24BWA	41
37	Arquitectura interna del PLC	42
38	Cable de conexión serial de 8 pines Cat. 1761-CBLPM02	44
39	Módulo auxiliar de E/S analógicas Cat. 1762-IF20F2	46
40	Módulos visuales y unidades de programación	47
41	Circuito con sensor infrarrojo	50
42	Circuito controlador de temperatura	52
43	Circuito de conmutación de potencia	53
44	Diodo semiconductor	54
45	Diodo emisor de luz infrarroja	55
46	Fotodiodo detector infrarrojo	55
47	Función de los diodos infrarrojos	56
48	Resistor de composición	56
49	<i>Buffer</i> inversor, Tecnología CMOS	57
50	Fuente D.C.	58
51	Relé convencional	58
52	Sensor de temperatura o termistor	59

53	Diagrama de jerarquía de funciones	71
54	Arquitectura para sistemas de bases de datos	72
55	Parte frontal y posterior del DBMS	73
56	Pantalla de inicio del DBMS InterBase 6.5	74
57	Diagrama entidad – relación	75
58	Presentación de Borland Delphi 7 Studio	80
59	Pantalla de acceso al sistema	81
60	Mensajes de información	82
61	Pantalla del menú principal	82
62	Pantalla del módulo de seguridad	83
63	Pantalla de mantenimiento de grupos	84
64	Pantalla de mantenimiento de usuarios	84
65	Botones de administración	85
66	Pantallas de mantenimiento del tipo de personal	86
67	Pantallas de mantenimiento de personal	87
68	Pantallas de mantenimiento de la materia prima	89
69	Pantallas de mantenimiento del producto terminado	90
70	Pantallas de mantenimiento de la línea de producción	91
71	Pantallas de mantenimiento del proceso	92
72	Pantalla asignar producción	93
73	Pantallas de mantenimiento de maquinaria	94
74	Pantallas de mantenimiento de repuestos	95
75	Pantalla de asignación de repuestos	96
76	Pantallas de mantenimiento del beneficio	97
77	Pantallas de mantenimiento de tipo de bodega	99
78	Pantallas de mantenimiento de bodega	100
79	Pantalla asignar producto	101
80	Pantallas de visualización de reportes	102
81	Pantalla para gráficos de la producción real	103

82	Pantalla de monitoreo de la línea de producción	104
83	Función de lectura de los datos provenientes del puerto serial	106
84	Presentación del <i>software</i> RSLogix 500	109
85	Esquema estructural de un programa en <i>Ladder</i>	112
86	<i>Ladder</i> de control para la conmutación de potencia	114
87	<i>Ladder</i> de control de sensores infrarrojos	115
88	<i>Ladder</i> de control de temperatura	116
89	Gráfica de escala de valores de voltaje en entradas analógicas	117
90	Ubicación de sensores en el beneficio seco de café	124
91	Cableado de entrada al PLC Micrologix 1200 Cat. 1762-L24BWA	126
92	Cableado de salida del PLC Micrologix 1200 Cat. 1762-L24BWA	126
93	Cableado de E/S analógicas de expansión Cat. 1762-IF20F2	127
94	Elementos integrales de un proyecto en RSLogix 500	130
95	Pantalla de inicio del programa RSLogix 500	132
96	Pantalla para seleccionar el tipo de PLC	132
97	Pantalla del RSLinx para realizar la conexión serial	133
98	Pantalla de configuración del <i>driver</i> para la comunicación serial	134
99	Ventana de configuración del dispositivo RS-232	135
100	Pantalla de comunicaciones existentes	136
101	Pantalla de configuración del módulo de E/S analógicas	137
102	Pantalla de presentación en Borland Delphi 7.0	138
103	Consola principal del DBMS InterBase 6.5	139
104	Pantalla de registro y conexión del servidor	139
105	Pantalla de registro y conexión de la base de datos	140
106	Equipo de cómputo necesario para el monitoreo	142
107	Sistema automatizado para el beneficio seco de café	143

TABLAS

I	Simbología de dispositivos electrónicos	60
II	Conector DB9 y sus funciones	107
III	Puertos de comunicación serial	108
IV	Elementos básicos de un programa en escalera	111
V	Significado de <i>Output and Input Data File</i>	113
VI	Asignación de circuitos a maquinas agrícolas	123
VII	Costos de inversión en maquinaria	146
VIII	Costos en autómata y módulo E/S analógicas	147
IX	Precio del circuito infrarrojo	147
X	Precio del circuito de conmutación de potencia	147
XI	Precio del circuito de control de temperatura	148
XII	Costos en programas y licencias del producto de <i>software</i>	148
XIII	Costos en equipo de computación	149
XIV	Costos totales de inversión	149

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
@	Se hace referencia a un correo electrónico
3D	Tres dimensiones
A	Amperios
CA	Corriente alterna
Cat.	Categoría o catálogo
CC	Corriente continua
Ej.	Ejemplo
Khz	Kilohertz
m	Metros
mA	Miliamperios
mm	Milímetro
PC	Computadora personal
qq	Quintales
SIR	Sensor infrarrojo
V	Voltios
VAC	Voltaje de corriente alterna
VCC	Voltaje de corriente continua
VDC	Voltaje de corriente directa
Ω	Ohms

GLOSARIO

. Net	Es un proyecto de Microsoft para crear una nueva plataforma de desarrollo de <i>software</i> con énfasis en transparencia de redes, con independencia de plataforma y permite un desarrollo rápido de aplicaciones.
Actuador	Dispositivo eléctrico, electrónico o electromecánico, utilizados en las etapas últimas de salida con el objeto de activar o no alguna parte de la maquinaria.
ADC o A/D Converter	Acrónimo de <i>Analog to digital converter</i> , convertidor análogo a digital. Dispositivo que convierte señales analógicas que varían en forma continua, de los instrumentos que monitorean condiciones, como: movimiento, temperatura, sonido, etc., en códigos binarios para el computador.
Almacenamiento secundario	Almacenar información en forma persistente, comúnmente se utiliza el disco duro de la PC.
Amperio	Unidad de medida de la corriente eléctrica.

Aplicación	Es cada uno de los programas que, una vez ejecutados, permiten trabajar con la PC. Por ejemplo: los procesadores de textos, hojas de cálculo, bases de datos, programas de dibujo, paquetes estadísticos, etc.
ASCII	Acrónimo del <i>American Standard Code of Information Interchange</i> : Código normalizado para el intercambio de la información que permite definir caracteres alfanuméricos y se usa para lograr compatibilidad entre diversos equipos de procesamiento y comunicación de datos.
Asíncrono	Transmisión no relacionada con ningún tipo de sincronización temporal entre el emisor y el receptor.
Automación	Acción de una fábrica o ingenio capaz de autocontrolarse y programar su actuación frente a situaciones externas nuevas o distintas.
Autómata	Es un equipo electrónico programable en lenguaje no informático y diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente industrial, procesos secuenciales.
Autómata programable	Es toda máquina electrónica diseñada para controlar en tiempo real y en medio industrial procesos secuenciales.

Automatización	Es construir sistemas que interactúan con o son controlados por computadora y que pueden operar independientemente sin intervención humana.
Automatizar	Preparar una máquina o grupo de ellas para que, una vez programado cierto trabajo por el hombre, realice a través de la aplicación de dispositivos electrónicos dicho trabajo sin tener necesidad de intervención humana.
Banda transportadora	Equipo mecánico utilizado para transportar objetos de un lado a otro.
Báscula	Aparato que sirve para realizar mediciones de pesos, generalmente, grandes.
Básculas romanas	Aparato que sirve para seleccionar el grano, utilizando para ello el aire.
Base de datos	Conjunto de entidades que están relacionadas entre sí y las cuales almacenan información proveniente de fuentes externas por medio del DBMS.
Beneficio de café	Son instalaciones que poseen maquinaria y equipo necesarios para el procesamiento del café.
Beneficio húmedo	Instalaciones con maquinaria agrícola que transforman el café cereza a café pergamino.

Beneficio seco	Instalaciones con maquinaria agrícola que transforman el café pergamino en café oro.
Bit	Acrónimo de <i>Binary Digit</i> , Dígito Binario. Unidad mínima de información que puede ser transmitida o tratada, puede tener un valor de 0 –cero– ó 1 –uno– binario.
Bobina	Elemento eléctrico senoidal que representa una salida en el PLC.
Borland Delphi 7 Studio	Lenguaje de programación, de alto nivel, que tiene un desarrollo rápido de aplicaciones diseñado para la programación de propósito general con énfasis en la programación visual.
Buffer: hardware	Componente electrónico capaz de amplificar la corriente o mantenerla estable.
Buffer: software	Un <i>buffer</i> es un área de datos compartida sobre procesos de programas y, comúnmente, es un punto intermedio de almacenamiento de memoria.
Bus	Es un subsistema que transfiere datos o electricidad entre componentes del ordenador (PC) dentro de un ordenador o entre ordenadores.
Café cereza o café uva	Fruto maduro que se obtiene de la planta del cafeto.

Café oro	Grano de café del cual se ha eliminado la pulpa y pergamino, conocido como café verde, en mercados Internacionales.
Café pergamino	Grano de café totalmente despulpado y limpio que se ha pasado por un proceso de beneficiado.
Cafetal	Sitio poblado de cafetos.
Cafeto	Árbol de la familia de las rubiáceas, originario de Etiopía, de cuatro a seis metros de altura, con hojas opuestas, de un hermoso color verde, cuya semilla es el café.
Cangilón	Recipiente o vaso grande de metal para transportar o tener líquidos y a veces para medirlos.
Captadores	Dispositivo eléctrico, electrónico o electromecánico, utilizado para captar información proveniente del entorno o de otro circuito electrónico.
Carga eléctrica	Es un elemento o equipo eléctrico o electrónico que realiza un trabajo cuando se le aplica corriente eléctrica.
Case	Nombre al que se le denomina a la armazón del CPU.
CDRW	Acrónimo de <i>Compac Disk Rewritable</i> . Unidad de disco compacto de lectura y escritura.

Ciclón	Máquina utilizada como receptora de producto transportado que se utiliza como separador, la acción es por gravedad.
Circuito electrónico	Conjunto de elementos o dispositivos electrónicos interconectados por medio de cables eléctricos o líneas de conexión plasmadas en placas de cobre, para enviar o recibir información, tanto en señales continuas como discretas.
Clasificadora neumática	Máquina que funciona con aire o con gas para seleccionar el café.
CMOS	Acrónimo de <i>Complementary metal-Oxide semiconductor</i> –Semiconductor complementario de óxido metálico–. Familia de uso popular estándar para circuitos digitales que ofrece baja disipación de potencia, excelente inmunidad al ruido, alta densidad de empaque y una extensa amplitud de voltaje de suministro.
Código	Combinación de signos que tiene un determinado valor dentro de un sistema establecido.
Código o sistema binario	Sistema que utiliza como cifras, exclusivamente, el 0 y el 1. Es la base de los sistemas informáticos.
COM1	En la PC, nombre de dispositivo correspondiente al primer puerto serial, asíncrono, de comunicaciones.

Compuertas <i>Nand</i> y <i>Nor</i>	Son compuertas lógicas estándar que realizan las funciones de producto y suma, respectivamente con salida negada.
Comunicación serial	Transmisión realizada en forma continua o en serie.
Contador	Dispositivo digital que almacena un número y lo aumenta o disminuye en respuesta a una señal de entrada.
CPU	Acrónimo de <i>Central Processing Unit</i> –Unidad de procesamiento central–. Corazón del controlador programable o de la computadora donde se ejecutan las instrucciones de los programas y se controla el funcionamiento de los distintos componentes de la PC.
Criba	Aparato mecánico que se emplea en la agricultura para separar semillas o granos por medio de un movimiento oscilatorio.
DAC o <i>D/A Converter</i>	Acrónimo de <i>Digital to Analog Converter</i> –Convertidor digital analógico–. Se trata de un circuito impreso que permite convertir señales digitales a analógicas.
DBMS	Acrónimo de <i>Data Base Management System</i> –Sistema administrador de base de datos–. Sistema que está orientado a almacenar y mostrar información que tiene datos persistentes siempre que se le solicite.

DDL	Acrónimo de <i>Data Definition Language</i> –Lenguaje de definición de datos–. Las sentencias DDL son aquellas utilizadas para la creación de una base de datos y todos sus componentes: tablas, índices, relaciones, procedimientos almacenados, etc.
DDR	Acrónimo de <i>Double Data Rate</i> –Memoria de doble tasa de transferencia de datos–. Son módulos que están constituidos por memorias síncronas, que permite la transferencia de datos por dos canales distintos simultáneamente en un mismo ciclo de reloj.
Densidad	Magnitud que expresa la relación entre la masa y el volumen de un cuerpo.
Desbastar	Gastar, disminuir o debilitar.
Diagrama de jerarquía de funciones	Muestra la solución a implementar de acuerdo a las especificaciones del sistema y del software a realizar.
Diagrama entidad relación	Es un modelo que se encarga de visualizar las entidades y sus relaciones para representar una base de datos en su nivel interno.
Diodo	Elemento electrónico utilizado para rectificar la señal que consta de ánodo y cátodo.

Disco Duro	Área de almacenamiento en una computadora personal que puede usarse para guardar informes y archivos del procesador para uso futuro.
Dispositivo	Mecanismo dispuesto para producir una acción que se previó con anterioridad.
Driver	Es un elemento controlador de dispositivos electrónicos.
DTE	Acrónimo de <i>Data Terminal Equipment</i> –Equipo de Terminal de datos–. Equipo conectado a una red para enviar y/o recibir datos.
E/S	Acrónimo de entradas y salidas. Consiste en dispositivos de entrada y salida que proporcionan y/o reciben datos desde el controlador.
Electromecánico	Dicho de un dispositivo o de un aparato mecánico, accionado o controlado por medio de corrientes eléctricas.
Electrónico	Estudio y aplicación del comportamiento de los electrones en diversos medios, como: el vacío, los gases y los semiconductores, sometidos a la acción de campos eléctricos y magnéticos.
Elevador de cangilones	Elevador que contiene vasos grandes de metal para transportar objetos con una medida específica.

Elevador tubular	Elevador que tiene su forma tubular o está formado de tubos.
Elevadores	Vehículo destinado a subir, bajar o desplazar, mediante un dispositivo especial, mercancías en almacenes, construcciones, etc.
Ensacadora	Máquina encargada de sellar sacos.
Entidad	Es una tabla representada en un diagrama relacional.
Enzimas	Fermento soluble.
Estibas	Distribuir, convenientemente, el producto en el menor espacio posible.
FAX	Facsímil. Equipo y proceso de transmisión de material impreso mediante la conversión de las imágenes en señales eléctricas que, luego, se recomponen en su forma original en la estación receptora.
Fermentación	Descomposición de las sustancias orgánicas, provocada por la acción de enzimas o fermentos.
<i>Floppy</i>	Disquete o disco flexible que permite el almacenamiento de datos formado por una unidad magnética que permite la lectura y escritura de datos.

Fotodiodo	Diodo de unión PN –Positivo-Negativo– cuyas características eléctricas dependen de la cantidad de luz que incide sobre la unión.
Fuente DC o de corriente	Fuente de energía que produce una corriente constante a través de una resistencia de carga de cualquier valor, idealmente.
<i>Full dúplex</i>	<i>Dúplex</i> integral. Medio de comunicación que permite una transmisión bidireccional simultánea.
Granos vanos	Granos que son, internamente, vacíos, huecos, livianos y faltos de solidez.
Gravimétrica	Máquina que utiliza la gravedad para separar granos buenos de los vanos.
Guardiola	Es una máquina agrícola que se utiliza para secar el café, que tiene forma de tambor.
<i>Hardware</i>	Parte tangible del computador o equipo electrónico físico.
Hexadecimal	Sistema de numeración vinculado a la informática con base 16.
<i>Hyper Threading</i>	Consiste en trasladar desde la capa <i>hardware</i> a la capa <i>software</i> la ilusión de que se dispone de dos procesadores.

<i>Input</i>	Es la importación de los recursos, energía, materia, información, que se requieren para dar inicio al ciclo de actividades del sistema.
InterBase	Nombre del sistema administrador de base de datos utilizado para el almacenamiento de la información proveniente de las variables utilizadas en la aplicación.
Interfase	Es una conexión e interacción entre <i>hardware</i> , <i>software</i> y usuario, es decir, como la plataforma o medio de comunicación entre usuario o programa.
Interruptor ó conmutador	Mecanismo para impedir o permitir el paso de la corriente eléctrica.
<i>Inversor</i>	Circuito utilizado para convertir corriente continua en corriente alterna o chip utilizado para invertir la señal de entrada.
<i>KAHWAH</i>	Término árabe que se extendió a través del vocablo turco <i>KAKWEH</i> que significa bebida.
<i>Ladder</i>	Es un lenguaje de programación gráfico utilizado para el control de los PLC's.

LCD	Acrónimo de <i>Liquid Crystal Displays</i> –Despliegue de cristal líquido–. Son cristales líquidos que están formados por unas moléculas alargadas y se alinean con una estructura simétrica. En este estado el material es transparente y un campo eléctrico provoca que las moléculas se desalinien de manera que se vuelven opacas a la luz.
LED	Acrónimo de <i>Ligth Emitting Diode</i> –Diodo emisor de luz–. Diodo que irradia luz de colores como el rojo, verde, amarillo, etc., o bien luz invisible como la infrarroja.
Lenguaje de alto nivel	Lenguaje de programación que tiene la posibilidad de escribir código independiente de la máquina, además de ser más fácil de programar y provee un mejor entendimiento de desarrollo.
Linux	Sistema operativo gratuito y de libre distribución inspirado en el sistema Unix. Unix es un sistema operativo portable a muchos ordenadores.
Longitud de onda	Es la distancia recorrida por una onda de radio en el tiempo que se necesita para completar un ciclo o período de tiempo.
Lote	Conjunto de cosas.

Luz o espectro infrarrojo	Luz que se encuentra abajo del espectro de la luz roja, La energía absorbida aparece como calor y son ondas que comprenden longitudes de onda desde 1 mm hasta 4×10^{-7} m.
Mantenimiento	En una aplicación, se le denomina así a las funciones de agregar, modificar, consultar y eliminar información de una tabla.
Mantenimiento correctivo	Es la actividad encargada de mantener en excelentes condiciones la maquinaria con que cuenta la fábrica y por ende para poder resolver cualquier tipo de problema que se presente.
Mantenimiento preventivo	Es el servicio que se realice con anticipación a una máquina en específico para que no falle en el futuro.
MB	<i>MegaByte</i> es la unidad de medida de datos informáticos.
Memoria Caché	Tipo de memoria de acceso aleatorio mucho mas rápida que la RAM, aproximadamente, 6 o 7 veces mas rápida, que se reserva para contener, de manera temporal, información leída o escrita, recientemente, en el disco duro.
Memoria Virtual	Es la memoria principal que actúa como caché de la memoria secundaria, disco duro.

Microprocesador	Es un tipo de circuito integrado formado por componentes, extremadamente, pequeños y se utiliza para realizar las operaciones de cálculo y control en una computadora.
Microsoft Office Excel	Programa que realiza las funciones de una hoja de cálculo electrónica.
Modelo	Representación de un sistema real para analizar sus características y determinar su comportamiento presente y futuro.
MODEM	MOdulador-DEModulador. Es un acoplador que une el ordenador con una red telefónica u otra red de transmisión de datos. En el proceso de emisión modula, de forma binaria, una señal y, en la recepción, demodula la señal transmitida y reconstruye la original.
Módulo	Medida comparativa de las partes de un programa con respecto a su función.
Monitorización	Supervisión y control de alguna tarea o actividad.
Motor eléctrico	Elemento electromagnético que produce movimiento.
Mucílago	Sustancia viscosa y translúcida, producida por los vegetales, que se prepara por medio de una disolución acuosa de sustancias resinosas.

Multímetro	Instrumento de medición de múltiples propósitos, que se puede usar para medir resistencias, voltajes, corrientes, etc.
Objeto	Es una entidad que tiene atributos particulares, datos, y unas formas de operar sobre ellos, procedimientos.
Ohms	Unidad de medida de la resistencia.
Optoelectrónico	Nexo de unión entre los sistemas ópticos y los sistemas electrónicos y cuyo funcionamiento está relacionado directamente con la luz.
Output	Se denomina así a las corrientes de salidas de un sistema.
Panel táctil	Es un arreglo semiprogramable de un visualizador y activador táctil de matriz de LCD activa, con la posibilidad de accionar o no dispositivos conectados al PLC, así como de mantener una comunicación constante con este.
PLC	Acrónimo de <i>Programmable Logic Controller</i> –Controlador Lógico Programable–. Equipo electrónico encargado de automatizar procesos secuenciales industriales.

Polarizado de un diodo	Es la acción por medio de la cual se le conecta un determinado valor y signo de voltaje a un diodo. Polarización positiva o polarización directa será cuando el cátodo tenga referencia de voltaje de signo negativo y el ánodo una de signo positivo; con una diferencia entre ambas de 0.7 voltios para el silicio y 0.3 voltios para el germanio.
Programa	Es una colección de instrucciones que indican a la computadora que debe hacer.
Puerto serie	Es un adaptador asincrónico utilizado para poder intercomunicar varias computadoras entre sí. La información enviada al puerto es carácter por carácter.
Pulpa	Parte delgada o seca del fruto de café.
Pulperos	Máquina agrícola que separa la pulpa del grano de café.
Rack	Estante metálico donde se pueden instalar equipos tanto eléctricos o electrónicos.
RAM	Acrónimo de <i>Random Access Memory</i> , –Memoria de acceso aleatorio–, es la memoria principal del PC.
Repuesto	Parte u objeto integral de una máquina agrícola.
Reset	Reinicio físico de una PC.

Resistencia o Resistor	Dispositivo electrónico lineal que se encarga de oponerse al paso de la corriente y disminuir la tensión aplicada. Su símbolo de medida es el Ohms (Ω).
Retroalimentación	Propiedad que tienen los cuerpos, objetos, máquinas, etc., para autocontrolarse.
Riel DIN	Un riel metálico fabricado según estándares de <i>Deutsche Industrie Normenausshus</i> (DIN), diseñado para facilitar la instalación y montaje del controlador.
RLY o Relé	Es un dispositivo eléctrico que funciona como conmutador por medio de electromagnetismo. También denominado relay.
RS-232	Acrónimo de <i>Recommended Standard</i> –Estándar recomendado–. Estándar EIA –Asociación de Industrias Electrónicas– que especifica características eléctricas, mecánicas y funcionales para circuitos de comunicación binaria en serie, donde la interface de comunicación es unipolar.
RSLogix 500	Acrónimo de <i>Rockwell Software Logix</i> , es un <i>software</i> que contiene el conjunto de librerías SLC 500 utilizado para la programación lógica en escalera del procesador MicroLogix.

Rung	Se le denomina a la línea horizontal que contiene un conjunto de Instrucciones con entradas y salidas en un diagrama escrito en <i>Ladder</i> .
SCADA	Acrónimo de <i>Supervisory Control And Data Acquisition</i> –Adquisición de datos y supervisión de control–. Aplicación software en control de producción, que se comunica con los dispositivos de campo y controla el proceso de forma automática.
Script	Es un texto que describe las operaciones que se pueden realizar en una base de datos en forma de texto. Por ejemplo Select.
Sensor	Dispositivo de estado sólido, líquido o gaseoso, encargado de convertir un fenómeno físico o químico en una señal eléctrica, y dependiendo de la naturaleza del sensor la señal puede ser analógica, continua o digital, discreta.
Señal analógica	Rango continuo de valores de voltaje.
Señal digital	Es un valor discreto de voltaje.
Servidor	Computador con recursos que maneja y controla los programas internos en su sistema.

Set	Establecer, fijar, ajustar, colocar, determinar, inicializar, poner, activar un equipo, grupo, instrumento o instrucción.
Sifón	Recipiente de concreto utilizado en los beneficios, en los que se capta y acondiciona el café cereza para su despulpado.
Silos	Lugar de almacenamiento de semillas o granos.
Sistema	Conjunto de dos o más elementos interrelacionados entre sí que trabajan para lograr un objetivo común.
Sistematizar	Es el hecho de combinar procesos destinados a producir resultados y la manera ordenada de realizarlos, independientemente de los medios utilizados para efectuar el trabajo.
SLC 500	Acrónimo de <i>Small Logic Controller</i> . Librería de instrucciones en <i>ladder</i> , utilizada para programar el PLC Micrologix 1200 Cat 1762-L24BWA.
Slot	Ranura del ordenador en la que se pueden insertar nuevas tarjetas para ofrecer más utilidades.
Software	Conjunto de programas, documentos, procesamientos y rutinas asociadas con la operación de un sistema de computadoras.

SQL	Acrónimo de <i>Structured Query Language</i> –Lenguaje de consulta estructurado–. Es un lenguaje estándar utilizado para crear, modificar, mantener y consultar una base de datos relacional.
Tabla	Objeto constituido por registros en una base de datos relacional.
Temporizador	Es un elemento que permite programar cuentas de tiempo con el fin de activar bobinas pasado un cierto tiempo desde la activación.
Termistor	Es un dispositivo electrónico lineal y con una resistencia interna con un coeficiente negativo de temperatura.
Termocopla	Dispositivo eléctrico que produce un pequeño voltaje termoeléctrico cuando es acercada al calor, también denominado termopar.
Tolva	Espacio en forma de cono invertido donde se recibe el café pergamino, y, ayuda a separar objetos extraños del grano.
Trillar	Separar la capa de pergamino del grano de café.
UPS	Acrónimo de <i>Uninterruptible Power Supply</i> –Fuente de alimentación ininterrumpible–. Equipo de respaldo de energía eléctrica.

USB	Acrónimo de <i>Universal Serial Bus</i> –Bus de serie universal–, es un estándar de bus serie para conectar dispositivos a una computadora.
Válvula	Pieza que colocada en una abertura de una máquina o instrumento, se utiliza para interrumpir alternativa o constantemente la comunicación entre dos de sus partes o el medio exterior.
Vista de almacenamiento	Es la vista encargada de almacenar lógicamente los datos en una base de datos.
Voltios	Unidad de medida del voltaje.
<i>Watchdog</i>	Es un temporizador que monitorea un proceso cíclico y se restablece al término de cada ciclo. Si el temporizador de control – <i>watchdog</i> – excede su período de tiempo programado, se produce un fallo.
Zarandas	Equipo mecánico utilizado para realizar la clasificación del grano de café utilizando láminas metálicas que están perforadas con formas ovaladas.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación es una propuesta orientada hacia la automatización de beneficios secos de café, controlados por autómatas programables o PLC's, programas de computadora utilizados para la monitorización y administración del sistema, circuitos electrónicos digitales y analógicos para la detección y retroalimentación de la información, maquinaria utilizada en las líneas de producción y lo más importante la integración del personal para la debida supervisión.

El proceso por el cuál atraviesa el grano de café, está derivado desde que se cultiva la semilla de café, se cosecha y se corta el grano de café cereza; luego, es transportado hacia el beneficio húmedo donde se obtiene el grano de café en su estado de pergamino. Este grano ingresa al beneficio seco, donde se vuelve a procesar hasta obtenerse el café denominado oro. Y, por último, se industrializa hasta obtener el grano en su forma soluble.

En el beneficio seco, existen etapas primordiales por las que atraviesa el grano de café en su estado pergamino. Primero, se pesan los quintales que contienen los granos, sobre básculas camioneras, después se vierten en las tolvas donde se inicia el proceso del beneficiado. El traslado se realiza por medio de transportadores hacia las máquinas prelimpiadoras que se encargan de limpiar y depurar los granos buenos de los vanos, al terminar es enviado hacia la máquina trilladora donde se quita la capa de pergamino; luego, se clasifica por tamaño, peso y color utilizando, para ello, separadora gravimétrica, densimétrica y electrónica, respectivamente.

Al terminar, se traslada al área de clasificación manual donde se separa el grano de primera y segunda categoría; para, luego, ingresarlos en sacos y sellar los mismos por medio de ensacadoras. Termina el proceso con llevar los sacos hacia el área de bodega por medio de transportadora de sacos.

El equipo electrónico propuesto para el control es el Micrologix 1200 Cat. 1762-L24BWA de Allen-Bradley, junto al módulo de expansión de entradas y salidas analógicas Cat. 1762-IF20F2; los circuitos necesarios son el de control de temperatura, conmutación de potencia y sensor infrarrojo, donde sus componentes y dispositivos electrónicos principales son el termistor, el relé y los sensores infrarrojos, respectivamente.

Los programas que se utilizan son parte de la aplicación general de control y monitoreo del beneficio seco de café. El programa de administración y monitoreo está programado en lenguaje de alto nivel Borland Delphi 7.0 *Studio* que contiene los módulos de seguridad, personal, producción, mantenimiento, instalaciones y conexión; el DBMS utilizado es InterBase 6.5; además, este programa está auxiliado por medio de PLC y dispositivos electrónicos que realizan el control de las líneas de producción. El programa de control esta realizado en lenguaje *Ladder* con instrucciones SLC 500 del *software* de aplicación RSLogix 500 para el control de variables de entrada y salida del PLC.

La configuración y puesta en marcha es realizada de acuerdo a las especificaciones del fabricante del equipo y reglas generales para evitar errores en el funcionamiento general.

La inversión final no involucra la instalación del equipo, ya que, depende del lugar de ubicación del beneficio y los problemas para acceder al mismo.

OBJETIVOS

- **General**

Presentar una propuesta innovadora para optimizar la producción del café en la etapa de beneficiado seco, por medio de la automatización industrial, utilizando para ello PLC's que ayuden a mantener autocontrol y monitorización constante en las líneas de producción, junto con la reducción de sus costos y, de esta manera, obtener mayores beneficios a largo plazo.

- **Específicos**

1. Ser una opción para automatizar los procesos en beneficios secos de café por medio de *software* y *hardware* integrando controladores programables con PC's.
2. Ayudar a las empresas procesadoras de café a disminuir sus costos, teniendo un control adecuado de sus instalaciones, equipo, maquinaria, personal y recursos que son necesarios en la producción; y, así aumentar sus ingresos obteniendo producto de exportación de la mejor calidad.
3. Evaluar costos de la automatización, integrada al sistema, mostrando los beneficios que se obtienen al pasar de una mecanización y/o sistematización a una automatización.

INTRODUCCIÓN

La función principal que se desea cubrir, con este trabajo de graduación, es ayudar a las empresas o personas interesadas en obtener productos de la mejor calidad e invertir por Guatemala; proporcionándoles una propuesta de desarrollo para que puedan tomar como referencia en realizar la automatización para su industria.

Este documento está basado en la investigación, experimentación, construcción, elaboración y desarrollo de temas que son vitales en la industria del **beneficiado seco de café**, donde se obtiene el café de exportación, para el presente y el futuro. El avance tecnológico evoluciona, continuamente, en el mundo y lo que se pretende es obtener los mayores beneficios para las empresas, el personal, y sus clientes.

Como introducción al tema, se presenta una pequeña reseña del proceso general del café; desde el momento de cultivo de la semilla del cafeto, pasando por el beneficiado que involucra el procesamiento húmedo y seco del grano de café, hasta llegar a la industrialización que es donde se obtiene el café soluble.

Luego de que se ha presentado dicho proceso del que es objeto el grano de café, se especifica la maquinaria a utilizar en el beneficio seco y que debe estar de acuerdo a las especificaciones de las instalaciones; esto para obtener una producción eficiente y producto de la mejor calidad.

Para la integración de tecnologías de *hardware* y *software*, se analiza el equipo electrónico a utilizar, tal como el autómeta, los módulos de expansión y los circuitos electrónicos necesarios para la monitorización. Todo ello, con el objeto de que la maquinaria y el proceso de producción funcionen correcta y eficientemente.

El trabajo continúa con la exposición relacionada al *software*, donde se introducen las partes integrales de la automatización para su monitorización; tales como maquinaria, personal, comunicación entre PC y PLC, instalaciones; todo con el fin de informar cuando se presenten situaciones imprevistas dentro del beneficio.

La configuración, presentación, preparación y puesta en marcha del equipo, tanto electrónico como logístico, lo podemos visualizar en el capítulo 5; donde, realmente, se integran todas las áreas necesarias para la automatización.

Finalmente, se tiene la perspectiva clara de cómo se encuentra en este momento los costos del *hardware*, maquinaria y *software* que involucra la inversión final integrada a una producción automatizada.

Aunque muchas empresas se oponen al cambio, lo que se pretende es dar a conocer los beneficios al utilizar esta nueva tecnología, y, que no es más que una reseña de las nuevas tendencias de desarrollo de los países industrializados.

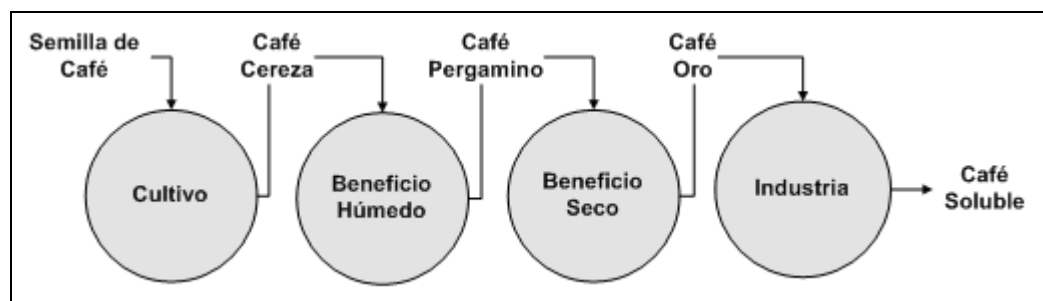
1 PROCESAMIENTO GENERAL DEL CAFÉ

El café es uno de los productos básicos más consumidos en toda Latinoamérica, y por ello una de las principales fuentes de ingreso para los países exportadores del producto. El término café se deriva del árabe *Kahwah* que se extendió por el vocablo turco *Kahweh* que significa bebida.

El grano de café debe pasar varias etapas para poder llegar al consumidor final, que involucra a productores, beneficiadores e industrializadores. Cada etapa involucra un cambio al grano de café, desde su cultivo hasta su solubilización.

Se debe hacer mención que este capítulo muestra la información general para el procesamiento del café, pero el tema central a desarrollarse es para los beneficios secos de café que son los encargados del café de exportación. Dicho proceso se presenta en la siguiente figura con la evolución del fruto de café para las distintas etapas inmersas en dicho proceso.

Figura 1. Proceso del café

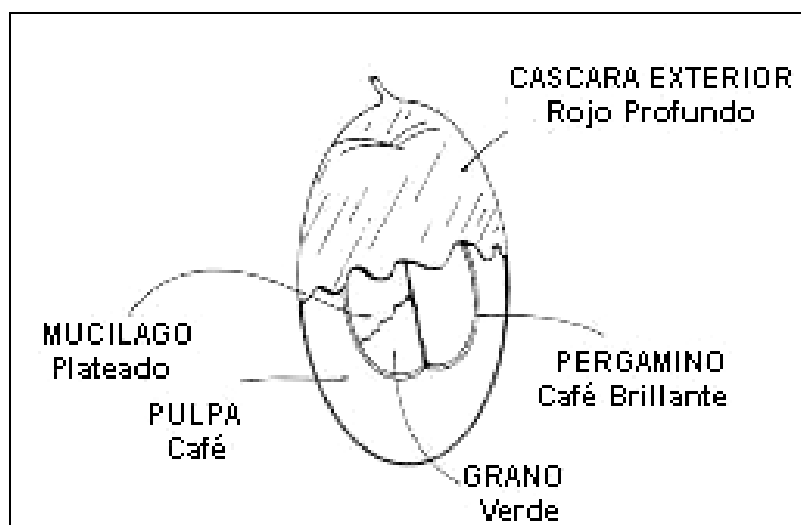


1.1 Proceso de cultivo de café

En el proceso del cultivo de café se siguen varias etapas para poder obtener lo que se conoce como café cereza o café uva. El café cereza es el fruto maduro que se obtiene de la planta del cafeto y está compuesto de varias capas, cada capa está involucrada en un proceso diferente dentro de la obtención final del café soluble.

