

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Propuesta de optimización en el proceso hidrotérmico, mediante un sistema automatizado utilizando controles lógicos programables, sensores y actuadores, que permitan medir el volumen de tanques de combustibles y agua, además del llenado automático del tanque distribución principal de agua, de la empresa *Frutícola del Sur, S.A.*

Trabajo de graduación presentado por

José Carlos López Ramírez

para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería en Tecnología
Industrial

Guatemala,

2016

Propuesta de optimización en el proceso hidrotérmico, mediante un sistema automatizado utilizando controles lógicos programables, sensores y actuadores, que permitan medir el volumen de tanques de combustibles y agua, además del llenado automático del tanque distribución principal de agua, de la empresa *Frutícola del Sur, S.A.*

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Propuesta de optimización en el proceso hidrotérmico, mediante un sistema automatizado utilizando controles lógicos programables, sensores y actuadores, que permitan medir el volumen de tanques de combustibles y agua, además del llenado automático del tanque distribución principal de agua, de la empresa *Frutícola del Sur, S.A.*

Trabajo de graduación presentado por

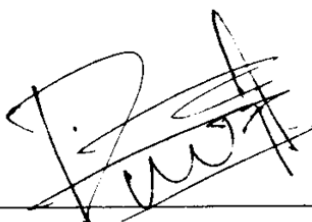
José Carlos López Ramírez

para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería en Tecnología Industrial

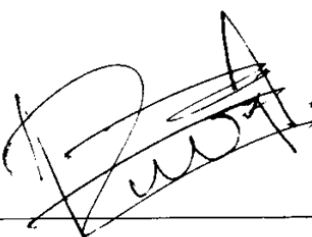
Guatemala,

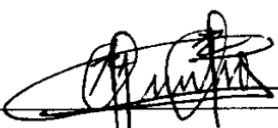
2016

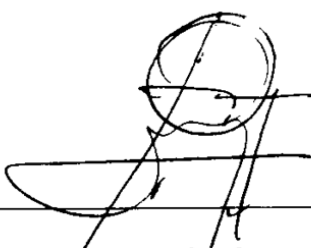
Vo. Bo. :

(f) 
Ing. Carlos Rodolfo Ruiz Rivera

Tribunal Examinador:

(f) 
Ing. Carlos Rodolfo Ruiz Rivera

(f) 
Ing. Sergio Estuardo Barrea Urrutia

(f) 
Ing. Fernando Rivera

Fecha de aprobación: Guatemala 27 de enero de 2016

ÍNDICE

Lista de tablas	viii
Lista de ilustraciones.....	ix
Lista de gráficas.....	x
RESUMEN	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	2
A. General.....	2
B. Específicos	2
III. JUSTIFICACIÓN	4
IV. MARCO TEÓRICO.....	4
A. <i>Frutícola del Sur, S.A.</i>	4
1. Descripción del producto.	4
2. Descripción del proceso.	4
3. Identificación del uso del producto por los consumidores.	4
B. Descripción del diagrama de flujo de producción.....	5
1. Campo.	5
2. Recepción.....	6
3. Lavado de fruta.	6
4. Hidrotérmico.	7
5. Zona de reposo.....	7
6. Empaque.	7
7. Cuartos fríos.....	8
8. Embarque.	8
C. Área hidrotérmico.	8
1. Normativa de proceso	8
D. Automatización.....	12
1. ¿Qué es la automatización?.....	12
2. Sistemas de control.	13

3.	Grado de automatización.	13
E.	PLC	13
1.	¿Qué hace un PLC?.....	14
2.	¿Cómo se clasifican los PLC?.....	15
3.	Campos de aplicación del PLC	15
4.	Ventajas del PLC	15
F.	Optimización.....	16
1.	Variables de consumo energético.	16
2.	Variables de rendimiento.	16
G.	Sensor.....	17
1.	Tipos de sensores:	17
2.	Actuadores	18
VI.	RESULTADOS.....	25
A.	Recolección de datos.....	25
VII.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	31
VIII.	CONCLUSIONES	35
IX.	RECOMENDACIONES	36
A.	Para las fallas en generadoras	36
B.	Para las fallas en calderas	36
C.	Para el personal del área de hidrotérmico	36
X.	BIBLIOGRAFÍA	37
XI.	ANEXOS	39
XII.	GLOSARIO	42

Lista de tablas

Tabla 1: Temperatura de almacenamiento de mango.....	4
Tabla 2: Características de actuadores	19
Tabla 3: Capacidad de almacenamiento por tanques	25
Tabla 4 Costos de inversión	26
Tabla 5 Consumo por caldera	29
Tabla 6 Beneficio proyecto de automatización.....	34

Lista de ilustraciones

Ilustración 1 Diagrama de flujo, proceso de exportación	5
Ilustración 2 Área de hidrotérmico	10
Ilustración 3 Planta empacadora <i>Frutícola del Sur S.A.</i>	11
Ilustración 4 Control lógico programable	14
Ilustración 5 Tipos de sensores.....	17
Ilustración 6 Sensor de nivel	18
Ilustración 7 Bomba de agua	18
Ilustración 8 Dibujo acotado: sonda monovarilla	20
Ilustración 9 Indicaciones de montaje	21
Ilustración 10 Tipo de conexión	21
Ilustración 11 Diagrama eléctrico relé 8 pines	22
Ilustración 12 LOGO! 12/24RCE	23
Ilustración 13 Conexión entradas y salidas LOGO!	23
Ilustración 14 Simulación de proyecto de automatización	24
Ilustración 15 Tanque de combustible diésel	39
Ilustración 16 Tanque de combustible de aceite reciclado	40
Ilustración 17 Tanque de agua principal <i>Frutícola del Sur S.A.</i>	41

Lista de gráficas

Gráfica 1 Paradas de emergencia temporada 2015	27
Gráfica 2 Paradas de emergencia temporada 2014	27
Gráfica 3 Porcentaje de paradas de emergencia 2015	28
Gráfica 4 Porcentaje de paradas de emergencia 2014	28
Gráfica 5 Fallos de caldera 2015	29
Gráfica 6 Porcentaje de fallos en calderas 2015	30
Gráfica 7 Fallos en calderas 2014	30
Gráfica 8 Tratamientos diarios promedio utilizando 6 tanques de proceso temporada 2015	31
Gráfica 9 Tratamientos diarios promedio utilizando 4 tanques de proceso temporada 2014	32
Gráfica 10 Proyección 2016 para 6 tanques de tratamiento	33

RESUMEN

La empresa *Frutícola del Sur S.A.* es una planta empacadora destinada a la comercialización local y exportación de fruta, su materia prima es el mango, para la exportación dicha fruta requiere de un proceso antes de ser enviada al extranjero, el más crítico es el tratamiento hidrotérmico, dicho proceso consiste en generar vapor por medio de calderas, para luego distribuir el mismo por las tuberías hacia los tanques, las cuales mantendrán una temperatura entre los 115 ° F y 118 ° F, para cumplir con los requisitos internacionales, en *Frutícola del Sur, S.A.* se tiene un tanque de abastecimiento de agua general, el área de hidrotérmico donde se desarrollará el trabajo cuenta, con un tanque de almacenamiento de agua, dos tanques de almacenamiento de combustible, tres calderas de vapor y un tanque de almacenamiento de vapor el cual está aislado con fibra de vidrio para evitar fugas de calor. Toda la operación de calderas, arranque, revisión de combustible y agua en los tanques, además de abastecimiento de vapor hacia tuberías, se ejecuta manualmente por uno o dos operadores.

La propuesta para optimizar movimientos, agilizar el proceso, evitar pérdidas de tiempo y trasiego de combustible. Es una propuesta de automatización por medio de un dispositivo programable autómatas que controlará las mediciones de los diferentes tanques y llenado del tanque de abastecimiento principal de agua, de modo que el operador se encuentre en el cuarto de control verificando su total funcionamiento requiriendo la intervención humana únicamente en casos de mantenimiento o emergencia.

I. INTRODUCCIÓN

Este trabajo pretende optimizar la planta empacadora, para que sea más eficiente, minimizando costos y maximizando los recursos que tenemos a nuestro alcance, en el cual se realizará un estudio para poder demostrar las mejoras que se pueden hacer en el área de proceso hidrotérmico, así comprobar el impacto que representa la falta de agua en dicha área.

La falta de agua es un punto crítico en este proceso, la carencia de un sistema de llenado automático provoca retrasos en el funcionamiento o inclusive pérdidas de tratamientos dependiendo la magnitud de la falla o retraso.

Actualmente la empresa cuenta con un sistema de llenado manual, donde un trabajador es encargado de revisar tanto el tanque de agua como los tanques de combustibles, lo que hace que sea un proceso lento al momento de existir alguna falla, retrasos de 15 minutos aproximadamente para volver a tener un nivel de agua adecuado.

La metodología empleada, fue experimental – investigativo, combinando la experiencia y conocimientos técnicos a través de la carrera, en el cual se presentarán una serie de problemas y proponiendo solución de una manera técnica, además de presentar el costo de inversión de dicho proyecto y la viabilidad del mismo.

II. OBJETIVOS

A. General

- Optimizar el proceso hidrotérmico de la empresa *Frutícola del Sur, S.A*, mediante un control programable automático, que permite controlar desde un nivel de gestión las operaciones del área.

B. Específicos

- Asegurar el funcionamiento del equipo de medición en el área de hidrotérmico mediante dispositivos de campo, sensores, transmisores, interruptores, que permitan manipular desde el cuarto de control todas las operaciones.
- Reducir en un 50% las paradas de emergencia por desabastecimiento de agua en el área de hidrotérmico, mediante la automatización del llenado del tanque principal.
- Eliminar las pérdidas de tratamientos térmicos por baja de temperatura en los tanques de proceso, debido a la falta de agua en el tanque en área de calderas.
- Conocer los costos de inversión del proyecto.
- Medir en un 100% el volumen de los tanques de abastecimiento de agua y combustible para tener un control exacto de cada tanque.

III. JUSTIFICACIÓN

La empresa *Frutícola del Sur, S.A.*, se ve en la necesidad de tener personal a tiempo completo para verificar el funcionamiento óptimo de cada uno de los equipos, esto representa costo de mano de obra y pasivo laboral. Este trabajo pretende aprovechar los recursos tecnológicos actuales, ahorrar tiempos y movimientos innecesarios, haciendo eficiente la operación al poder.

Medir en línea los diferentes tanques de abastecimiento de agua y combustible, llenado automatizado del tanque principal de agua, además de tener un mejor control en las entradas y salidas de combustible.

Se optimizará el proceso de área de hidrotérmico, minimizando las paradas de emergencia por problemas de abastecimiento de agua, se tendrá mayor estabilidad en las temperaturas, reduciendo así las probabilidades de perder tratamientos, se podrá medir de manera eficiente los diferentes tanques de combustible, se controlará el llenado del tanque principal sin tener que movilizarse al punto donde se localiza.

Para la realización de las operaciones se propone un dispositivo de control lógico programable que permitirá a través de sus entradas y salidas manipular los sensores y actuadores a utilizarse en el proyecto.

IV. MARCO TEÓRICO

A. *Frutícola del Sur, S.A.*

Frutícola del Sur, S.A. se encuentra ubicada en el Km 122.5 carretera a Nueva Concepción, Patulul, Suchitepéquez, actualmente cuenta con una extensión de 87500 mts², es una empresa que se dedica a la exportación y comercio local de fruta, encontrando en el mango su principal fuente de ingresos.

1. Descripción del producto. Mercado de Frutas Frescas (Mango).
2. Descripción del proceso. El mango es un fruto carnoso, de forma oval, piel amarilla, anaranjada o rojiza, aromático y de sabor dulce; aunque algunos cultivares tienen sabor ácido. Su tamaño es variable, de 10 a 25cm de longitud y de 7 a 12cm de diámetro. Pueden llegar a pesar hasta 2.5kg. En el centro de la fruta se encuentra la semilla, cubierta por una capa fibrosa.

Originario de la India, el árbol de mango es fácil de cultivar en los países intertropicales y existen más de 1,000 cultivares. Los mangos son árboles grandes que llegan a medir hasta 40m de altura con una corona de radio de 10m. De hojas perennes, flores pequeñas y amarillentas, el mango pertenece a la familia de las Anacardiáceas.