La primera capa es la cáscara exterior de color rojo profundo y que es utilizada para combustible; la segunda capa es la pulpa de color café donde se concentra la mayor carnosidad que sirve como abono, alimentación animal, cultivo de hongos, crianza de larvas, combustible y lombricultura; la tercera es el mucílago o cascabillo que es una capa gelatinosa de color plateado, la última capa se denomina pergamino de color café brillante y es la que envuelve al grano denominado oro. La figura 2 muestra lo mencionado con anterioridad.

Figura 2. Grano de café



Fuente: Raúl Zelada. Tecnología mecánica del café en el beneficio seco. Pág. 5

1.1.1 Cosecha

El café es un cultivo permanente que requiere de actividades de trazado, hoyado, tapado, podado y cuidado del cafetal. Cuando el café está inmaduro es de color verde, conforme va madurando llega a un color rojo profundo que se denomina cereza y que está listo para ser cortado.

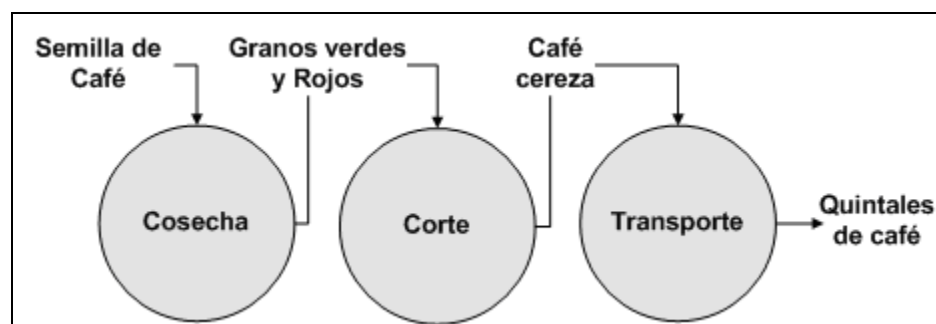
1.1.2 Corte

El corte del café se realiza manualmente y en forma selectiva, donde cada grano es cortado individualmente si ha alcanzado la madurez óptima (café cereza). Se realiza la forma selectiva para apartar los granos vanos de los productos maduros óptimos y luego se depositan en costales diferentes.

1.1.3 Transporte

Los sacos que contienen los frutos maduros del café y que tienen un peso de quintal cada uno son transportados hacia los beneficios húmedos donde se pesan y se distribuyen en las bodegas de materia prima para su posterior procesamiento. A continuación se muestra el proceso de cultivo del café.

Figura 3. Proceso de cultivo del café



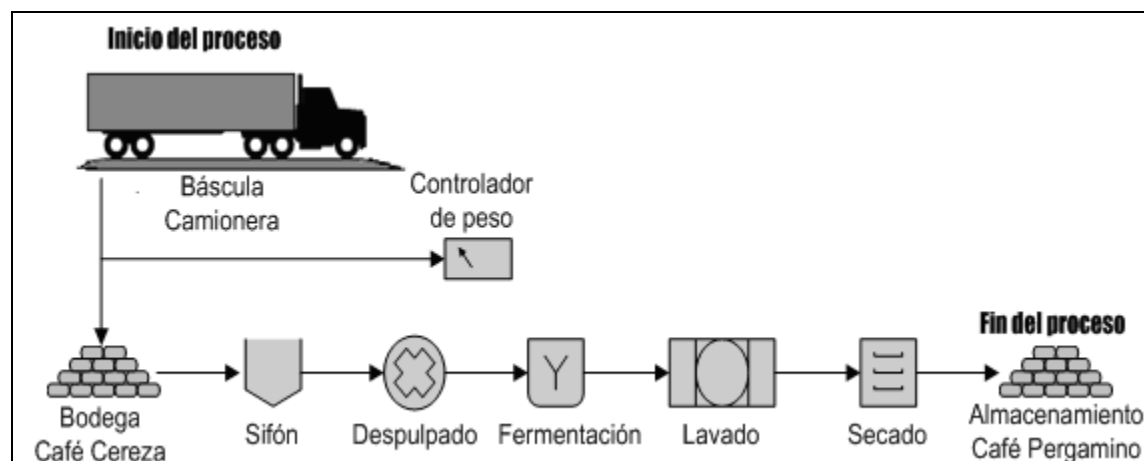
1.2 Beneficiado del café

La función que realiza un beneficiado de café es obtener de un grano color rojo profundo o cereza, un grano denominado oro sin cáscara ni residuos contaminantes o que hagan que el café tenga un sabor no deseado. Dichos beneficios son instalaciones que poseen maquinaria y equipo necesarios para el procesamiento del café. Para poder obtener la mejor calidad del producto, es necesario procesar por beneficios húmedos y secos el grano del café.

1.2.1 Beneficiado húmedo

La función principal y el proceso físico del beneficio húmedo es la transformación del café cereza a café pergamino, donde se eliminan las primeras dos capas del grano de café (cascarilla y la pulpa) y se obtiene un grano de café con pergamino que es la tercer capa que lo cubre. La siguiente figura muestra el proceso en que se obtiene el café pergamino del grano recién cortado de las plantaciones de cafeto.

Figura 4. Proceso del beneficio húmedo de café



El beneficio de café húmedo se trabaja tradicionalmente o ecológicamente, la diferencia estriba en el uso del agua a consumirse y el tratamiento del café de forma manual o utilizando maquinaria especializada. Las funciones principales de los beneficios húmedos se detallarán a continuación.

1.2.1.1 Pesaje

El café que proviene de las plantaciones es transportado hacia el beneficio por camiones, los cuáles deben ser pesados por medio de básculas camioneras o básculas de plataforma (Ver figura 5), para saber cuanto es el peso exacto total del producto que ingresará a dicho beneficio en sus bodegas de almacenamiento.

Figura 5. Báscula camionera



Fuente: <http://www.ipc.com.mx/dpi-basculas%20camioneras.htm>, Abril del 2004

1.2.1.2 Sifón

El café cereza almacenado se traslada a los sifones donde se realiza la primera clasificación eliminando materiales y objetos extraños tales como piedras, palos, etc., y que vienen junto a los granos de café maduros.

Lo que realiza el sifón para la primera clasificación es utilizar agua separando de esta manera los frutos maduros y sanos con los vanos o livianos y enviándolos a los pulperos. La figura siguiente ejemplifica la función antes mencionada.

Figura 6. Sifón y primera clasificación de café cereza



Fuente: <http://www.chiriqui.com/sitton/proceso.htm>, Agosto del 2003

1.2.1.3 Despulpado

La función principal de los pulperos es separar la pulpa del café uva utilizando pulperos de disco y enviarlos a zarandas para clasificar por tamaño el café despulpado (ver figura 7).

Figura 7. Clasificación del café despulpado



Fuente: <http://www.chiriqui.com/sitton/proceso.htm>, Agosto del 2003

Al utilizar los pulperos de disco que se encargan de realizar el desgaste sobre el grano de café, se obtienen granos y pulpa, por ello llegan hacia una criba rotatoria que realiza la limpieza del grano despulpado, separando la pulpa del grano y por último a las zarandas para la clasificación final.

1.2.1.4 Fermentación

Consiste en desprender la capa mucilaginosa que trae el café recién despulpado utilizando para ello medios mecánicos, químicos o enzimas artificiales, esto se realiza en pilas de concreto (ver figura 8), por un tiempo aproximado de 6 a 48 horas, donde se elimina toda sustancia que pueda fermentar o alterar al grano. Se debe de realizar con gran exactitud y realizando todas las evaluaciones pertinentes de calidad, ya que si se hace de forma equivocada se puede perder el aroma y sabor característicos del grano. Al finalizar esta etapa pasa a ser lavado.

Figura 8. Fermentación del grano



Fuente: <http://www.chiriqui.com/sitton/proceso.htm>, Agosto del 2003

1.2.1.5 Lavado y escurrido

El café fermentado debe pasar a ser lavado para eliminar los residuos de mucílago y sustancias químicas producidas por la fermentación anterior utilizando para ello grandes cantidades de agua, algunas veces se utilizan máquinas lavadoras para este proceso. Después pasa a ser escurrido para reducir el agua utilizando depósitos escurridores y silos (ver figura 9).

Figura 9. Depósitos escurridores



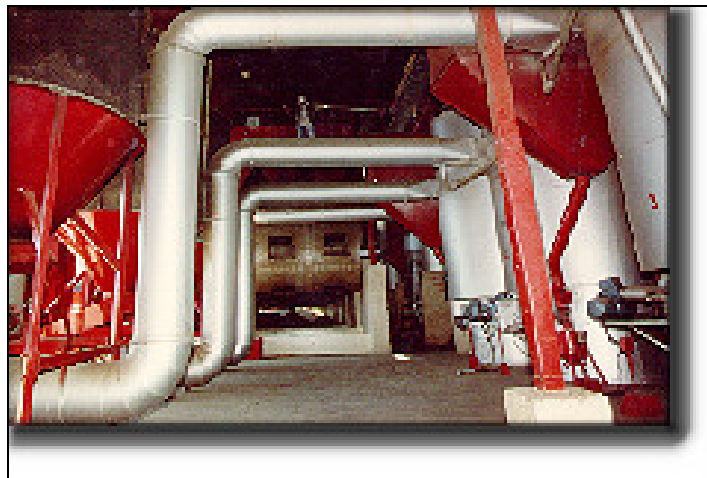
Fuente: <http://www.chiriqui.com/sitton/proceso.htm>, Agosto del 2003

De esta manera es que se obtiene el café pergamino, sin la cascarilla, la pulpa ni el mucílago y junto a ello la primera y segunda clasificación del café. La primera clasificación la integran los granos más maduros y la segunda involucra a los granos que se encuentran todavía verdes.

1.2.1.6 Presecado y Secado

La función del presecado es eliminar el exceso de humedad superficial que cubre al grano tipo pergamino y el secado se encarga de extraer la humedad interna del grano utilizando Guardiolas de secado de aire caliente (ver figuras 10 y 11), pero también se puede secar en patios donde se extiende el cafeto y por medio del calor producido por el sol realizar dicho proceso.

Figura 10. Presecado del café mojado



Fuente: <http://www.chiriqui.com/sitton/proceso.htm>, Agosto del 2003

Figura 11. Secado del café



Fuente: <http://www.chiriqui.com/sitton/proceso.htm>, Agosto del 2003

1.2.1.7 Almacenamiento y depósito

Esta etapa es de mayor importancia ya que el café pergamino que se encuentra seco se almacena en bodegas de producto terminado donde se contribuye a dar mayor uniformidad y presentación del producto para su traslado posterior a beneficios secos (ver figura 12). Las posibles formas de almacenar el producto es acumularlo en sacos, utilizando para ello tolvas y formando posteriormente estibas del producto.

Figura 12. Almacenamiento del café pergamino

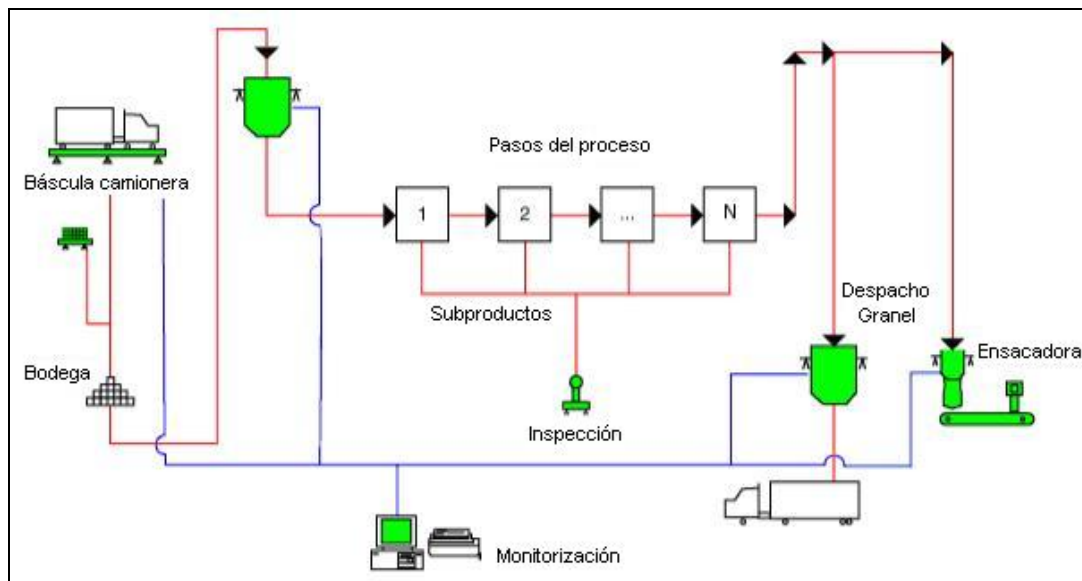


Fuente: <http://www.chiriqui.com/sitton/proceso.htm>, Agosto del 2003

1.2.2 Beneficiado seco

Los beneficios secos de café son instalaciones encargadas de procesar el grano de café proveniente del beneficio húmedo denominado pergamino y obtener en base a dicho proceso el café en oro. Para ello se utiliza maquinaria especial encargada de remover el pergamino, retirar impurezas, clasificar el grano y por último exportarlo o almacenarlo para su industrialización posterior. La figura siguiente demuestra la forma en que se realiza dicho proceso y cuáles son las partes importantes involucradas en el mismo.

Figura 13. Diagrama del proceso de beneficiado seco



Fuente: <http://www.reproma.com/Soluciones/Cafe/Diagrama.html>, Julio del 2003

Este proceso elimina los granos defectuosos utilizando clasificadoras neumáticas, vibro neumáticas, por tamaño, electrónicas y manuales, para obtener el producto de mayor calidad y sabor. Sus etapas principales se enumeran a continuación y la forma de trasladar los productos es utilizando bandas transportadoras.

1.2.2.1 Pesaje

Al igual que en el beneficio húmedo, en el beneficio seco se utiliza una báscula camionera para medir el peso del café pergamino proveniente del beneficio húmedo, esto nos sirve para registrar el peso exacto del producto que ingresará a su posterior procesamiento en el beneficio seco.

1.2.2.2 Tolva

De manera similar al sifón, la tolva es encargada de poder separar objetos grandes que son extraños para el proceso seco tales como piedras, palos, etc., y que pueden dañar la maquinaria. El café que se deposita en las tolvas es el que se procesará por toda la línea de producción. El movimiento entre procesos se realiza por elevadores o transportadores del grano de café pergamino.

1.2.2.3 Limpieza y depuración

Después de la tolva se utilizan máquinas especiales para realizar prelimpiezas donde se separan materiales gruesos y finos de café tales como piedras pequeñas, objetos extraños, basura, etc. Para realizar la depuración se utilizan prelimpiadoras o despedregadoras y básculas romanas.

1.2.2.4 Trillado y pulido

Esta operación es necesaria para separar el pergamino que está adherido al grano de café o eliminar capas que no fueron desbastadas con anterioridad. Además se succiona el pergamino suelto y se separa de los granos pulidos, para realizar esta operación se utilizan máquinas trilladoras, trilladoras que también son pulidoras y catadoras que sirven para succionar. Es en esta etapa que se obtiene el café denominado oro.

1.2.2.5 Clasificación del grano trillado

1.2.2.5.1 Clasificación por tamaño

La función de esta clasificación es separar los granos conforme a su tamaño y forma, además de separar el polvillo que viene adherido al grano de café. Para realizar esta operación se utilizan zarandas que utilizan el movimiento para distribuir de manera adecuada los granos o también se pueden utilizar zarandas rotativas.

1.2.2.5.2 Clasificación neumática y vibro neumática

Se realiza esta operación para clasificar los granos de diferentes pesos utilizando para ello el cálculo de densidades, tomando en cuenta los granos que no son los adecuados o que no tienen las características específicas de un grano normal. Además mantiene vibraciones para diferenciar entre los granos de café de primera y de segunda. Para este tipo de clasificación se utilizan las separadoras densimétricas y catadoras.

1.2.2.5.3 Clasificación por color o electrónica

Las clasificadoras electrónicas se encargan de diferenciar por color los granos de café que tienen defectos o que no están dentro del patrón normal del color que es el verde. Si el color es blanco pálido o gris es por mal almacenaje, el color amarillo es por una cosecha muy vieja, el color café es por secado inadecuado. El seleccionado se realiza por cambios ópticos, cabe hacer notar que existen muchos modelos de clasificadoras electrónicas, pero la funcionalidad es la misma.

1.2.2.5.4 Clasificación manual

Como su nombre lo indica este tipo de clasificación se hace de forma manual, tomando en cuenta la forma, tamaño, color y apariencia del grano de café oro y separando los granos defectuosos. Para ello se utiliza bandas transportadoras y personal capacitado en dicha selección (la banda está en constante movimiento).

1.2.2.6 Mezclado y ensacado

La función es mezclar los granos de café de acuerdo a la preparación que se elaborará en la industrialización, el mezclador es un tanque cilíndrico metálico con fondo cónico que contiene un transportador para la recirculación de los diferentes tamaños de café que se mezclarán y se guardaran en sacos, la maquinaria utilizada para sellar los sacos son las ensacadoras.

1.2.2.7 Almacenamiento

El almacenamiento involucra el ingresar los sacos con producto terminado (café oro) hacia las bodegas. Cabe recordar que el ambiente dentro de las bodegas deberá ser controlado para que el producto no varíe sus características tales como sabor, color, olor entre otros.

1.3 Industrialización

Aunque hasta este momento se llega al proceso de industrialización, se puede decir que esta es la segunda etapa, ya que el beneficiado involucra industrialización. En esta fase del proceso del café, se traslada el café oro obtenido del beneficio seco a un café soluble. No existe un método exacto del proceso, ya que se puede obtener solamente café soluble, descafeinado o tostado, todo depende de la comercialización del mismo. A continuación se definen las diferencias en dichos tratamientos.

1.3.1 Solubilización

Es cuando el café verde o denominado oro pasa de la tolva hacia el tostador donde se solubiliza (granos se disuelven en líquidos especiales).

1.3.2 Descafeinización

Se encarga de extraer la cafeína al café verde para luego ser tostado o solubilizado.

1.3.3 Torrefacción

La torrefacción es tostar el café verde obteniendo un aroma y sabor de acuerdo a las exigencias de los compradores del producto.

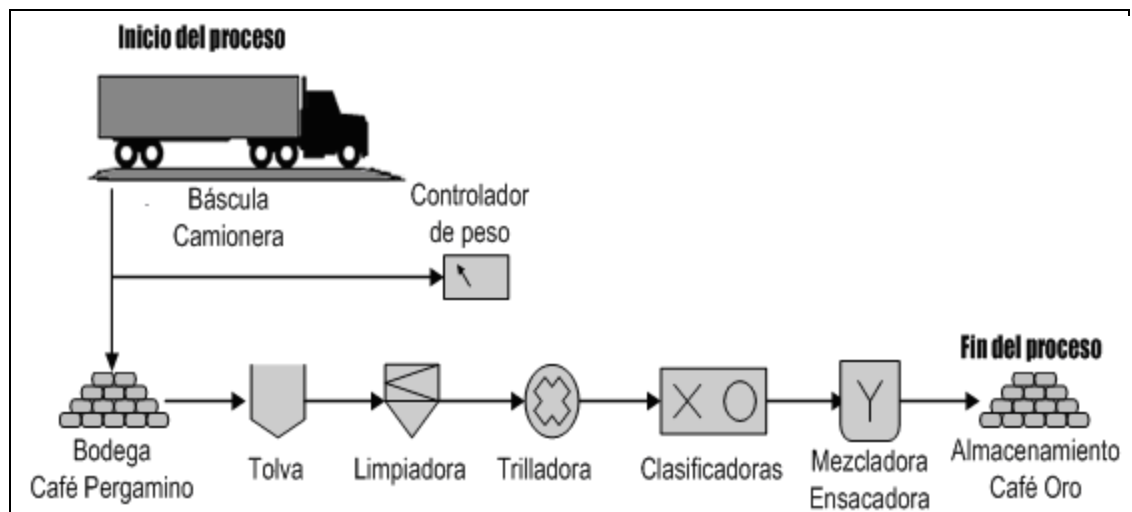
En conclusión, tome en cuenta que solamente se establece la propuesta de automatización para el beneficio de café trabajado en seco y es lo que se conceptualiza formalmente, los temas adicionales ayudarán únicamente para comprender de mejor forma el procesamiento del café.

2 MAQUINARIA NECESARIA EN EL BENEFICIO SECO

Para realizar una adecuada automatización del beneficio seco, se deben de utilizar como mínimo las maquinas que se presentarán a continuación y que son parte del proceso del beneficiado seco, esto es para ayudar al encargado del beneficio a aumentar su producción en un tiempo menor al que normalmente se estima y a obtener café de mejor calidad.

La siguiente figura, muestra el flujo que presenta el grano del café y las máquinas que se utilizan para realizar las diferentes etapas del proceso. Puede existir que se puedan reemplazar algunas de las mencionadas por otro equipo que realice el mismo trabajo.

Figura 14. Maquinas necesarias en el proceso del beneficiado seco



2.1 Tolva

La tolva es un depósito metálico donde se recibe el café pergamino, su función es poder eliminar por medio de una rejilla y compuertas objetos extraños y grandes que acompañan al grano de café (ver figura 15). De esta parte se lleva a las limpiadoras por medio de transportadores vibratorios, neumáticos, tubulares o de cangilones.

Figura 15. Tolva de clasificación



Fuente: <http://www.jborrell.com/productos/stock.htm>, Abril del 2004

2.2 Prelimpiadoras y limpiadoras

Las prelimpiadoras y limpiadoras se encuentran en la fase de limpieza y depuración del grano. Se puede incluir dos tipos de máquinas para que realicen el trabajo comenzando con la prelimpiadora y continuando con la despedregadora.

2.2.1 Prelimpiadoras

Las prelimpiadoras utilizan el cambio de cribas para realizar la limpieza. Para realizar adecuadamente la limpieza del grano consta de los siguientes componentes:

- Tolva de alimentación
- Caja vibratoria con planos cribadores
- Cámara gravitacional y extractor de impurezas
- Bocas para ensacado
- Estructura de soporte

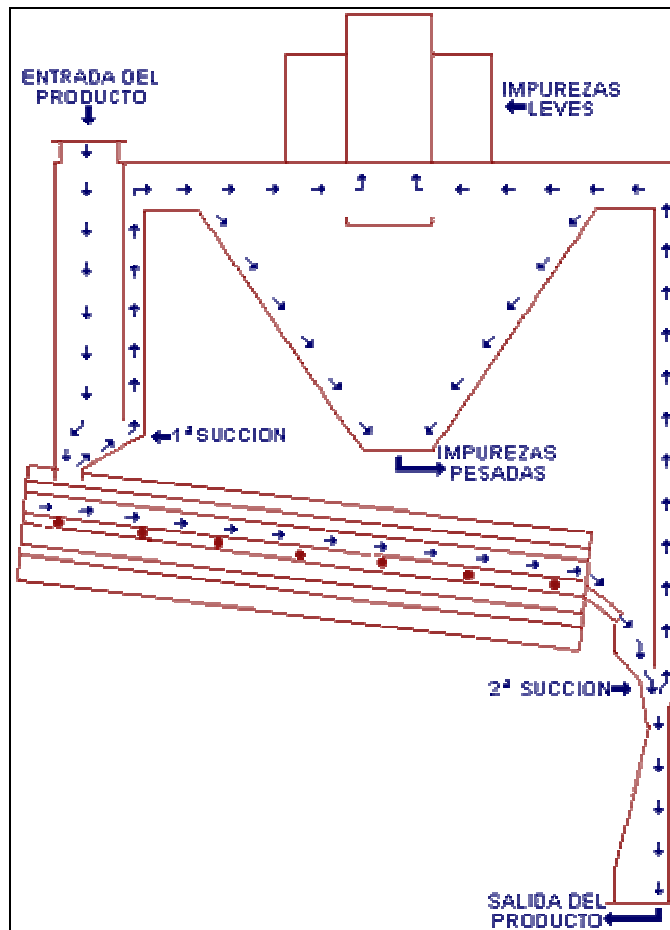
La figura 16 muestra el tipo y forma de las prelimpiadoras normalmente utilizadas en los beneficios secos y la figura 17 su forma de operación interna.

Figura 16. Máquina prelimpiadora



Fuente: <http://www.pinhalense.com.br>, Octubre del 2003

Figura 17. Operación interna de la prelimpiadora



Fuente: <http://www.pinhalse.com.br>, Octubre del 2003

Entre las ventajas de utilizar esta maquina se toma en cuenta que:

- Tiene una estructura metálica y es de fácil operación
- El cambio de cribas es simple
- No transmite vibración al piso
- Realiza la mejor clasificación y limpieza del grano de café
- Contiene una base de sujeción especial

2.2.2 Despedregadoras

La siguiente figura es una despedregadora que separa piedras y otros objetos ajenos al café. Es una máquina muy importante, ya que por ella es que se protege la demás maquinas para que no sean dañadas por objetos duros que vienen junto a los granos de café pergamino. Tiene la posibilidad de consumir menor energía teniendo una aspiradora adicional donde se aspira el polvo.

Figura 18. Máquina despedregadora



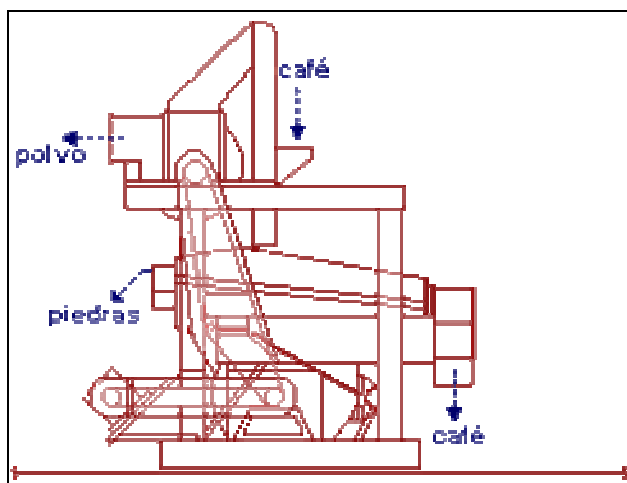
Fuente: <http://www.pinhalense.com>, Noviembre del 2004

Entre las ventajas de la máquina despedregadora en comparación con otras máquinas que realizan el mismo trabajo, se pueden mencionar las siguientes:

- El nivel de ruido es menor
- Consume menos energía
- Contiene una cubierta aspiradora de polvo opcional

La operación de la despedregadora empieza con la alimentación del grano de café por la parte superior de la máquina, llegando el mismo a una mesa inclinada donde es distribuido a lo ancho de una criba metálica. Por medio de la criba y de la acción de una corriente de aire ascendente la cáscara es removida, donde los granos flotan y la cáscara se mantiene junto a la criba. Al limpiarse el producto se descarga por gravedad al inferior de la mesa y los objetos pesados son desviados hacia otra salida por una corriente de aire diferente (ver figura 19).

Figura 19. Operación de la despedregadora



Fuente: <http://www.pinhalense.com.br>, Octubre del 2003

2.3 Trilladoras

La función de las trilladoras es trillar o desbastar la capa de pergamino que tiene el grano y obtener un grano verde o denominado oro, esta fase se encuentra en la de trillado y pulido. Se puede tener una trilladora conjugada que hace las funciones de limpiar y/o despedregar el grano además de pulirlo. Otro tipo es la que solamente es trilladora.

2.3.1 Trilladora conjugada

Es un conjunto de varias maquinas distintas, iniciando con una despedregadora, luego trilladora y por último una separadora neumática, realizando las siguientes funciones tales como prelimpieza, la separación de piedras u objetos grandes, trillado, separación de la cascarilla y separación neumática del producto del café final. (Ver figura 20).

Figura 20. Máquina trilladora conjugada



Fuente: <http://www.pinhalse.com>, Noviembre del 2004

Entre las ventajas que ofrece una trilladora conjugada marca Pinhalense, se pueden mencionar las siguientes:

- Contiene zaranda oscilante perforada y catadora
- Maximiza su rendimiento
- Permite recuperar los materiales ligeros o con defectos por completo
- Bajo costo de instalación

2.3.2 Trilladora – Pulidora

La diferencia con la anterior máquina, es que la trilladora pulidora no es despedregadora y que solamente remueve el pergamino del grano de café, lijando su corteza hasta obtener un grano sin cascarilla. La figura siguiente es el tipo de trilladora – pulidora trabajada normalmente.

Figura 21. Máquina trilladora – pulidora



Fuente: <http://www.pinhalense.com>, Noviembre del 2004

2.4 Clasificadoras

De acuerdo a la fase de clasificación, las clasificadoras pueden ser de tamaño, peso, color y forma, unido al proceso manual. La clasificación por tamaño y forma retira tamaños inadecuados del grano. En la clasificación por peso se retiran los granos vanos y en la clasificación por color es en base a la calidad del producto, terminando con un proceso manual.

2.4.1 Clasificadoras por tamaño

La función de las clasificadoras por tamaño, son las encargadas de clasificar café, granos y semillas hasta 8 tamaños diferentes. Para realizar la clasificación por tamaño se tienen zarandas de clasificación (ver figura 22).

Figura 22. Máquina clasificadora por tamaño tipo zaranda



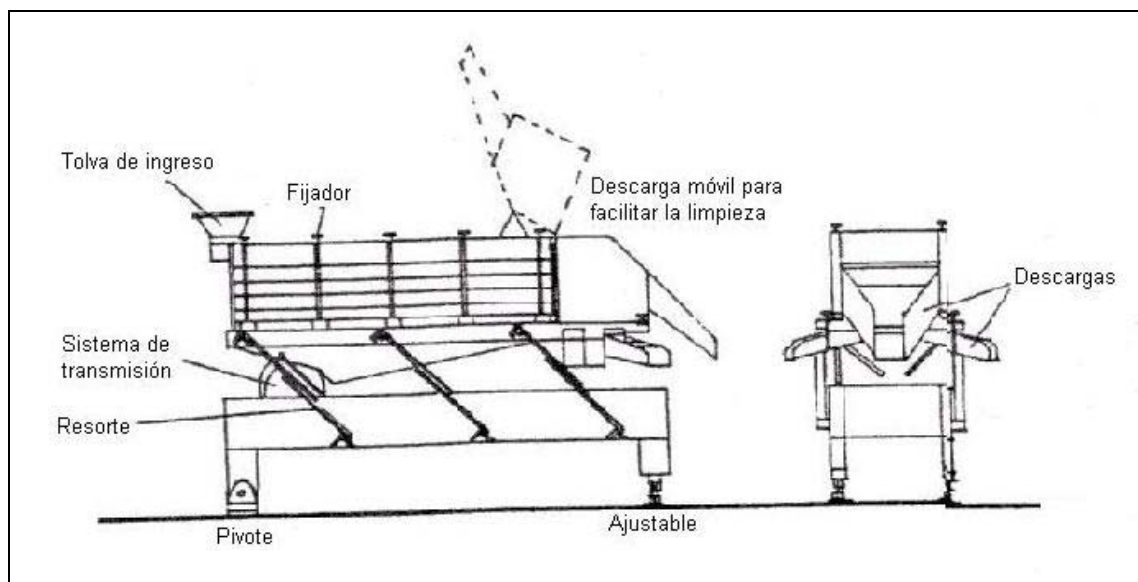
Fuente: <http://www.pinhalse.com>, Noviembre del 2004

Entre las ventajas al utilizar esta maquina se pueden mencionar:

- Tiene un sistema automático de limpieza de zarandas
- Zarandas fáciles de intercambiar
- Fácil operación y poca potencia para su funcionamiento
- La limpieza de zarandas es por medio de esferas de goma
- El espacio para su instalación es pequeño
- Provee medidas para diferentes tamaños de clasificación

El funcionamiento de la clasificadora por tamaños empieza con alimentar el producto por la zaranda superior, separándose en distintos tamaños por medio de las zarandas intermedias y enviando hacia su extremo opuesto de donde se alimentó el producto clasificado (ver figura 23).

Figura 23. Vista frontal de la máquina clasificadora por tamaño



Fuente: Raúl Zelada. Tecnología mecánica del café en el beneficio seco. Pág. 64

2.4.2 Clasificadoras densimétricas

La función de las clasificadoras densimétricas es la de separar materiales granulados de acuerdo a su peso o mayor densidad y realizar de esta manera la eliminación de productos vanos o de menor peso, funcionando con un movimiento de zaranda y un flujo vertical de ascenso de aire (ver figura 24). A esta máquina se le puede graduar el caudal de aire, ajustando de esa manera la sensibilidad para el control del peso y junto con el tablero perforado realizar las clasificaciones de primera y segunda del producto del grano de café oro. Otro nombre que recibe este tipo de clasificadoras es el de gravimétricas.

Figura 24. Máquina clasificadora densimétrica



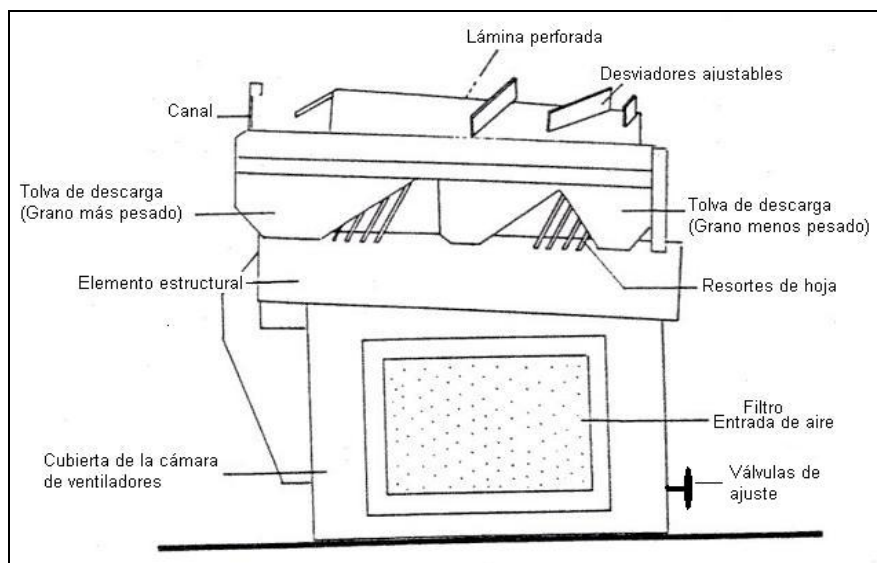
Fuente: <http://www.pinhalse.com.br>, Octubre del 2003

Las ventajas con las que podemos contar al utilizar una separadora densimétrica marca Pinhalense comparándola con otras marcas son las siguientes:

- Es de fácil ajuste y tiene mayor sensibilidad
- El tablero es de tipo metálico perforado de mayor durabilidad
- El nivel de ruido se reduce
- Se controla la dirección del flujo de aire
- Contiene una campana aspiradora de polvo (opcional)

La flotación, vibración y alimentación de los granos de café son controlados por válvulas de ajuste donde se separan los granos por su densidad y peso. Existe un trabajo intermedio donde se separan los granos con defectos que son nuevamente clasificados por la misma máquina. Esta es la parte operativa de la gravimétrica o densimétrica. La figura 25 contiene la información de las partes externas de la maquina en cuestión.