El fruto del mango es jugoso. Su alto contenido en agua lo hace muy refrescante, aunque suelta mucho jugo al consumirlo. Tiene una buena reputación de calmar los intestinos. Los mangos del cultivar Tommy Atkins son los dominantes en exportación en el comercio mundial.

La temperatura ideal de almacenamiento de los mangos es de 10 a 13° C con una humedad relativa de 90 a 95%. Cuando se guardan correctamente, pueden durar hasta dos semanas. Aunque el mango no se madura en el refrigerador, se puede enfriar después de que se madure.

Tabla 1: Temperatura de almacenamiento de mango

Producto	Mango
Temperatura de almacenamiento	8 - 13° C
Humedad relativa	90 – 95%
Almacenamiento CA	3 – 7% O ₂ y 5 – 8% CO ₂
Tiempo de almacenamiento	3 – 6 semanas

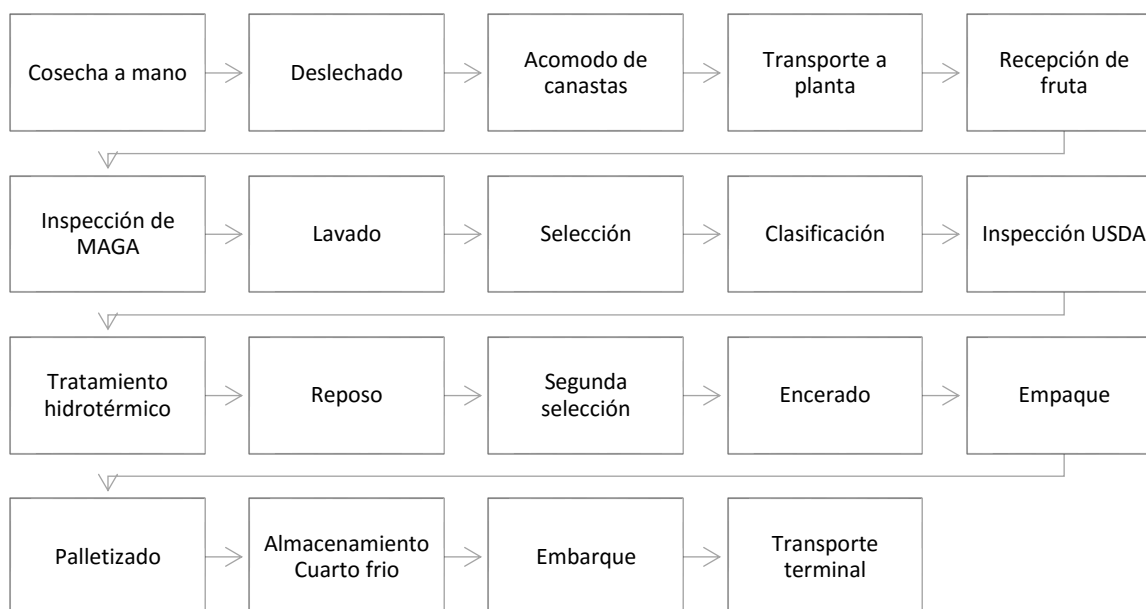
Fuente: http://www.van-amerongen.com/ES/Mango-almacenamiento.html_40_129_6.html

3. Identificación del uso del producto por los consumidores. El fruto del mango es sin duda lo más valioso de la planta, se trata de un componente básico en la dieta de muchos países en vía de desarrollo.

Su principal consumo es como fruta fresca, pero es utilizada también en diversas preparaciones culinarias como jugos, néctar, purés, helados, productos congelados (con una creciente demanda, etc.) *Frutícola del Sur*, lo comercializa en su totalidad como fruta fresca.

El consumidor mantiene el mango en un lugar fresco y lo lava con agua clorada de calidad potable y jabón antes de proceder a pelarlo o a eliminar la cascara. Las personas que compran el mango acostumbran comerlo crudo siguiendo los pasos sugeridos para su consumo en fresco.

Ilustración 1 Diagrama de flujo, proceso de exportación



Fuente: *Frutícola del sur, S.A.*

B. Descripción del diagrama de flujo de producción

1. **Campo.** Para el suministro de materias primas *Frutícola del Sur* cuenta con campos propios, y de socios estratégicos provenientes de la costa sur.

La labor de cosecha empieza a las 6:00 AM. En donde los obreros trabajan en forma individual seleccionando en el árbol la fruta que esta fisiológicamente madura.

La fruta recolectada es colocada en canastas plásticas de 20 kilos y trasladada dentro del campo a una zona de deslechado que el trabajador ha preparado y que se encuentra bajo sombra. En este lugar por lo general se cuenta con un par de trabajadores que proceden a deslechar del mango.

El tiempo de deslechado es alrededor de 2 horas al cabo del cual se supone que el mango está libre de látex y se puede proceder a llenarlo en jabs para su traslado a la planta de empaque ubicada en Km. 122.5 Carretera a Nueva Concepción.

El transportista debe llevar consigo la documentación que acredite a cada lote.

2. Recepción. La fruta que proviene de campo comienza a llegar a la empacadora a las 5:00 pm, vienen identificadas por lotes que corresponden a cada productor, esta fruta para ser recibida en planta debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Formato de envío de campo.
- Certificado fitosanitario de MAGA que asegura que la fruta del lote está libre de la mosca.
- Cada camión de fruta, corresponde a un único proveedor.

Una vez que se cumplen estos requisitos se procede a la recepción de la fruta:

- Se realiza un muestreo de calidad para verificar que la fruta cumpla con los requisitos de apariencia, tamaño y grado de madurez.
- MAGA cuenta con personal permanente en la planta que realiza la inspección del lote verificando si cumple con los requerimientos que esta entidad exige. Si en su muestreo el inspector encuentra indicios de la mosca de la fruta procede a rechazar el lote completo que corresponda al productor.

3. Lavado de fruta. La fruta que cumplió con el requisito anterior se procede a vaciar en la maquina calibradora.

- Lavado de la fruta: para quitarle la tierra u evitar la quemadura por látex, se lava con agua clorada (50ppm) previamente analizada, distribuida por boquillas a presión, esta limpieza es reforzada con cepillos de cerdas suaves para no dañar la piel del mango.
- Selección de la fruta: la fruta que sale del lavado es llevado por rodillos transportadores hacia la zona de calibrado, en el trayecto se va separando las frutas que no cumplan con estándares de calidad las cuales van directo a la zona de descarte.
- La fruta apta para exportación es conducida mediante rodillos transportadores hacia la zona de calibrado en la cual se cuenta con una máquina que funciona con barras calibradoras que separan la fruta en 3 grupos, de 75 (0 – 500 gramos), 90 (501 – 700 gramos) y 110 minutos (701 – 900 gramos).
- La fruta ya calibrada es conducida mediante fajas al área de llenado de canasta, sin mezclar grupos.
- Se codifican las canastas en forma grupal de acuerdo a los datos que proporciona la zona de recepción. En la codificación se considera:
 - ✓ Lote (número que se le asigna a la finca en una fecha determinada)
 - ✓ Nombre de la finca
 - ✓ Fecha
 - ✓ Cantidad de canastas
- La fruta calibrada se procede a depositar en las canastas y se traslada a la zona del llenado de canastilla, la fruta que corresponde a cada grupo es depositada en jaulas manteniendo su identidad, cada jaula contiene 200 canastas.

4. Hidrotérmico. En este proceso se manejan temperaturas en el agua de 115° F a 118 ° F.

- Para llegar a la temperatura requerida *Frutícola del Sur* cuenta con sistemas de calderas que calientan el agua y en estado de vapor es transportada por tuberías para llegar a los tanques, asegurando la distribución de la temperatura del agua en forma homogénea y uniforme, el sistema es reforzado por dos propelas en cada tanque que mantienen el agua en movimiento.
- Como este punto es crítico es importante en la cadena de proceso se cuenta con un sistema de dos sensores por tina que perciben el mínimo cambio de temperatura, la cual es monitoreada por computadoras.
- Se usa agua limpia, desinfectada teniendo en cuenta el pH y cloro residual que son monitoreados continuamente con equipos de medición. El agua de los tanques es renovada cada dos días.
- Frutícola del Sur cuenta con seis tanques de tratamiento hidrotérmico con capacidad de 200 canastas por tanque.
- Los tratamientos de fruta duran :
 - ✓ Para USA (para Guatemala no se necesita tratamiento hidrotérmico) 75, 90, 110 min, dependiendo el peso arriba indicado.
 - ✓ Pasado este tiempo de tratamiento se procede a retirar la canastilla de los tanques.

5. Zona de reposo. El mango debe reposar de 12 a 24 horas antes de ser empacado para así poder detectar la fruta que sufrió daños por cosecha, transporte, o se encuentra fisiológicamente verde.

En este proceso se sigue manteniendo la identidad de cada lote.

6. Empaque. En este punto del proceso la selección de la fruta debe ser cuidadosa, para poder separar las frutas que presenten daños de diversas índoles que perjudican su apariencia.

- El empaque comienza con el vaciado y lustrado de la fruta con cepillos de cerdas suaves especiales para esta labor.
- La aplicación de cera a la fruta se realiza a través de una maquina enceradora que transporta la fruta mediante rodillos a la secadora, la fruta es transportada por fajas trasportadoras a las mesas o tolvas de empaque.
- En cada mesa se cuenta con varias empacadoras que va a seleccionar la fruta y colocarla dentro de la caja previamente armada según el calibre.
- El empaque se realiza en cajas de cartón corrugado de capacidad de 4 kilos.
- El número de frutos dentro de la caja es igual al calibre, dicho calibre está relacionado con los rangos de peso de la norma de calidad de Frutícola del Sur.
- Las empacadoras colocan la fruta en la caja verificando su apariencia y calidad
- Paletizado: las tarimas deber ser resistentes y de tamaño apropiado para formar pallets perfectos.

- Al armar el pallet hay que tener en cuenta que debe corresponder a 1 solo calibre y una sola variedad evitando las mezclas. Las cajas deben estar alineadas para que coincidan los orificios de ventilación.
- Los pallet cuentan con 216, 228 y 240 cajas respectivamente.
- Para asegurar las cajas se procede a colocar esquineros en las tarimas y flejeado en forma horizontal y vertical.
- Cada pallet va con una etiqueta de información.

Terminando el paletizado se conduce inmediatamente a las cámaras de frío.

7. Cuartos fríos. Se procede a formar túneles para acelerar el enfriamiento de los pallets en los cuales la fruta debe alcanzar 10°C.

- Para alcanzar esta temperatura se cuenta con equipos difusores, evaporadores y extractores de aire de alta tecnología, la temperatura y la humedad relativa continuamente con equipos de última generación.
- Se monitorea la temperatura y la humedad relativa continuamente a través de mediciones digitales instaladas en las cámaras.
- Una vez que los pallets alcanzan la temperatura se procede a desarmar los túneles.
- Quedando listos para ser embarcados.

8. Embarque. Se coordina con las navieras para la reserva de espacio en los barcos y solicitud de los equipos. La documentación que se emplea para dicha exportación se canaliza a través de un agente de aduanas.

- Al llegar el contenedor a planta se verifica la temperatura, la limpieza y la documentación.
- Se procede al llenado del contenedor
- Se coloca un termógrafo para controlar la temperatura del contenedor
- El contenedor es sellado y lleva un precinto de APHIS USDA.
- Se llena toda la documentación requerida para el traslado del contenedor.

C. Área hidrotérmico

1. Normativa de proceso. Toda la fruta destinada al mercado de exportación a Estados Unidos de Norte América deberá de ser debidamente tratada por inmersión en agua caliente a las temperaturas mínimas especificadas y por los periodos de tiempo especificados según el tamaño de la fruta (peso), utilizando principalmente contra *Anastrepha sp* y *Ceratitis capitata* (Mosca del Mediterráneo tal y como se especifica en el Registro Federal del 25 de septiembre de 1990).

Como condición de entrada a los Estados Unidos la Fruta debe ser tratada con agua caliente según se especifica en el registro Federal, USDA-APHIS, y el manual de tratamiento de cuarentena y protección vegetal (PPQ) el cual es incorporado por referencia en las regulaciones en 7 CFR 300.1 especificando:

- El tratamiento de agua caliente se aplicara a todas las variedades de mango de Guatemala
- Previo al tratamiento toda la fruta debe estar a 21.1°C (70.0°F) o más. Toda la fruta debe ser sumergida por lo menos 10 cm (4 pulgadas bajo la superficie del agua durante todo el tratamiento.
- La fruta debe ser tratada con agua a una temperatura de 46.1 °C (115.0°F). La temperatura no puede bajar de 45.4 °C (113.7°F) tratamiento de acuerdo a la variedad y el peso.