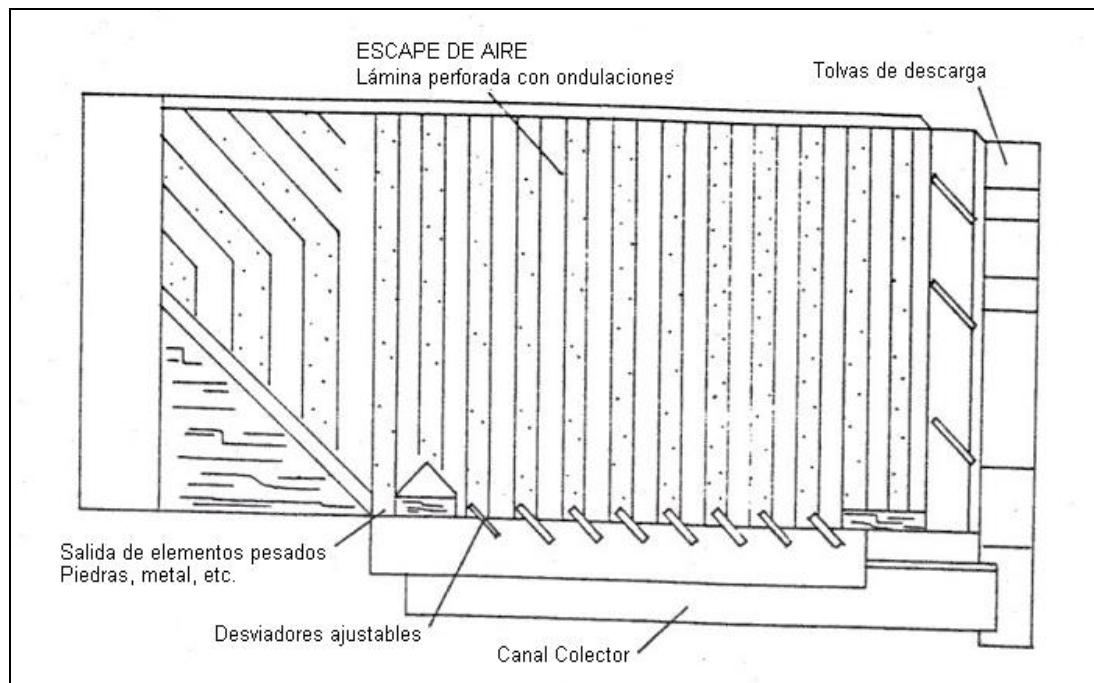
Figura 25. Vista frontal de la máquina clasificadora por peso



Fuente: Raúl Zelada. Tecnología mecánica del café en el beneficio seco. Pág. 44

En cuanto a la vista superior de la separadora densimétrica podemos observar sus partes principales en la figura 26.

Figura 26. Vista superior de la máquina densimétrica



Fuente: Raúl Zelada. Tecnología mecánica del café en el beneficio seco. Pág. 43

2.4.3 Clasificadoras por color

Las clasificadoras por color son máquinas electrónicas que utilizan analizadores ópticos electrónicos para realizar la clasificación del color del grano y para determinar defectos superficiales del mismo. Ejemplo de una clasificadora por color se presenta en la página siguiente (Figura 27).

Figura 27. Clasificadora por color marca Xeltron modelo 6100c



Fuente: <http://www.xeltron.com/espanol/productos/canales/6100c.htm>, Noviembre del 2004

Como se mencionó con anterioridad, contiene un analizador óptico con la innovación de su sistema de luz infrarroja electrónica con 31 puntos de visión; donde se analiza el grano completamente de 0 a 360 grados.

Entre las ventajas de utilizar este tipo de clasificadora (Modelo Xeltron 6100 C) se pueden mencionar:

- Contiene ayuda interactiva y manuales de operación
- Tiene integrado un novedoso sistema de alarmas
- Pantalla sensible al tacto y a colores
- Controles avanzados de las especificaciones del color a clasificar utilizando microprocesadores integrados.
- Tiene un sistema integrado de inteligencia artificial, donde la calibración la realiza la máquina de manera automática.

Para analizar su funcionamiento y operación interna, la clasificadora Xeltron 6100 C viene equipada con sus manuales técnicos y de usuario.

2.4.4 Clasificación manual

La clasificación manual es realizada por personas entrenadas que se encargan de dividir los granos con el color, tamaño y forma adecuados de los granos vanos; estas personas están entrenadas para extraer los granos defectuosos. En la figura siguiente se ve como se realiza dicho proceso.

Figura 28. Clasificación manual del grano de café oro



<http://www.cafeilusion.com.ni/Benefisec.html>, Octubre del 2003

En la transportación del grano para la selección manual, se utilizan bandas transportadoras deslizadas sobre una superficie plana. La función de la banda transportadora es poder trasladar el grano de café para su clasificación manual.

La operación fundamental es utilizar por medio de un motor eléctrico el desplazamiento de la banda transportadora donde se encuentra el grano de café y al final una tolva se encarga de juntar el grano ya clasificado.

La figura 29 muestra la banda transportadora utilizada para la movilización del grano de café oro.

Figura 29. Banda transportadora



Fuente: <http://www.pinhalense.com>, Noviembre del 2004

2.5 Ensacadoras o selladora de sacos

Las ensacadoras son máquinas que realizan la opción del llenado de los sacos con granos de café de primera y segunda categoría, de acuerdo a las especificaciones que los clientes desean. Esta es la fase donde se mezcla y se guarda en sacos el producto. La figura siguiente muestra la forma en que son llenados los sacos con el producto final, el café oro.

Figura 30. Máquina ensacadora

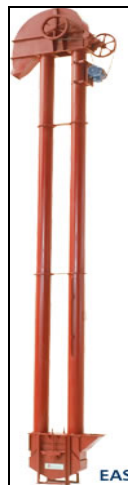


Fuente: <http://tecnicasdesolidos.com/productos/ensacadoras.htm>, Abril del 2004

2.6 Máquinas transportadoras adicionales

Aparte de las máquinas antes mencionadas, se tienen otras que realizan un papel fundamental en el área de producción. Entre ellas podemos mencionar los elevadores tubulares que se encargan de subir el grano de café pergamino que se encuentra en la tolva de inicio del proceso hacia la prelimpiadora o hacia silos. La figura siguiente se encarga de mostrar dicho equipo.

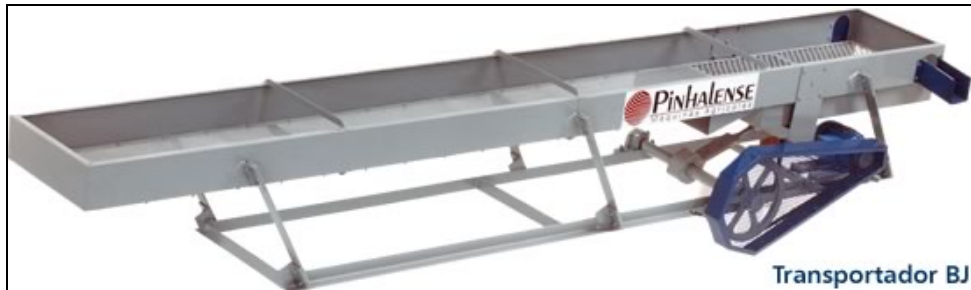
Figura 31. Elevador tubular



Fuente: <http://www.pinhalse.com>, Noviembre del 2004

Debido a que ya no es muy utilizado el elevador tubular, existe otro tipo de equipo del cuál deberá estar equipado un beneficio seco. Para realizar el traslado del café en su estado pergamino, se utiliza un transportador vibratorio (ver figura 32) necesario para eliminar basura proveniente de los sacos o de las bodegas de materia prima. Y para el transporte entre cada una de las máquinas del beneficio, se utiliza el transportador neumático (ver figura 33) que trae incorporada una tolva, además de ciclones para trasladar el grano de café y de esta forma reducir el riesgo en pérdidas del mismo.

Figura 32. Transportador vibratorio



Fuente: <http://www.pinhalense.com>, Noviembre del 2004

Figura 33. Transportador neumático



Fuente: <http://www.pinhalense.com>, Noviembre del 2004

Y por último, la máquina o banda transportadora que se encuentra al final del proceso de producción y no de menor importancia es la elevadora de sacos, que se encarga de poner en piñas (unir estrechamente) los sacos de grano oro que anteriormente fueron ensacados. Ver siguiente figura.

Figura 34. Transportadora de sacos



Fuente: <http://www.pinhalse.com>, Noviembre del 2004

De esta manera la descripción y definición de todas las máquinas necesarias para poder realizar la automatización y que son las que se encuentran comúnmente en los beneficios secos de café, son las que se mencionaron con anterioridad, aunque cabe destacar que únicamente en la propuesta se incorporan las siguientes:

- Depósito metálico (Tolva)
- Transportador vibratorio y neumático
- Despedregadora
- Trilladora – pulidora
- Clasificadora de tamaño tipo zaranda, densimétrica y por color
- Banda transportadora
- Ensacadora
- Transportadora de sacos.

De esta manera el beneficio seco tendrá la capacidad de procesar café pergamino y obtener como producto final café oro, utilizando para dicho proceso la maquinaria adecuada.

3 EQUIPO ELECTRONICO A UTILIZAR PARA EL CONTROL DEL BENEFICIO SECO DE CAFÉ

Este capítulo presenta el módulo más importante para la monitorización del proceso de producción en el beneficio seco de café, utilizando para ello equipo y circuitos electrónicos capaces de sistematizar y automatizar el sistema en su totalidad.

El equipo electrónico que se encargará de activar el proceso de producción y que mantendrá una línea de verificación constante dentro del sistema es un controlador lógico programable o “PLC”, que se verá afectado por señales eléctricas analógicas y digitales transmitidas por circuitos electrónicos detectores y/o transmisores que estarán trabajando en base a la potencia, temperatura y movimiento de cada una de las máquinas que integran el proceso de producción y los componentes que hacen que funcionen las mismas.

El analizar de forma separada el controlador lógico programable (PLC) con los circuitos electrónicos, ayudará a definir y esquematizar de forma adecuada el funcionamiento y aplicación que tiene dentro del beneficio seco para el control de la producción y como es que por medio de señales externas emitidas por dichos circuitos se puedan realizar cambios a su funcionamiento interno mostrando estos cambios con activaciones en las unidades de salida.

3.1 Controlador lógico programable (PLC)

3.1.1 Definición

El Controlador Lógico Programable es un equipo electrónico encargado de automatizar procesos secuenciales industriales. El control, coordinación y supervisión de estos procesos, lo realiza el autómatas gracias a: un *hardware* adecuado a la aplicación específica y un programa también específico para el caso; donde ambos forman parte integral del PLC.

Las ventajas principales que provee el utilizar los controladores programables son:

- **Confiabilidad:** Trabaja autónomamente y además resiste ambientes hostiles.
- **Flexibilidad:** Puede ser reemplazado el programa interno por uno mejorado o diferente.
- **Modularidad:** El PLC tiene la capacidad de manejar un CPU central y de adherirle o restarle al mismo, diferentes módulos de *hardware*, con la idea de adaptarse eficientemente a la aplicación.
- **Tiempo:** Ahorro de tiempo en la programación e instalación.
- **Estandaridad:** Su programación es similar para cualquier modelo de PLC.
- **Espacio:** Ocupa muy poco espacio y puede ser instalado en cualquier parte de la planta o fábrica.

Entre las desventajas al utilizar controladores programables se pueden mencionar:

- El **costo de inversión inicial** para realizar la automatización es elevado.
- El **adiestramiento** que se debe de dar a técnicos para el uso adecuado del equipo debe ser específico.
- La **velocidad relativamente lenta**, sobre todo en aplicaciones de adquisición de grandes cantidades de datos.

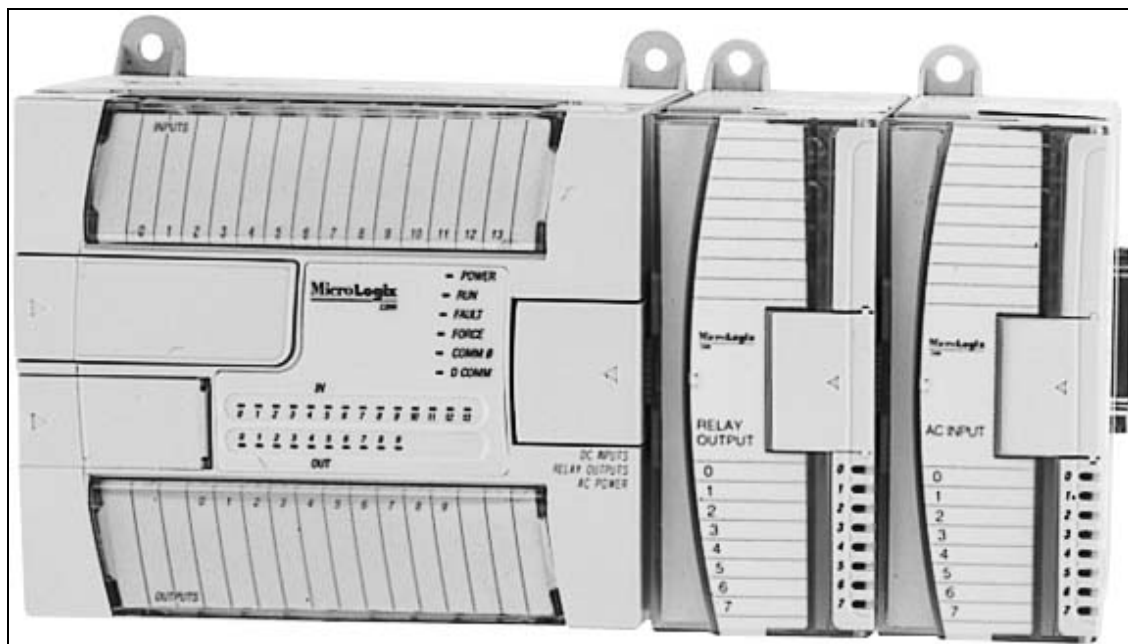
El autómeta o controlador programable a utilizar es el **Micrologix 1200 Cat. 1762 – L24BWA** de la marca Allen-Bradley, esto no quiere decir que solamente ese modelo o esta marca se puedan utilizar, sino que se parte desde éste para tomar un punto de referencia necesario para la posterior programación.

3.1.2 Arquitectura externa del Micrologix 1200 Cat. 1762-L24BWA

El PLC o autómatas programables como también se le conoce modelo Micrologix 1200 Cat. 1762-L24BWA, tiene su propia fuente de alimentación, también sus propios circuitos tanto de entrada como de salida que están configurados para 24 E/S (Entradas/Salidas).

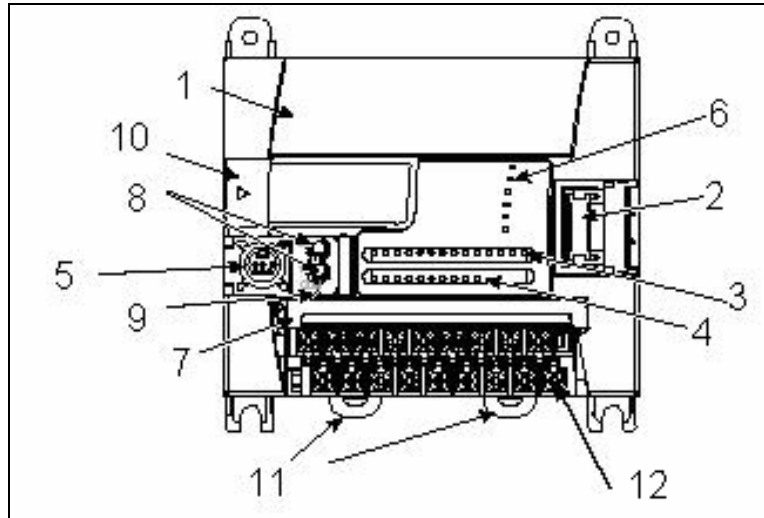
Este tipo de autómatas programables posee una estructura compacta donde en un solo bloque se tienen todos los elementos necesarios para su funcionamiento y además tiene una estructura modular, donde se puede acoplar otras entradas o salidas necesarias para realizar un mayor control. La siguiente figura muestra la arquitectura externa del PLC Micrologix 1200 con salidas de expansión.

Figura 35. Arquitectura externa del PLC Micrologix 1200 Cat. 1762-L24BWA



Fuente: http://www.introl.pl/ab/produkty/sterowniki/micrologix/micrologix_1200.html, Mayo del 2004

Figura 36. Características externas del Micrologix 1200 Cat. 1762-L24BWA



Fuente: <http://www.ab.com/manuals/es/cp/1761/1762-um001b-es-p.pdf>, Mayo del 2004

Las características externas del Micrologix 1200 son:

- (1) Bloques de terminales de entrada
- (2) Interfase de conector de *bus* a E/S de expansión
- (3) Indicadores LED de entrada
- (4) Indicadores LED de salida
- (5) Puerto de comunicación / canal 0
- (6) Indicadores LED de estado
- (7) Puertas y etiquetas del Terminal
- (8) Potenciómetro de ajuste
- (9) Botón pulsador conmutador de comunicaciones
- (10) Cubierta del puerto del módulo de memoria, reloj
- (11) Seguros del riel DIN
- (12) Bloque de salidas y VAC

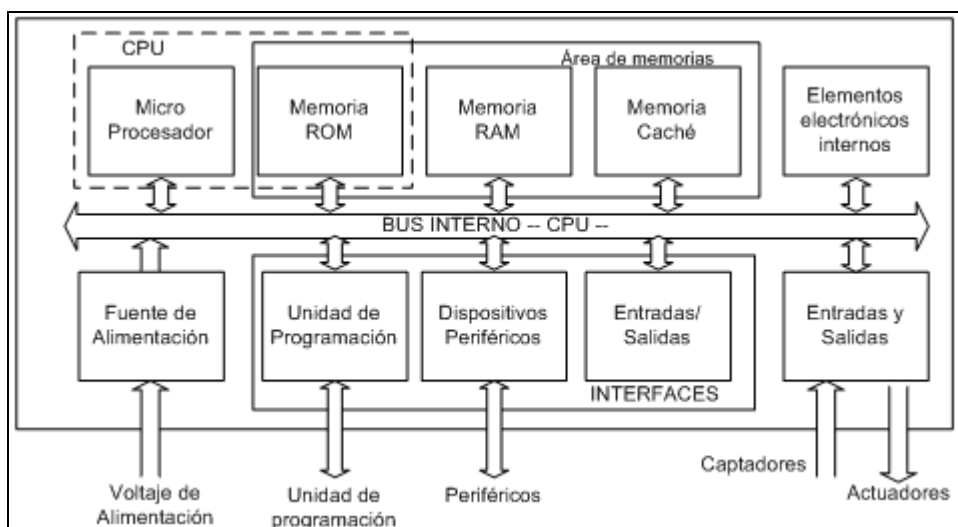
Los beneficios que incluye el utilizar el Micrologix 1200 Cat. 1762-L24BWA son:

- 10 entradas de 24 VCC, 4 entradas rápidas de 24VCC
- 10 Salidas de Relé
- Alta velocidad de E/S: 20 Khz.
- Expansión a 136 E/S flexible para grandes aplicaciones
- Seis nuevas y discretas expansiones análogas de E/S
- ASCCI total, capacidad de Lectura / Escritura
- Memoria 6K no volátil
- Comunicación punto a punto o a SCADA
- Reloj de tiempo real y módulos de memoria
- Compatible con las instrucciones SLC 500 y *software* RSLogix 500

3.1.3 Arquitectura interna del Micrologix 1200 Cat. 1762-L24BWA

La arquitectura interna básica del PLC y de todos los controladores programables se muestra en la siguiente figura:

Figura 37. Arquitectura interna del PLC



3.1.3.1 CPU –Unidad Central de Procesos–

La unidad central de proceso es el corazón del controlador programable. Contiene un microprocesador capaz de realizar las operaciones necesarias para las funciones de control de salida, realizar operaciones de acuerdo a las especificaciones de entrada al sistema, utilizando para ello un programa interno que interpreta la información percibida de las entradas o las salidas.

Aparte de contener el microprocesador también viene unido al CPU las siguientes partes:

- Temporizadores y contadores
- Memoria de datos
- Memoria captadora de imagen por medio de las entradas
- Memoria de salida de información o datos
- Memoria del programa

3.1.3.2 Memoria

El CPU internamente contiene una memoria donde reside el programa del PLC, junto con otras memorias (RAM, *Caché*), encargadas de almacenar los cambios de las variables cuando se está ejecutando el programa. Entre los distintos tipos de memoria, se pueden mencionar:

- **Memoria del programa de usuario:** Se ingresa el programa de ejecución para el PLC.
- **Memoria de mapeo de datos:** Se divide en zonas tales como contadores, temporizadores o marcas de la misma memoria.
- **Memoria del sistema:** Se almacena el programa del PLC pero en forma binaria.

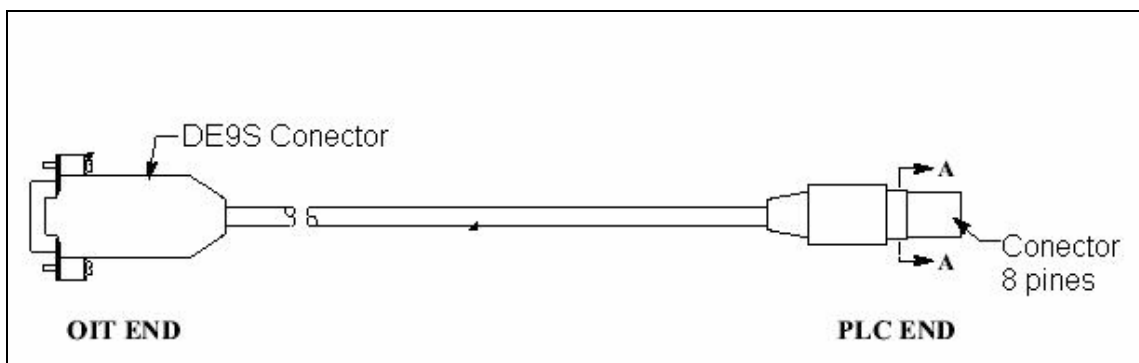
3.1.3.3 Fuente de alimentación de energía

La fuente de alimentación del PLC Micrologix 1200 Cat. 1762-L24BWA es de 120 voltios CA, lo que ayuda a no tener que utilizar un reductor de voltaje. Además este voltaje es reducido internamente al voltaje de corriente directa o continua que se utiliza para las salidas del PLC que son de normalmente 24 voltios.

3.1.3.4 Interfaces

Son las posibles conexiones externas de las que se puede leer o enviar información. Entre ellas se puede mencionar la conexión de la comunicación serial entre el PLC y la computadora. Para ello se debe de utilizar un cable especial para la transmisión de datos tal como el P/N 7444-0040. En la figura siguiente se muestra el tipo de cable antes mencionado.

Figura 38. Cable de conexión serial de 8 pines Cat. 1761-CBLPM02



Fuente: <http://www.maple-systems.com/1024/10240040.pdf>, Noviembre del 2003

La conexión desde el PLC hacia la computadora personal, será por medio del cable antes mencionado y la conexión es del tipo serial, utilizando el puerto RS-232 donde también se puede monitorear el proceso de producción.

3.1.3.5 Módulos de Entrada/Salida

Esta parte del PLC está integrada tanto por entradas como salidas.

Las entradas son las que tienen integrados los captadores, ya sea sensores, interruptores, etc. La información de las entradas es transferida a la memoria de datos de entrada de usuario (memoria virtual), con la cuál se puede realizar alguna operación que se procesa en el microprocesador y que actúa en base al programa interno del mismo.

Las salidas son las encargadas de activar o desactivar actuadores tales como motores, luces, máquinas, etc. Estas señales de activación son provenientes de las operaciones que realiza el microprocesador de acuerdo a las funciones que tiene que realizar con respecto también al programa interno.

Los tipos de entradas y salidas también pueden ser **analógicos o digitales**. Las entradas analógicas contienen conversores de señales analógicas o de voltaje a código binario (ADC) y las salidas analógicas envían la información en formas de señales continuas de voltaje provenientes de código binario a través de (DAC).

La diferencia entre lo digital y lo analógico estriba en que la señal digital funciona con el todo o nada, falso o verdadero, (conduce o no conduce), en cambio la señal analógica utiliza un rango continuo de valores de voltaje.

El PLC Micrologix 1200 Cat. 1762-L24BWA de Allen Bradley que se utilizará, tiene 14 entradas de 24 VCC y 10 salidas de relé encargadas del control del sistema externo.

3.1.3.6 Periféricos

Las partes periféricas de un autómata programable, son dispositivos o equipos que se pueden conectar con el PLC para su ampliación, estas ampliaciones incluyen la posibilidad de conexión de redes internas, módulos auxiliares, aumento de memoria, impresoras, visualizadores, paneles táctiles y otros.

Figura 39. Módulo auxiliar de E/S analógicas Cat. 1762-IF20F2



Fuente: http://www.introl.pl/ab/produkty/sterowniki/micrologix/micrologix_1200.html, Mayo del 2004

3.1.3.7 Equipo de programación

Para poder programar el PLC (autómata programable) se pueden utilizar algunos elementos para dicha tarea, tales como:

- 1) **Unidad de programación manual;** es la forma más simple de programación, se puede utilizar para cambios pequeños del programa o para la lectura de datos donde algunas de ellas son portables (ver figura 40).

Figura 40. Módulos visuales y unidades de programación



Fuente: <http://www.realtimeservice.com.ar/sp/desarrollos/productos/rockwell/interfaces.htm>, Mayo del 2004

2) **Computadora personal**, es la que comúnmente se utiliza en la programación, debido a la facilidad de transferencia, almacenamiento y actualización de la información.

Para realizar la programación, no se necesitará de una unidad de programación adicional, sino que con la PC o computadora personal se trabajará el programa para dicho PLC se controlará el proceso y se monitoreará el funcionamiento general en el beneficiado seco del café.

3.2 Circuitos electrónicos digitales y analógicos

En esta segunda etapa del proceso de detección y control del sistema general del beneficio seco de café, es necesario captar la información que proviene del equipo agrícola utilizado para la elaboración del café oro y de esa manera conocer el estado del proceso que estamos automatizando. Para ello se debe utilizar circuitos electrónicos con sensores que serán los encargados de enviarnos la información necesaria en cada etapa de la elaboración del café mencionado con anterioridad y circuitos electrónicos de potencia para activar o desactivar la maquinaria desde el controlador o autómata programable.

Cabe hacer notar que un circuito electrónico es un conjunto de elementos o dispositivos electrónicos interconectados por medio de cables eléctricos o líneas de conexión plasmadas en placas de cobre para enviar o recibir información tanto en señales continuas como en pulsos digitales y que utilizan comúnmente detectores como por ejemplo los sensores.

Los sensores son una parte muy importante dentro de los procesos de control para una automatización, ya que éstos se encargan de estar verificando los valores de los cuáles dependen nuestras variables de control para realizar cambios en el sistema.

Existen diferentes clasificaciones de sensores, la siguiente lo hace por el tipo de fenómeno que convierte o mide:

- Sensores de presión (Piezoeléctricos)
- Sensores de temperatura (Termistores, termocoplas, termopares) y de humedad (piezoresonantes)
- Sensores de luz (Infrarrojos, foto celdas) y de proximidad (pasivos)
- Entre otros.

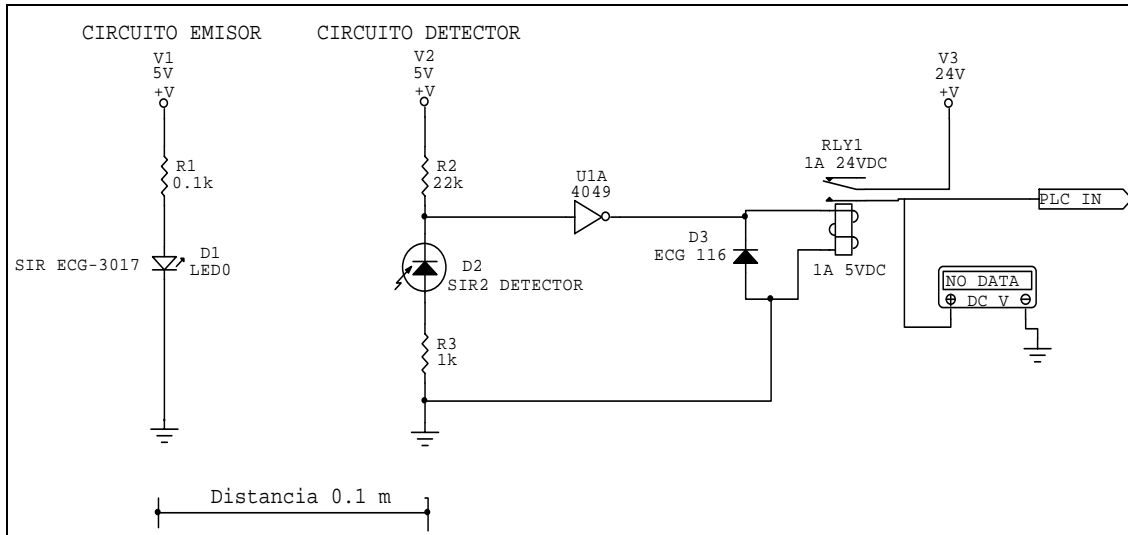
A continuación se explican los circuitos necesarios para utilizar dentro del beneficio seco de café y que llevan a cabo la inspección y activación de toda la maquinaria a utilizar donde cabe hacer notar que se utilizan sensores y actuadores. Además se detallan los componentes electrónicos a utilizar para obtener una mejor idea del funcionamiento global de los equipos electrónicos a implementar.

3.2.1 Circuito electrónico con sensor infrarrojo

El circuito electrónico con sensor infrarrojo, su función principal es la detección del grano de café, esta detección la realiza por medio de un espectro de visión infrarroja que es analizada entre dos circuitos. El primer circuito denominado emisor, se encarga de enviar señales continuas hacia puntos específicos que son detectados por el segundo circuito denominado detector.

La siguiente figura demuestra el diagrama encargado de detectar la existencia del grano de café por medio de sensores que utilizan luz infrarroja y que analizan si es necesario poner a trabajar una máquina específica durante un tiempo determinado.

Figura 41. Circuito con sensor infrarrojo



La lista de componentes para el circuito anterior es la siguiente:

- (D1) Diodo infrarrojo emisor SIR ECG-3017
- (D2) Foto Diodo detector SIR2
- (D3) Diodo de Silicio ECG-116
- (R1) Resistencia 0.1 Kohms
- (R2) Resistencia 22 Kohms
- (R3) Resistencia 1 Kohms
- (U1A) *Buffer* inversor ECG-4049
- (V1 = V2) Fuente D.C. para 5 voltios, 1 Amperio
- (V3) Fuente D.C. para 24 voltios, 1 Amperio
- (RLY1) Relé bobina de 5 VDC – 1A. 24 VDC
- Alambre para conexión

La función del circuito representado en el anterior diagrama es la siguiente: el circuito emisor envía una señal en el espectro infrarrojo hacia el circuito detector, éste circuito se activará cuándo el grano de café pase por en medio de los dos circuitos mostrados y enviará una señal al relé, éste relé se activará y dejará pasar un voltaje de 24 voltios hacia el PLC, el cuál tomará alguna acción debido al voltaje que tendrá en su entrada. Entre las acciones que puede realizar podrán ser:

- Enviar señal para encender una máquina
- Enviar señal para apagar una máquina
- Prevenir accidentes
- Evitar accidentes
- Llevar el control del proceso

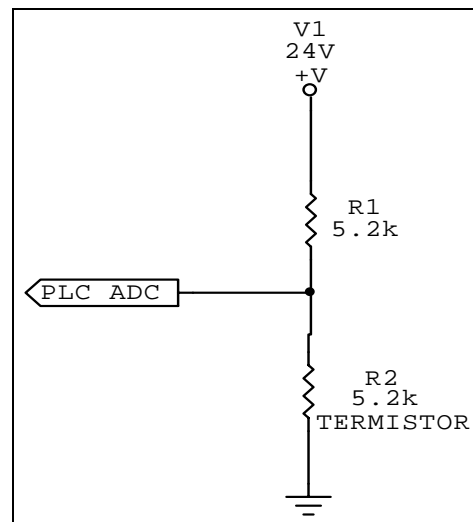
3.2.2 Circuito electrónico de control de temperatura

El circuito electrónico que realiza el control de la temperatura, se encarga como su nombre lo indica de controlar la temperatura, utilizando para ello elementos analógicos (sensores) que convierten la energía térmica en energía eléctrica; existen dos tipos muy comunes de sensores de temperatura: las termocoplas y los termistores o termoresistores.

El que se utilizará en el proceso de automatización será el termistor, que no es más que una resistencia con un coeficiente negativo de temperatura. Cuando la temperatura aumenta, su resistencia disminuye; causando así el control analógico del voltaje en las variaciones de temperatura. La diferencia con la termocopla es que ésta produce un pequeño voltaje termoeléctrico cuando es calentada.

La figura 42 muestra la conexión necesaria para el circuito antes mencionado.

Figura 42. Circuito controlador de temperatura



La lista de componentes para el circuito anterior es la siguiente:

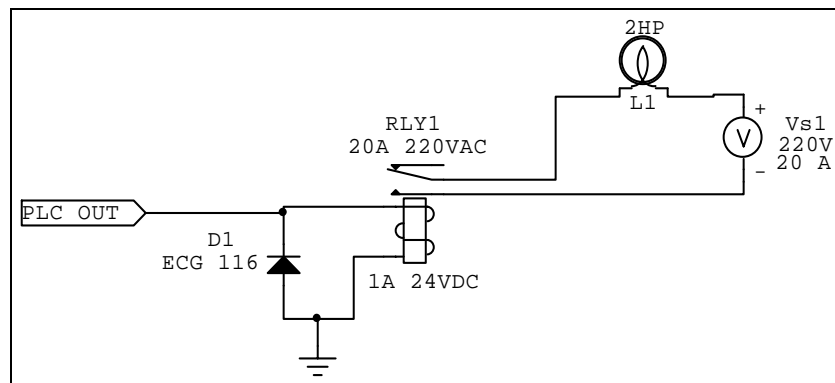
- (R1) Resistencia 5.2 Kohms
- (R2) Termistor 5.2 Kohms
- (V1) Fuente D.C. para 24 voltios, 1 Amperio
- Alambre para la conexión

El funcionamiento del circuito es simple, cuándo se calienta el termistor, disminuye su resistencia provocando un menor voltaje de salida, dicho voltaje será continuamente monitoreado por PLC a través de ADC's; luego el PLC actuará para mantener esta temperatura dentro de un rango preescrito.

3.2.3 Circuito electrónico de conmutación de potencia

Es utilizado para activar o no una parte de la máquina, manteniéndola trabajando dentro de rangos adecuados, o simplemente de activar o no, toda la maquinaria. El siguiente circuito es el encargado de realizar lo que anteriormente se mencionó.

Figura 43. Circuito de conmutación de potencia



La lista de componentes para el circuito anterior es la siguiente:

- (D1) Diodo silicio ECG-116
- (RLY1) Relé 1A. 24 VDC – 20A. 220 VAC
- (L1) Máquina del Beneficiado
- (Vs1) Conexión eléctrica de 220V
- Cables para la conexión

Su funcionamiento es muy sencillo: si el PLC coloca una señal eléctrica adecuada en “PLC Out”, el relé se activa, se cierran los contactos del mismo y el circuito compuesto “Vs1” y “L1”, se cierran también, activando “L1”; donde L1, puede ser cualquier otra carga eléctrica, ejemplo: motor, resistencia, etc.

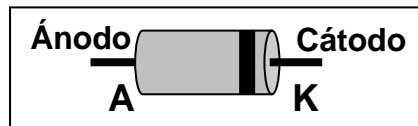
3.2.4 Elementos y dispositivos electrónicos

Como se mencionó con anterioridad, los circuitos electrónicos están constituidos de elementos y dispositivos electrónicos que a su vez ayudan a la transmisión de información, dichos dispositivos se mencionan a continuación de forma individual.

3.2.4.1 Diodo

Es un dispositivo electrónico semiconductor y su función principal es dejar pasar la corriente eléctrica en un solo sentido, ello siempre y cuando se encuentre polarizado correctamente. La figura que se muestra a continuación es la de un diodo en su presentación comercial.

Figura 44. Diodo semiconductor



3.2.4.2 Diodo infrarrojo emisor SIR

Es esencialmente un diodo con la capacidad de emitir luz en el espectro infrarrojo, esto si ha sido polarizado directamente. Se utiliza principalmente para la emisión de información digital, aprovechando que la conmutación de la energía eléctrica aplicada al mismo, se traduce en una copia de esta conmutación a conmutación luminosa.

Vale la pena mencionar que este dispositivo pertenece a la familia de dispositivos optoelectrónicos. La figura siguiente muestra la forma en que se envía la información utilizando para ello un diodo emisor de luz infrarroja.

Figura 45. Diodo emisor de luz infrarroja

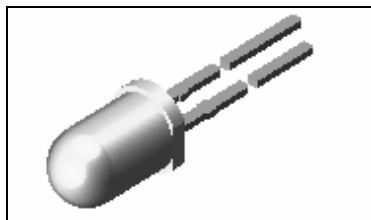


Fuente: http://pomelo.ivia.es/mecanizacion/www/Manual_Electronica/auto/transd.htm,
Noviembre del 2003

3.2.4.3 Fotodiodo detector infrarrojo SIR2

El fotodiodo detector infrarrojo no es más que un diodo, con la capacidad de percibir señales luminosas en el rango infrarrojo, convirtiendo estas señales a señales eléctricas. Se cataloga también como un dispositivo optoelectrónico y se muestra en la siguiente figura.

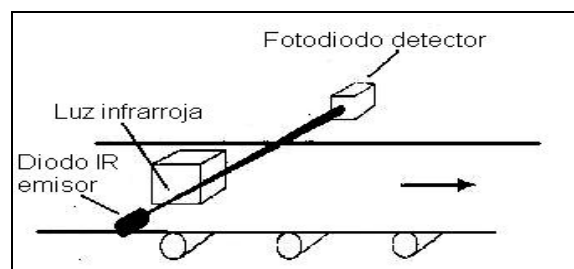
Figura 46. Fotodiodo detector infrarrojo



Fuente: <http://www.vishay.com/docs/81532/81532.pdf>, Febrero del 2004

La siguiente figura (47) es la unión de un diodo emisor de luz infrarroja con un fotodiodo detector del mismo tipo de luz, capaz de reconocer cuando se encuentra en su camino algún tipo de elemento, tal como el grano de café o sacos de café.

Figura 47. Función de los diodos infrarrojos

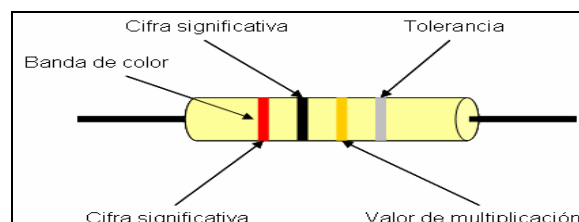


Fuente: http://www.anzwers.org/free/arsabe/Opto/opto_a.htm, Agosto del 2004

3.2.4.4 Resistencias

Las resistencias son dispositivos electrónicos lineales que se encargan de oponerse al paso de la corriente, su objetivo principal es disminuir la tensión final aplicada a un objetivo determinado. A dichas resistencias se les denomina resistores y se miden en ohmios (Ω) y el que se utilizará es del tipo de composición ya que es pequeño, sólido y de bajo costo. La figura 48 muestra la forma sólida de dicho elemento.

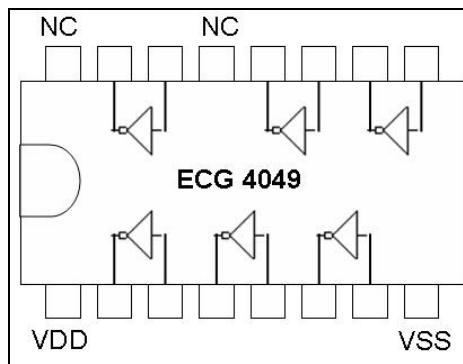
Figura 48. Resistor de composición



3.2.4.5 *Buffer inversor*

El *buffer* es un componente electrónico capaz de amplificar la corriente o mantenerla estable. En su interior tiene compuertas encargadas de realizar la amplificación o estabilización de valores picos de corriente, éstas compuertas pueden ser ya sea inversores, compuertas *Nand*, compuertas *Nor*, etc. La diferencia entre un *buffer inversor* y un *buffer normal* es que el primero niega la entrada internamente. La figura 49 muestra el *buffer* a utilizar en el manejo de los circuitos sensores infrarrojos.

Figura 49. *Buffer inversor*, Tecnología CMOS



3.2.4.6 *Fuente D.C.*

Es un equipo electrónico que proporciona energía eléctrica de tipo directa dentro de rangos bien delimitados; la mayoría de estas fuentes mantiene estable un determinado voltaje a su salida, aunque también pueden manejar corriente. La función de este equipo es importantísima dentro de un circuito electrónico, ya que al alimentar a todos los dispositivos, cualquier falla en ella, se hace manifiesta en todo el conjunto. La figura siguiente (50) muestra como es una fuente D.C. en su parte externa.

Figura 50. Fuente D.C.

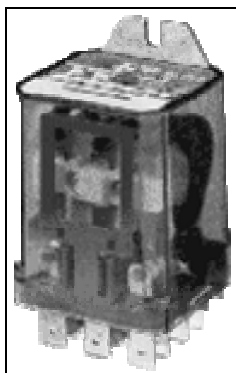


Fuente: <http://www.inycom.es/web/electronica/listaElectronica.htm>, Agosto del 2004

3.2.4.7 Relé o Relevador –Relay–

Es un dispositivo que se encarga de conmutar o no un juego de contactos eléctricos, por medio de una reacción electromagnética; donde la mayor ventaja de su aplicación se fija en el hecho de que: el circuito eléctrico que es conmutado por medio de sus contactos, y el circuito eléctrico que produce una reacción electromagnética para que él conmute, están aislados galvánicamente. La figura 51 muestra la forma del relé antes mencionado.

Figura 51. Relé convencional

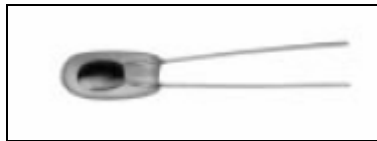


Fuente: <http://departamentos.unican.es/digteg/web-rele/tipos-reles.htm>, Mayo del 2004

3.2.4.8 Termistor

El termistor es un dispositivo electrónico analógico de la familia de las resistencias el cuál varía su resistencia según la temperatura que se le aplique. Existen diferentes tipos de termistores, por ejemplo: los de coeficiente negativo que disminuyen su resistencia interna cuando se aumenta la temperatura. Los termistores son utilizados para mediciones de temperatura en maquinarias y en muchas otras aplicaciones. La figura (52) muestra un tipo de termistor utilizado para control de temperatura ambiente.

Figura 52. Sensor de temperatura o termistor










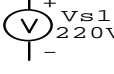
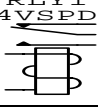





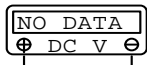
Fuente: L.A. Bryan. Programmable Controllers Theory and Implementation. Pág. 576

3.2.5 Simbología de los dispositivos electrónicos

Para diferenciar de manera adecuada los dispositivos o elementos electrónicos de los cuáles se hace mención en los circuitos propuestos, se define la siguiente tabla (Tabla I), de la cuál se hace referencia a cada uno de los elementos caracterizándolos por el símbolo que normalmente se utiliza para cada uno de ellos y su nombre respectivo; esto para no confundirlos con otros elementos que realizan funciones similares.

Habiendo terminado la descripción de los diferentes elementos, dispositivos y circuitos electrónicos a utilizar ya se puede empezar a crear, construir y utilizar los mismos para el manejo y automatización del beneficio de café.

Tabla I. Simbología de dispositivos electrónicos

DISPOSITIVO	SIMBOLO
Diodo	 D1 DIODE
Diodo Infrarrojo emisor SIR	 D1 LED0 SIR
Fotodiodo detector infrarrojo SIR2	 D1 SIR2 DETECTOR
Resistencia	 R1 1k
Termistor	 R1 1k TERMISTOR
Carga o máquina	 L1
Fuente D.C.	 V1 5V +V
Fuente A.C.	 V1 220V
Relé	 RLY1 24VSPDT
Tierra	
Conductores conectados	
Entrada del PLC	 PLC IN
Salida del PLC	 PLC OUT
Buffer inversor	 U1A
Multímetro	 NO DATA DC V

4 PROGRAMAS DE ADMINISTRACION Y CONTROL PARA EL BENEFICIO SECO DE CAFE

Tal y como se mencionó, la maquinaria y el equipo electrónico a utilizar para la automatización del beneficio seco de café, también se debe de especificar el *software* necesario que se encarga de administrar la base de datos con el programa encargado de monitorear el equipo electrónico que integrará y controlará al sistema.

Esta integración involucra el análisis, diseño e implementación del sistema mencionado de acuerdo a las necesidades del beneficio seco de café. Es por esto que se utilizarán programas especiales donde se involucre la captura de datos y requerimientos mínimos funcionales para llegar a construir el *software* de alta calidad.

El beneficio seco de café será monitoreado y administrado por dos tipos de *software* (programas), el primero será el encargado de administrar la base de datos e integrar la aplicación con el beneficio seco y el segundo el encargado del control y monitorización del mismo.

4.1 Análisis y determinación de requerimientos

El análisis y la determinación de requerimientos tienen como principales objetivos el obtener una descripción del sistema que está en estudio, donde se describen sus especificaciones funcionales, de datos, de interfaz, de pruebas, de rendimiento, etc. , de ésta forma se puede modelar el ambiente del usuario y describir correctamente el sistema.

4.1.1 Análisis del problema

Los beneficios secos de café son instalaciones donde se procesa el café de pergamino a oro y que sirve para exportación. Actualmente muchos de estos beneficios realizan el procesamiento de éste café en forma manual, utilizan básculas analógicas para obtener los pesos de los sacos lo que hace difícil en tener un peso exacto. Otro aspecto importante es que para el personal solamente se tienen hojas sueltas con la información del trabajo que realizan los empleados y no tienen asignado un departamento de trabajo.

Los mantenimientos a la maquinaria se realizan esporádicamente, lo que conduce a que existan accidentes dentro del área de producción. Los reportes de producción todavía se manejan con boletas de trabajo, las estadísticas de producción las realizan por separado en otros programas de computación tales como Microsoft Office Excel.

Es por esto y por otros factores que la producción de café al final del proceso se reduce considerablemente por problemas de fallas tanto humano como de la tecnología obsoleta que se utiliza.

Por ello es necesario utilizar un programa que sea capaz de analizar, detectar, controlar, monitorear y supervisar las áreas dentro de un beneficio seco de café y también por ello que a continuación se mencionan los posibles programas que puedan analizar de mejor manera el procesamiento del café.

4.1.2 Requerimientos desde una óptica amplia y general

Debido a que la caficultura necesita ser altamente rentable, se necesitarán también modos óptimos de producción además de relativamente baratos de implementar y mantener, razón por la cuál la implementación del *software* aquí mencionado y puesta en funcionamiento es clave.

A continuación se detallan algunos aspectos funcionales básicos sobre los cuales el *software* tendrá una ingerencia y mejora directa.

- **Seguridad**, involucrando a los usuarios y los grupos de usuarios.
- **Personal**, que mantiene perfiles del personal y los puestos de trabajo.
- **Producción**, donde se tome en cuenta las líneas de producción, los procesos realizados en las mismas y el producto inicial y final procesado.
- **Mantenimiento**, sus principales componentes será la maquinaria y los repuestos utilizados en cada máquina.
- **Instalaciones**: Incluye administración del beneficio y las bodegas.
- **Estadísticas**: con la función de obtener reportes y gráficos de la producción.
- **Conexión**, es muy importante ya que controla la parte electrónica utilizada para la monitorización.

4.1.3 Beneficios del *software*

Existen muchos beneficios que se obtendrán producto de la automatización del beneficio seco de café, siempre que se utilice el *software* adecuado para la monitorización y evaluación. Entre los principales beneficios se pueden mencionar:

- Personal
 - Asignar las tareas necesarias al personal adecuado y capacitado.
 - Realizar únicamente una supervisión personal en la producción del café.
 - Disminuir las tareas dentro del Beneficio.
- Producción
 - Cuidar y mejorar la calidad del producto, produciendo mejor café.
 - Generar de mejor manera los productos que el mercado requiere.
 - Mejorar los procesos de producción.
- Mantenimiento
 - Realizar mantenimiento preventivo y correctivo oportuno de la maquinaria, soportado por una buena calendarización.
 - Llevar el control adecuado de inventario de repuestos.
- Instalaciones
 - Conservar el café de buena forma en las bodegas.
 - Estar a la vanguardia de la tecnología.
 - Inventario de bodega de materia prima y producto terminado.
- Estadísticas
 - Reportes de producción, maquinaria defectuosa, bodegas, etc.
 - Control de la producción con estimaciones utilizando gráficas.

Y sobre todo la disminución de costos, fruto que se puede observar a mediano o a largo plazo.

4.1.4 Límites y alcances del producto de *software*

4.1.4.1 Límites

Las limitaciones son las características sobre las cuáles el *software* no tiene ingerencia, entre ellas se pueden mencionar:

- No se controla el proceso del cultivo del café.
- El *software* actuará solamente en beneficios secos de café.
- El *software* se puede instalar si y solo si la empresa que lo desea, compra el equipo necesario para automatizar el proceso de producción.

4.1.4.2 Alcances

Los alcances son aspectos importantes que se alcanzarán al implementarse el *software*, entre ellos se mencionan:

- La Automatización en los procesos de producción
- Implementación de la tecnología de *hardware* con la de *software* para obtener un producto de calidad.
- Integrar el departamento administrativo con el operativo.
- Obtener sistemas alternos de producción.
- Control del personal y auto evaluación del mismo.
- Mantenimiento preventivo y correctivo oportuno de la maquinaria.
- Seguridad en la información procesada.

Y otros muchos aspectos que conllevan a obtener café de la más alta calidad.

4.2 Diseño del producto de *software*

El diseño del producto de *software* involucra aplicar técnicas y principios donde se define un producto, un sistema o un objeto en particular, donde se tengan los detalles suficientes para su entendimiento y su posible realización en forma física para el futuro.

Esta etapa de diseño involucra 4 sub-etapas principales que ayudan a poder realizar de forma correcta la estructuración para el producto a desarrollar, las cuales son el diseño de datos, arquitectura, interfaz y de procedimientos. Además la función principal para el diseño es jerarquizar los módulos y desarrollar las posibles interfaces donde se trabaja el diseño de la base de datos utilizando para ello un diagrama entidad – relación.

4.2.1 Módulos necesarios para la implementación

Los módulos son una parte muy importante dentro del sistema, ya que son partes individuales del mismo que ayudan a entender de mejor manera el sistema completo. En su definición formal un módulo es una parte del sistema, que contiene un conjunto de sentencias de programas.

Estos módulos tienen integrado cuatro atributos que son básicos para cada función dentro del módulo, los cuáles se puede mencionar:

- **Entradas y salidas:** valores que contienen información.
- **Función:** Proceso para obtener información de acuerdo a datos de entrada.
- **Mecánica:** Mecanismo para realizar alguna función.
- **Datos internos:** valores que solamente pueden ser utilizados por el módulo.

Para poder llevar a cabo el documento de requerimientos, se debe de diseñar de acuerdo a los subsistemas encargados de realizar los procesos internos del sistema, estos subsistemas son los módulos que se mencionan a continuación.

4.2.1.1 Módulo de Seguridad

La seguridad es algo muy importante dentro del sistema que administra el beneficio seco de café, ésta seguridad se encargará de llevar el control de usuarios y de sus grupos para que no se pueda infiltrar cualquier persona ajena al sistema.

El módulo de seguridad será encargado de dar acceso a los administradores, clientes y usuarios finales, restringiendo las opciones en el menú principal.

4.2.1.2 Módulo de Personal

Su función principal será la de llevar el control de los trabajadores del beneficio y sus puestos de trabajo, éstos puestos se reconocerán por el tipo de personal tal como: administradores, encargados, obreros, supervisores, etc.

Este módulo es la parte administrativa sobre el recurso humano, ya que se puede llevar el control sobre los procesos en los cuáles está involucrado el personal y sus funciones de trabajo realizadas en un periodo determinado de tiempo.

4.2.1.3 Módulo de Producción

Este módulo será encargado de llevar el control para cada proceso dentro del beneficio seco de café y de la monitorización sobre la producción. Lo que involucra algunas de las siguientes funciones:

- Llevar el control de procesos, asignándoles líneas de producción.
- Control de cada máquina por medio de sensores que enviarán la información obtenida en cada uno de los procesos.
- Monitoreo de las líneas de producción, presentando reportes de productividad abarcando materia prima empleada (café pergamino) y producto terminado obtenido (café oro).
- Mantenimiento de las líneas de producción y de los procesos.
- Continuidad de la producción: debido a que el *software* está monitorizando todos los procesos, cuando un proceso de un lote debe pasar a la siguiente etapa, el mismo *software* se encargará de activar la máquina siguiente para que la producción no se detenga.
- Asignación de materia prima, personal y maquinaria para cada una de las líneas de producción.

4.2.1.4 Módulo de Mantenimiento

El *software* tendrá la capacidad de decidir cuando realizar mantenimientos preventivos y correctivos de la maquinaria, decidir que máquina es la que está fallando y verificar si se tiene algún reemplazo disponible para cambiar la estropeada.

Otra opción es llevar el control de repuestos para una determinada máquina y tener la opción de asignar nuevos repuestos a la misma.

4.2.1.5 Módulo de Instalaciones

Este módulo involucra dos partes principales que abarcan el *software* para control de las instalaciones. Una de ellas es contener la información de los beneficios secos pertenecientes a la empresa de café. La administración de los beneficios involucrará contener la información de los datos principales con los cuáles se identificará cada uno de ellos.

También se tendrá la información de las bodegas que se encuentran dentro de los beneficios. Esto conlleva a que tenemos producto terminado y materia prima sin procesar, entonces el *software* se encarga de realizar inventarios de los que tengamos dentro de las bodegas, que significará llevar el control de dicho producto.

4.2.1.6 Módulo de Estadísticas

Este módulo se encargará de cargar y visualizar reportes sobre la producción real, del producto procesado o por procesar, de la productividad obtenida en una línea de producción, y además obtener gráficas sobre el proceso involucrado para la obtención del café oro.

4.2.1.7 Módulo de Conexión

La conectividad entre la monitorización de los beneficios secos de café y el *software* encargado de realizar dicho trabajo conlleva utilizar un programa especial asociado sobre el control de los sensores; esta conexión abarcará obtener la información que se está procesando en el beneficio y de realizar las correcciones respectivas. Este módulo se encargará de realizar dicha conexión entre “DBMS” el “PLC” la “Aplicación” y el beneficio seco de café.

4.2.2 Diagrama de jerarquía de funciones

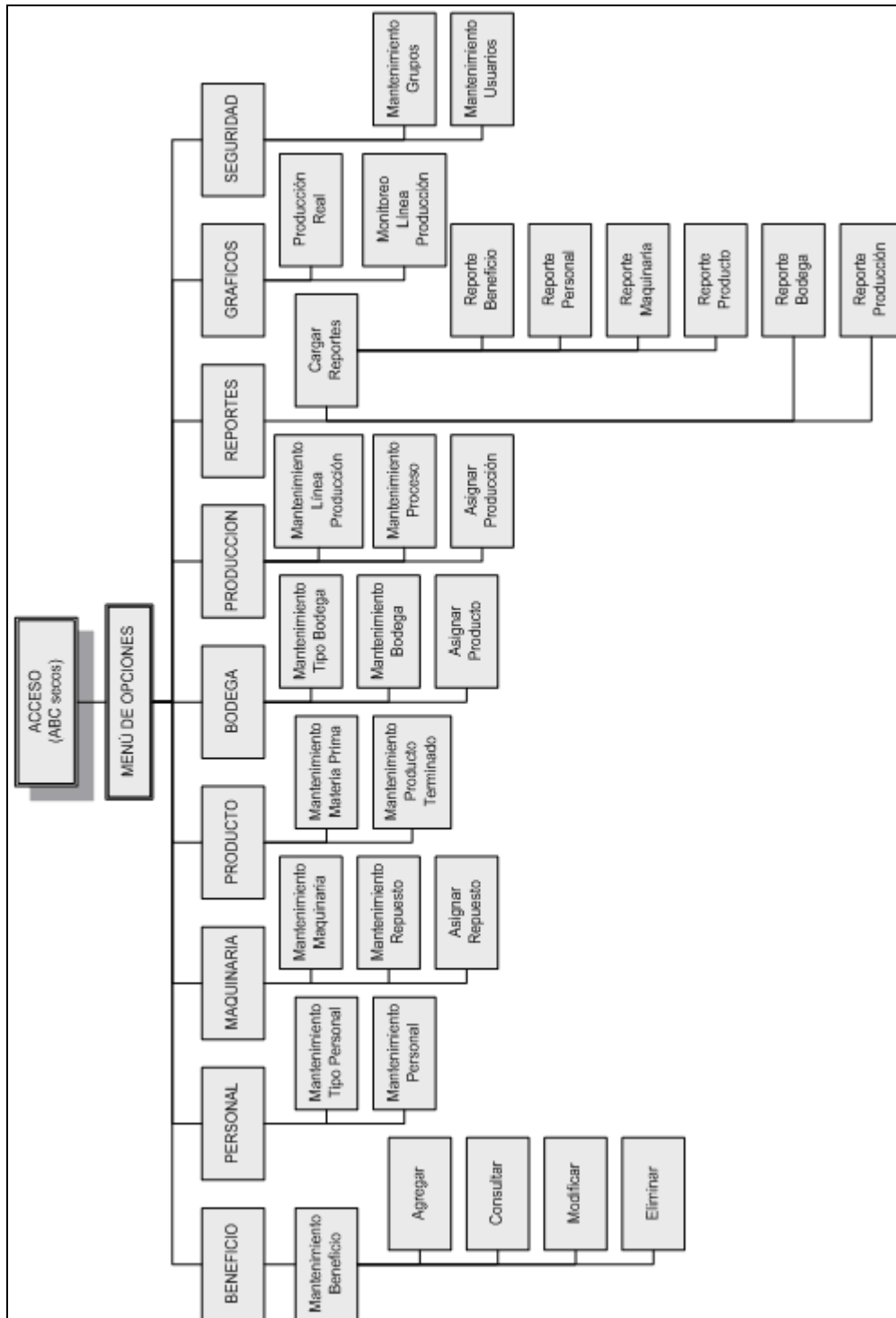
El diagrama de jerarquía de funciones muestra la solución que se implementará posteriormente de acuerdo a las especificaciones del sistema y del producto a realizar. Como su nombre lo indica son funciones que se realizan dentro del sistema y que tiene una jerarquía para poder ser utilizadas, éstas funciones tienen integrados los módulos para su conexión con otras funciones.

En la figura siguiente (figura 53), se representan las funciones principales del programa encargado del sistema administrador de la base de datos. Entre dichas funciones se pueden mencionar:

- Acceso
 - Menú de opciones
 - Beneficio
 - Personal
 - Maquinaria
 - Producto
 - Bodega
 - Producción
 - Reportes
 - Gráficos
 - Seguridad

Tome muy en cuenta que normalmente cuando se desean realizar cambios a determinada función se utiliza el nombre denominado “Mantenimiento” lo que involucra poder realizar posibles cambios a la base de datos tales como ingreso, consulta, modificación y eliminación.

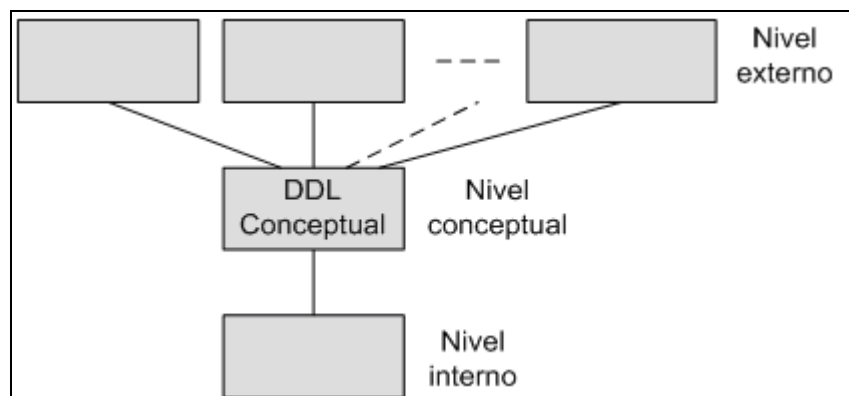
Figura 53. Diagrama de jerarquía de funciones



4.2.3 Sistema de administración de la base de datos (DBMS)

Es un sistema que está orientado a almacenar y mostrar información que tiene datos persistentes, siempre que se le solicite. Este sistema consta de una arquitectura de 3 niveles que son el interno, el conceptual y el externo donde cada nivel se encarga de realizar un trabajo dentro del sistema administrador. La siguiente figura muestra la arquitectura antes mencionada.

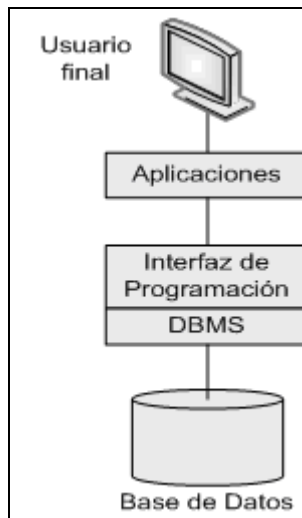
Figura 54. Arquitectura para sistemas de bases de datos



Fuente: C.J. Date. Introducción a los sistemas de bases de datos. Pág. 33

El sistema administrador está compuesto por una base de datos encargada de almacenar la información procesada internamente que proviene de datos de entrada y salida de los procesos que interactúan en el sistema. El sistema administrador de la base de datos nos ayudará a poder mantener los datos persistentes que provienen del nivel externo para el monitoreo y actualización de la información en el beneficio seco de café. La figura siguiente muestra la parte frontal y posterior de un sistema de base de datos.

Figura 55. Parte frontal y posterior del DBMS



Fuente: C.J. Date. Introducción a los sistemas de bases de datos. Pág. 47

4.2.3.1 Nivel interno

El nivel interno es el nivel inferior dentro de la arquitectura de un sistema de base de datos, comúnmente se le denomina la vista de almacenamiento debido a que se ocupa de cómo almacenar lógicamente los datos y por ende es el más cercano al almacenamiento físico.

4.2.3.1.1 Base de datos

La base de datos es un conjunto de entidades (tablas) que están relacionadas entre sí, y las cuales almacenan información proveniente de fuentes externas por medio del administrador de la base de datos. La base de datos está integrada por entidades, relaciones, tipos de datos y valores. La base de datos a utilizar se almacenará en un sistema de almacenamiento secundario por medio del DBMS **InterBase 6.5**.

El porqué de utilizar InterBase, es debido a que es una base de datos confiable y eficiente, además que viene con el *software* Borland Delphi, lo que reduce costos adicionales.

Entre sus principales características se puede mencionar:

- **Arquitectura multigeneracional:** Es la forma en como se administra la concurrencia.
- **Disparadores:** realiza acciones por los mantenimientos.
- **Integridad referencial:** mantiene la integridad entre las entidades y sus atributos.
- **Lenguaje:** es compatible con el lenguaje SQL.
- **Funciones definidas por los usuarios:** funciones integradas en el SQL.

La pantalla principal a la que se hace referencia al ingresar a la base de datos es la que se muestra en la siguiente figura.

Figura 56. Pantalla de inicio del DBMS InterBase 6.5

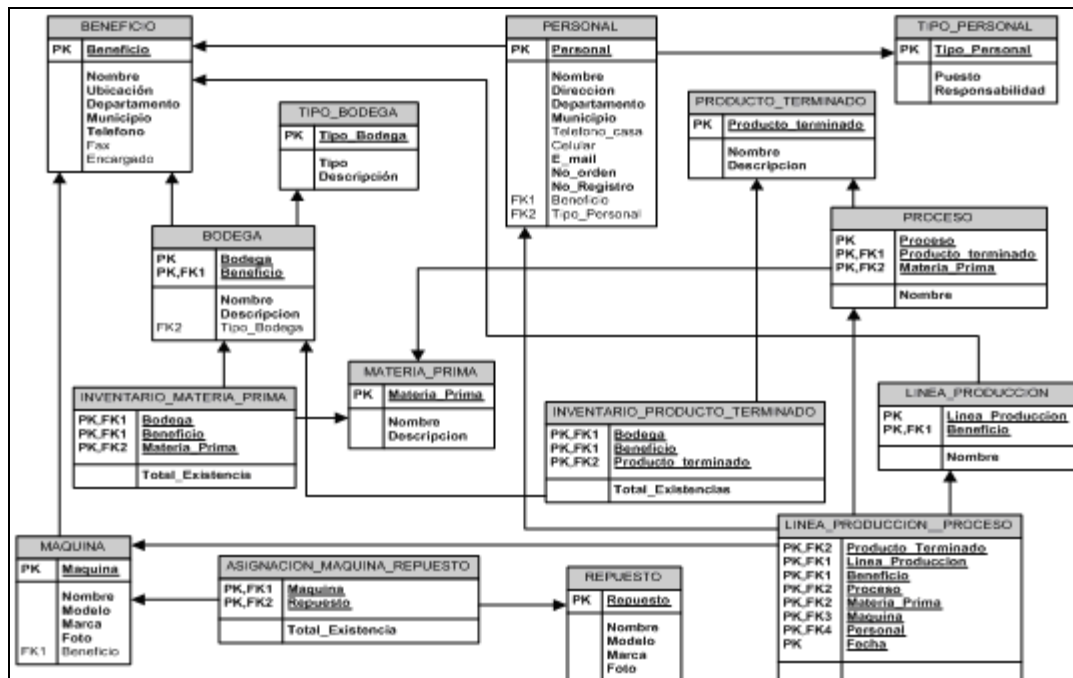


4.2.3.1.2 Diagrama Entidad – Relación

El diagrama entidad – relación, es un modelo que se encarga de visualizar las entidades (tablas) y sus relaciones (conexiones) para representar una base de datos en su nivel interno. Está representación es la mas utilizada debido a su simple simbología. Las entidades con las cuáles se representan las tablas de almacenamiento son objetos distinguibles que se representan en la base de datos.

La figura siguiente proporciona el nivel interno de la base de datos a utilizar, involucrando el modelo entidad – relación para la administración correcta de la información proveniente tanto de la línea de producción en el beneficio, como de los datos almacenados para llevar control de la información general del beneficio a automatizar.

Figura 57. Diagrama entidad – relación



4.2.3.1.2.1 Descripción de entidades

Como se mencionó con anterioridad las entidades son objetos que se pueden distinguir y son representados dentro de una base de datos. Las entidades muestran los aspectos técnicos de almacenamiento de la información que se tomará en cuenta para el beneficiado seco de café. Se citan las entidades más importantes que puede tener el sistema administrador de base de datos en su modelo entidad – relación:

- **Beneficio:** Entidad encargada de almacenar la información general de los beneficios secos pertenecientes a la empresa de café. Los atributos con los cuáles mantiene los datos permanentes son: código del beneficio, nombre, ubicación, departamento, municipio, teléfono, fax y el nombre del encargado.
- **Tipo_Personal:** La función de esta entidad es la de almacenar los puestos de trabajo que ocupa el personal dentro del beneficio, entre dichos puestos se pueden mencionar supervisores, bodegueros, operarios, encargados, etc. Sus atributos principales son el código del tipo de personal, nombre o puesto y las responsabilidades a compartir en las áreas de trabajo.
- **Personal:** Entidad donde se almacena la información personal de todos los empleados que trabajan en el beneficio. Sus atributos son el código del personal, nombre, dirección, departamento, municipio, teléfono de casa, teléfono celular, e-mail, cédula (orden y registro) y por último el tipo de personal.

- **Tipo_Bodega:** Esta entidad se encarga de almacenar la información necesaria para los distintos tipos de bodegas que puedan existir dentro de un beneficio seco de café, estos tipos pueden ser de materia prima o producto terminado. Sus atributos son el código del tipo de bodega, el nombre o tipo y la descripción de los usos que se le darán a dicha bodega.
- **Maquina:** Esta entidad se encarga de almacenar o guardar en la base de datos la información correspondiente a la maquinaria que se utiliza en el beneficio seco de café. Los atributos son código de la maquina, nombre, modelo, marca, foto y código del beneficio.
- **Repuesto:** Esta es la entidad encargada de obtener y almacenar la información de los repuestos que necesitan las máquinas del beneficio. Entre los principales atributos se pueden mencionar el código del repuesto, nombre, modelo, marca y foto.
- **Asignacion_Maquina_Repuesto:** Esta entidad se encarga únicamente de llevar el control en base a la información almacenada dentro de la misma, de los repuestos que utilizan las máquinas para verificar si pueden realizarse cambios en base a existencias de dichos repuestos. Los atributos son compartidos, tales como el código de máquina, código del repuesto y si se desea llevar un valor de existencias.
- **Bodega:** Entidad encargada de mantener permanentes los datos de las bodegas que se encuentran dentro del beneficio. Entre los atributos más importantes se pueden mencionar el código de la bodega, nombre, descripción, tipo de bodega y por último el beneficio donde se encuentra ubicada.

- **Producto_Terminado:** Entidad donde se almacena toda la información del producto final obtenido después de su procesamiento en la línea de producción, entre sus principales atributos se pueden mencionar el código del producto terminado, nombre y la descripción.
- **Materia_Prima:** Entidad encargada de llevar el control e información de la materia prima que se utiliza dentro del beneficiado, esta materia prima es el producto que ingresa al beneficio (ej. café pergamino). Sus atributos correspondientes son el código de la materia prima, nombre y su descripción.
- **Línea _ producción:** Entidad que se encarga de definir el número de la línea de producción dentro de un beneficio en particular, ésta es solamente para saber cuáles son las líneas de producción que se encuentran asignadas en un beneficio seco. Los datos que almacenan son el código de la línea de producción, el nombre asignado a la línea de producción y el código del beneficio.
- **Proceso:** Entidad que se encarga de almacenar la información de los procesos que se pueden involucrar en la línea de producción, estos procesos son operaciones de trabajo, tales como clasificado del producto. Los atributos principales de los cuáles mantiene su información son el código del proceso, nombre, código materia prima, código producto terminado.

- **Línea_Produccion_Proceso:** Esta entidad es la más importante en la monitorización, evaluación y control del flujo para el procesamiento de café. Se encarga de almacenar los procesos que intervienen en una línea de producción determinada, este proceso lleva consigo la materia prima y el producto terminado que se obtiene en el mismo. Sus atributos son el código del proceso, código de la línea de producción, código de materia prima, código de producto terminado, código de personal, código de maquinaria, código de beneficio y la fecha en que se realiza el procesamiento del café.
- **Inventario_Materia_Prima:** Esta es entidad que almacena información de toda la materia prima que se encuentra almacenada en bodega de materia prima. Sus atributos corresponden a código de bodega, código materia prima, código beneficio y total de existencias.
- **Inventario_Producto_Terminado:** Entidad de almacenamiento de información de todo el producto terminado (ej. café oro) que se encuentran almacenado en bodega de producto terminado. Sus atributos corresponden a código de bodega, código producto terminado, código beneficio y total de existencias.

4.2.3.2 Nivel conceptual

Este nivel se encarga de analizar la forma en que los datos son percibidos por los usuarios finales, comúnmente se le denomina vista comunitaria de los usuarios. En este nivel se maneja el DDL o lenguaje de definición de datos y es una mediación intermedia entre el nivel externo y el nivel interno.