Mangos de una forma alargados y aplanados (Variedades: ataulfo, Irwin, Zill y otros)

- Peso máximo 570 g cada uno. Tratar por 75 minutos a una temperatura de agua mantenida en 46.1°C (115.0°F) o más no obstante esta puede bajar hasta 45.4 °C (113.7°F) por un periodo que no excede 10 minutos del tiempo total de tratamiento, bajo condiciones de emergencia.

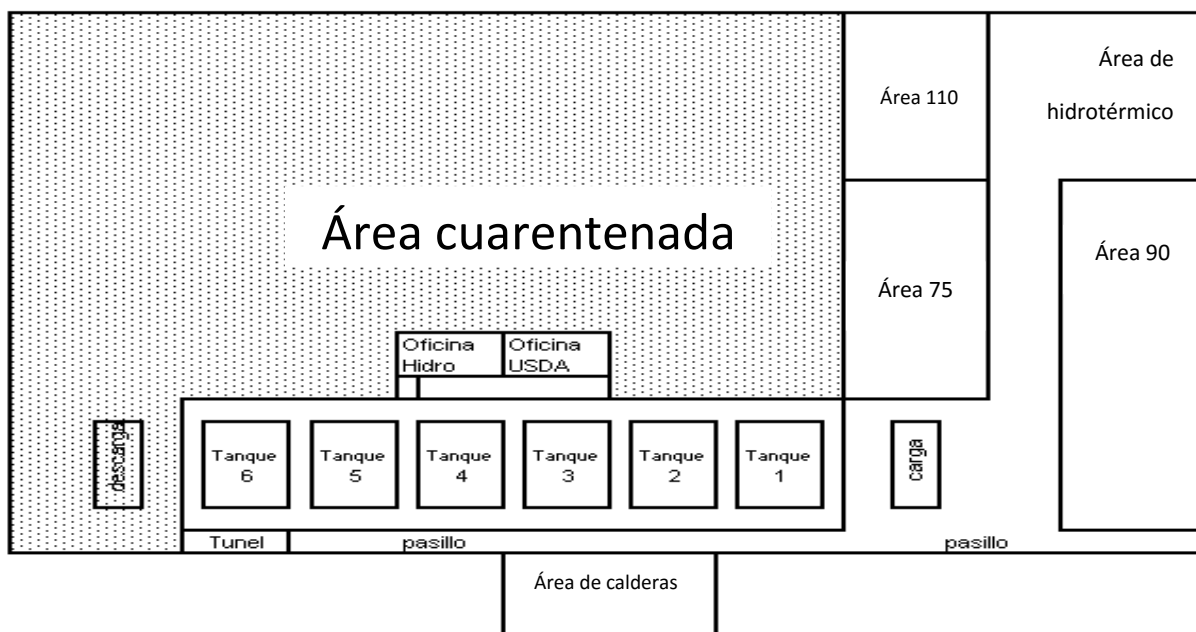
Mangos de una forma redondeada (Variedades: tommy Atkins, kent, haden y deitt)

- Peso Máximo 900 g cada uno. Tratar por 110 minutos. La temperatura del agua debe de mantenerse a 46.1 °C (115.0°F) o más no obstante esta puede bajar hasta 45.4 °C (113.7°F) por un periodo que no exceda 15 minutos del tiempo total de tratamiento bajo condiciones de emergencia.
- Peso Máximo 700 g cada uno. Tratar por 90 minutos. La temperatura del agua debe de mantenerse a 46.1 °C (115.0°F) o más no obstante esta puede bajar hasta 45.4 °C (113.7°F) por un periodo que no exceda 15 minutos del tiempo total de tratamiento bajo condiciones de emergencia.
- Peso Máximo 500 g cada uno. Tratar por 75 minutos. La temperatura del agua debe de mantenerse a 46.1 °C (115.0°F) o más no obstante esta puede bajar hasta 45.4 °C (113.7°F) por un periodo que no exceda 15 minutos del tiempo total de tratamiento bajo condiciones de emergencia.
- Registrar continuamente cada minuto la temperatura del tratamiento desde que inicia hasta que termina. Manteniendo un historial de los cambios de temperatura en el proceso sin que estos salgan de lo establecido.

Todas las especificaciones antes mencionadas deberán cumplirse durante las operaciones de proceso sin embargo tanto el encargado como el personal deberá cumplir con actividades tanto antes de iniciado el proceso como después de terminado el proceso, las cuales deberán de ser organizadas por el mismo encargado.

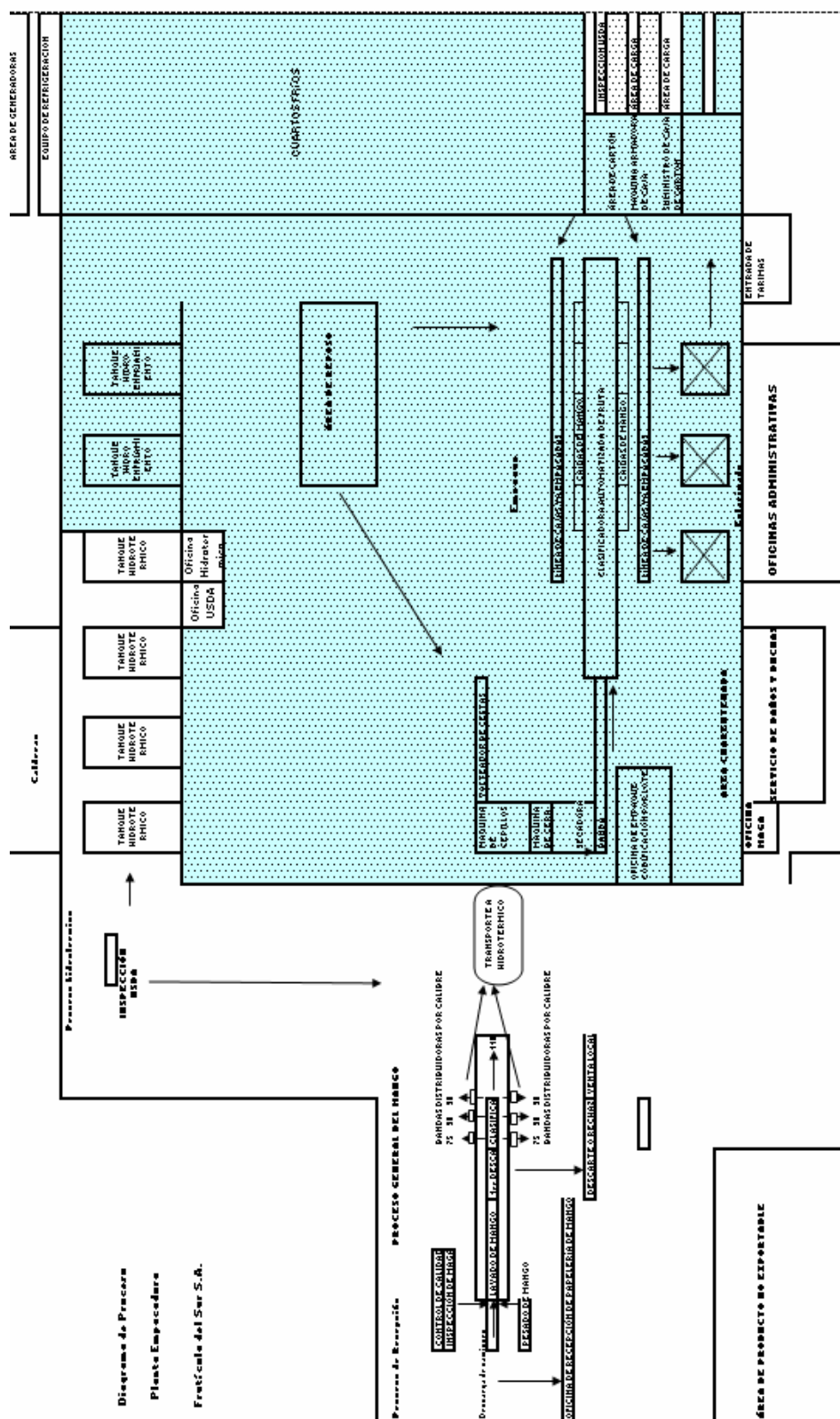
Deberá existir un ordenamiento de lotes ingresados al área de espera bajo el método primero en entrar primero en salir (PEPS). Revisar periódicamente el ingreso de los lotes según inventario diario, cada tiempo de tratamiento (75, 90, 110 minutos) tiene un espacio destinado para llevar un mejor orden y control de fruta.

Ilustración 2 Área de hidrotérmico



Fuente: *Frutícola del Sur*

Ilustración 3 Planta empaquera *Frutícola del Sur S.A.*



Fuente: *Frutícola del Sur*

D. Automatización

La automatización es la facultad que poseen algunos procesos físicos para desarrollar las actividades de operación y funcionamiento en forma autónoma, es decir, por cuenta propia.

Para la automatización de procesos, se desarrollaron máquinas operadas con Controles Programables (PLC), actualmente de gran aplicación en industrias como la textil y la alimentaria.

Para la información de las etapas de diseño y control de la producción se desarrollaron programas de computación para el dibujo (CAD), para el diseño (CADICAE), para la manufactura CAM, para el manejo de proyectos, para la planeación de requerimientos, para la programación de la producción, para el control de calidad, etc.

La inserción de tecnologías de la información en la producción industrial de los países desarrollados ha conocido un ritmo de crecimiento cada vez más elevado en los últimos años. Por ejemplo, la información amplía enormemente la capacidad de controlar la producción con máquinas de control computarizado y permite avanzar hacia mayores y más complejos sistemas de automatización, unas de cuyas expresiones más sofisticadas y más ahorradoras de trabajo humano directo son los robots, los sistemas flexibles de producción y los sistemas de automatización integrada de la producción (CIM).

En Sistemas de Producción Industrial en los procesos de producción son operaciones o fases que definen un estado de un producto (o servicio) o consiguen el estado final de un producto. Estas operaciones se realizan a través de actividades de producción, siendo éstas las que transforman materia y energía, incluso información, desde un estado (físico, químico y biológico) a otro.

1. ¿Qué es la automatización? En síntesis, la automatización se puede entender como la facultad de autonomía o acción de operar por sí solo que poseen los procesos industriales y donde las actividades de producción son realizadas a través de acciones autónomas, y la participación de fuerza física humana es mínima y la de inteligencia artificial, máxima. Recordemos que ésta es producto de la inteligencia natural, pero su manifestación en los sistemas de control es mediante la programación en los distintos tipos de procesadores, por lo que es artificial.

En general, las cosas y los sistemas se crean y se desarrollan fundamentalmente por la necesidad. En este caso, la automatización es causada por las mejoras al producto y a su proceso de fabricación. Asociado al producto (semi elaborado o terminado) se tienen parámetros como cantidad, calidad, mercado, métodos de producción, gestión y planificación de la producción, economía de producción y otros. Es aquí donde la automatización toma cuerpo y sentido y se despliega en toda su expresión.

En los últimos años, la automatización participó en las dos últimas revoluciones industriales de las tres que existen a la fecha. En la primera, las operaciones industriales pasaron a ser más mentales y creativas, con lo que se logró un mejor control de los procesos. En la segunda, la informática y las comunicaciones son

componentes de un sistema altamente automatizado, realizando la integración total de un sistema de producción, uniendo la gestión empresarial con las funciones de campo o terreno (actividades de producción).

2. **Sistemas de control.** La automatización se hace posible mediante los Sistemas de Control, que son organizaciones de equipos e instrumentos (lo físico), que combinados con procedimientos mentales o algorítmicos (lo inteligente) trabajan en torno a propósitos previamente establecidos (lo deseado).

Las funciones principales de un Sistema de Control son la observación del proceso y sus variables a automatizar, el acondicionamiento de las variables y parámetros observados, el procesamiento de esta información y su comparación con lo deseado y, posteriormente, la acción de corrección de los elementos terminales para conseguir lo deseado.

Los Sistemas de Control se manifiestan desde un sistema muy simple (univariable) hasta altamente complejo (multivariable, multiprocesamiento y/o multitarea). Este grado de complejidad se dará según el tipo de instrumentación a usar, el tipo de procesamiento y los alcances que se desea dar a la automatización. Estos alcances dependerán de situaciones como, por ejemplo, Supervisión y Control de la Producción (integración global del Sistema de Producción), Control de Procesos Industriales (manejo y regulación de variables del sistema), Sistemas de Seguridad en la Producción (alarmas del sistema, protección de personas y dispositivos dentro del proceso productivo), Métodos de Producción (tipo On-Off, secuencias, discontinua, continua, producción por unidad, por lotes o batch, por masa o volumen) y finalmente, el factor económico (la inversión hacia el sistema de control).

3. **Grado de automatización.** Según la importancia de la automatización, se distinguen los siguientes grados:

- Aplicaciones en pequeña escala.
- Mayor utilización de una máquina, mejorando del sistema de alimentación.
- Posibilidad de que un hombre trabaje con más de una máquina.
- Coordinar o controlar una serie de operaciones y una serie de magnitudes simultáneamente.
- Realizar procesos totalmente continuos por medio de secuencias programadas.
- Procesos automáticos en cadena errada con posibilidad de autocontrol y autocorrección de desviaciones.

E. PLC

El PLC es un dispositivo electrónico que puede ser programado por el usuario y se utiliza en la industria para resolver problemas de secuencias en la maquinaria o procesos, ahorrando costos en mantenimiento y aumentando la confiabilidad de los equipos. Es importante conocer sus generalidades y lo que un PLC puede hacer por el proceso, pues se podría estar gastando mucho dinero en mantenimiento y reparaciones, cuando estos equipos solucionan el problema y se pagan solos.

Además, programar un PLC resulta bastante sencillo. Anteriormente se utilizaban los sistemas de relevadores pero las desventajas que presentaban eran bastantes. La historia de los PLC indica que fueron desarrollados por Ingenieros de la GMC (General Motors Company) para sustituir sus sistemas basados en relevadores.

La palabra PLC es el acrónimo de Controlador Lógico Programable (en inglés Programmable Logic Controller).

Ilustración 4 Control lógico programable



Fuente: <http://www.aotewell.com/seimens/s7-300.html>

1. ¿Qué hace un PLC?

- Recoger datos de las fuentes de entrada a través de las fuentes digitales y analógicas.
- Tomar decisiones en base a criterios pre programado.
- Almacenar datos en la memoria.
- Realizar reportes al operador de producción o supervisor.
- Generar ciclos de tiempo.
- Realizar cálculos matemáticos.
- Actuar sobre los dispositivos externos mediante las salidas analógicas y digitales.
- Comunicarse con otros sistemas externos.

Los PLC se distinguen de otros controladores automáticos, en que pueden ser programados para controlar cualquier tipo de máquina, a diferencia de otros controladores (como por ejemplo un programador o control de la llama de una caldera) que, solamente, pueden controlar un tipo específico de aparato.

Además de poder ser programados, son automáticos, es decir son aparatos que comparan las señales emitidas por la máquina controlada y toman decisiones en base a las instrucciones programadas, para mantener estable la operación de dicha máquina. Puedes modificar las instrucciones almacenadas en memoria, además de monitorizarlas.

2. ¿Cómo se clasifican los PLC?

a. PLC Nano. Generalmente es un PLC de tipo compacto (es decir, que integra la fuente de alimentación, la CPU y las entradas y salidas) que puede manejar un conjunto reducido de entradas y salidas, generalmente en un número inferior a 100. Este PLC permite manejar entradas y salidas digitales y algunos módulos especiales.

b. PLC Compacto. Estos PLC tienen incorporada la fuente de alimentación, su CPU y los módulos de entrada y salida en un solo módulo principal y permiten manejar desde unas pocas entradas y salidas hasta varios cientos (alrededor de 500 entradas y salidas), su tamaño es superior a los PLC tipo Nano y soportan una gran variedad de módulos especiales, tales como:

- entradas y salidas análogas
- módulos contadores rápidos
- módulos de comunicaciones
- interfaces de operador
- expansiones de entrada y salida

c. PLC Modular. Estos PLC se componen de un conjunto de elementos que conforman el controlador final. Estos son:

- El Rack
- La fuente de alimentación
- La CPU
- Los módulos de entrada y salida

De estos tipos de PLC existen desde los denominados Micro-PLC que soportan gran cantidad de entradas y salida, hasta los PLC de grandes prestaciones que permiten manejar miles de entradas y salidas.

3. Campos de aplicación del PLC. En la actualidad el campo de aplicación de un PLC es muy extenso. Se utilizan fundamentalmente en procesos de maniobras de máquinas, control, señalización, etc. La aplicación de un PLC abarca procesos industriales de cualquier tipo y ofrecen conexión a red; esto te permite tener comunicado un PLC con una PC y otros dispositivos al mismo tiempo, permitiendo hacer monitoreo, estadísticas y reportes.

4. Ventajas del PLC.

- Menor tiempo empleado en su elaboración.
- Podrás realizar modificaciones sin cambiar cableado.
- La lista de materiales es muy reducida.
- Mínimo espacio de aplicación.

- Menor costo.
- Mantenimiento económico por tiempos de paro reducidos.

F. Optimización

Los procesos industriales son agregaciones de máquinas, equipos y elementos auxiliares destinados a transformar materias primas y obtener un producto con mayor valor añadido. En un proceso tiene lugar un intercambio entre distintos tipos de energía para conseguir las funciones deseadas que puede ser complejo.

Asimismo, la interacción entre máquinas no siempre se produce de la forma más conveniente desde el punto de vista de la eficiencia energética y la productividad. En muchas ocasiones el rendimiento del proceso será inferior al que técnicamente puede conseguirse y en consecuencia se incrementarán los costes operacionales. Para comenzar un proyecto de optimización de procesos clasificamos en primer lugar las variables que deseamos controlar en dos tipos: Variables que determinan el consumo energético y variables que determinan el rendimiento.

1. Variables de consumo energético. Un diseño inadecuado o el crecimiento progresivo de la capacidad de un proceso para adaptarse a la demanda conllevan la aparición de flujos energéticos no productivos. Conforme el proceso crece también lo hace su complejidad y las variables que nos indican el rendimiento del proceso no son fáciles de controlar intuitivamente.

2. Variables de rendimiento. La implementación de proyectos de integración en procesos industriales puede llevar mucho tiempo y ser complicada, pues normalmente nos enfrentamos a seleccionar entre varias alternativas técnicas que darán resultados distintos. No es fácil la toma de decisiones y la determinación de la mejor opción. Más difícil aún es cuantificar cómo inciden los cambios en los costes operacionales y en la producción.

El problema puede resolverse si disponemos de información en tiempo real de las variables que nos determinan el rendimiento de un proceso, y eso es bastante sencillo si tenemos experiencia en procesos industriales. Evaluando esas variables y estudiando su comportamiento ante cambios en el proceso obtendremos información muy valiosa. Esto podemos hacerlo para todos los procesos si conocemos las variables que inciden en su rendimiento.

En un ciclo de enfriamiento industrial, por ejemplo, son muchas las variables a tener en cuenta en un proyecto de integración (ciclos, etapas, perfiles de carga, etc.). Sin embargo, podemos calcular el rendimiento en tiempo real de una instalación existente, de una forma relativamente sencilla a partir de lecturas de temperaturas y presiones en los puntos de estado. Este tipo de lecturas de variables necesarias para cuantificar el rendimiento pueden obtenerse en tiempo real mediante sensores.

G. Sensor

Un sensor es un dispositivo diseñado para recibir información de una magnitud del exterior y transformarla en otra magnitud, normalmente eléctrica, que seamos capaces de cuantificar y manipular.

Normalmente estos dispositivos se encuentran realizados mediante la utilización de componentes pasivos (resistencias variables, PTC, NTC, LDR, etc., todos aquellos componentes que varían su magnitud en función de alguna variable), y la utilización de componentes activos.

Ilustración 5 Tipos de sensores



Fuente: <http://jaimeruedayvuelvearodar.blogspot.com/2012/06/sensores.html>

1. Tipos de sensores.

- a. Sensores de posición. Su función es medir o detectar la posición de un determinado objeto en el espacio.
- b. Sensores por ultrasonidos. Este tipo de sensores, se basa en el mismo funcionamiento que los de tipo fotoeléctrico, ya que se emite una señal, esta vez de tipo ultrasónica, y esta señal es recibida por un receptor.
- c. Sensores capacitivos. Los sensores capacitivos son un tipo de sensor eléctrico. Los sensores capacitivos (KAS) reaccionan ante metales y no metales que al aproximarse a la superficie activa sobrepasan una determinada capacidad.
- d. Sensores inductivos. Los sensores inductivos son una clase especial de sensores que sirve para detectar materiales metálicos ferrosos.
- e. Sensores de nivel. Los sensores de nivel se utilizan para medir todo tipo de sustancia fluyente ya sea en estado líquido o sólido, es decir, líquidos en general, materiales de consistencia pastosa, granulada, etc.

Estos miden en qué punto o puntos se encuentra determinada sustancia respecto a un parámetro determinado, ya sea respecto al borde superior de un recipiente que lo contenga, al fondo del mismo

f. Sensor óptico. Un sistema de sensores remotos los cuales usan la porción visible del espectro electromagnético y cuyos productos de imágenes resultantes presentan las mismas interferencias experimentadas por el ojo humano.

Ilustración 6 Sensor de nivel



Fuente: <https://www.sick.com/es/es/sensores-de-fluidos/sensores-de-nivel/lfp-cubic/lfp2000-a5nmc/p/p316167>

2. Actuadores. Los actuadores tienen como misión generar el movimiento de los elementos del sistema según las órdenes dadas por la unidad de control. Se clasifican en tres grandes grupos, según la energía que utilizan:

- Neumáticos
- Hidráulicos
- Eléctricos

Para el llenado del tanque principal de agua, se utiliza un actuador eléctrico, una bomba de succión de agua, la cual es activada por medio de un interruptor manual, para llenar el tanque el personal encargo activa el interruptor y al momento que se llene el tanque este mismo lo desactiva, finalizando el proceso de llenado.

Ilustración 7 Bomba de agua



Fuente: <http://www.directindustry.es/prod/pedrollo/product-28932-928125.html>

Los actuadores dependiendo de su clasificación, tiene características propias además de aplicaciones específicas, en la tabla siguiente se muestran algunas características (energía, ventajas, desventajas) de los diferentes tipos de actuadores.

Tabla 2: Características de actuadores

Características de los distintos tipos de actuadores para sistemas			
	Neumáticos	Hidráulicos	Eléctricos
Energía	Aire a presión (5-10 bar)	Aceite mineral (50-100 bar)	Corriente eléctrica
Opciones	Cilindros Motor de paletas Motor de pistón	Cilindros Motor de paletas Motor de pistones axiales	Corriente continua Corriente alterna Motor paso a paso Servomotor
Ventajas	Baratos Rápidos Sencillos Robustos	Rápidos Alta relación potencia-peso Auto lubricantes Alta capacidad de carga Estabilidad frente a cargas estáticas	Precisos Fiabiles Fácil control Sencilla instalación Silenciosos
Desventajas	Dificultad de control continuo Instalación especial (compresor, filtros) Ruidoso	Difícil mantenimiento Instalación especial (filtros, eliminación aire) Frecuentes fugas Caros	Potencia limitada

Fuente: proton.ucting.udg.mx

V. MARCO METODOLÓGICO

El método llevado a cabo para la realización del tema fue experimental - investigativo, donde se utilizó métodos de trabajo de campo.