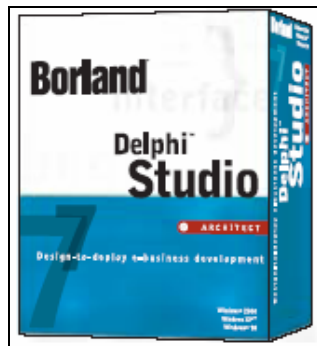
4.2.3.3 Nivel externo

Este nivel es el más cercano a los usuarios, llamado también vista individual de los usuarios y es la representación gráfica de los resultados y también donde se mantiene la interfaz de comunicación usuario y sistema. Este es el apartado para que se administre el sistema por medio del usuario.

4.3 Documento de usuario y pantallas principales

El *software* necesario para mantener la conexión con la base de datos, desde el punto de vista del usuario final está programado en un lenguaje de alto nivel denominado Borland Delphi 7 Studio su presentación se visualiza en la figura 58.

Figura 58. Presentación de Borland Delphi 7 Studio



<http://www.abox.com/productos.asp>, Mayo del 2004

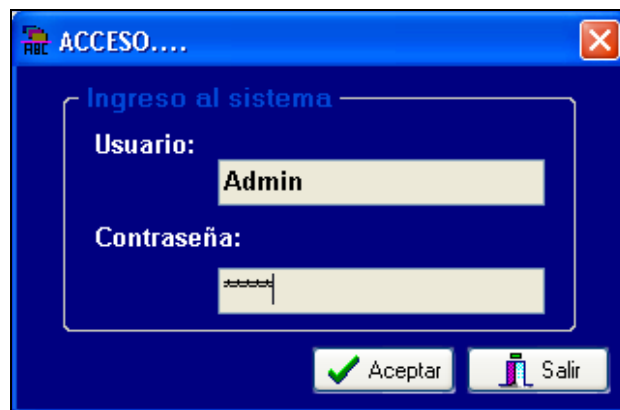
Se utilizó este producto de *software* debido a que facilita la actualización de las actuales y nuevas aplicaciones Delphi a entornos .Net, además de constituir una herramienta de desarrollo para entornos Linux y Windows. Otros aspectos es el de agilizar el desarrollo de las aplicaciones empresariales e industriales.

Para explicar de mejor manera como se controla la aplicación desde el punto de vista del usuario final, se desglosa cada uno de los módulos pertenecientes al programa de control de la automatización y que conlleva funciones específicas para el desempeño adecuado del beneficio seco de café.

4.3.1 Módulo de seguridad

Para poder ingresar al menú y hacer uso del programa principal, se debe de acceder primero a la pantalla de acceso (figura 59), la cuál es la entrada principal y la que decide en que nivel de seguridad es que puede ingresar el usuario. Los niveles de seguridad son determinados por el administrador del programa.

Figura 59. Pantalla de acceso al sistema



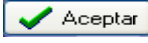
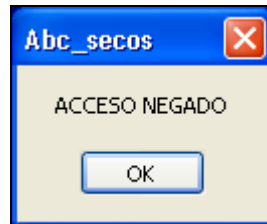
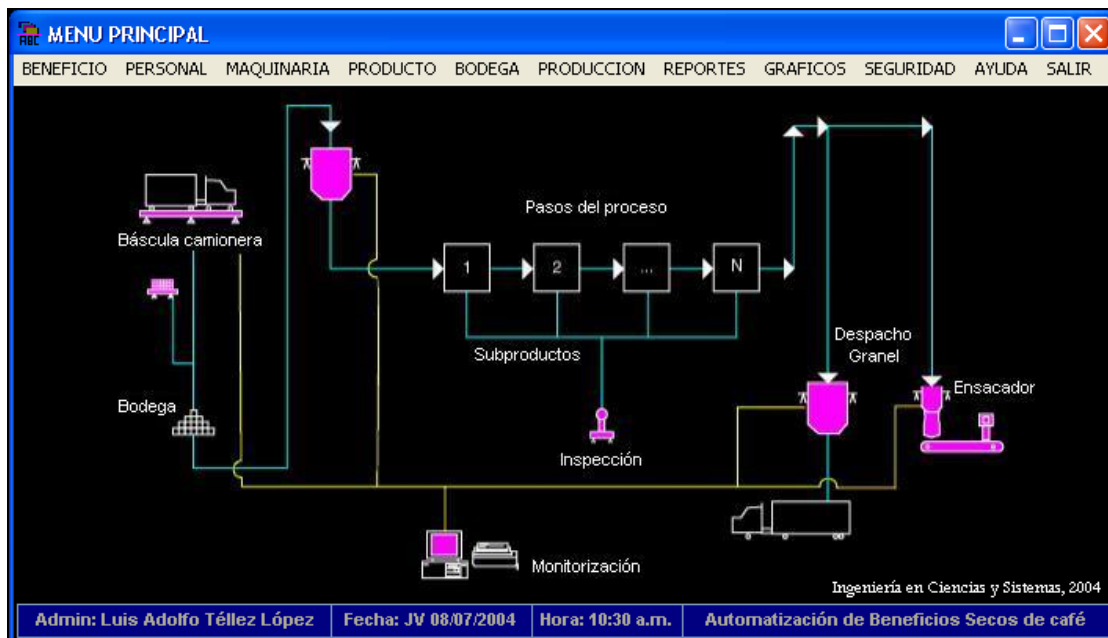
Para el ingreso se debe teclear el nombre del usuario y una contraseña para luego presionar el botón  e ingresar al menú principal. Si ya sea el usuario o la contraseña no son los correctos se obtendrá un evento de mensaje (ver figura 60), de lo contrario se estará ingresando al menú principal y podrá tener a las opciones de acuerdo al grupo al que pertenezca el usuario.

Figura 60. Mensajes de información



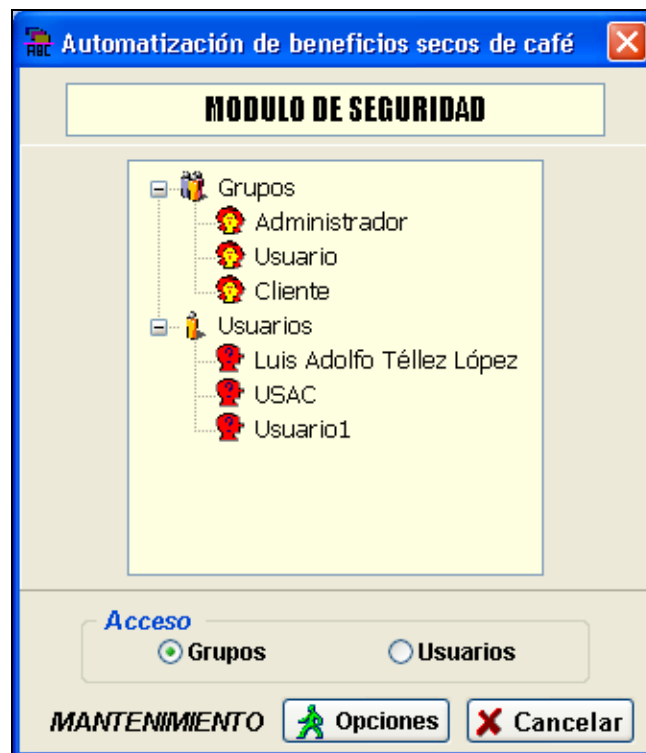
Las opciones del menú de opciones dependen del grupo de usuario. En la figura 61, se presenta el menú para el grupo tipo administrador, el cuál tiene todas las opciones disponibles; en el caso de que dicho grupo no sea administrador este tendrá restringidas algunas funciones del menú.


Figura 61. Pantalla del menú principal



En el módulo de seguridad se puede seleccionar el grupo o usuario que se va a administrar (figura 62), se pueden administrar los usuarios y los grupos de usuarios por medio de las pantallas de mantenimiento de seguridad.

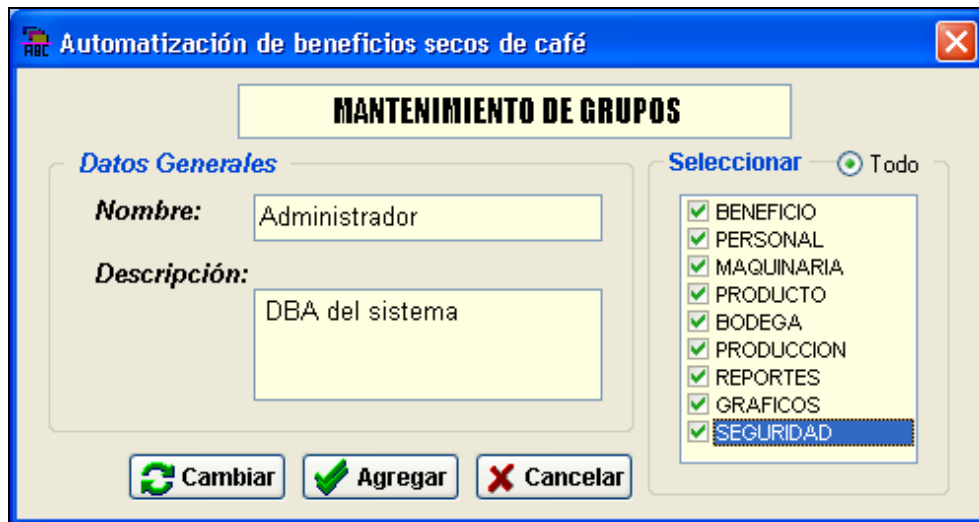
Figura 62. Pantalla del módulo de seguridad



Al presionar el botón , se puede acceder a la pantalla de mantenimiento de usuarios o a la de mantenimiento de grupos, dependiendo de lo que se seleccionó en la pantalla del módulo de seguridad (figura anterior).

Si la opción seleccionada es acceso a “Grupos”, entonces se podrán cambiar (modificar, buscar y eliminar grupos) o agregar nuevos grupos, con sus respectivos módulos con los que puede interactuar. La figura 63 representa lo antes mencionado.

Figura 63. Pantalla de mantenimiento de grupos





Si por contrario el acceso es a “Usuarios”, entonces se podrán  nuevos usuarios, o  a usuarios ya registrados con anterioridad, la pantalla con la cuál se interactúa esta opción se muestra en la figura 64.

Figura 64. Pantalla de mantenimiento de usuarios



4.3.2 Modulo de personal

El módulo de personal, se divide en funciones más pequeñas, la primer función trata la forma de realizar la administración del tipo de personal que puede haber dentro del beneficio y la segunda función se involucra en sí con las personas encargadas de trabajar dentro del beneficio.

Los botones comúnmente utilizados para los mantenimientos de los distintos tipos de pantallas se muestran en la figura 65, cada uno de ellos realiza la función con la cuál se identifican.

Figura 65. Botones de administración



Las pantallas a utilizar para realizar el ingreso, consulta, modificación y eliminación del tipo de personal (supervisores, encargados, bodegueros, etc), se presentan en la figura 66; y las pantallas que se necesitan para la administración del personal, son las que se observan en la figura 67.

A cada persona se le puede agregar un tipo de personal, que va a tener diferentes responsabilidades con las cuáles se le puede asociar dentro del beneficio seco de café; además de ingresarle todos sus datos personales con su correo electrónico que servirá para enviarle mensajes cuando no se encuentre de turno.

Figura 66. Pantallas de mantenimiento del tipo de personal



Entre las opciones que se encuentran en las anteriores pantallas, se pueden mencionar las siguientes:

- **Agregar Tipo Personal:** Se puede agregar nuevos tipos de personal o puestos, como por ejemplo “Conserje”.
- **Consultar Tipo Personal:** cuando se desea saber las responsabilidades de algunos de los puestos, se puede verificar por medio de esta opción buscándolo por medio del combo Puesto.
- **Modificar Tipo Personal:** Nos ayudará a modificar los datos de un puesto específico.
- **Eliminar Tipo Personal:** Se realiza una eliminación lógica (solamente a la vista del usuario) de algún puesto en específico.

Figura 67. Pantallas de mantenimiento de personal

The figure displays four screenshots of a software application titled 'Automatización de beneficios secos de café'. Each screenshot shows a different function for managing personnel records:

- AGREGAR PERSONAL:** A form for adding new personnel. It includes fields for 'Empleado' (Herberth E. Ardón), 'Dirección' (3ra. Calle 6-38 C. la Cruz), 'Departamento' (Guatemala), 'Municipio' (Amatitlán), 'Cédula de vecindad' (No. orden: A-1, Registro: 42820), 'Teléfonos' (Casa: 6633-6667, Celular: 5704-5744), 'E-mail' (ha@waeltischoenfeld), 'Tipo Personal' (Encargado(a)), and 'Beneficio' (El Trébol). Buttons include 'Nuevo', 'Limpiar', 'Aceptar', and 'Cancelar'.
- CONSULTAR PERSONAL:** A form for searching personnel. It contains the same data fields as the 'Agregar' screen. Buttons include 'Buscar' and 'Cancelar'.
- MODIFICAR PERSONAL:** A form for editing existing personnel records. It contains the same data fields. Buttons include 'Modificar' and 'Cancelar'.
- ELIMINAR PERSONAL:** A form for deleting personnel records. It contains the same data fields. Buttons include 'Eliminar' and 'Cancelar'.

Las principales funciones para el Personal se muestran a continuación:

- **Agregar Personal:** Agrega nuevo personal al sistema, con todos sus datos generales.
- **Consultar Personal:** Realiza consulta del personal por medio de su registro personal.
- **Modificar Personal:** Modifica la información del personal registrado.
- **Eliminar Personal:** Elimina lógicamente el registro del personal almacenado.

4.3.3 Módulo de producción

El módulo de producción está compuesto por dos funciones principales que abarcan 1) producto (materia prima y producto terminado) y 2) producción (líneas de producción, procesos y asignación de producción).

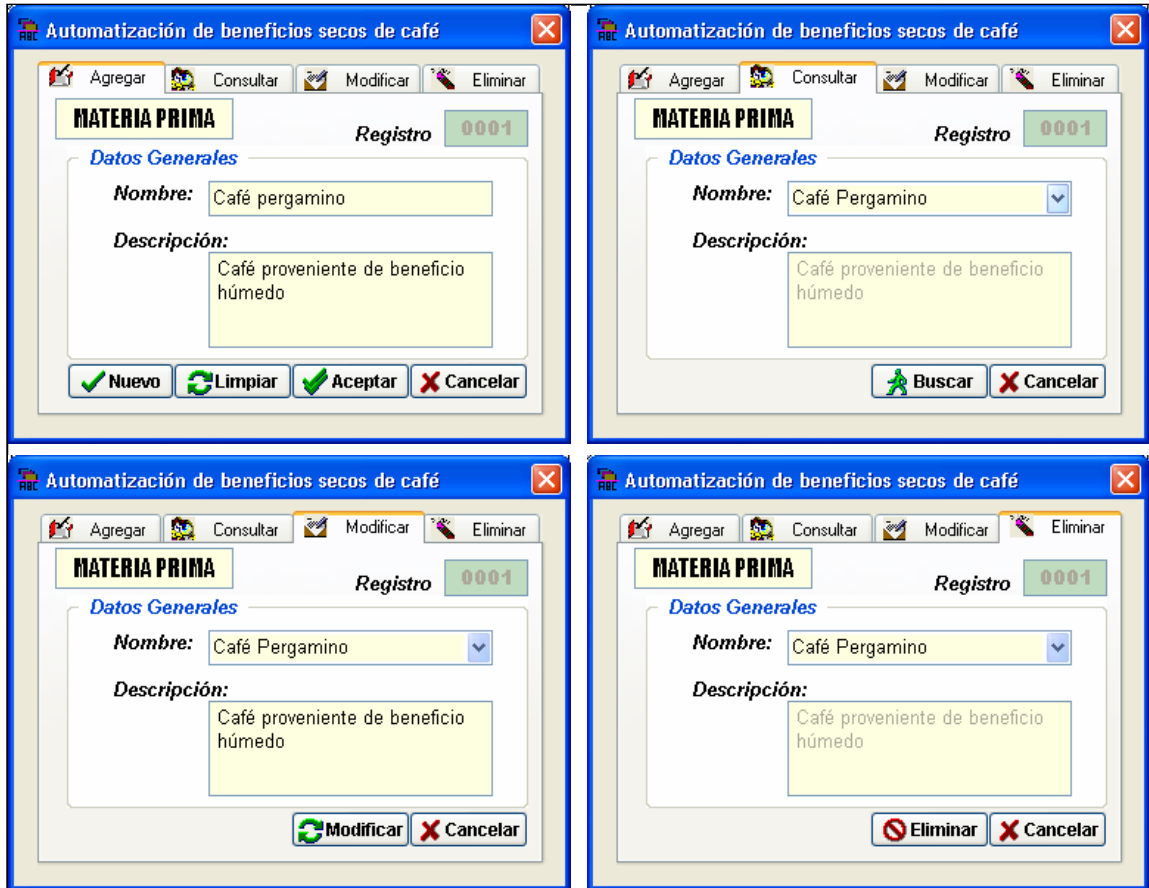
4.3.3.1 Funciones para el producto

Para realizar el mantenimiento o actualización del producto se analiza la materia prima necesaria para la línea de producción y el producto terminado que se obtiene al final de cada una de las líneas. Las pantallas a utilizar para la materia prima se muestran en la figura 68 y abarcan las operaciones de agregar, consultar, modificar y eliminar.

Estas operaciones se definen a continuación:

- **Agregar Materia Prima:** Si se va a utilizar una materia prima nueva, se realiza por medio de esta opción, realizando una descripción breve de dicho insumo.
- **Consultar Materia Prima:** La opción de búsqueda nos ayuda a consultar la materia prima que se tiene disponible dentro del beneficio de café, esta puede ser por ejemplo: café pergamino.
- **Modificar Materia Prima:** Esta opción únicamente sirve para cambiar la descripción de la materia prima o el nombre de la materia prima que se está utilizando en algún proceso de producción.
- **Eliminar Materia Prima:** Si alguna de las materias primas que se encontraba almacenada en la base de datos ya no será utilizada posteriormente, entonces se puede eliminar.

Figura 68. Pantallas de mantenimiento de la materia prima



Si por el contrario lo que se desea almacenar es la información sobre el producto terminado obtenido o por obtener en una línea de producción o de un proceso, entonces se utilizan las pantallas de la figura 69.

Las pantallas son parecidas a las utilizadas para el ingreso de la materia prima, con la diferencia que estas están diseñadas para el producto terminado, teniendo las opciones de agregar, consultar, modificar y eliminar el producto terminado; esto es de acuerdo a la opción seleccionada en el menú principal y que se encuentra dentro del módulo producto.

Figura 69. Pantallas de mantenimiento del producto terminado



Las opciones se definen de acuerdo a la pantalla seleccionada:

- **Agregar Producto Terminado:** Al ingresar un nuevo producto, se genera un código que identifica al producto ingresado y se utiliza el botón “Nuevo” para dicho producto.
- **Consultar Producto Terminado:** Con esta opción podemos buscar el producto identificado en el campo nombre, ejemplo: Café Oro.
- **Modificar Producto Terminado:** Nos ayuda a modificar características del producto terminado.
- **Eliminar Producto Terminado:** Elimina el producto terminado que se ha seleccionado.

4.3.3.2 Funciones para la producción

Para poder monitorear la producción, se deben utilizar las funciones de Línea de producción, Proceso y Asignación de la producción. Estas funciones ayudan a programar la producción asignándoles procesos a cada una de las líneas de producción de un beneficio seco en específico.

El primer paso para planificar la producción desde el punto de vista informático es realizar el mantenimiento de las líneas de producción, las pantallas principales a utilizar son las que se presentan en la figura 70, que abarca el agregar, consultar, modificar y eliminar las líneas de producción. Entre los campos se encuentra el nombre o número de la línea de producción y el nombre del beneficio al cuál se le asigna la producción asignada. (Para asignar un nombre del beneficio, véase las pantallas de mantenimiento del Beneficio).

Figura 70. Pantallas de mantenimiento de la línea de producción



Así como se agregó una línea de producción, se pueden agregar los procesos que conlleva la línea de producción, por ejemplo Trillado. El agregar un proceso tiene como objetivo asignar la materia prima y producto terminado que se obtiene en el proceso.

Las pantallas utilizadas para las opciones de la actualización de los procesos se pueden visualizar en la figura 71 en ellas se administran los procesos de acuerdo a la función deseada por medio de los botones “Nuevo”, “Buscar”, “Modificar” y “Eliminar”; el botón de “Cancelar” solamente nos ayuda para interrumpir la opción seleccionada.

Figura 71. Pantallas de mantenimiento del proceso



La función principal para realizar un monitoreo, se basa en la asignación de la producción, en esta opción se toman en cuenta los aspectos necesarios tales como personal, proceso y maquinaria para una línea de producción. La figura siguiente presenta la pantalla principal para realizar la asignación de la producción.

Figura 72. Pantalla asignar producción

Automatización de beneficios de café

ASIGNACIÓN DE PRODUCCIÓN

Linea Producción
 Nombre: Línea A
 Beneficio: El Trébol

Datos adicionales
 Empleado: Fernando Marroquín
 Máquina: Clasificadora gavimétrica

Datos Generales
 Nombre: Pulido
 Fecha: 05/05/2004






Conexiones
 Materia Prima: Café Pergamino
 PT: Café Oro

PROCESOS EN LA LINEA DE PRODUCCIÓN

PROCESO	PERSONAL	MAQUINA
Trillado	Herberth E. Ardón	Clasificadora Densimétrica
Pulido	Fernando Marroquin	Clasificadora Gavimétrica

Buttons: Add, Modify, Delete, Help, Cancel

Como se puede observar, se dispone de distintas opciones para realizar la administración de la asignación, entre ellas las siguientes:

-  **Add** : Agregar un proceso, con su personal y maquinaria necesaria.
-  **Modify** : Modificar proceso es de acuerdo a la celda seleccionada.
-  **Delete** : Eliminar de la línea de producción un proceso asignado.
-  **Help** : Ayuda al usuario para el entendimiento de las opciones.
-  **Cancel** : Cancela la asignación de la producción.

4.3.4 Módulo de mantenimiento

El módulo de mantenimiento se basa en dos funciones principales, 1) la maquinaria y 2) los repuestos utilizados en dicha maquinaria; éstos también pueden ser los que se encuentran almacenados en la bodega del beneficio.

La administración de la maquinaria se realiza por medio de las pantallas que se muestran en la figura 73. Sus funciones principales son la de almacenar y actualizar los datos generales tales como nombre, características (modelo y marca), una foto y el beneficio al que pertenece cada una de las máquinas involucradas en la automatización del beneficio seco de café.

Figura 73. Pantallas de mantenimiento de maquinaria



Si la función seleccionada en el mantenimiento se trata de los repuestos, entonces se puede acceder a las pantallas de mantenimiento de repuestos con las opciones de agregar, consultar, modificar y eliminar repuestos (figura 74). Igual que con la maquinaria, en los repuestos se pueden actualizar los datos generales tales como el nombre, modelo, marca y foto de los repuestos.

Lo único que no se puede modificar es el número de registro asignado por la base de datos del sistema y que ayuda a realizar las búsquedas de forma más adecuada.

Figura 74. Pantallas de mantenimiento de repuestos



La opción de foto nos traslada a buscar dentro del disco duro, la figura del repuesto ingresado y que bosqueja de mejor manera la forma visual de dicho repuesto.

Si por el contrario la función que se seleccionó en la opción de maquinaria de nuestro menú principal es la de asignar repuestos, entonces esta opción toma en cuenta los repuestos necesarios que se encuentran en existencia para la maquinaria. La figura siguiente presenta la pantalla principal para realizar la asignación de los repuestos.

Figura 75. Pantalla de asignación de repuestos

ASIGNACIÓN DE REPUESTOS

Máquina
 Clasificadora densimétrica
 Características
 Modelo: MVF-2
 Marca: Pinhalense
 Foto

Repuesto
 Motor A.C.
 Unidades: 5
 Características
 Modelo: LX - 2HP
 Marca: Pinhalense
 Foto

Repuesto	Nombre	Modelo	Marca	Existencia
0002	Motor D.C.	STP-05HP	Pinhalense	4
0001	Motor A.C.	LX - 2HP	Pinhalense	5

Buttons: Add, Modify, Delete, Help, Cancel

Las opciones de los botones que se ven en la figura anterior, realizan las mismas operaciones que los mostrados en la figura de asignación de la producción, con la única diferencia que ahora se están orientando a la asignación de repuestos.

4.3.5 Módulo de Instalaciones

Su base principal es administrar las instalaciones del beneficio seco de café, por medio de sus módulos secundarios “Beneficio” y “Bodega” desde el punto de vista informático y administrativo.

4.3.5.1 Funciones para el beneficio

Las pantallas utilizadas para las opciones de la actualización del beneficio de café se pueden visualizar en la figura 76 en ellas se administran las instalaciones del beneficio de acuerdo a la función deseada por medio de los botones “Nuevo”, “Buscar”, “Modificar” y “Eliminar”; el botón de “Cancelar” solamente nos ayuda para interrumpir la opción seleccionada.

En dichas pantallas se ingresan los datos generales de cada uno de los beneficios y se les asigna un encargado para su administración posterior.

Figura 76. Pantallas de mantenimiento del beneficio

The figure displays four screenshots of a software interface for managing coffee benefits. Each screenshot shows a form with the following fields:

- Nombre:** El Trébol
- Ubicación:** Km. 28, Ruta al Pacífico
- Departamento:** Guatemala
- Municipio:** Amatitlán
- Teléfono:** 6633-6667
- Fax:** (empty)
- Encargado(a):** Herberth E. Ardón

The actions available for each screen are:

- AGREGAR BENEFICIO:** Nuevo, Limpiar, Aceptar, Cancelar
- CONSULTAR BENEFICIO:** Buscar, Cancelar
- MODIFICAR BENEFICIO:** Modificar, Cancelar
- ELIMINAR BENEFICIO:** Eliminar, Cancelar

4.3.5.2 Funciones para la bodega

El módulo de bodega, se divide en dos módulos más pequeños; el primer módulo trata la forma de realizar la administración del tipo de bodega que puede haber dentro del beneficio (ejemplo: Bodega de materia prima) y el segundo módulo se involucra en sí con las bodegas que se pueden registrar por medio de un nombre en específico (ejemplo: Bodega 0001).

Los botones comúnmente utilizados para los mantenimientos de los distintos tipos de pantallas en la administración de la función de bodega se identificaron anteriormente en la figura 65, cada uno de ellos realiza la función con la cuál se identifican.

Las pantallas a utilizar para realizar el ingreso, consulta, modificación y eliminación del tipo de bodega, se presentan en la figura 77; y las pantallas que se necesitan para la administración de la bodega, son las que se observan en la figura 78.

De acuerdo a los procesos necesarios para realizar la monitorización adecuada en el beneficio seco de café, se debe asignar producto a las bodegas. Para ello se utiliza la pantalla de asignar producto (figura 79), en la cuál se puede llevar el control de la materia prima y del producto terminado existente dentro de cada una de las bodegas de un beneficio en específico.

Lo que conlleva a poder especificar de forma más explícita que las instalaciones están constituidas por beneficios, éstos beneficios tienen bodegas tanto de materia prima como del producto terminado y llegando al final de una asignación de tal producto con sus respectivas bodegas.

Figura 77. Pantallas de mantenimiento de tipo de bodega



La definición a las opciones de las pantallas anteriores son:

- **Agregar Tipo Bodega:** Se puede agregar nuevos tipos de bodega, como por ejemplo “Producto Terminado”.
- **Consultar Tipo Bodega:** cuando se desea conocer para que fue creada un tipo de bodega, se puede verificar por medio de esta opción buscándolo por medio del combo Tipo.
- **Modificar Tipo Bodega:** Nos ayudará a modificar los datos de un tipo de bodega específico.
- **Eliminar Tipo Bodega:** Se realiza una eliminación lógica (solamente a la vista del usuario) de algún tipo de bodega.

Figura 78. Pantallas de mantenimiento de bodega



Y las principales funciones para las bodegas se muestran a continuación:

- **Agregar Bodega:** Agrega una bodega al sistema, con todos sus datos generales.
- **Consultar Bodega:** Realiza consulta de la bodega por medio de su registro y nombre específicos.
- **Modificar Bodega:** Modifica la información de alguna bodega registrada.
- **Eliminar Bodega:** Elimina lógicamente el registro de alguna bodega almacenada anteriormente.


Para realizar la asignación, como se mencionó anteriormente se utiliza la pantalla de asignar producto (ver figura siguiente). El botón de  nos ayuda como su nombre lo indica, a poder asignar diferentes tipos de producto y la cantidad de quintales del producto que se desea almacenar a una determinada bodega. La figura siguiente es la pantalla principal para realizar tal función.

Figura 79. Pantalla asignar producto



Automatización de beneficios secos de café

ASIGNAR PRODUCTO A BODEGA

Datos Generales

Nombre: Bodega Pergamino

Tipo de Bodega

Tipo: Materia Prima

Beneficio: El Trébol

Producto

Tipo producto: Café Pergamino

Total unidades (qq): 1200

Limpiar Asignar Cancelar

4.3.6 Módulo de estadísticas –Reportes y gráficos–

Otras opciones que tiene el usuario derecho a acceder, son las opciones de reportes y gráficos. Para los reportes se pueden realizar consultas específicas de las entidades almacenadas en la base de datos (Ejemplo, beneficios, bodegas, etc.) y con los gráficos obtener la producción real del beneficio o de las líneas de producción.


La siguiente pantalla tiene la opción de  reportes de acuerdo a posicionarse en la opción deseada (figura 80a). Al presionar dicho botón, se presenta la consulta de lo que se seleccionó, como por ejemplo la figura 80b se muestra el reporte de los Beneficios al seleccionar tal ítem.

Figura 80. Pantallas de visualización de reportes




(a)



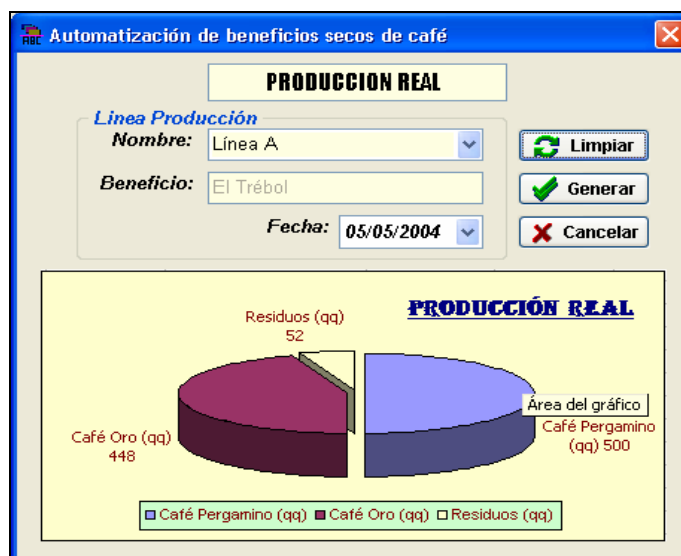
(b)

a) Pantalla cargar reportes, b) Pantalla de reporte de beneficios

Si en la figura 80b se presiona el botón de  entonces usted podrá imprimir en papel la información presentada por el reporte seleccionado. (Nota: debe tener conectada su impresora a la PC).

Por otra parte, si usted ha ingresado a la opción de gráficos, podrá entonces verificar por medio de gráficos en tres dimensiones (3D) la producción de alguna de las líneas de producción seleccionada, tal como se muestra en la figura 81.

Figura 81. Pantalla para gráficos de la producción real




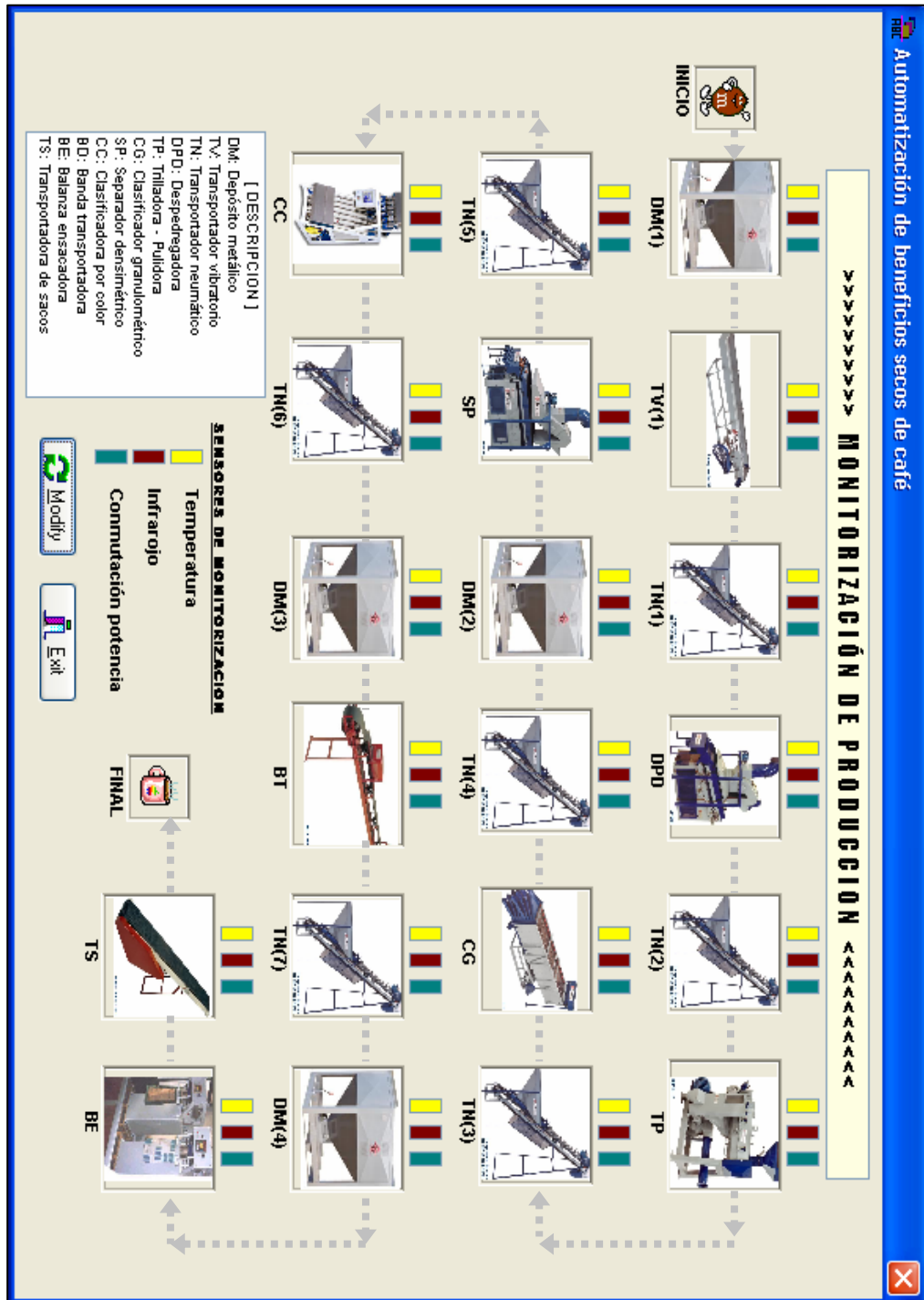
Como ultima opción y no de menor importancia, se encuentra la opción de monitoreo de la producción, que utilizará la conexión del puerto serial de la PC con el PLC para obtener la información tanto de las líneas de producción que están trabajando, como de la maquinaria, sensores y personal asignado a dicha línea de producción, donde se podrá modificar la información (figura 82). El botón  se utiliza para poder salir de la pantalla de monitorización.