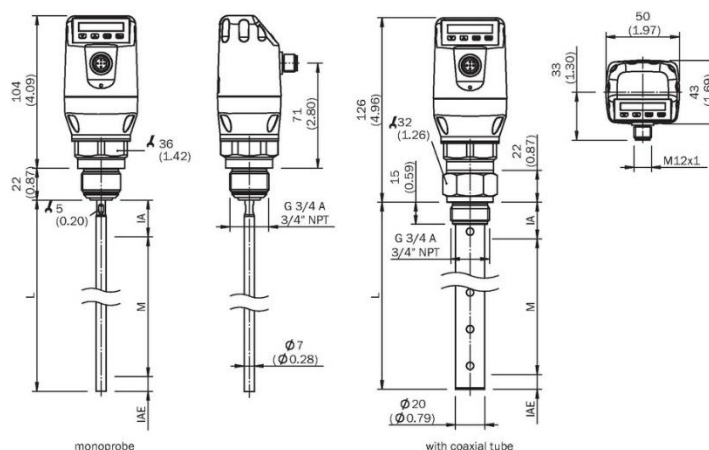
Realizando reportes semanales, durante tres meses, cubriendo toda la temporada de exportación de la planta empacadora *Frutícola del Sur, S.A.*, se recaudó información sobre toda el área de hidrotérmico y sus diferentes procedimientos referentes a la utilización del agua, y abastecimiento de combustible, mediante registros de paradas de emergencia, bitácoras de combustible, horarios de revisión del tanque principal de agua, cuantificación de merma de combustible durante los trasiegos, cuantificación de equipos dañados por problemas de rebalse de agua en tanque principal de hidrotérmico.

La planta inicio su temporada de exportación a inicios del mes de marzo del presente año, para finalizar el proceso el día viernes quince de mayo de 2015.

El equipo propuesto en el proyecto, es un LOGO! 12/24RCE, módulo de señales analógicas, Sensores de nivel LFP Cubic, Relé de ocho pines, Bomba eléctrica de succión, el modulo programable se empleara como maestro el cual controlara todos los instrumentos, el módulo de señales analógicas será encargado de codificar la señal de los sensores, para enviarlos al control programable, en cuanto al relé, es el encargado de activar y desactivar la bomba, cuando emita la señal el sensor que no hay agua en el tanque, se activara el relé automáticamente y cuando se llene el tanque, el sensor indica que está al 100%, se desactiva el relé nuevamente, el actuador eléctrico que se está proponiendo es el mismo que se utiliza actualmente, se activara por medio de un relé.

Las siguientes imágenes muestran el equipo propuesto para la realización del proyecto: Sensor de nivel, tipo monovarilla, el cual será el instrumento que enviara la señal para indicar el porcentaje que tiene cada tanque, el porcentaje de medición será de 0 a 100%, para el tanque de agua se propone una monovarilla de 2600 mm, para el tanque de diésel 1200 mm, y para el tanque de aceite reciclado una sensor de 1500 mm.

Ilustración 8 Dibujo acotado: sonda monovarilla

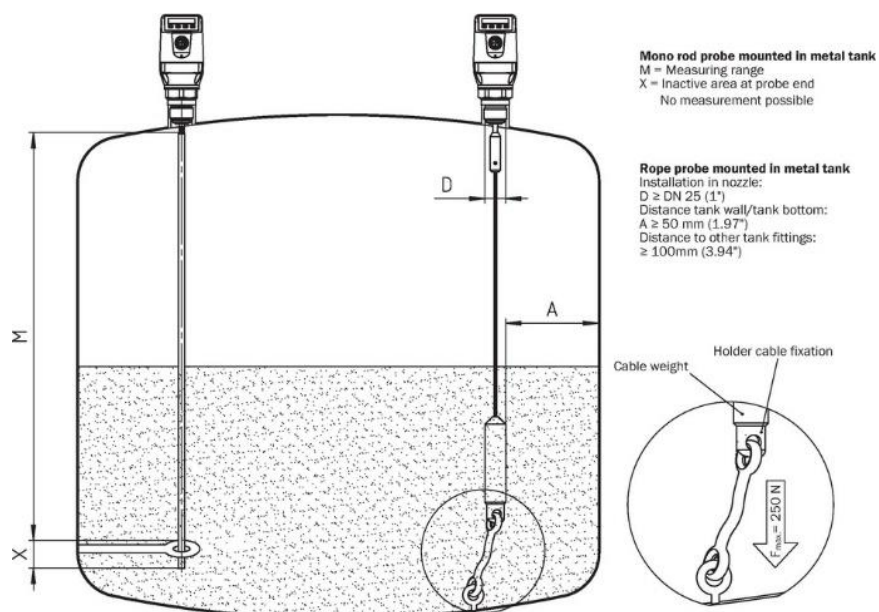


Medidas en mm

- ① m: campo de medición
- ② l: longitud de sonda
- ③ IA: área inactiva en conexión de proceso 25 mm
- ④ IAE: área inactiva en extremo de la sonda 10 mm

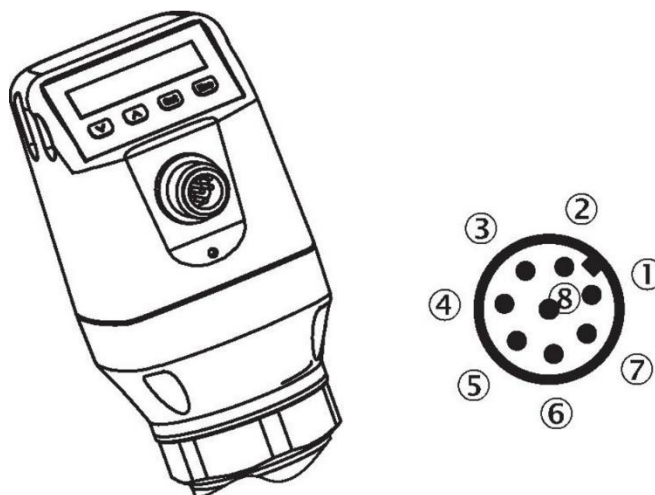
Fuente: <https://www.sick.com/es/es/sensores-de-fluidos/sensores-de-nivel/lfp-cubic/lfp2000-a5nmc/p/p316167>

Ilustración 9 Indicaciones de montaje



Fuente: <https://www.sick.com/es/es/sensores-de-fluidos/sensores-de-nivel/lfp-cubic/lfp2000-a5nmc/p/p316167>

Ilustración 10 Tipo de conexión

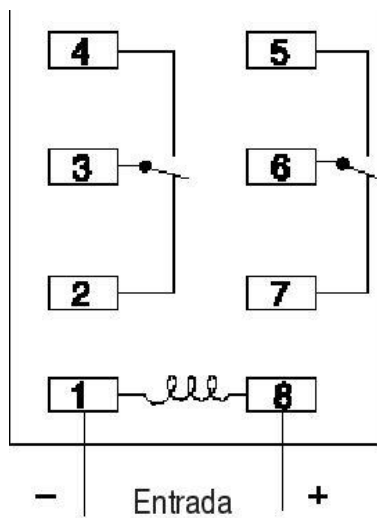


- ① I*: tensión de alimentación
- ② Q₂: salida conmutada 2, PNP/NPN
- ③ m: masa, masa de referencia para salida de corriente/tensión
- ④ C/Q₁: salida conmutada 1, comunicación PNP/IO-Link
- ⑤ Q₃: salida conmutada 3, PNP/NPN
- ⑥ Q₄: salida conmutada 4, PNP/NPN
- ⑦ Q_A: Salida analógica de corriente/tensión
- ⑧ sin función

Fuente: <https://www.sick.com/es/es/sensores-de-fluidos/sensores-de-nivel/lfp-cubic/lfp2000-a5nmc/p/p316167>

Para poder accionar la bomba eléctrica se propone un relé de ocho pines, una entrada de 24 VAC, para la señal del control lógico, y salida que pueda activar la bomba que funciona a 240VAC.

Ilustración 11 Diagrama eléctrico relé 8 pines



Fuente: <http://www.ab.com/es/epub/catalogs/12768/229240/229266/229643/229697/print.html>

El instrumento que se propone para el control del proceso es un control programable LOGO!, por su tamaño y fácil acceso económico en comparación de un PLC tradicional, permite gobernar los instrumentos que se emplearan como esclavos. Proponiendo el cuarto de control de hidrotérmico para su instalación y funcionamiento.

Ilustración 12 LOGO! 12/24RCE



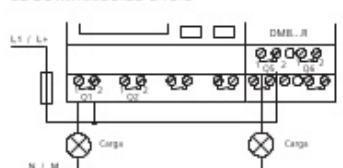
Fuente: <http://www.distrelec.biz/en/logic-module-logo-12-24rce-di-ro-siemens-6ed1052-1md00-0ba8/p/11095440>

El LOGO!, tiene a su vez ciertas desventajas que un PLC tradicional, no cuenta con módulos de señales analógicas, desventaja que se puede compensar adquiriendo por aparte un módulo extra de señales analógicas, ya que los sensores de nivel no emiten una señal digital sino analógica conforme el nivel del tanques así será su lectura.

Ilustración 13 Conexión entradas y salidas LOGO!

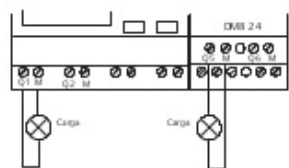
Veja como conectar as saídas no LOGO!

LOGO!...R...Saída a relê



Carga máxima permitida 10A por saída.

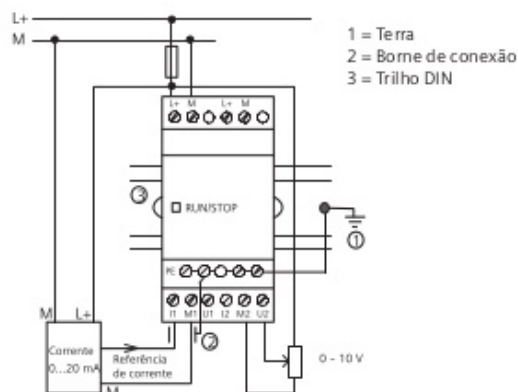
LOGO! ...Saída 24Vdc



Carga máxima permitida 0,3A por saída.

Veja como conectar o módulo de entradas analógicas do LOGO!

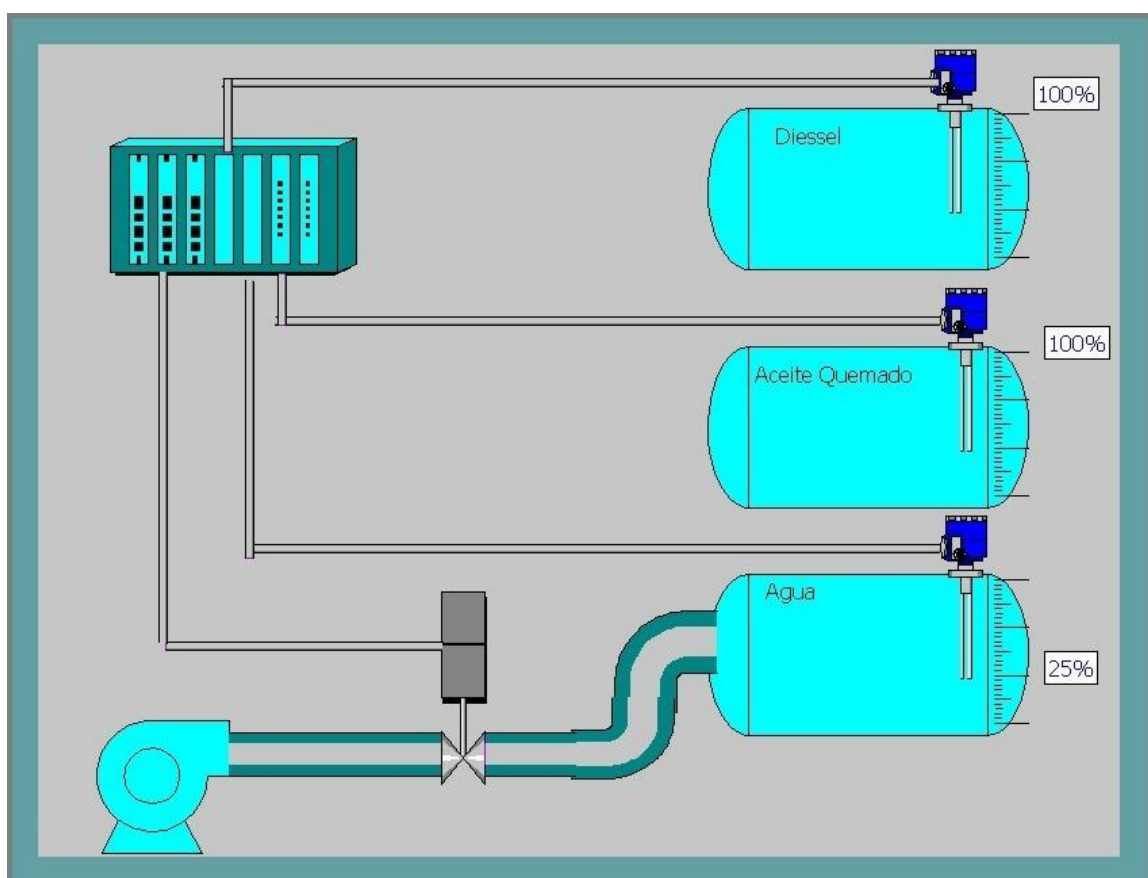
A figura abaixo mostra um exemplo de conexão com medição de corrente a 4 fios e medição de tensão a 2 fios.



Fuente: <http://pt.slideshare.net/marciomirandantas9/manual-logo-ago13>

El trabajo se propone junto con un programa de simulación, en el cual gráficamente se expone como quedara el proyecto al realizarse, los tres tanques se podrán medir en un 100%, además del llenado automático del tanque principal de agua de Frutícola del Sur, todos ellos controlado por el control lógico y el accionamiento de la bomba por medio de relé.

Ilustración 14 Simulación de proyecto de automatización



Elaboración propia

VI. RESULTADOS

A. Recolección de datos

En *Frutícola del Sur, S.A.* no se cuenta con un sistema de interconexión a la red nacional, para compensar la falta de energía eléctrica se tiene un generador en isla, el cual permite alimentar a toda la planta mediante generadoras de 40, 100, 160, 175 y 200 KW, todas ellas funcionan con combustible diésel, tener que depender de generadoras tiene tanto beneficios como desventajas, entre los beneficios podemos mencionar, que no dependen de nadie para poder generar su propia energía, una de las desventajas principal es el costo de mantenimiento de cada planta.

En el área de hidrotérmico se tienen problemas de paradas de emergencia, las paradas de emergencia pueden ser por diferentes motivos, entre los cuales podemos mencionar problemas con el manejo de agua, ya sea por falta de nivel en los tanques, o por falta de agua en el tanque de calderas para generar vapor, también podemos mencionar los fallos en generadoras como en calderas, hechos aislados como problemas en el polipasto también generaron paradas de emergencia en la temporada de exportación.

Frutícola del Sur, cuenta con 3 tanques de abastecimiento, el tanque de agua principal, está situado aproximadamente a 50 metros de la planta de proceso, el cual distribuye agua a toda las diferentes áreas de la empacadora y los otros dos tanques que son de combustible, el primero de diésel y el segundo de aceite reciclado, dichos tanques están situados a un lado del área de hidrotérmico.

El problema principal, con el tanque de agua es que el llenado se realiza de forma manual, un trabajador es designado para que cada cierto tiempo vaya donde está el tanque para verificar el nivel del mismo, llenándolo nuevamente, el proceso de la planta empacadora utiliza una gran cantidad de agua, en el área de hidrotérmico, esta área es la que más utiliza el recurso natural, la capacidad del tanque no es suficiente para la demanda de agua, teniendo muchas veces que ir de emergencia a encender nuevamente la bomba, atrasando más el proceso de producción, para volver a tener la presión se pierden en promedio 15 minutos por parada por falta de agua ya se para crear vapor o para nivelar el agua en los tanques de proceso.

Los tanques de combustible son supervisados diariamente, la persona es asignada por para llevar el control de diésel y aceite, los registros de llenado y la cantidad de veces que se utiliza en el área de hidrotérmico, cada supervisor del área de hidrotérmico es responsable de indicar con que caldera se trabajó y cuánto tiempo la utilizo, todo ello para llevar el control, evitar trasiegos de combustible además de mala comunicación como para quedarse sin combustible. Las mediciones realizadas en los tanques fueron las siguientes:

Tabla 3: Capacidad de almacenamiento por tanques

Tanque	Radio	Largo	Volumen	Capacidad de almacenamiento
Diésel	0.615 mts	2.54 mts	3.024 mts ³	800 gls
Aceite Quemado	0.806 mts	7.40 mts	15.12 mts ³	4000 gls
Agua	1.300 mts	4 mts	21.168 mts ³	5600 gls

Elaboración propia

Los costos del proyecto incluyen un LOGO!, que es un control lógico programable, un módulo de señales analógicas, cables eléctricos, un relé y tres sensores de nivel para los tanques de agua, y combustibles, la inversión quedara de la siguiente manera:

Tabla 4 Costos de inversión

Descripción	Costo
LOGO 12/24 RCE LOGIC. MOD. DISPLAY 12/24V DC RELAY 8	Q 1,610.00
Módulo de señales analógicas	Q 1,200.00
Sensor de nivel LFP1200 – B4NMB	Q 6,339.20
Sensor de nivel LFP2600 – G1NMB	Q 14,317.80
Sensor de nivel LFP1500 – B4NMB	Q 6,339.20
Costos de instalación	Q 5,000.00
Cable para sensores y conexión eléctrica	Q 1,500.00
Repuestos (Cable, Mono varilla y módulo de señales analógicas)	Q 5,700.00
Total	Q 42,006.20

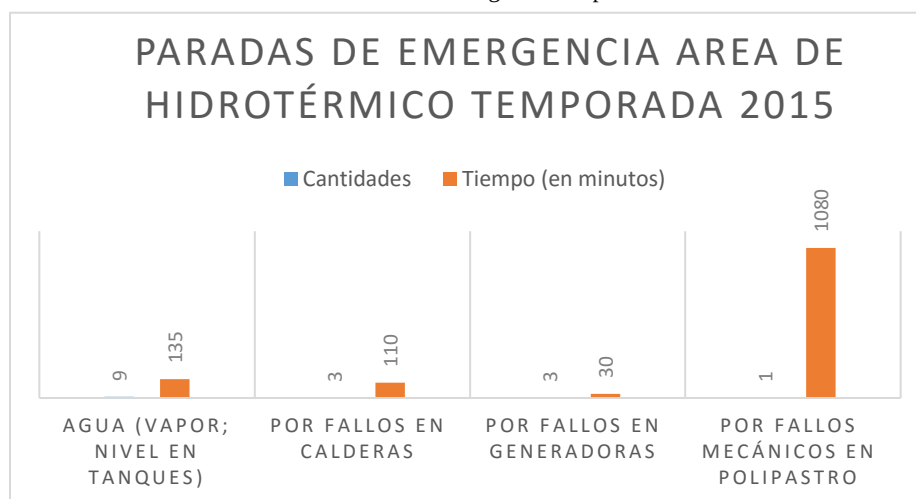
Elaboración propia.

El costo total será de Q 42,006.20, que tendrá como vida útil un mínimo de 10 años dependiendo del mantenimiento que se le dé al equipo y las condiciones de uso del mismo. La instalación del proyecto será realizada por personal técnico capacitado en automatización, el tiempo establecido para el montaje del proyecto será de aproximadamente 15 días hábiles, programación de LOGO!, modificación de tanques para montaje de sensores, cableado de sensores e instalación en el cuarto de control de hidrotérmico, además de un stock de repuestos que incluye cable para sensores, un módulo de señales analógicas y una mono varilla para el sensor de tanque de diésel.

El costo de tratamiento perdido esta aproximadamente en Q 25,000.00 a Q 45,000.00, según datos proporcionados por el departamento financiero de la empresa, ya que existen costos fijos como también variables, entre los fijos están: la mano de obra, combustible en calderas y generadoras, inspector USDA, y en los costos variables está el valor de la fruta del mercado, puede estar entre \$ 5 hasta \$ 12 la caja de exportación, dependiendo de la demanda en el extranjero, cada tratamiento produce alrededor de 800 cajas de exportación.

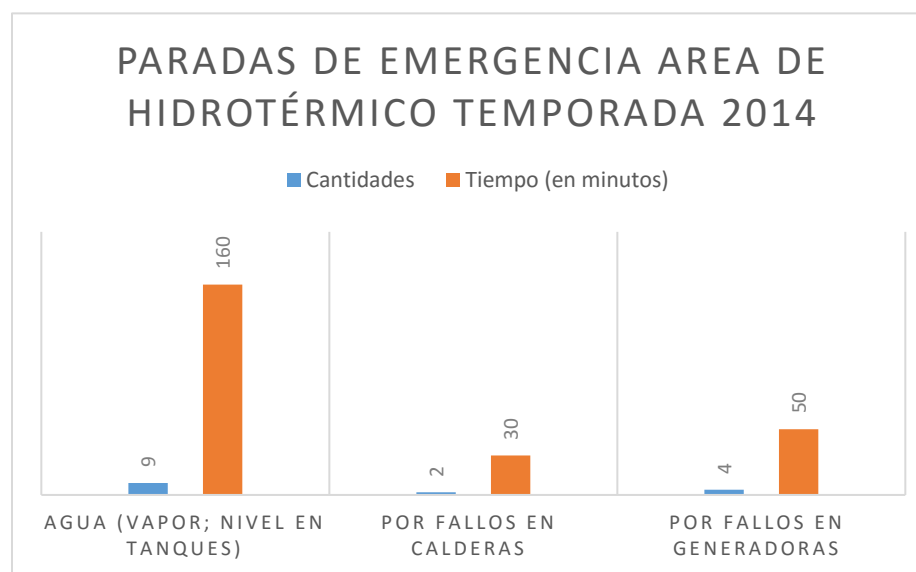
Cabe mencionar que una parada de emergencia no siempre significa perder un tratamiento de fruta, pero si representa atrasos en la producción, provocando que el área de hidrotérmico opere de una manera lenta y poco eficiente, en la gráfica siguiente se detalla la distribución de las paradas de emergencia del año 2015 y 2014.

Gráfica 1 Paradas de emergencia temporada 2015



Elaboración propia

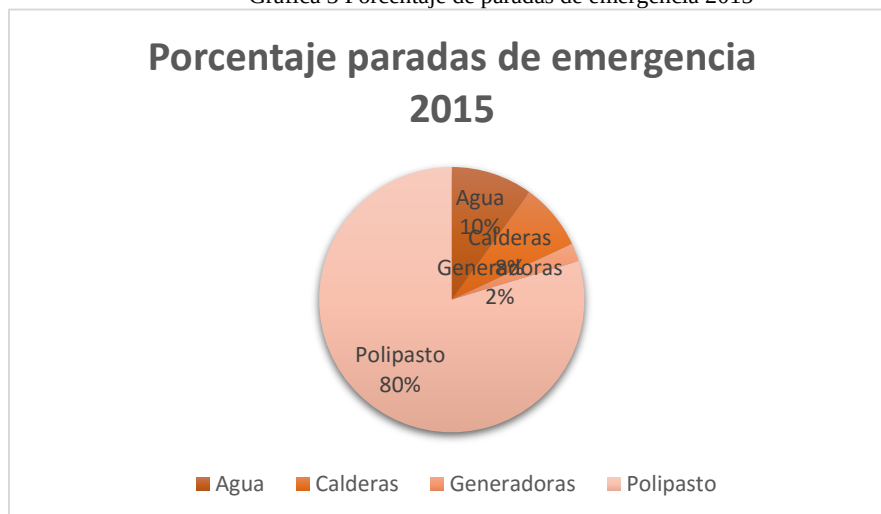
Gráfica 2 Paradas de emergencia temporada 2014



Elaboración propia

Según los datos obtenidos, los índices de paradas de emergencia, demuestra que las paradas de emergencia por falta de agua, son muy constantes tanto el año 2015 como en el 2014, 9 en cada año, haciendo un total de 18 paradas por falta de agua, el impacto en tiempo represento en 2015, 135 minutos, solo por detrás de la parada de emergencia de fallo en polipasto que por falta de mantenimiento se retrasó el proceso 1080 minutos, además de estas dos paradas de emergencia también hubo paradas por fallos en calderas y fallos en área de generadoras, la distribución en porcentaje quedo la de siguiente manera:

Gráfica 3 Porcentaje de paradas de emergencia 2015

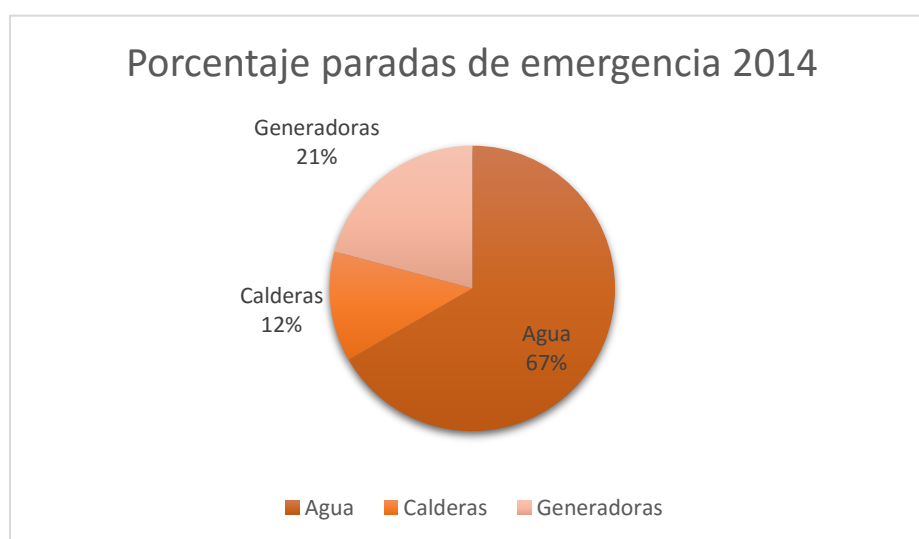


Elaboración propia

El porcentaje de distribución muestra un 80% para las paradas de emergencia en polipasto, 10% para la falta de agua, 8% y 2% para las paradas en calderas y generadoras respectivamente. El polipasto utilizado en el área es de 10 toneladas, el problema sucedido fue por falta de mantenimiento, quedando inoperable para el proceso, dándole solución con el mantenimiento correctivo de otro polipasto de 7.5 toneladas, terminando la temporada de exportación con el polipasto de 7.5 toneladas.