Figura 82. Pantalla de monitoreo de la línea de producción



4.3.7 Módulo conexión

La función principal de este módulo es la intermediación entre el PLC y la PC; esto significa que será el encargado de obtener la información que proviene del PLC por medio de su conexión RS-232 hacia el puerto serial de la PC utilizando para ello el cable de comunicación serial.

La información que proviene del PLC será capturada en base a la función que se encuentra escrita en lenguaje Delphi y que se encarga de leer el puerto serial, donde se distribuirá dicha información hacia las variables encargadas de monitorear la línea de producción seleccionada.

El programa del PLC envía la información al puerto serial caracter por caracter, se realiza la conexión por parte del programa y al seleccionar la opción de monitoreo de la producción ésta señal que fue enviada por el PLC por medio de una interrupción, indican que el caracter está listo; al realizarse la conexión la PC ve la señal y entonces los servicios del puerto serie leen dicho caracter.

De esta manera se estará almacenando en una cadena los datos obtenidos por medio de la lectura del puerto, comúnmente COM1 y se distribuirán hacia las variables encargadas del control de temperatura, conmutación de potencia y control de infrarrojos.

Parte del programa se muestra a continuación en la figura 83, donde está integrada la unidad necesaria para realizar la conexión preliminar con el puerto antes mencionado:

Figura 83. Función de lectura de los datos provenientes del puerto serial

```

function T_ATComm32.Read: String;
  {Función encargada de leer la cadena proveniente del Puerto serial,
   almacenarla en un buffer y retornar el número de caracteres leídos}
const {Declaración de constantes}
  BUF_LEN = 1024;
Var {Declaración de variables}
  cbCharsAvailable, cbCharsRead: DWord; boo_FoundTerm: Boolean;
  sBuffer: String;
begin {PRINCIPAL}
  Result := "";
  if not boo_InUse then begin {1} boo_InUse := True;
    if int_PortHandle <> INVALID_HANDLE_VALUE then begin {2}
      cbCharsAvailable := GetInCount;
      if cbCharsAvailable > 0 then begin {3}
        SetLength(sBuffer, cbCharsAvailable + 1); {alojar espacio }
        ReadFile(int_PortHandle, PChar(sBuffer)^, cbCharsAvailable, cbCharsRead,
          nil); {Leer información proveniente del Puerto}
        SetLength(sBuffer, cbCharsRead); {ajustar longitud }
        Result := sBuffer;
        end; {3} end; {2} end; {1}
    else begin {4}
      boo_FoundTerm := False; boo_TimerExpired := False;
      tim_TimeoutTimer.Enabled := True;
      repeat
        Application.ProcessMessages;
        cbCharsAvailable := GetInCount;
        if cbCharsAvailable > 0 then begin {5}
          if cbCharsAvailable >= Length(sBuffer)
            then SetLength(sBuffer, cbCharsAvailable + 1); {alojar espacio }
            ReadFile(int_PortHandle, PChar(sBuffer)^,
              cbCharsAvailable, cbCharsRead, nil);
              {Leer información proveniente del Puerto}
            Result := Result + Copy(sBuffer, 0, StrLen(PChar(sBuffer)));
            if (Pos(sInTerminator, Result) <> 0) and
              (Length(sInTerminator) = 0) then
              begin {6}
                boo_FoundTerm := True;
                end; {6} end; {5}
            until (boo_TimerExpired) or (boo_FoundTerm);
            tim_TimeoutTimer.Enabled := False;
            end; {4}
        boo_InUse := False; end; {Principal} end; {function}

```


4.3.7.1 Estándar RS-232

El estándar RS-232, es utilizado para la comunicación serial; para ello utiliza un cable de comunicación que tiene acoplado un conector denominado DB9, debido a que tiene forma de “D” y 9 pines (cada pin tiene un propósito específico) y además es compatible con el puerto serial del PC. Este puerto es un adaptador asincrónico que se utiliza para realizar la comunicación entre computadoras y otros dispositivos externos.

La asignación de las señales para el conector DB9 y sus pines que normalmente se comunican a través del cable de comunicación serial con el PLC, están definidas en la tabla II.

Tabla II. Conector DB9 y sus funciones

PIN	SEÑAL	F U N C I O N	DIRECCION
1	P.G.	Tierra física o de seguridad	IN
2	RD	Entrada de datos	IN
3	TD	Salida de datos	OUT
4	DTR	Señal de Terminal de datos disponible	OUT
5	GND	Tierra de señal o común	
6	DSR	Conjunto de datos disponible	IN
7	RTS	Petición de emisión de datos	OUT
8	CTS	Listo para transmitir	IN
9	RI	Timbre telefónico	IN

El *software* utilizado para la conexión de la PC (DTE – Equipo Terminal de datos) y los dispositivos periféricos utilizados (DCE – Equipo de comunicación de datos) está programado en Borland Delphi 7. Este *software* envía y recibe la información proveniente del puerto, caracter por caracter, y lo transforma al lenguaje de maquina por medio de funciones especiales.

Los datos recibidos que se capturan en el puerto vienen en código ASCII, son convertidos a una señal paralela; estos datos se pueden recibir en grupos de 5, 6, 7 u 8 *bits*. La comunicación es de tipo *full-duplex* ya que se puede enviar y recibir datos en ambas direcciones al mismo tiempo.

Para establecer un adecuado control desde el programa de aplicación encargado de capturar los datos de entrada, se utilizan direcciones estándar predefinidas para el puerto a utilizar, que están descritas normalmente en base hexadecimal; la tabla siguiente muestra los posibles puertos o direcciones a utilizar en la comunicación serial.

Tabla III. Puertos de comunicación serial

DIRECCION	INTERRUPCION
COM1	3F8
COM2	2F8
COM3	3E8
COM4	2E8

Existe otro puerto que se utiliza para poder comunicarse con la PC y además es más versátil y robusto que el RS-232; éste es el RS-485. Algunas de las diferencias existentes entre él y el RS-232 se mencionan a continuación:

- La longitud máxima de comunicación en el RS-232 es de 15 metros; en cambio en el RS-485 su distancia máxima es hasta 1200 metros.
- El RS-232 solamente puede conectarse con una sola PC, lo que es contrario a conectar en una red hasta 31 dispositivos utilizando el RS-485.

En la propuesta no se utiliza el RS-485, debido a que se estima conexión a una PC y la distancia de comunicación con el PLC es menor a los 15 metros.

4.4 Programa de control del PLC Micrologix 1200 Cat. 1762-L24BWA

Para poder monitorear los procesos que se encuentran asignados en las líneas de producción, se toman en cuenta varios aspectos de importancia relevante, tales como la conexión serial con el puerto RS-232 y el *software* de aplicación utilizado para el control de los sensores.

El programa utilizado para la programación del PLC que controla las máquinas dentro del beneficio seco de café es el RS Logix 500 Version 5.20.00, donde la programación se realiza por medio de un conjunto de instrucciones SLC 500 (Escalera) y que ayuda a realizar la conexión con los dispositivos periféricos utilizados en el control y monitoreo. La figura 84 es la presentación externa del *software* a utilizar.

Figura 84. Presentación del *software* RSLogix 500



El utilizar el *software* RSLogix 500, nos ayuda a poder realizar la programación lógica en escalera para el PLC Micrologix 1200 Cat. 1762 – L24BWA y a poder comunicarnos con el sistema externo. Entre sus características principales se puede mencionar:

- Ayuda a maximizar el funcionamiento del proceso
- Se pueden realizar los proyectos de desarrollo a tiempo
- Mejora la productividad
- Es un editor flexible de programación
- Contiene herramientas de diagnóstico de problemas
- Entre otras.


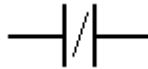





4.4.1 Programación en escalera

La programación en escalera (*Ladder*), en una representación de las secuencias de operaciones eléctricas o puede decirse que es un lenguaje que incorpora un conjunto de instrucciones simbólicas utilizadas para la creación del programa del PLC. Estas instrucciones representan la interconexión de dispositivos de campo que tienen características similares y que son activados por medio de una secuencia de eventos.

4.4.1.1 Instrucciones básicas de programación *Ladder*

Las funciones básicas que se utilizan en un programa escrito en escalera, son las que se presentan en la tabla IV, donde se puede apreciar la simbología utilizada y su descripción, respectivamente. Este conjunto de instrucciones contienen símbolos de contactos (entradas) y bobinas (salidas), las cuales realizan la función de controlar las salidas y además utilizar operaciones funcionales que están basadas en condiciones de entrada.

Tabla IV. Elementos básicos de un programa en escalera

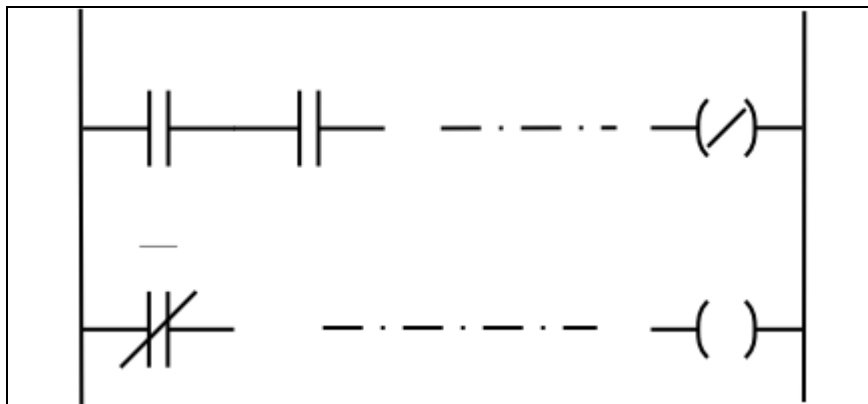
SIMBOLO	NOMBRE	DESCRIPCION
	Contacto NA	Se activa cuando hay un uno lógico en el elemento que representa, esto es, una entrada (para captar información del proceso a controlar), una variable interna o un <i>bit</i> de sistema.
	Contacto NC	Su función es similar al contacto NA anterior, pero en este caso se activa cuando hay un cero lógico, cosa que deberá de tenerse muy en cuenta a la hora de su utilización.
	Bobina NA	Se activa cuando la combinación que hay a su entrada (izquierda) da un uno lógico. Su activación equivale a decir que tiene un uno lógico. Suele representar elementos de salida, aunque a veces puede hacer el papel de variable interna.
	Bobina NC	Se activa cuando la combinación que hay a su entrada (izquierda) da un cero lógico. Su activación equivale a decir que tiene un cero lógico. Su comportamiento es complementario al de la bobina NA.
	Bobina SET	Una vez activa (puesta a 1) no se puede desactivar (puesta a 0) si no es por su correspondiente bobina en <i>RESET</i> . Sirve para memorizar <i>bits</i> y usada junto con la bobina <i>RESET</i> dan una enorme potencia en la programación.
	Bobina RESET	Permite desactivar una bobina SET previamente activada.
	Bobina JUMP	Permite saltarse instrucciones del programa e ir directamente a la etiqueta que se desee. Sirve para realizar subprogramas.
	NA	Normalmente abierto
	NC	Normalmente cerrado

http://es.wikipedia.org/wiki/Lenguaje_de_programaci%C3%B3n_LADDER, Mayo del 2005

Después de presentar los elementos básicos que utiliza un programa escrito en escalera, es importante presentar su estructura y orden de ejecución.

El programa escrito con el conjunto de instrucciones contiene un número determinado de operaciones secuenciales, donde cada línea horizontal se denomina *rung*, la línea vertical a la izquierda representa un conductor de voltaje y la línea vertical a la derecha representa tierra o masa. Los contactos van en la izquierda y las bobinas y otros elementos en la derecha. En la figura 85 se muestra la estructura general de un programa en *Ladder*.

Figura 85. Esquema estructural de un programa en *Ladder*



Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/lenguaje_de_programaci3n_LADDER.html, Mayo del 2005

Su orden de ejecución es de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha (primero los contactos y después las bobinas).

Otro tipo de elementos básicos que integran un diagrama en escalera son los que se mencionan a continuación:

- **Temporizador:** Su función es la conexión y desconexión instantánea después de un tiempo programado.
- **Contador:** Encargado de llevar el conteo de procesos o ciclos de trabajo, puede ser ascendente o descendente.
- **Módulos especiales:** Son aquellos que no son entradas o salidas lógicas, tales como entradas y salidas analógicas.

4.4.1.2 Ladder's de control y monitorización

Para la monitorización del beneficio de café se utiliza la programación lógica en escalera ayudada por medio de contactos y bobinas, entre las cuáles se pueden mencionar las siguientes:

- **Output and Input Data Files (Files = O0: and I1:):** Son las salidas y entradas de un diagrama en escalera. En la entrada el *bit* 1 significa que se tiene una conexión externa (ver tabla V).
- **Examine if Closed (XIC):** Instrucción de entrada. Se utiliza para analizar si un *bit* está en estado ON. Cuando se ejecuta la instrucción, si el *bit* que se está direccionando está en estado ON (1), entonces la instrucción se toma como verdadera; por el contrario, si el *bit* que se está direccionando está en estado OFF (0), entonces la instrucción se toma como falsa.
- **Output Energize (OTE):** Instrucción de salida. Esta instrucción es utilizada para poner en estado ON un *bit* cuando la condición de ejecución es tomada como verdadera.

Tabla V. Significado de *Output and Input Data File*

0:e.s/b	OTE 
1:e.s/b	XIC 
FORMATO	FUNCIÓN
O	<i>Output</i> (Salida)
I	<i>Input</i> (Entrada)
:	Elemento delimitador
e	Número de <i>slot</i> (decimal)
.	Palabra delimitada
s	Número de palabra
/	<i>Bit</i> delimitador
b	Número de terminal

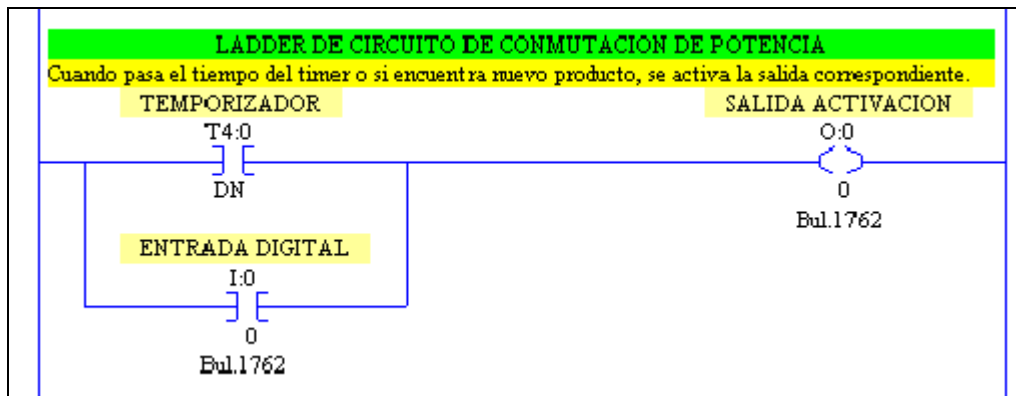
Tf:e.s/b	XIC 
FORMATO	FUNCIÓN
T	Archivo temporizador
f	Número de archivo
:	Elemento delimitador
e	Número de elemento
.	Elemento de palabra
s	Subelemento
/	<i>Bit</i> delimitador
b	<i>Bit</i>

El programa de aplicación en escalera se divide en funciones básicas y principales para cada uno de los circuitos electrónicos que realizan el control y retroalimentación; estos se dividen en tres específicos que son 1) Control de conmutación de potencia, 2) Control de infrarrojos y 3) Control de temperatura.

4.4.1.2.1 *Ladder* control de conmutación de potencia

El *Ladder* que se utiliza para la activación de los circuitos de conmutación de potencia se observa en la figura 86. Este se encarga de verificar los sensores de temperatura e infrarrojos y dependiendo de los límites que tengan los mismos activan o desactivan los circuitos de conmutación de potencia.

Figura 86. *Ladder* de control para la conmutación de potencia

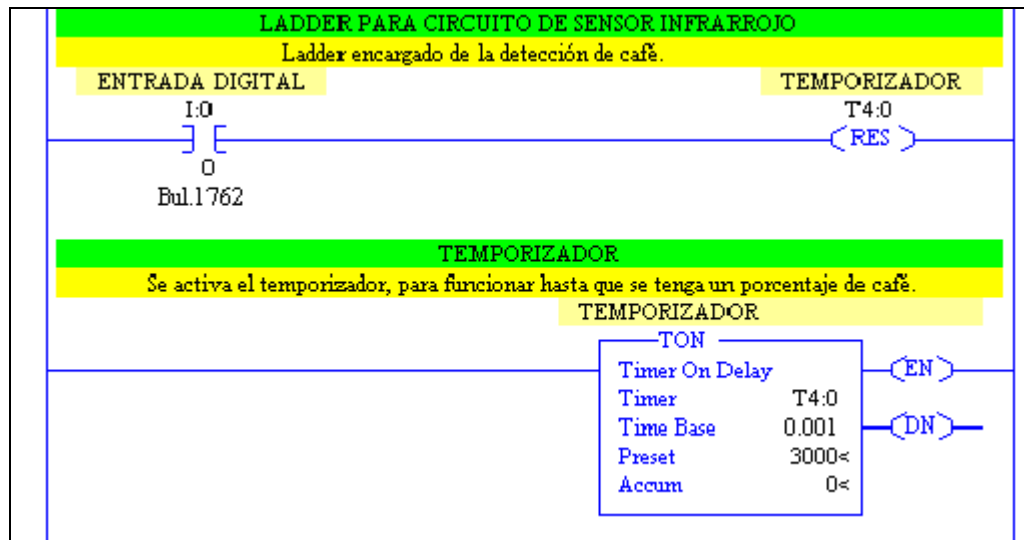


4.4.1.2.2 *Ladder* control de infrarrojos

De la misma forma para que puedan accionarse los circuitos de conmutación de potencia, se deben de utilizar los sensores de entrada (infrarrojos). Estos sensores activarán internamente los circuitos de salida.

Los circuitos de salida activan la maquinaria utilizada en el procesamiento del café pergamino, siempre y cuando los sensores detecten que se encuentra el producto para ser trabajado. La figura muestra la programación mencionada.

Figura 87. Ladder de control de sensores infrarrojos



Las instrucciones que se visualizan en la figura anterior se describen con mayor detalle en los apartados siguientes:

- **Reset (RES):** Instrucción de salida. Su función principal es reinicializar un temporizador (*Timer*) o un contador. Cuando es habilitada esta instrucción esta inicializa la instrucción del temporizador de retraso (*Timer on delay*). Con ello inicializa las variables: DN y EN.
- **Timer On-Delay (TON):** Instrucción de salida. Es utilizada para retardar la acción de encendido (ON a OFF y OFF a ON), después de cumplir con un intervalo de tiempo. El TON inicia a contar intervalos del tiempo base (*Time Base*) cuando cambia de una transición verdadera a falsa. El temporizador incrementa su valor acumulado por medio de la variable *Accum* hasta llegar al valor *Preset*.

El valor del *Timer* T4:0 significa que se está utilizando el archivo 4 inicial. La variable EN se activa cuando la condición de transición es verdadera y DN es inicializada cuando el valor acumulado es mayor o igual que el valor *Preset*.

4.4.1.2.3 *Ladder* control de temperatura

Debido que el manejo de control de la temperatura es más complejo, se utiliza una entrada captadora de la información y una función que se encarga de analizar los cambios de voltaje (ADC) para poder definir el espectro de voltaje en base a escalas de temperatura posibles para cada maquinaria, por ello al pasarse del límite superior, se activa internamente la señal de envío de posible fallo en la maquinaria. La figura siguiente es la parte principal donde se controla la temperatura por medio del PLC en lenguaje de escalera.

Figura 88. *Ladder* de control de temperatura



- **Scale Data (SCL):** Instrucción de salida. Cuando esta instrucción es verdadera, el valor de la dirección de entrada (*source*) es multiplicado por el valor *Rate*. Al redondear el resultado esta es sumado al valor *Offset* y localizado en la salida (Dest). Para expresar la relación lineal (figura 89) y calcular la unidad de escala se utiliza las siguientes fórmulas:

$$\text{Valor_escala} = (\text{Valor_entrada} * \text{rate}) + \text{offset}$$

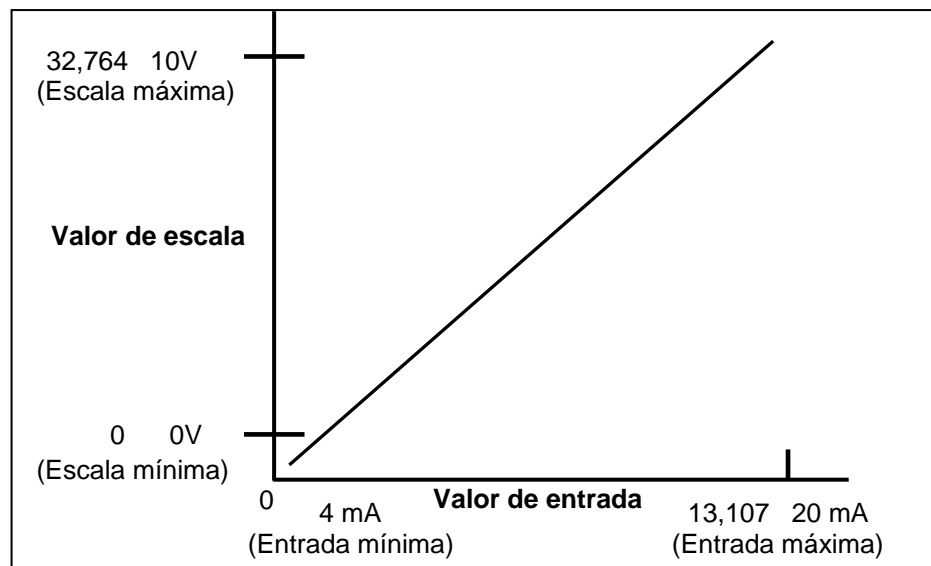
$$\text{Rate} = \frac{(\text{Escala_máxima} - \text{Escala_mínima})}{(\text{Entrada_máxima} - \text{Entrada_mínima})}$$

$$\text{Offset} = \text{Escala_mínima} - (\text{Entrada_mínima} * \text{rate})$$

Sus principales variables son:

- Source: es la dirección de entrada.
- Rate: es el valor positivo o negativo captado dividido entre 10000. Este puede ser un programa constante o una dirección de palabra.

Figura 89. Gráfica de escala de valores de voltaje en entradas analógicas



Como se puede observar en la figura anterior, lo que la entrada de ADC captará son los valores de escala, el valor de escala de 32,764 es el valor aproximado en escala de voltaje a 10 voltios; por consiguiente el valor de escala de 0 se interpreta como una escala de voltaje de 0 voltios. Lo mismo pasa con la corriente, el valor de entrada en el ADC estará en la escala de 4 mA a 20 mA correspondiente a 0 y 13,107 respectivamente en valor de entrada.

Entonces los valores de entrada que provoquen los circuitos de temperatura son los que estarán registrándose por medio del ADC.

4.4.2 Ciclo de trabajo del PLC

El PLC en la fase de ejecución del programa de usuario lo realiza en un tiempo que está determinado por la longitud del programa y de las instrucciones que debe ejecutar. De esta manera, los tiempos por los cuales debe trabajar un autómata son los siguientes:

- a) Retardo de entrada,
- b) Vigilancia y exploración de las entradas,
- c) Ejecución del programa de usuario,
- d) Transmisión de las salidas
- e) Retardo en las salidas.

Los incisos b, c y d al sumarlos se obtiene el tiempo del ciclo del PLC o autómata programable. Al haber concluido dicho ciclo es cuando se realiza el cambio en las salidas; la etapa de vigilancia de las entradas o **watchdog**, se utiliza para poder analizar si el tiempo de ciclo máximo fue sobrepasado y si ocurriese, entonces se activa la señal de error correspondiente.

Concluyendo así, la monitorización por medio del programa en escalera realizado para el Micrologix 1200 Cat. 1762-L24BWA y el programa encargado de la conexión y administración de la base de datos.

5 AUTOMATIZACION DEL SISTEMA DE PRODUCCION A INTEGRAR EN EL BENEFICIO DE CAFE

La automatización se puede definir como la construcción de sistemas de producción o fabricación que se pueden integrar para ser monitoreados y controlados sin que se tenga la intervención humana; esto se realiza por medio de dispositivos electrónicos, mecánicos o neumáticos que son controlados por medio de programas desarrollados por el ser humano y que son ejecutados desde autómatas o controladores programables. Esta automatización involucra preparar la maquinaria para su posterior control por medio de dichos dispositivos y además utilizar sensores para su retroalimentación.

La retroalimentación o realimentación es utilizada para el control automático; dónde se provee a algún equipo de su autocontrol. Los dispositivos que realizan la tarea de retroalimentación pueden ser los encargados de que las máquinas puedan accionarse o detenerse en un tiempo determinado con anterioridad, o dependiendo de la tarea que se les asigne.

Existe en la actualidad el término automación y es utilizado para definir la integración de uno o más sistemas que se pueden autocontrolar.

5.1 Componentes integrales para la automatización

Para realizar una adecuada automatización se debe de planificar como se mencionó en el capítulo anterior cuáles son las partes principales que involucran el proceso. Primero debemos reconocer que para automatizar se debe tener una clara expectativa del trabajo que se desea realizar.

En Guatemala existen pocas industrias que se encuentren automatizadas, lo que realmente tienen es que algunos de sus componentes son parte de automatización en alguna actividad que realizan. En las telecomunicaciones, es donde normalmente se tiene la mayor automatización y son pocas las empresas que en su área de producción utilizan dicho sistema.

No todas las empresas utilizan el mismo grado de automatización, debido a las dificultades para poder realizarlo.

Para la automatización del beneficio seco de café, debemos tener la maquinaria adecuada para realizar el trabajo deseado (obtener de café pergamino a café oro) y que ésta maquinaria posea los sensores mínimos de monitoreo de trabajo o en su defecto la posibilidad de que en su estructura (física y/o eléctrica) se puedan instalar.

También debemos tener el cerebro que controle las acciones (PLC) y los circuitos electrónicos misceláneos (amplificadores análogos, sensores, conmutadores, dispositivos digitales, etc.) que nos envíen la información para hacer actuar a dicho cerebro, tener al personal adecuado y el equipo de cómputo para realizar las descargas de información utilizando *software* de alto nivel y de nivel intermedio (*Ladder*).

La automatización entonces, involucra distintas áreas tales como la informática (computación, programación y las telecomunicaciones), la electricidad y electrónica, la mecánica (física, matemática), la administración, la ingeniería básica, etc., esto para poder integrar todos los subsistemas en un solo sistema de control automático que pueda ser monitoreado desde una PC o de un autómeta.

Las partes que intervendrán para realizar la automatización y que se acoplarán al sistema central son:

- 1) Maquinaria (Equipo de producción de café oro) y proceso (Producción)
- 2) Dispositivos periféricos (Circuitos electrónicos digitales y analógicos, sensores y conmutadores)
- 3) Autómata (PLC Micrologix 1200 Cat. 1762-L24BWA y módulo ADC Cat. 1762-IF20F2)
- 4) *Software* (RSLogix 500 para la programación en escalera RSLinx para la comunicación serial, Borland Delphi 7 para la interacción entre el nivel de enlace de datos y el nivel de intercambio de datos y por último el administrador de la base de datos que es InterBase 6.5)
- 5) Equipo de cómputo para realizar las modificaciones pertinentes en la programación y además para monitorear al sistema.
- 6) Personal necesario para supervisar el sistema.

5.1.1 Maquinaria y proceso

La maquinaria se encontrará controlada por medio de la retroalimentación del sistema utilizando sensores, conmutadores, dispositivos de control, etc. Estos dispositivos son los encargados de que las máquinas puedan ponerse en marcha, detenerse en un momento determinado, incrementar su funcionamiento, inspeccionar el producto, comprobar con los estándares de calidad, comparar sus dimensiones, controlar su temperatura interna y realizar mediciones al producto a procesar. Todas estas operaciones se aplican a una gran gama de operaciones industriales.

La conexión se realiza por medio del circuito de conmutación de potencia que se vio en el capítulo 3 y su salida es la que se conecta a la maquina que se desee controlar.

5.1.2 Dispositivos periféricos

Los dispositivos periféricos tales como los sensores infrarrojos se instalan en las máquinas donde se desea verificar el movimiento del grano de café para así poner en marcha por medio del circuito de conmutación de potencia la máquina que se monitorea. Su circuito se puede encontrar en alguna parte del beneficio y no necesariamente cerca de la máquina.

En lo que concierne a la instalación de los circuitos de temperatura, también estos deben estar alejados de las máquinas; únicamente el sensor de temperatura debe estar colocado en la máquina donde se puede analizar correctamente la temperatura. Esto se hace con el fin de que los cambios bruscos de temperatura o los límites superiores extremos de la misma no afecten a la electrónica de proceso y/o conmutación, y que al final termine afectando también el funcionamiento general de la máquina.

En la siguiente tabla se hace referencia a las conexiones necesarias para reconocer que máquina deben utilizar los distintos tipos de circuitos electrónicos digitales y analógicos utilizados para realizar la conmutación de potencia, control de temperatura y detección por medio de infrarrojo (La variable C representa el número de conexión a utilizar).

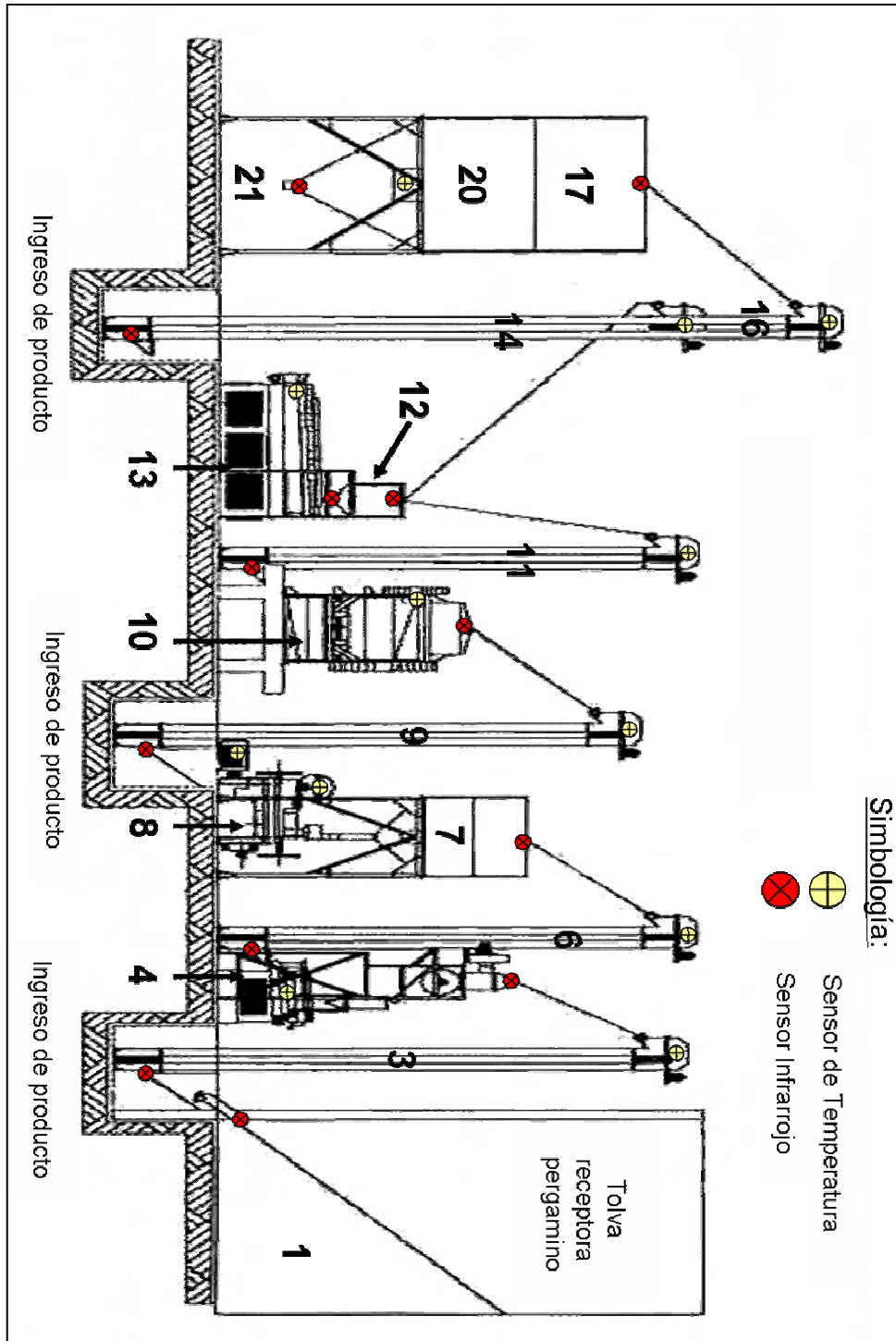
Para conocer donde se deben ubicar los sensores electrónicos, se muestra en la figura 90 su ubicación real, junto a como debe ser la instalación del beneficio de café con sus máquinas necesarias dependiendo de cómo se distribuyen en dicho beneficio. La tabla VI también muestra el número de máquina utilizada.

Tabla VI. Asignación de circuitos a maquinas agrícolas

			CIRCUITOS		
C	M	DEFINICION	P#	I#	T#
0	1	Depósito metálico	P0	I0	
	2	Transportador vibratorio	P0	I0	T0
	3	Transportador neumático	P0	I0	T0
1	4	Despedregadora	P1	I1	T1
	5	Ciclón	P1	I1	T1
	6	Transportador neumático	P1	I1	T1
2	7	Trilladora-Pulidora	P2	I2	T2
	8	Ciclón	P2	I2	T2
	9	Transportador neumático	P2	I2	T2
3	10	Clasificador granulométrico	P3	I3	T3
	11	Transportador neumático	P3	I3	T3
4	12	Depósito metálico	P4	I4	
	13	Separador densimétrico	P4	I4	T4
	14	Transportador neumático	P4	I4	T4
5	15	Clasificadora por Color	P5	I5	T5
	16	Transportador neumático	P5	I5	T5
6	17	Depósito metálico	P6	I6	
	18	Banda transportadora	P6	I6	T6
	19	Transportador neumático	P6	I6	T6
7	20	Depósito metálico	P7	I7	
	21	Balanza ensacadora	P7	I7	T7
8	22	Transportadora de sacos	P8	I8	T8

C	Conexión
M	Máquina
P	Circuito de conmutación de potencia
I	Circuito infrarrojo
T	Circuito de control de temperatura

Figura 90. Ubicación de sensores en el beneficio seco de café



<http://www.mercatoragricola.com/bsc.htm>, Agosto del 2003

Como se observa en la figura anterior, existen algunas máquinas que no se mostraron en el diagrama anterior, eso no quiere decir que no existan, sino que puede ser que ellas no sea necesario que lleven algún dispositivo relacionado con la automatización.

De acuerdo con la tabla VI, se tendrán 9 entradas de circuitos controladores de temperatura con conversión análoga a digital (ADC), 9 entradas de circuitos con sensores infrarrojos y 9 salidas de circuitos de conmutación de potencia; todo con el objeto de optimizar el sistema.

5.1.3 Autómata (PLC Micrologix 1200 Cat. 1762-L24BWA y módulo ADC Cat. 1762-IF20F2)

El PLC se deberá instalar en un panel de control, junto con los circuitos electrónicos y sus componentes eléctricos, que deberán estar a prueba de humedad, polvo, residuos del material que desprende el grano de café, corrosión y lo más importante que no tenga vibración; esto se realiza para que se tenga la protección necesaria del equipo y sus accesorios.

Existen varios aspectos importantes que se deben de tomar en cuenta para realizar la conexión del PLC, desde la configuración e instalación hasta la puesta en marcha.