Para el año 204, las paradas de emergencia se distribuyeron en tres causas, falta de agua, fallos en calderas y fallos en generadoras, quedando una distribución de 160 minutos perdidos por falta de agua, 30 minutos por fallos en calderas y 50 minutos por paradas de emergencia en generadoras, el porcentaje de participación de cada uno fue la siguiente:

Gráfica 4 Porcentaje de paradas de emergencia 2014



Elaboración propia

En el año 2014 las paradas de emergencia por falta de agua representaron un 67% siendo este el mayor índice de paradas de emergencia en el área de hidrotérmico, continuado con 21% por paradas en área de generadoras, y por ultimo 12% por fallos en calderas.

La planta exportadora cuenta con un sistema de 3 de calderas de vapor, 2 de ellas utilizan combustible diésel, las cuales tiene una capacidad de 100 y 50 HP respectivamente, la 3ra utiliza aceite reciclado y tiene una capacidad de 100 HP.

El área de hidrométrico funciona con una caldera, por lo general se utiliza la caldera de aceite reciclado, dejando las otras dos en reserva. *Frutícola del Sur*, tiene subcontratada a una empresa que está encargada del mantenimiento preventivo de todas ellas, al momento de ocurrir un fallo en una de las calderas, se arranca inmediatamente alguna que está en reserva. Teniendo que esperar a dicha empresa para el mantenimiento correctivo de la misma.

Cada caldera tiene un consumo de combustible por hora, en *Frutícola del Sur*, por el precio de mercado, se trata de mantener en uso el mayor tiempo posible la caldera de aceite reciclado, utilizar las calderas de diésel representa un gasto mayor por el precio de combustible, los precios de combustibles están entre Q 15 – Q 18 el diésel y Q 7 – Q 9 el aceite reciclado.

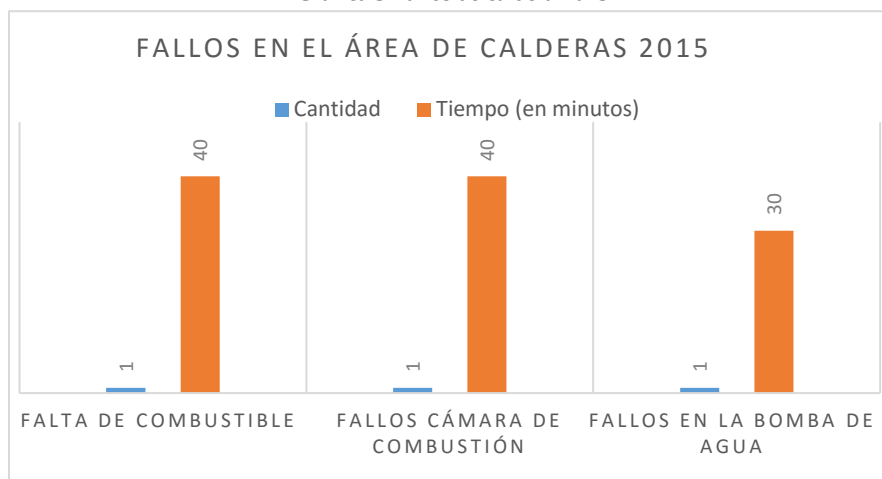
Tabla 5 Consumo por caldera

Descripción	Caldera #3 (Aceite)	Caldera #2 (Diésel 50)	Caldera # 1 (Diésel 100)
Consumo (en galones)	16.6 gls/hora	8 gls / hora	16 gls / hora
Costo por hora	Q 116.20 – 150.00	Q 120.00 – 144.00	Q 240.00 – 288.00

Datos proporcionados por *Frutícola del Sur*.

Las gráficas siguientes muestra la distribución de fallos en área de calderas para los años 2015 y 2014.

Gráfica 5 Fallos de caldera 2015

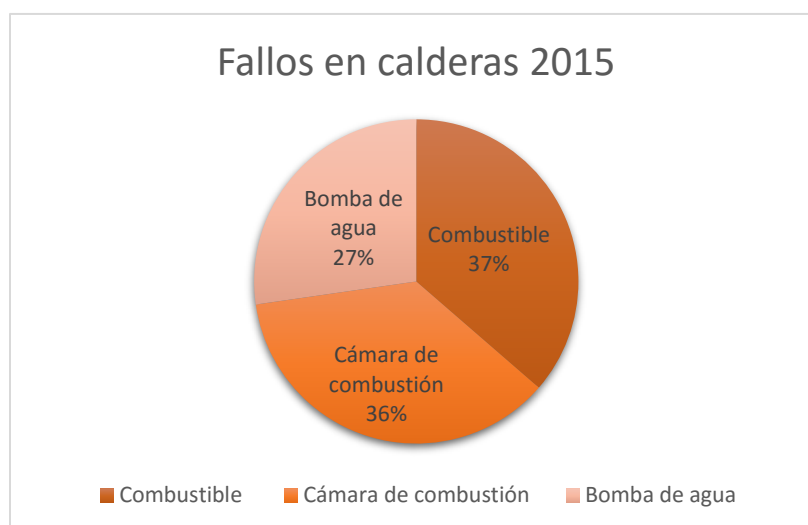


Elaboración propia

Según los datos obtenidos durante la temporada 2015, existen tres problemas por lo cual el área de calderas presentó fallos, teniendo como problema principal dos puntos, el primero por falta de combustible

y el segundo por fallos en la cámara de combustión, y un tercero que no deja de ser prioritario, que es el fallo en la bomba que suministra agua a las calderas. La distribución en porcentaje queda la de siguiente manera:

Gráfica 6 Porcentaje de fallos en calderas 2015

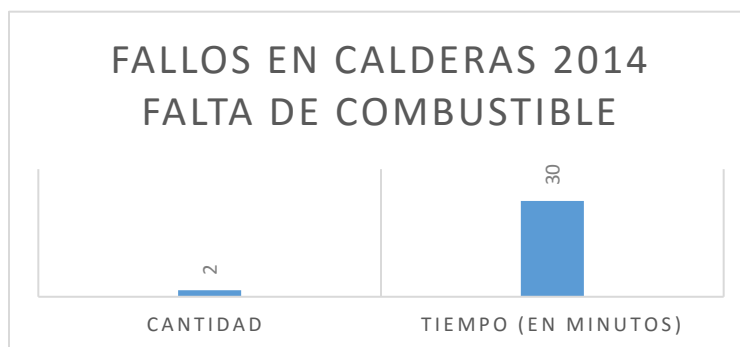


Elaboración propia

Para la presente temporada la distribución en fallos de calderas represento 37% por la falta de combustible, ocupando el primer lugar junto con la falla en la cámara de combustión con 36%, y la falla en la bomba de agua represento 27%, quedando así la distribución final.

Para el año 2014, las únicas dos paradas de emergencia se dieron por falta de combustible, ocupando así el 100% en paradas de emergencia en área de calderas.

Gráfica 7 Fallos en calderas 2014



Elaboración propia

Se dieron dos paradas de 15 minutos aproximadamente cada una, haciendo un total de 30 minutos en las paradas de emergencia en área de calderas, las razones por la cual se produjo la paradas son debatibles, una mala comunicación entre el operador de hidrotérmico y el personal encargado de revisión de combustible o utilización de caldera sin previa revisión en los tanques.

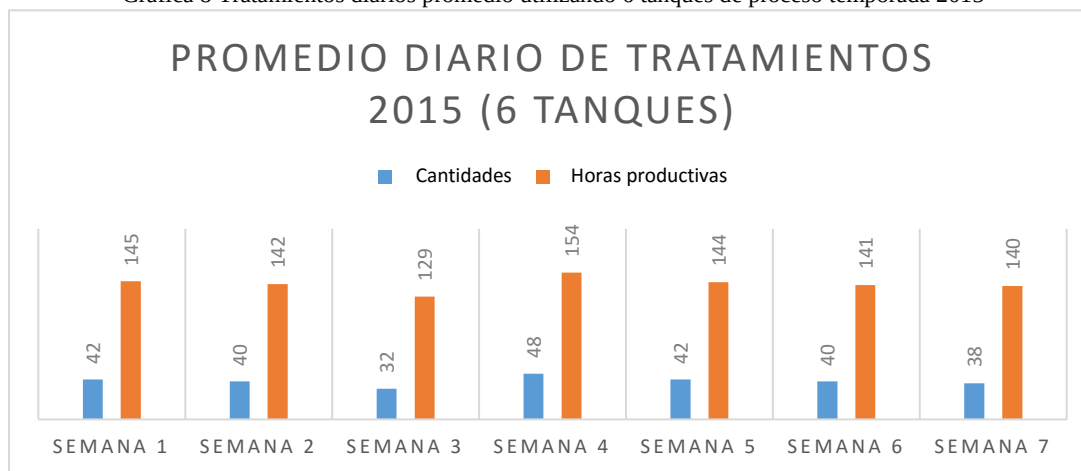
VII. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Según los datos obtenidos, durante temporada 2015 y 2014 el personal encargado de llenar el tanque de agua, tarda alrededor de 15 a 30 minutos para el llenado del mismo, haciéndolo esto de manera repetitiva en el transcurso del día con una frecuencia de 3 – 4 horas, dejando a una persona destinada para la acción correctiva de la misma.

Prueba del impacto que representa esa media hora en llenar los tanques, aunque no represente una pérdida de tratamientos, significa un atraso en realizar más tratamientos en el día, la planta trabaja 168 por semana, es decir, no tiene descanso, ya que el periodo de exportación es muy corto, se necesita aprovechar al máximo tanto el personal humano, maquinaria, como el tiempo, para que se cumplan los objetivos alcanzados.