5.1.3.1 Configuración del PLC y módulo E/S analógicas

El nivel donde se realiza la configuración es en el nivel físico, en este nivel se debe determinar como y donde se deberán ubicar dentro del beneficio los componentes de la monitorización realizada por el autómata programable.

Otro aspecto a considerar es que al realizar el programa que es ingresado al PLC y que realiza el control, se determinan las entradas y salidas que indican que componentes son necesarios de configurar. Las figuras 91 y 92 muestran la posible conexión de las entradas y salidas para los circuitos.

Figura 91. Cableado de entrada al PLC Micrologix 1200 Cat. 1762-L24BWA

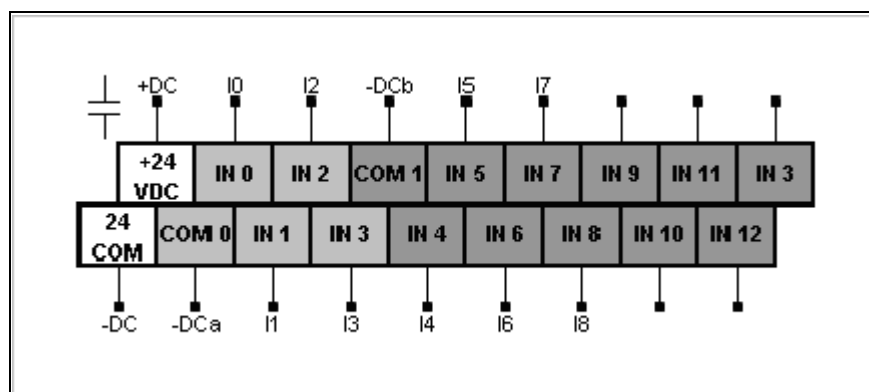
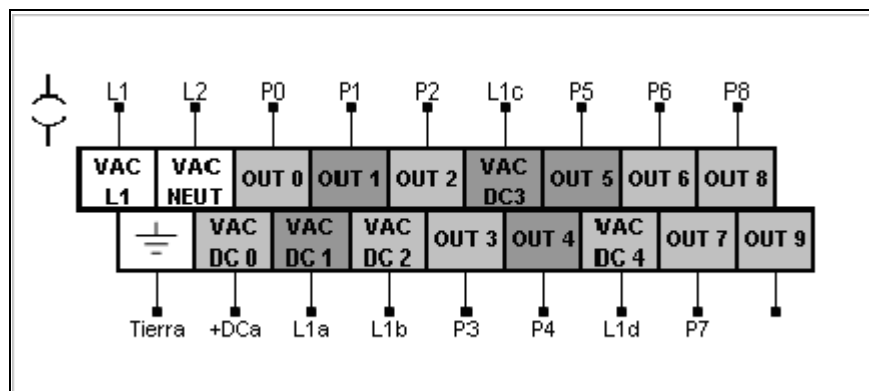


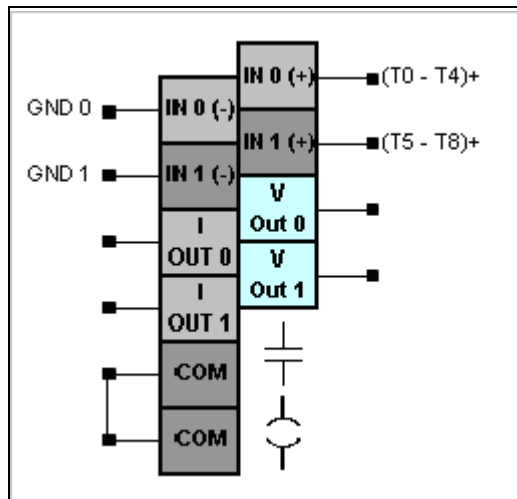
Figura 92. Cableado de salida del PLC Micrologix 1200 Cat. 1762-L24BWA



En la conexión de los circuitos de entrada, las variables DCb y DCa son simplemente derivaciones de la fuente DC que provee el automático. Y para la conexión de salida, las variables L1a, L1b, L1c y L1d son derivaciones de la fuente de corriente alterna L1. Las otras variables se definen en la tabla VI.

La figura siguiente muestra el bloque de conexión de terminales de E/S analógicas de expansión del módulo ADC Cat. 1762-IF20F2

Figura 93. Cableado de E/S analógicas de expansión Cat. 1762-IF20F2



5.1.3.2 Instalación del PLC y periféricos

La instalación del PLC y sus componentes, se puede realizar en un ambiente industrial, siempre y cuando esté asegurado el funcionamiento correcto del equipo sin problemas de humedad, interferencia y temperatura.

En la instalación se recomienda que exista un panel de control que se instale en una caja metálica junto con sus componentes, tales como los circuitos electrónicos digitales y analógicos, el autómata, los módulos de expansión de entrada/salida, las fuentes de voltaje, los cables de conexión, y los elementos necesarios para su excelente funcionamiento.

Existen recomendaciones específicas para realizar una buena instalación del equipo, además de las que vienen junto al manual técnico del fabricante. Entre ellas se pueden mencionar las siguientes:

- El panel de control y sus componentes se pueden montar en forma vertical, esto para disminuir la temperatura interna del equipo.
- Las fuentes de voltaje se colocan en la parte superior de la caja metálica.
- El PLC deberá estar adyacente a las fuentes de alimentación, esto es para poder realizar la inspección adecuadamente.
- EL *Rack* de ADC estará junto con el PLC.
- Los circuitos electrónicos pueden estar en la parte baja de la caja metálica.
- Se deberá dividir en módulos los componentes electrónicos en cuanto al tipo de voltaje que reciben,
- El cableado debe ser trenzado y deberá distinguirse entre CA y CC, separándosele entre ellos.
- Debe existir un circuito de paro por emergencia, para detener el sistema completamente; este circuito es independiente del autómatas.

5.1.3.3 Puesta en marcha del autómatas

Ya que se tenga instalado el equipo electrónico (*hardware*), eléctrico, mecánico, y cargado el programa del PLC, se pone en marcha al sistema verificando con anterioridad las conexiones a periféricos, a los circuitos electrónicos, a las fuentes, a las entradas y salidas del autómatas y realizando las pruebas pertinentes del sistema.

5.1.4 Software de aplicación y monitorización

El *software* de aplicación utiliza el nivel de enlace entre el PLC y la PC para realizar la conexión. Esta conexión se realiza por medio del *software* RSLogix 500 (programación en escalera), conexión serial por medio del estándar RS-232 y utilizando el RSLinx, el programa de aplicación en Borland Delphi 7.0 y el DBMS instalado InterBase 6.5.

Cabe hacer notar que deberá instalar con anterioridad todos los programas antes mencionados, para poder realizar las etapas siguientes de configuración y puesta en marcha.

5.1.4.1 Software RSLogix 500 y RSLinx

La configuración principal del *software* RSLogix 500, incluye algunos pasos principales y sumamente importantes para poder obtener la comunicación entre la PC y el PLC. Estos se describen a continuación:

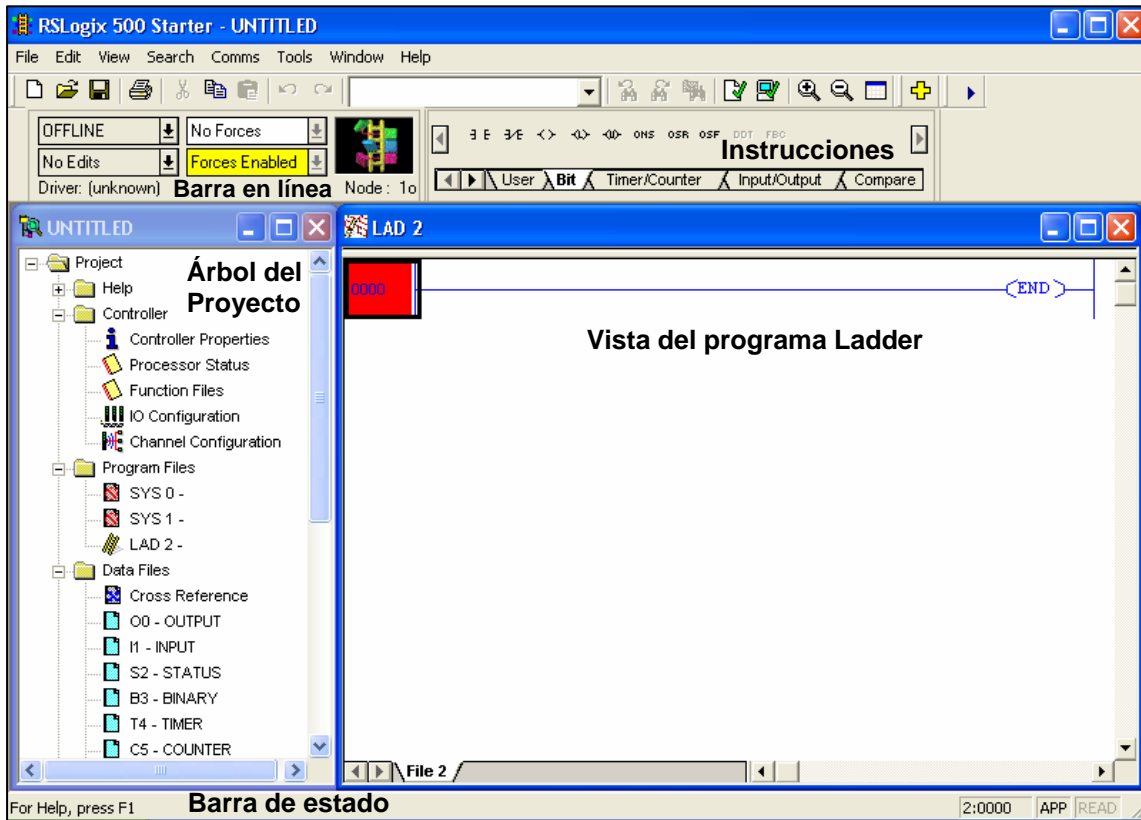
- 1) Instalar el programa RSLogix 500 y después el programa RSLinx.
- 2) Explorar el RSLogix 500.
- 3) Configurar el sistema de comunicación serial.
- 4) Crear un nuevo proyecto o abrir un proyecto existente.
- 5) Crear carpeta del programa y archivos de datos.
- 6) Definir arquitectura y módulos de expansión.
- 7) Ingresar el programa lógico en escalera.
- 8) Agregar documentación a las instrucciones lógicas.
- 9) Verificar el programa lógico en escalera.
- 10) Configurar el canal de comunicación.
- 11) Monitorear los archivos de datos.

5.1.4.1.1 Explorar el RSLogix 500

Cuando se haya instalado de manera correcta el *software* para el manejo del PLC, entonces se puede explorar su entorno; donde la exploración se realiza con mayor facilidad en la visualización de varias ventanas y barras de tareas.

La figura siguiente indica los elementos principales que componen un proyecto desarrollado con el programa RSLogix 500. Si se tienen dudas de algún elemento, entonces en la barra de tareas se procede a seleccionar la opción de “*Help*”, donde se pueden solucionar las mismas.

Figura 94. Elementos integrales de un proyecto en RSLogix 500



Opciones:

- **Barra en línea:** Nos muestra el modo de operación del PLC en línea y además el tipo de conductor configurado.
- **Árbol del proyecto:** Contiene todas las carpetas, archivos y variables y configuraciones utilizadas para el proyecto.
- **Instrucciones:** En esta sección se presentan las instrucciones y sus categorías para el programa.
- **Vista del programa *Ladder*:** Es la ventana que muestra el diagrama en escalera utilizado para el proyecto.
- **Barra de estado:** Visualiza los mensajes del estado del autómata y del programa.

5.1.4.1.2 Configuración del sistema de comunicación

El ambiente que se establece con la opción de configuración del sistema de comunicación es el que permanece con el proyecto a crear y que está aplicado cuando se realiza un “*download*” del programa en escalera. Por ello el programa RSLogix 500 se utiliza para crear el diagrama en escalera (*Ladder*).

Lo que se debe de realizar es abrir el programa para poder configurar el sistema de acuerdo a la comunicación RS-232 que se necesita. De esta manera usted ingresa a la pantalla principal del programa RSLogix 500 como se observa en la figura 95, luego para seleccionar el modelo de PLC a utilizar, se posiciona sobre la opción “*File*” de la barra de tareas y selecciona la opción “*New*”; en este momento se presenta una nueva pantalla denominada “*Select Processor Type*” la cuál es la que se necesita para seleccionar el procesador deseado (ver figura 96) y por último presiona el botón “*OK*”. De esta manera ya se tiene configurada la comunicación y para terminar puede cargar el programa simbólico en escalera.

Figura 95. Pantalla de inicio del programa RSLogix 500

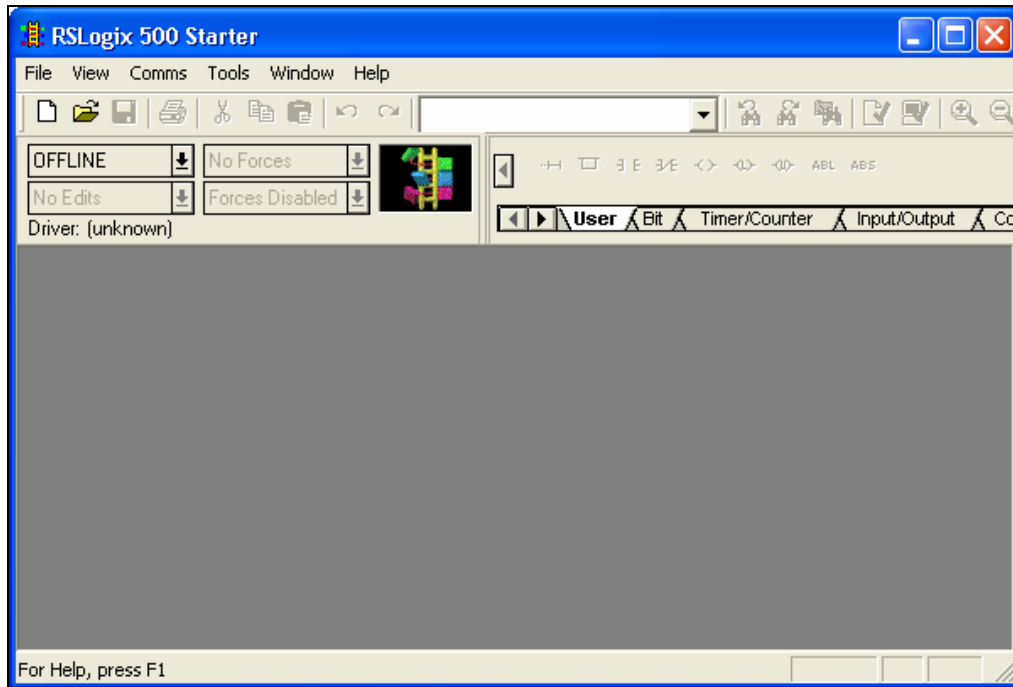
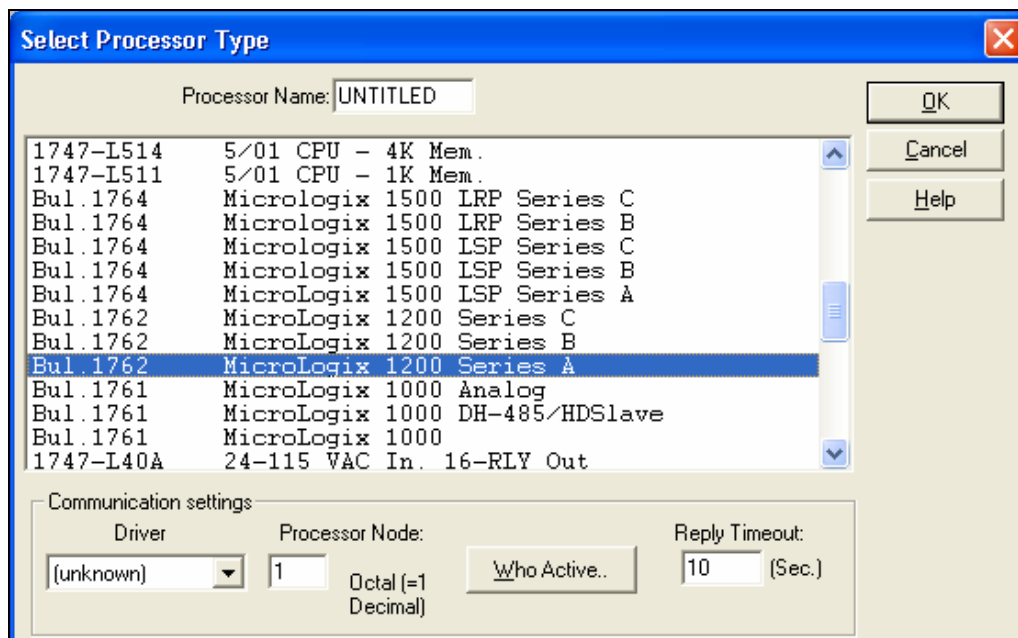


Figura 96. Pantalla para seleccionar el tipo de PLC

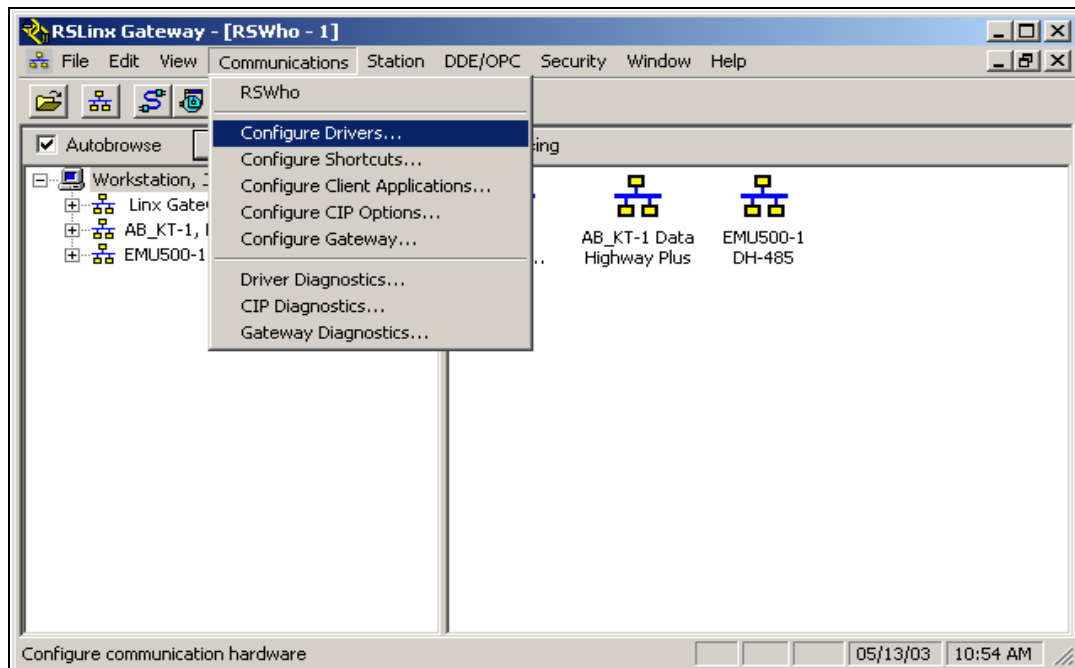


Luego de realizar la configuración del RSLogix 500, se debe de realizar la conexión con el **RSLinx**, que es el programa encargado de acceder en tiempo real a las variables del nivel físico por medio de la conexión del estándar RS-232.

Conecte el cable de conexión serial entre la PC y el PLC, cierre el RSLogix y abra el RSLinx, los pasos a seguir para la configuración de la comunicación son los siguientes:

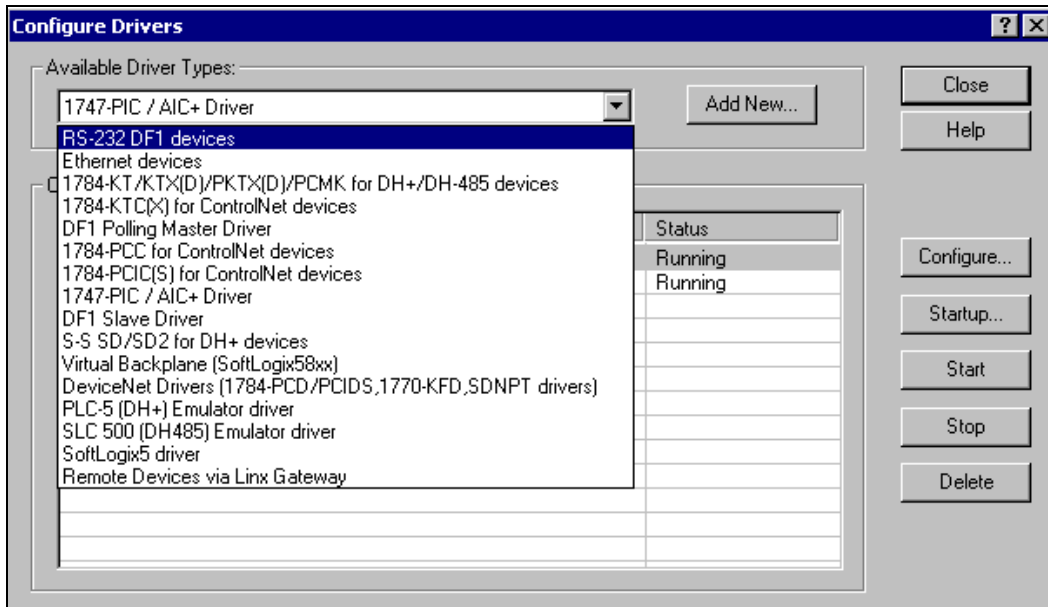
- a. Desde la barra principal, se debe elegir *Communications* y la función *Configure Drivers...* (ver figura 97).

Figura 97. Pantalla del RSLinx para realizar la conexión serial



- b. Aparecerá una ventana (figura 98) donde deberá seleccionar en el combo *Available Driver Types* la opción *RS-232 DF1 devices* agregándolo por medio del botón “*Add New...*”

Figura 98. Pantalla de configuración del *driver* para la comunicación serial



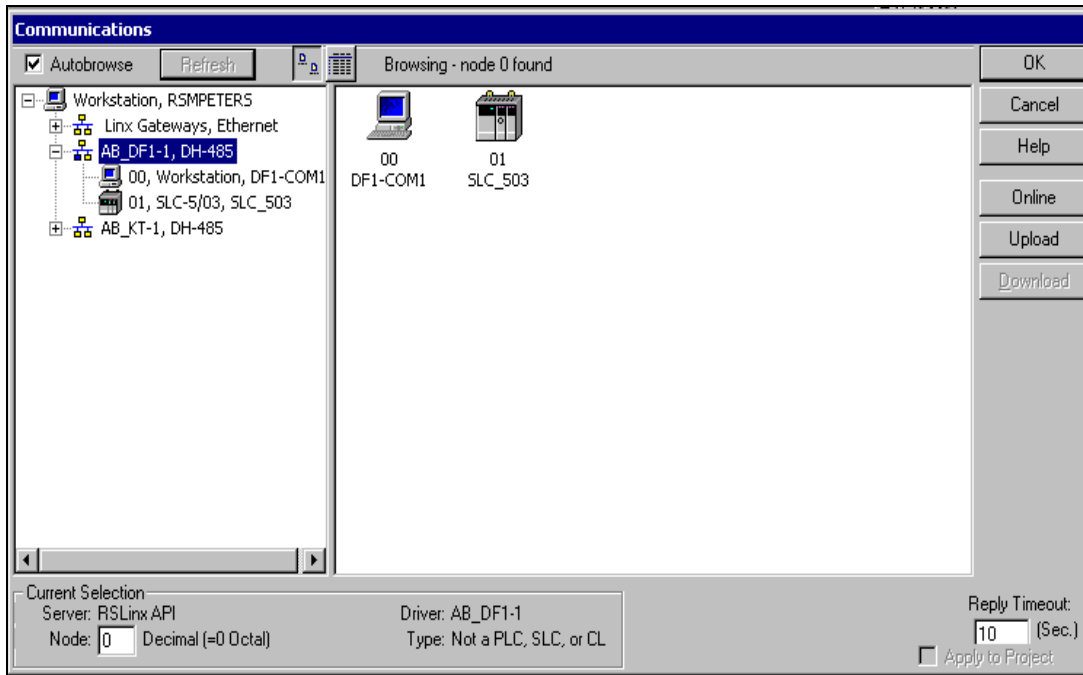
- c. Al haber presionado el botón de "Add New" en la anterior pantalla o ventana, deberá configurar el RSLinx *Driver* seleccionando la opción de AB_DF1-1 y presionar el botón "OK".
- d. El siguiente paso es configurar completamente el dispositivo seleccionado en la opción c. Al aparecer la pantalla de *Configure RS-232 DF1 Devices*, el puerto deberá ser el COM1, el tipo de dispositivo será el SLC-CH0/Micro/PanelView, y el número de estación es 00 y presione el botón de "Auto-Configure". Esto se refleja en la figura 99.
- e. Debe aparecer el mensaje de *Auto-Configuration was Successful* si se encuentre configurado correctamente el dispositivo seleccionado, de otra manera aparecerían mensajes de error.

Figura 99. Ventana de configuración del dispositivo RS-232



- f. Presionamos el botón “OK” y debemos cerrar la pantalla de selección del *driver*. Minimizamos el RSLinx y abrimos el RSLogix.
- g. Como se observa en la figura 95, debemos seleccionar la opción *File* y “Open”, para abrir el proyecto Ladder.RSS creado en el RSLogix con programación en escalera.
- h. Ahora seleccione la opción de *Comms* con *System Comms* y seleccionar el *driver* AB_DF1-1. (figura 100).
- i. Ahora usted puede realizar las opciones de *Online*, *Upload* y *Download*, dependiendo de lo que desea realizar, ya sea bajar un programa al PLC, cargar al PLC por medio de sus entradas o las variables internas o solamente monitorear el sistema.
- j. En este momento ya se tiene configurada la conexión entre el PLC y la PC, para el sistema de comunicación.

Figura 100. Pantalla de comunicaciones existentes

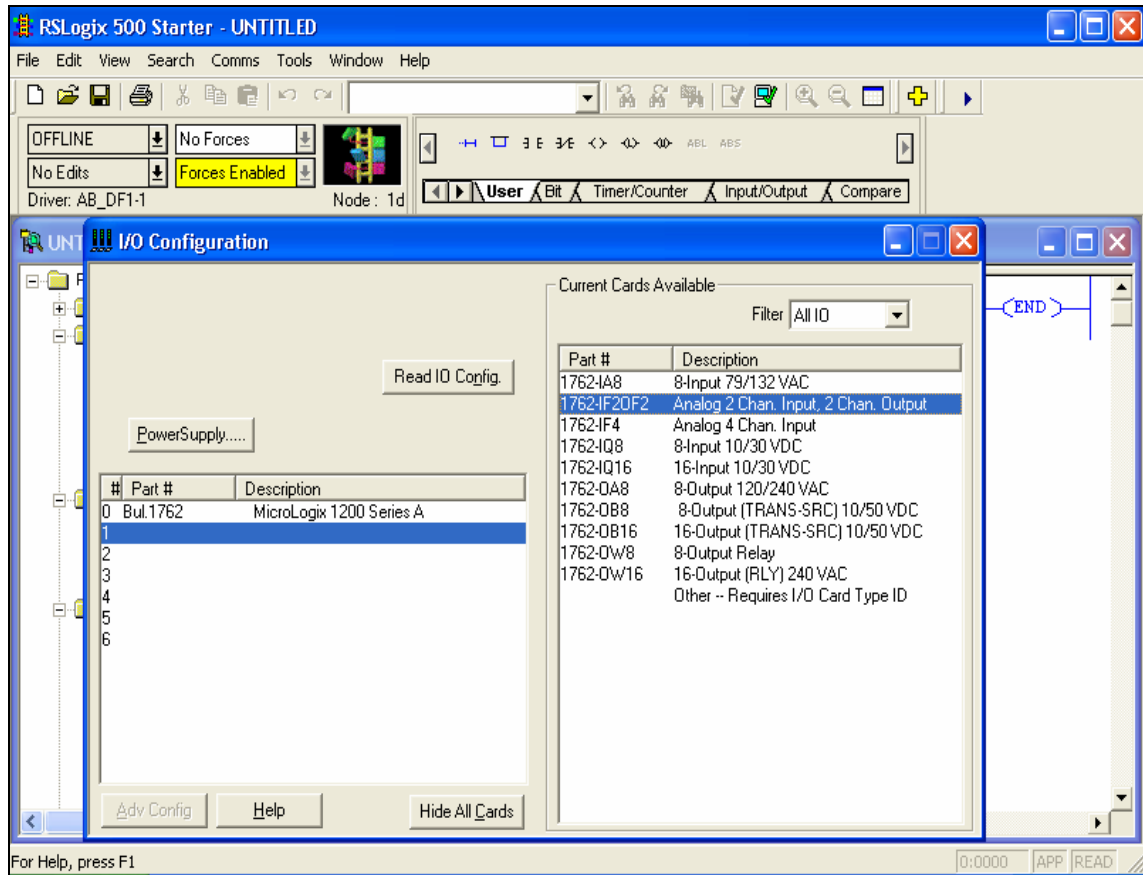


5.1.4.1.3 Módulos de expansión del PLC

Después de realizar la configuración de la comunicación serial, se procede a configurar los módulos de expansión de entradas/salidas analógicas. Para ello es necesario ingresar a la pantalla principal del programa RSLogix (figura 94), en el Árbol de proyecto, existe una opción denominada “*IO Configuration*”, al seleccionar dicha opción se presenta una pantalla donde se visualiza los módulos configurados para el autómeta.

Para configurar el módulo de entradas y salidas analógicas, debe seleccionar del lado derecho de la pantalla de configuración el módulo o parte 1762-IF20F2 con el *slot* 1 (parte izquierda de la pantalla de configuración) y aceptar la configuración, con ello está completamente configurado el autómeta y listo para funcionar. La figura 101 presenta lo que se mencionó anteriormente.

Figura 101. Pantalla de configuración del módulo de E/S analógicas

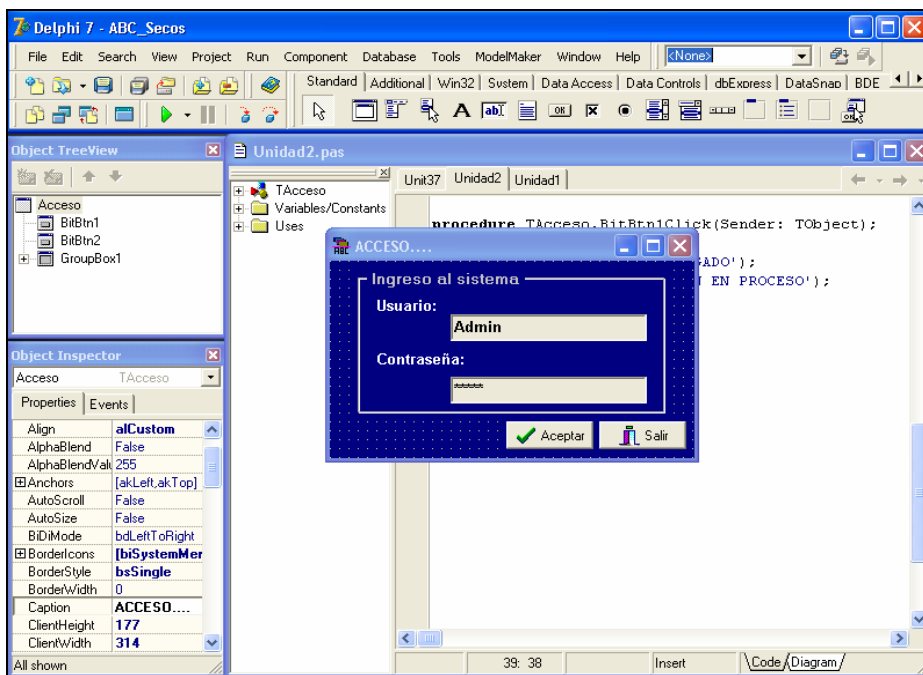


5.1.4.2 Borland Delphi 7.0 Enterprise

El programa de aplicación desarrollado en Borland Delphi 7.0, es el encargado de realizar la administración al sistema, este programa se denomina ABC_Secos.exe; en el se puede realizar la modularización, el mantenimiento y configuración en base del sistema. Recuerde que para poder cargar el programa y analizar su código, deberá instalar con anticipación el programa de desarrollo antes mencionado (Borland Delphi 7.0)

Este programa desarrollado abarca el realizar la conexión entre el PLC y la PC, por medio de componentes instalados de control de puertos tanto serial, paralelo, etc. La figura 102 muestra la pantalla principal del programa realizado en el lenguaje de alto nivel.

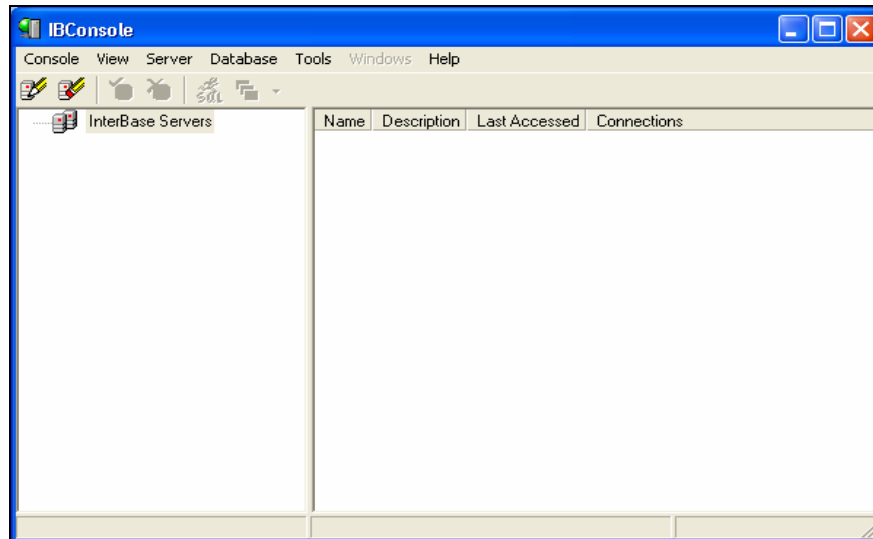
Figura 102. Pantalla de presentación en Borland Delphi 7.0



5.1.4.3 DBMS InterBase 6.5

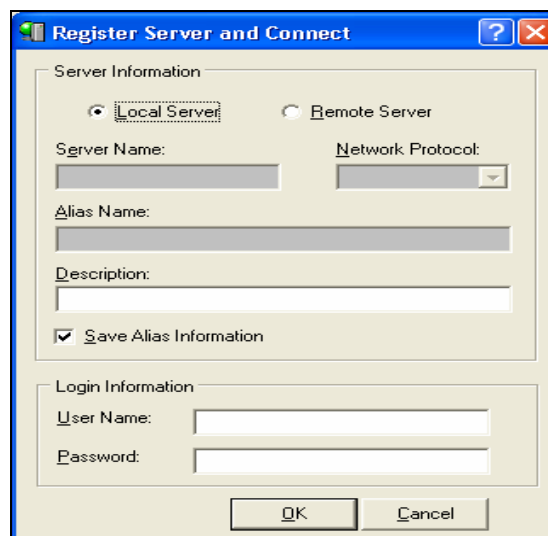
El sistema administrador de la base de datos a utilizar InterBase 6.5 se encarga de poder almacenar la información que proviene de los dispositivos periféricos y del PLC Micrologix 1200. La base de datos a utilizar tiene el nombre de BD_ABC.gdb, pero antes de poder acceder a dicha base de datos se debe realizar una instalación correcta del DBMS, terminada la instalación se debe configurar para poder tener acceso a la misma. La configuración se empieza con ingresar a la pantalla principal del DBMS (ver siguiente figura).

Figura 103. Consola principal del DBMS InterBase 6.5



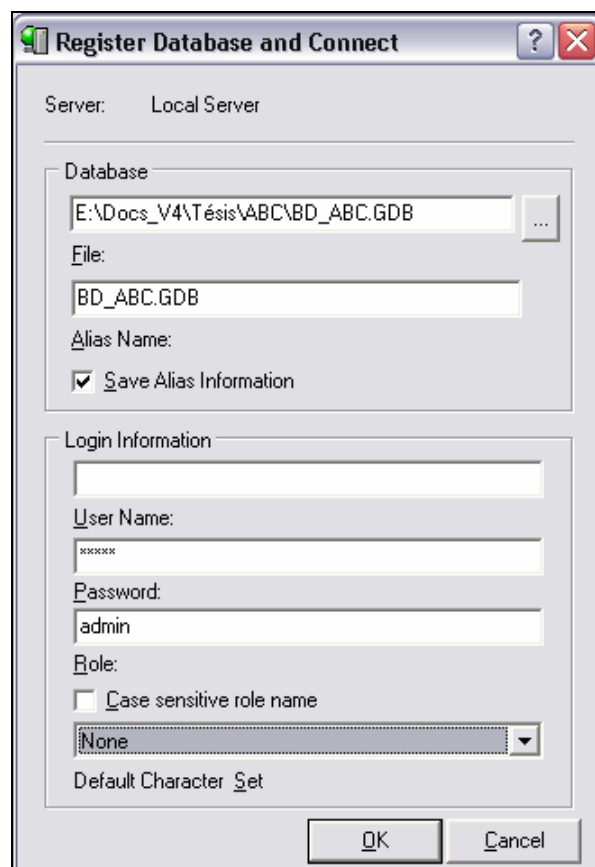
Ahora se continúa con registrar el servidor para ver si será local o remoto y realizar la conexión principal del DBMS con dicho servidor (ver figura 104), esto se realiza haciendo doble clic en "InterBase Servers".

Figura 104. Pantalla de registro y conexión del servidor



Ahora ya teniendo el acceso al DBMS se crea un *Database* (Base de datos), por medio de la pantalla que se presenta a continuación y se llenan las etiquetas que se muestran en la misma; para terminar con probar la conexión entre el DBMS y la base de datos creada.

Figura 105. Pantalla de registro y conexión de la base de datos



Luego se presiona el botón “OK” y terminamos de crear la base de datos. Esto solamente involucró la creación de la base de datos, otras opciones adicionales que se deben de realizar es cargar el “Script” de la base de datos para poder guardar la información que se encuentra disponible para el beneficio seco de café.

5.1.5 Equipo de cómputo

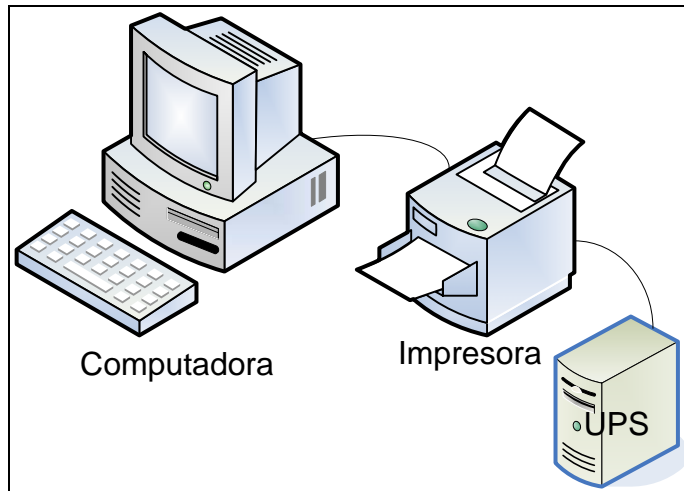
A lo largo del capítulo 4 y en las partes principales de este capítulo se ha mencionado la PC, y lo que se pretende explicar es el equipo de cómputo básico que se debe utilizar para la programación, configuración y monitorización del beneficio seco de café por parte del personal experto.

Las características principales y básicas que debe tener el equipo de cómputo (computadora), son las siguientes:

- CPU
 - Procesador Intel *Pentium* IV de 3.06 Ghz, Tecnología *Hyper Threading*
 - Case ATX de lujo
 - 256 MB de memoria RAM DDR *Bus* 333
 - Disco Duro de 60 GB
 - Puertos USB
 - Video de 32 MB y sonido *Full Dúplex*
 - Fax/Modem y Red 10/100
 - *Floppy* 3.5" de 1.44 MB
 - CDRW 52X24X8
 - Monitor de 15"
 - Bocinas incorporadas de 220 *Watts*, *Stereo*
- Teclado y Mouse
- Impresora Canon i350
- UPS *Tripplite*

Estas características son las necesarias para poder ver que el control del sistema sea el adecuado y no existan inconvenientes en su utilización. La figura 106 presenta el equipo de cómputo antes mencionado.

Figura 106. Equipo de cómputo necesario para el monitoreo



5.1.6 Personal de supervisión y control

El personal encargado de realizar el mantenimiento, la implementación y la operación del equipo de *hardware* y los programas de *software*, deberán ser personas capacitadas en temas como la automatización, conocer los programas de desarrollo y tener los conocimientos básicos en electrónica, de ésta manera se reduce el riesgo de problemas en el funcionamiento del beneficio.

Las personas que antes realizaban el trabajo en forma manual, ahora se encargarán de supervisar los procesos dentro de las líneas de producción y de realizar tareas secundarias dentro de la empresa.

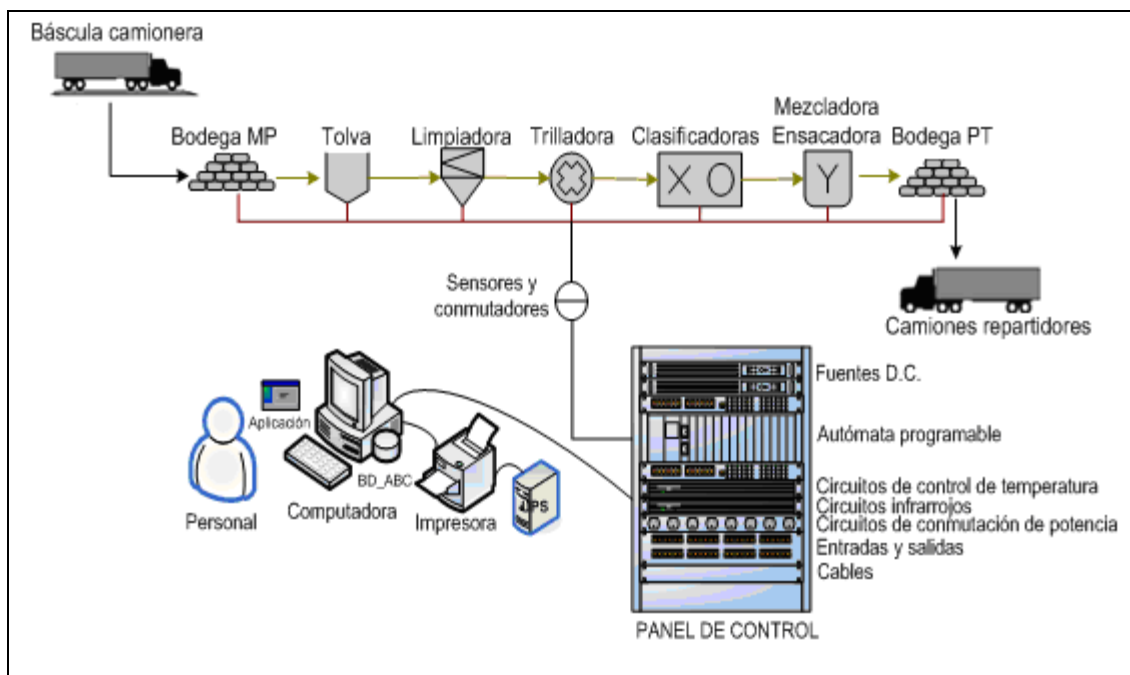
Como se mencionó que existen diversas áreas que integran la automatización, también deben existir profesionales que estén capacitados en las áreas de integración del sistema.

5.2 Integración de componentes para la automatización

La integración del sistema es la unión de los componentes, el funcionamiento general se explica a continuación: en la PC se programa el *software* de aplicación y monitoreo, el programa de monitoreo (*ladder*) se almacena en el PLC, el PLC controla los circuitos electrónicos, los circuitos electrónicos conducen la información provenientes de los sensores, estos sensores se encuentran ubicados en las máquinas del beneficio seco de café, la información que proviene de dichos sensores es interpretada por el PLC y transmitido hacia el puerto serial y monitoreado por el programa en lenguaje Delphi y los datos se almacenan en la base de datos interna.

Para verificar como es que queda la integración del sistema automatizado, se puede observar en la figura 107, las partes integrales.

Figura 107. Sistema automatizado para el beneficio seco de café



Terminando así la automatización del beneficio al integrar los componentes funcionales que hacen posible dicha automatización. Ahora lo único que nos queda es analizar los costos del equipo a utilizar para realizar que el beneficio seco de café se pueda encontrar entre las industrias que mantienen su optimización de recursos, reducción de costos, sistema de producción de mejor calidad, más eficientes y eficaces; logrando de esta manera la satisfacción del cliente.

6 EVALUACION DE COSTOS

En la evaluación de los costos, se hace referencia a la inversión que deben realizar las personas que deseen automatizar sus beneficios secos de café o de lo que invertirían en nuevos beneficios de café. Para realizar un adecuado examen de los costos, se analizan estos individualmente.

Estos resultados son en base a cotizaciones realizadas en Guatemala, a las empresas que venden los productos tales como las maquinas agrícolas para el procesamiento del café, el equipo de computo para la monitorización de las etapas, el equipo electrónico de soporte del proceso en si y de supervisión del mismo, así como las licencias y productos de *software* utilizados para la programación.

6.1 Evaluación de costos para la maquinaria

La maquinaria es la parte que se encarga de realizar el trabajo del proceso del café en el beneficio seco, la tabla siguiente contiene los costos que se incurren en realizar o construir un beneficio seco de café que hasta éste momento no ha sido automatizado y que puede verse como una inversión efectiva y eficiente donde se pueden obtener lo invertido y recuperarse a largo plazo. Estos costos no incluyen las instalaciones para el beneficio.

Tabla VII. Costos de inversión en maquinaria

CANT.	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO		SUBTOTAL	
		(\$)	(Q)	(\$)	(Q)
4	Depósito Metálico TUFM, 1,50 x 1,00 x 1,50 m de alto, con cono metálico y registro. Marca Pinhalense	634.00	4830.28	2536.00	19321.12
1	Transportador Vibratorio con base para muelles inclinados BJ-2X, 3,00 m de largo, con motor eléctrico (1 HP). Marca Pinhalense	1,321.00	10064.36	1321.00	10064.36
8	Transportador TRP-2X neumático con ventilador VC-028X, una tolva de entrada, ciclón 0,30 m de diámetro y motor eléctrico (1 HP). Marca Pinhalense	747.00	5691.20	5976.00	45529.59
1	Despedregadora CPF-1X con imán de placa y motor eléctrico (7.5 HP). Marca Pinhalense	6,517.00	49651.33	6517.00	49651.33
2	Ciclón 0,84 m de diámetro y filtro 0,60 x 6,00 m de alto. Marca	1,518.00	11565.25	3036.00	23130.49
1	Trilladora-Pulidora para café pergamino lavado DEPOL-1X con reductor y motor eléctrico (25 HP). Marca Pinhalense	13,638.00	103904.38	13638.00	103904.38
1	Clasificador Granulométrico (Zaranda) de flujo ascendente PI-4 con motor eléctrico (1 HP). Marca Pinhalense	4,301.00	32768.20	4301.00	32768.20
1	Separadora densimétrica MVF-1X con 2 motores eléctricos (0,5 HP y 3 HP). Marca Pinhalense	5,855.00	44607.72	5855.00	44607.72
1	Clasificador por color marca Xeltron modelo 6100C (aproximación)	15,500.00	118090.47	15500.00	118090.47
1	Transportador de Banda.	13,800.00	105138.61	13800.00	105138.61
1	Balanza Ensacadora (BAL-100). Marca Pinhalense	3,965.00	30208.30	3965.00	30208.30
1	Transportador con correa TSE.	12,675.04	96567.81	12675.04	96567.81
1	Materiales de Interligación	1,886.00	14368.94	1886.00	14368.94
PRECIO DE MAQUINARIA		\$82,357.04	Q627,456.85	\$91,006.04	Q693,351.33
Precio de Maquinaria total		\$82,357.04	Q627,456.85	\$91,006.04	Q693,351.33
Flete Marítimo (01 contenedor 40' y 01 contenedor 20')		5500.00	41903.07	5500.00	41903.07
Seguro		194.00	1478.04	194.00	1478.04
COSTO DE INVERSION FINANCIERA DEL BENEFICIO		\$88,051.04	Q670,837.95	\$96,700.04	Q736,732.43

6.2 Evaluación de costos en equipo electrónico

El equipo electrónico como se mencionó en el capítulo 3, consta del equipo del autómata programable con los módulos de expansión de entradas/salidas analógicas y de los circuitos electrónicos adicionales para el control y supervisión del beneficio. La tabla VIII se encarga de visualizar los costos del PLC y del módulo ADC; luego las tablas IX, X y XI dan a conocer los precios en los circuitos electrónicos (circuito infrarrojo, circuito de conmutación de potencia y circuito de control de temperatura).

Tabla VIII. Costos en autómatas y módulo E/S analógicas

CANT.	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO		SUBTOTAL	
		(\$)	(Q)	(\$)	(Q)
1	PLC Micrologix 1200 Cat. 1762-L24BWA, marca Allen-Bradley	492.00	3748.42	492.00	3748.42
1	Cable RS-232 conector de 8 pines. P/N 7444-0040, Cat. 1761-CBLPM02. Marca Allen-Bradley	71	540.9305	71	540.9305
1	Módulo de entradas y salidas analógicas (ADC), Cat. 1762-1F20F2. Marca Allen - Bradley	370.00	2818.93	370.00	2818.93
1	Riel DIN Cat. 199-DR1 (metro). Marca Allen-Bradley	4.52	34.44	4.52	34.44
PRECIO DEL AUTOMATA Y ADC		\$937.52	Q7,142.72	\$937.52	Q7,142.72

Tabla IX. Precio del circuito infrarrojo

CANT.	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO		SUBTOTAL	
		(\$)	(Q)	(\$)	(Q)
1	Diodo infrarrojo emisor SIR ECG-3017	0.61	4.65	0.61	4.65
1	Fotodiodo detector SIR2	1.48	11.30	1.48	11.30
1	Diodo de silicio ECG-116, 1N4001	0.13	1.00	0.13	1.00
1	Resistencia de 0,1 Kohms	0.07	0.55	0.07	0.55
1	Resistencia de 22 Kohms	0.07	0.55	0.07	0.55
1	Resistencia de 1 Kohms	0.07	0.55	0.07	0.55
1	Buffer inversor ECG-4049	0.66	5.00	0.66	5.00
1	Fuente D.C. para 5 voltios, 1 Amperio	32.16	245.00	32.16	245.00
1	Fuente D.C. para 24 voltios, 1 amperio	95.16	725.00	95.16	725.00
1	Relé 1A. 5 VDC – 1A. 24 VDC	1.77	13.50	1.77	13.50
6	Alambre para conexión (metros)	0.43	3.25	2.56	19.50
1	Placa cuadrada con cubierta de cobre	1.04	7.96	1.04	7.96
1	Líquido férrico en frasco pequeño	1.18	9.00	1.18	9.00
2	Estaño 60/40 250M/R 1,0 MM TE (metro)	0.25	1.90	0.50	3.80
1	Elaboración del circuito	16.41	125	16.41	125.00
PRECIO DEL CIRCUITO SENSOR INFRARROJO		\$151.50	Q1,154.21	\$153.88	Q1,172.36

Tabla X. Precio del circuito de conmutación de potencia

CANT.	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO		SUBTOTAL	
		(\$)	(Q)	(\$)	(Q)
1	Diodo de silicio ECG-116, 1N4001	0.13	1.00	0.13	1.00
1	Relé 1A. 24 VDC – 10A. 220 VAC	5.25	40.00	5.25	40.00
6	Alambres para la conexión (metros)	0.43	3.25	2.56	19.50
1	Placa cuadrada con cubierta de cobre	1.04	7.96	1.04	7.96
1	Líquido férrico en frasco pequeño	1.18	9.00	1.18	9.00
2	Estaño 60/40 250M/R 1,0 mm TE (metro)	0.25	1.90	0.50	3.80
1	Elaboración del circuito	13.13	100.00	13.13	100.00
PRECIO DE CIRCUITO DE CONMUTACION DE POTENCIA		\$21.41	Q163.11	\$23.79	Q181.26

Tabla XI. Precio del circuito de control de temperatura

CANT.	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO		SUBTOTAL	
		(\$)	(Q)	(\$)	(Q)
1	Resistencia de 5,2 Kohms	0.07	0.55	0.07	0.55
1	Termistor de 5,2 Kohms	3.74	28.50	3.74	28.50
1	Fuente D.C. para 24 voltios, 1 Amperio	95.16	725.00	95.16	725.00
6	Alambre para conexión (metros)	0.43	3.25	2.56	19.50
1	Placa cuadrada con cubierta de cobre	1.04	7.96	1.04	7.96
1	Líquido férrico en frasco pequeño	1.18	9.00	1.18	9.00
2	Estaño 60/40 250M/R 1,0 MM TE (metro)	0.25	1.90	0.50	3.80
1	Elaboración del circuito	6.56	50	6.56	50
PRECIO DEL CIRCUITO DE TEMPERATURA		\$108.44	Q826.16	\$110.82	Q844.31

6.3 Costos a nivel de programas, licencias de *software* y equipo de cómputo

Además de los costos anteriormente mencionados, otro de los aspectos que se tomaron en cuenta para la propuesta, son los costos en el *software* a utilizar para el control del beneficio de café. La tabla XII muestra claramente los costos en los productos de *software*, basándose en licencias y programas a utilizar para el control y supervisión del beneficio. La tabla XIII nos hace referencia sobre los costos que se debe incurrir para el equipo de computación básico.

Tabla XII. Costos en programas y licencias del producto de *software*

CANT.	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO		SUBTOTAL	
		(\$)	(Q)	(\$)	(Q)
1	Software RS Logix 500, Cat. 9324-RL0300ENE STANDARD	1420.00	10818.61	1420.00	10818.61
1	Borland Delphi 7,0 Enterprise Licencia, incluye InterBase 6,5	4079.99	31084.35	4079.99	31084.35
1	Producto ABC_Secos.exe 1.0 y modelo E-R BD_ABC.gdb	42000.00	319987.08	42000.00	319987.08
1	Programa escrito en Ladder con RS Logix 500 - LADDER.rss	18000.00	137137.32	18000.00	137137.32
PRECIO DE PROGRAMAS Y LICENCIAS DEL SOFTWARE		\$65,499.99	Q499,027.36	\$65,499.99	Q499,027.36

Tabla XIII. Costos en equipo de computación

CANT.	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO		SUBTOTAL	
		(\$)	(Q)	(\$)	(Q)
1	Computadora Personal (PC) 3,06 Ghz, PIV	651.68	4965.00	651.68	4965.00
1	Impresora Canon I350	68.25	520.00	68.25	520.00
1	UPS Triplite	128.50	979.00	128.50	979.00
1	Regleta 6 tomas	3.28	25.00	3.28	25.00
PRECIO DE EQUIPO DE COMPUTO		\$851.72	Q6,489.00	\$851.72	Q6,489.00

6.4 Inversión total para la automatización

Por último los costos finales a los que se puede incurrir en la automatización del beneficio de café, se presentan a continuación en la tabla XIV. Como se pudo observar en las tablas anteriores relacionadas con el costo, su valor de tasa de cambio fue de \$1.00 por cada Q 7.61874 con fecha del 30 de Junio del 2005 (referencia: Bolsa de valores).

Tabla XIV. Costos totales de inversión

CANT.	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO		SUBTOTAL	
		(\$)	(Q)	(\$)	(Q)
1	COSTO DE INVERSION FINANCIERA DEL BENEFICIO	96700.04	736732.43	96700.04	736732.43
1	PRECIO DEL AUTOMATA (PLC) Y ADC	937.52	7142.72	937.52	7142.72
9	PRECIO DEL CIRCUITO SENSOR INFRARROJO	153.88	1172.36	1384.91	10551.24
9	PRECIO DE CIRCUITO DE CONMUTACION DE POTENCIA	23.79	181.26	214.12	1631.34
9	PRECIO DEL CIRCUITO DE TEMPERATURA	110.82	844.31	997.38	7598.79
1	PRECIO DE EQUIPO DE COMPUTO	851.72	6489.00	851.72	6489.00
1	PRECIO DE PROGRAMAS Y LICENCIAS DE SOFTWARE	65499.99	499027.36	65499.99	499027.36
COSTOS FINALES		\$164,277.75	Q1,251,589.44	\$166,585.67	Q1,269,172.88

Cabe hacer notar que no se incluyen los costos en la instalación debido a que son distintas áreas que deben estar involucradas en la automatización.

Con esto se toma una referencia en los costos y que alternativa prefiere, seguir trabajando manualmente o automatizar su proceso con remuneración de su inversión inicial a largo plazo.

CONCLUSIONES

1. El problema que enfrentan las empresas para obtener el producto de mejor calidad se basa en la inversión inicial que se debe realizar y al cambio en la tecnología a utilizar. La propuesta se orienta a poder disminuir dicha inversión, el cambio es para bien del desarrollo íntegro de las organizaciones y ayudará a proveer a la industria a obtener mejores beneficios para ellos mismos, sus clientes y los productos que fabriquen.
2. La integración de controladores programables con PC es una técnica a utilizar para integrar tecnologías, tanto de *hardware* como de *software*; éstas tecnologías son parte fundamental en todas las empresas, no solamente en la producción; sino en áreas mecanizadas, sistematizadas u obreras, por ello, se debe innovar y mejorar para poder competir en el mercado y así obtener productos con los más altos estándares de calidad.
3. La automatización es un vínculo necesario para el desarrollo de las industrias; el avance tecnológico, realiza cambios en las bases de las organizaciones y ayuda a mejorar sus relaciones internacionales y comerciales.
4. Se debe plantear de manera eficiente el manejo y control del proceso de producción de café, junto con el control en las líneas de producción, maquinaria y herramienta defectuosa, supervisión del personal, bodegas, gráficas de producción obtenida, utilizando programas y equipo electrónico que ayude con el trabajo que se debe realizar dentro de las organizaciones.

5. Los costos de inversión son parte fundamental para poder realizar una buena automatización; los costos iniciales son altos, pero esta inversión se puede recuperar con el tiempo por medio de la obtención de mayores utilidades, reducción de los costos y obtención de productos de mejor calidad; lo que dará como resultado un alto índice de clientes satisfechos.

RECOMENDACIONES

1. La propuesta presentada está dirigida hacia el beneficiado seco de café, pero cabe mencionar que la misma puede orientarse hacia otros beneficiados de granos básicos u otras industrias de producción. El *hardware* puede utilizarse para el autocontrol de las líneas de producción y el *software* para la monitorización de las mismas.
2. Si lo que se pretende es controlar las instalaciones del beneficio, desde lugares remotos o lejanos; entonces, se puede incorporar otras tecnologías tales como los sistemas SCADA. Estos sistemas ayudan a monitorear los autómatas, utilizando conexiones inalámbricas que proveen en tiempo real la información que se presenta en cada una de las instalaciones donde se instale el equipo de comunicación SCADA.
3. Cuando se desee realizar la automatización en cualquier industria, se debe de contratar el personal capacitado y especializado en cada una de las áreas que integren el proceso de automación para su supervisión adecuada y se debe fortalecer con un plan de desarrollo para una debida integración.
4. Si la industria es demasiado grande, entonces, se debe utilizar otro modelo de autómata que presente una estructura con mayores extensiones de entrada/salida y, además, se deben seguir las instrucciones del fabricante para el uso adecuado del equipo.

5. En Guatemala, existen industrias que proveen la información en base a costos. Para la maquinaria existe Tecnicafé S.A. que provee asesoría Agrícola y Financiera. Intek capacita y provee información sobre autómatas programables a comprar. Para consultar respecto de dispositivos o circuitos electrónicos, el equipo de consultores electrónicos del futuro y compañía limitada (CEF) lo puede proveer. El equipo de cómputo puede referenciarse en empresas especializadas en venta de computadoras. Y por último para conocer aspectos importantes sobre la legislación del beneficiado, se encuentra ANACAFÉ –Asociación nacional del café en Guatemala– que también provee asesoría total para la producción del café.

BIBLIOGRAFÍA

1. **Advanced Programming Software (APS)**. 1.1^a ed. Estados Unidos: Editorial Rockwell Software, 1992.
2. Bailly, Hagler. **Guía de prevención de la contaminación para el beneficiado de café en El Salvador**. El Salvador: s.e., 2001. 38 pp.
3. Balcells, Joep y Jose Luis Romeral. **Autómatas Programables**. España: Editorial Marcombo. 1997. 22 pp.
4. Bryan L.A. y E.A. Bryan. **Programmable Controllers - Theory and Implementation**. 2a ed. Estados Unidos: Editorial Industrial Text. 1998. 1053 pp.
5. Castillo, Haendel. **Curso Delphi Básico**. s.l.: s.e. 2004. 30 pp.
6. Ceballos, Francisco Javier. **Curso de programación C++, Programación orientada a objetos**. España: Editorial RA-MA, 1991. 780 pp.
7. **Controladores programables Micrologix™ 1200**. Estados Unidos: Editorial Rockwell Software, 2000. 156 pp.
8. Cordón Rodríguez, Maynor Vinicio. Nuevos procesos mecánicos para el beneficiado de café. Tesis Ing. Mec. Ind. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2002. 95 pp.
9. Date, C.J. **Introducción a los sistemas de bases de datos**. 6^a ed. s.l.: Editorial Addison Wesley, 1992. 567 pp.
10. **ECG Semiconductors**. Canadá: s.e., 1991. 653 pp.
11. Estrada Martínez, Alejandro. Centro de acopio y procesamiento primario de café (Beneficio ecológico húmedo) en la aldea Tzampetey, municipio de San Antonio Palopó, Sololá. Tesis Ing. Mec. Ind. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2000. 92 pp.

12. García, R. **Transmisión Serie: RS 232**. s.l. : s.e., 2005. 23 pp.
13. Garza Támez, Luis Carlos. **Como configurar el RSLogix 500 para programar la familia Micrologix mediante RS-232**. México: Editorial ABSA, 2004. 7 pp.
14. Gudiel Herrera, Susan Verónica. Catálogo electrónico de la biblioteca de la facultad de Ingeniería. Tesis Ing. En Ciencias y Sistemas. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2000. 100 pp.
15. Heilbronn Marcom, Vishay. "*Silicon NPN Phototransistor*" **Revista Vishay**. (Alemania)(1.4): 1. 2004.
16. **Herramientas gráficas del diseño estructurado**. España: s.e., 2003. 14 pp.
17. Interbase 5 Tutorial. **Revista InterBase Software Corp. Technical Publications**. s.l.: 5-7. 2004
18. Larrouse. **Diccionario enciclopédico básico**. 4^a ed. España: Editorial Alfredo Ortells, 1973.
19. Malvino, Edgar Paul. **Principios de Electrónica**. 4^a ed. Mexico: Editorial McGraw - Hill, 1992. 973 pp.
20. Mano, Morris. **Diseño Digital**. México: Editorial Prentice Hall. 1987. 491 pp.
21. Marroquín Díaz, Ingrid Concepción. Automatización en el proceso de selección por color del grano de café en oro. Tesis Ing. Mec. Ind. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1999. 135 pp.
22. Mazariegos Rabanales, Jorge Armín. Automatización Industrial con PLC. Un enfoque sistémico. Tesis Ing. Ciencias y Sistemas. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2001. 107 pp.
23. Melgar Dorigoni, Rafael Leonardo. Proceso de automatización de una empacadora. Tesis Ing. Mec. Eléc. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2000. 120 pp.

24. Microsoft Encarta. **Biblioteca de consulta**. 2003.
25. Mileaf, Harry. **Electricidad**. Tomo 2. México: Editorial Limusa. 1982. 129 pp.
26. Musalem M., Rodrigo A. **Programación en escalera (Ladder)**. s.p.: s.e., 2001. 6 pp.
27. Philippakis, Andreas S. y Leonard J. Kazmier. **Cobol Estructurado**. 3a ed. México: Editorial Mc Graw Hill, 1991. 503 pp.
28. Ricaño, Alfonso. **¿Porqué utilizar Interbase?**. México: s.e., 2004. 3 pp.
29. Riseland, Karen. "*Cable Assembly Instruction*" **Revista Maple Systems Inc.** s.l.: 1. 2002.
30. Roux, Guilles y Carlos Camacho Nassar. **Caracterización de la cadena del café en Guatemala**. Guatemala: s.e., 1992. 34 pp.
31. **RSLogix 500, Programming for the SLC 500™ and Micrologix™ Families**. Estados Unidos: Editorial Rockwell Software. 2000. 64 pp.
32. **SLC 500™ and Micrologix™ 1000 Instruction Set**. 1.1ª ed. Estados Unidos: Editorial Rockwell Software, 1998. 561 pp.
33. Toledo Barrientos, Marlon Giovany. Selección y ubicación de sensores en automatización por PLC de motores de combustión interna en generación eléctrica. Tesis Ing. Mec. Eléc. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1999. 62 pp.
34. Triviño Bello, Luis. **Técnicas de desarrollo de sistemas de información administrativos**. Chile: s.e., s.a. 8 pp.
35. Valverde Romera, Julio. **Adquisición de magnitudes físicas mediante microcontrolador**. España: s.e., 2000. 46 pp.
36. Zelada López, Raúl Anibal. Tecnología mecánica del café en el beneficio seco. Tesis Ing. Mec. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2001. 96 pp.

BIBLIOGRAFIA ELECTRÓNICA

37. <http://departamentos.unican.es/digteg/web-rele/tipos-reles.htm>
Relés. Mayo del 2004.
38. <http://es.wikipedia.org/wiki/>
Wikipedia en español. Mayo del 2005.
39. <http://members.es.tripod.de/tutorial/index.html>
La Web de los tutoriales. Enero del 2004.
40. http://pomelo.ivia.es/mecanización/www/manual_electrónica/auto/transd.htm
Sensores/transductores. Noviembre del 2003.
41. <http://tecnicasdesolidos.com/productos/ensacadoras.htm>
Ensacadoras. Abril del 2004.
42. <http://usuarios.lycos.es/puchus/memoria6/memoria6.htm>
La resistencia variable con la luz. Agosto del 2004.
43. <http://www.ab.com/manuals/es/cp/1761/1762-um001b-es-p.pdf>
Controladores Programables Micrologix 1200. Mayo del 2004.
44. <http://www.ab.com/plclogic/micrologix/1200/index.html>
Micrologix 1200 *Controller*. Mayo del 2004.
45. <http://www.abox.com/productos.asp>
ABOX - Borland Delphi 7 *Studio*. Mayo del 2004.
46. <http://www.absaweb.com.mx>
ABSA. Mayo del 2004.
47. http://www.anzwers.org/free/arsabe/opto/opto_a.htm
Optoelectrónica. Agosto del 2004.
48. <http://www.automatas.org/abb/comunicaciones.htm>
Comunicaciones. Septiembre del 2004.
49. <http://www.bestcbcoffee.com/esp/procesos.html>
Cafetalera Castellon. Octubre del 2003.
50. <http://www.borland.com/delphi/>

- Borland: Delphi. Septiembre del 2004
51. <http://www.cafeilusion.com.ni/benefisec.html>
Beneficiado seco. Octubre del 2003.
 52. <http://www.chiriqui.com/sitton/proceso.htm>
Proceso. Agosto del 2003.
 53. <http://www.ctv.es/pckits/tpseriee.html>
PC KITS - *Tutorial page* (puerto serie, RS-232). Septiembre del 2004.
 54. <http://www.detektor.com.ar/text/sentemp.htm>
Los sensores de temperatura electrónicos. Julio del 2003.
 55. <http://www.euskalnet.net/shizuka/rs232.htm>
Estándar RS 232. Septiembre del 2004.
 56. <http://www.femz.es/cursos/automatas/tema01/tema01.htm>
Curso Automatas Programables. Febrero del 2004.
 57. <http://www.fonaes.gob.mx/areas/comercn/café/mexico/produccion.htm>
Proceso producción. Agosto del 2003.
 58. <http://www.geocities.com/carcorsa/regiones.htm>
Regiones. Julio del 2003.
 59. http://www.grupo-maser.com/PAG_Cursos/Auto/auto2/auto2/PAGINA%20PRINCIPAL/PLC/plc.htm
PLC. Julio del 2003.
 60. <http://www.inele.ufro.cl/bmonteci/semic/apuntes/electronbasic/9.htm>
Tema 7. Agosto del 2004.
 61. <http://www.interbase.com.mx>
¿Por qué utilizar InterBase?. Agosto del 2004.
 62. http://www.introl.pl/ab/produkty/sterowniki/micrologix/micrologix_1200.html
Micrologix 1200. Mayo del 2004.
 63. <http://www.inycom.es/web/electronica/listaelectronica.htm>
Simblología. Agosto del 2004.
 64. <http://www.ipc.com.mx/dpi-basculas%20camioneras.htm>
Basculas camioneras. Abril del 2004.

65. http://www.ipn.mx/sitios_intereses/SanLovdra/serie.htm
Puerto Serie. Abril del 2004.
66. <http://www.jborrell.com/productos/stock.htm>
Borrell® Maquinaria Productos: Stock. Abril del 2004.
67. <http://www.laneta.apc.org/tosepan/producto/cafeintro.htm>
Introducción al estudio del café. Julio del 2003.
68. <http://www.logistec.cl/noticia.php?archivo=229>
Logistec. Febrero del 2005.
69. <http://www.maple-systems.com/1024/10240040.pdf>
Cable Assembly Instruction. Noviembre del 2003.
70. <http://www.mdlive.com/d3k/>
D3K, *The Artisan of ware*. Mayo del 2005
71. <http://www.mercatoragricola.com/bsc.htm>
Beneficio seco del café. Agosto del 2003.
72. <http://www.monografias.com/trabajos/anaydisesis/anaydisesis.shtml>
Análisis y diseño de sistemas. Febrero del 2004.
73. <http://www.pinhalense.com>
Pinhalense S/A Máquinas Agrícolas. Noviembre del 2004.
74. <http://www.pinhalense.com.br>
Pinhalense. Octubre del 2003.
75. <http://www.plcs.net/chapters/whatis1.htm>
Table of Contents. Febrero del 2004.
76. <http://www.ramses.o5c.net>
Detector_infra. Junio del 2004.
77. <http://www.realtimeservice.com.ar/sp/desarrollos/productos/rockwell/interfaces.htm>
Interfaces. Mayo del 2004.
78. <http://www.rec.ri.cmu.edu/education/webpage/lightsensor.htm>
LightSensor. Noviembre del 2003.
79. <http://www.redcafe.org/cultivo.htm>

Cultivo de café. Octubre del 2003.

80. <http://www.reproma.com/soluciones/cafe/diagrama.html>
Cafe. Julio del 2003.

81. <http://www.reproma.com/soluciones/cafe/recibocafepergamino.html>
Cafe. Julio del 2003.

82. <http://www.vishay.com/docs/81532/81532.pdf>
Silicon NPN Phototransistor. Febrero del 2004.

83. <http://www.xeltron.com/espanol/productos/canales/6100c.htm>
Xeltron Productos. Noviembre del 2004.

84. <http://zeus.uam.mx/labre/servo2.htm>
Automatización. Marzo del 2004.