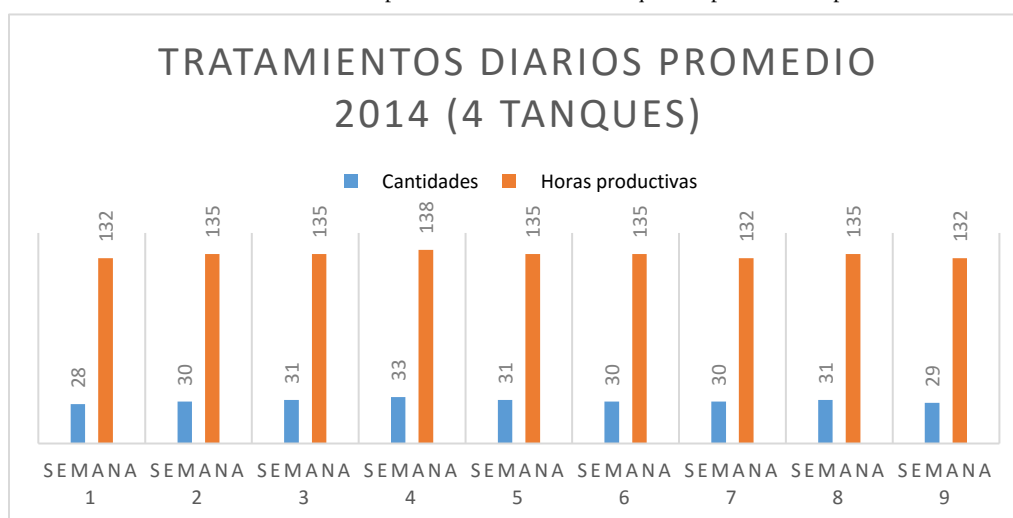
En las gráficas siguientes se muestra el promedio diario de tratamientos, se trabaja las 24 horas del día en temporada alta, la temporada 2015 se constituyó de siete semanas, utilizando seis tanques de tratamientos, mientras que la temporada 2014 se constituyó de nueve semanas utilizando cuatro tanques de tratamientos, dos menos que la temporada 2015.

Gráfica 8 Tratamientos diarios promedio utilizando 6 tanques de proceso temporada 2015



Elaboración propia

Gráfica 9 Tratamientos diarios promedio utilizando 4 tanques de proceso temporada 2014



Elaboración propia

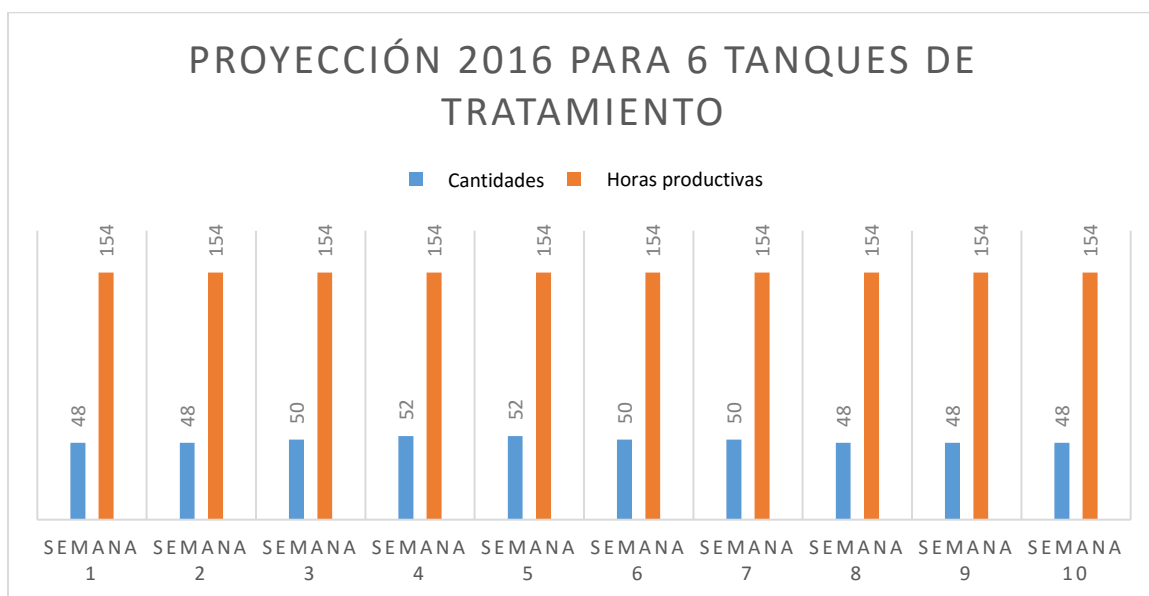
De las 168 horas semanales el tiempo promedio de productividad es de 142 horas, para el año 2015 es decir que 26 horas no son aprovechadas de manera productiva. Estos datos se transforman en que cada día se pierden 4 horas, contemplando 1 hora por cambio de cada turno, cada cambio de turno el inspector vuelve a calibrar los tanques de tratamientos, el supervisor recibe el turno, se ordena la papelería y se empieza a trabajar, se realizan 2 turnos por día.

Por motivo de falta de agua, fruta, combustible en calderas o generadoras, se pierden 2 horas en promedio al día, el sistema evitará que se den los atrasos por falta de agua, dependerá de otros factores en la planta el funcionamiento óptimo del área de hidrotérmico.

Además de los costos que se refieren los atrasos, también debe de tomar en cuenta la utilización de calderas, que se puede ver en los datos de consumo que las calderas de 100 HP, consumen 16 o más galones por hora, sumado a eso, en cuanto a la diferencia de costos que se tiene del combustible diésel y aceite reciclado, el aceite reciclado es en un 50% más barato que el combustible diésel, por lo tanto, entre más se utilice la caldera de aceite quemado menos costos de operación se tendrán para el área de hidrotérmico.

De acuerdo a las estimaciones realizadas para el año 2016 el número de tratamientos diarios quedarían de la siguiente manera.

Gráfica 10 Proyección 2016 para 6 tanques de tratamiento



Elaboración propia

De acuerdo a los análisis y el tiempo evaluado estimado en cada semana, se espera que la temporada dure alrededor de 10 semanas, tiempo comprendido entre mediados de marzo y finales de mayo de año 2016, donde la producción diaria sería aproximadamente 48 – 52 tratamientos diarios, es decir cada turno de trabajo realizaría 24 o más procesos hidrotérmico por cada 12 horas.

La necesidad de contar con sistemas automatizados día a día va incrementando, y para una empresa donde su periodo para generar utilidades es relativamente corto en comparación con las empresas que pasan todo el año generando ingreso o por lo menos durante 6 meses, es de suma importancia ya que sus procesos deben de funcionar correctamente, minimizando el número de fallas y paradas de emergencia acercándose a cero.

Cuando una parada de emergencia representa una considerable pérdida de tiempo y de utilidades, el costo de inversión de mejorar suele ser necesario e indispensable sin tomar en cuenta el periodo de recuperación, para el proyecto el costo de inversión será de Q 42,006.20, una cantidad relativamente baja en comparación con el costo de tratamientos perdidos o las fallas por falta de agua o combustible en el área de hidrotérmico.

Cada hora perdida en el área de hidrotérmico representa hasta Q 377.55 si se utiliza la caldera de diésel de 100 HP, considerando mano de obra, Q 137.55 (Q 9.17/hora para 15 trabajadores por turno) y combustible en calderas (Q 240/hora), Q 257,55 diésel 50 HP Q 253,55 caldera de aceite quemado, datos proporcionados por departamento de finanzas, la estadística indica que son 26 horas perdidas promedio durante la semana, quintando las 14 horas por inicios de turnos, se tiene 12 horas perdidas por semana, según proyecciones la

temporada 2016 constara de 10 semanas, haciendo un tal 120 horas perdidas si se mantiene el promedio de horas muertas.

Tabla 6 Beneficio proyecto de automatización

Inversión	Horas productivas promedio 2016	Horas productivas temporada anterior promedio 2015	Aumento de horas productivas * semana	Costo * hora no productiva	Total ahorrado * semana	Total de semanas	Ahorro aproximado temporada 2016
Q 42,006.20	154	142	12	377.55	Q 4,530.60	10	Q 45,306.00

Elaboración propia

Se estima un incremento de 120 horas durante la temporada, es decir que las horas productivas incrementaran de 142 ha 154 horas semanales, teniendo un ahorro de Q 45,306.00 durante las 10 semanas de producción contra los Q 42.006.20 del costo de inversión del proyecto de automatización.

Cada semana de exportación se estará disminuyendo la cantidad de horas muertas, de 26 horas a 14 horas, dicho tiempo es para cambio de turnos, re calibración y protocolos de USDA antes de iniciar el turno, además se está ahorrando por semana Q 4,530.60 si se toma en cuenta que cada hora perdida es de Q377.55 utilizando la caldera de diésel de 100 HP.

El proyecto aumentará de 42 a 48 – 52 tratamientos diarios, es decir, 14% en la producción en el área de hidrotérmico, una cantidad considerable si se toman en cuenta el área de hidrotérmico depende de muchos factores para su funcionamiento como lo es el agua, el vapor de las calderas, el combustibles para las generadores y calderas, mano de obra e instalaciones en óptimas condiciones, si se controlan los factores externos (combustibles y mantenimientos de generadoras), la proyección del 14% se llevara sin ningún problema, y el periodo de recuperación será de un año, es decir, la temporada de instalación o primer temporada se estaría recuperando el dinero, se estará reflejando en eficiencia y el incremento de tratamientos durante el periodo de exportación.

VIII. CONCLUSIONES

1. Existen diversos motivos por los cuales el área de hidrotérmico no funciona de manera eficiente, podemos encontrar en el agua un de sus puntos críticos, sin el recurso natural es imposible poder trabajar y ser productivo. Los métodos utilizados fueron de manera experimental, para realizar las diferentes pruebas se estuvo presente en el proceso de producción tanto en turnos matutinos como turnos nocturnos.
2. La investigación da como resultado, la optimización del área utilizando los recursos tecnológicos que se tienen en el mercado, asegurando así el funcionamiento del área de una manera eficiente, sin retrasos por falta de agua o paradas de emergencia.
3. Las paradas de emergencia se logran reducir un 50% por desabastecimiento de agua, con el sistema autómatas contemplado, el llenado será de forma automática, no teniendo que depender de una persona que vaya a revisar periódicamente o por una parada emergencia a encender la bomba de agua.
4. Lograr cero pérdidas de tratamientos por falta de agua en el tanque principal de calderas, el crear vapor depende del buen funcionamiento de las calderas como el abastecimiento de agua, con el sistema implementado, se tendrá una solución más al área, haciéndolo más eficiente.
5. Los tres tanques principales serán medidos de manera total, mediante sensores de nivel, el tanque de agua, diésel y aceite quemado, se tendrán registros de llenado de diésel, el sistema dará fiabilidad, evitará el trasiego del combustible.
6. La necesidad de montar un sistema de automatización va más allá de los costos de inversión y retorno, supone un cambio en su estructura con visión a futuro, para tener todos sus procesos de manera automatizada y eficiente, pensando en cero paradas de emergencia en todo el proceso productivo.
7. El costo de inversión del proyecto será de Q 42,006.20, suma considerable pero necesaria comparando con la pérdida de tratamientos y la falta de efectividad del área, maximizando un total de 120 horas de producción durante toda la temporada haciendo un retorno de Q 45,306.00, para 10 semanas de exportación.
8. Aumentará la producción en un 14% para el área de hidrotérmico durante la temporada 2016.

IX. RECOMENDACIONES

A. Para las fallas en generadoras

- a. Tener un programa de mantenimiento preventivo para cada una de las generadoras a utilizar, llevar un control diario en donde se registre cada actividad que se realice en el área, capacitar al personal encargado de supervisar el funcionamiento de la misma.
- b. Crear un sistema enfocado en la optimización de proceso, reduciendo cargas a través de banco de baterías, disminuyendo el consumo en el momento del arranque de unidades de alta potencia, evitando así, paradas de emergencia por sobre carga en el sistema.

B. Para las fallas en calderas

- a. Que la empresa subcontrata de asistencia técnica a los supervisores de área, así como el personal encargado de encendido y apagado de calderas, para darle solución en el menor tiempo posible.

C. Para el personal del área de hidrotérmico

- a. Dar inducción al momento de contratar a un trabajador y tener retroalimentación constante, capacitarlos técnicamente como de manera interpersonal, para lograr metas en conjunto.
- b. Realizar charlas de 5 minutos diariamente, para proponer ideas y fomentar el desarrollo en conjunto, haciendo el área más eficiente, a través del mismo personal.

X. BIBLIOGRAFÍA

ABC Electronics. *¿Qué es un PLC?* <http://www.abcinnova.com/articulos-e-informacion/18-ique-es-un-plc-y-que-beneficios-tiene.html> (09/09/2015).

Aotowell International. *Simatic S7 – 300*. <http://www.aotowell.com/seimens/s7-300.html> (02/11/2015)

Balcells Sendra, Josep / Romera, J.L. (1997). *Autómatas Programables*. MARCOMBO, S.A.

Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías. *Características de los distintos tipos de actuadores para robots*. <http://proton.ucting.udg.mx/materias/robotica/r166/r68/r68.htm> (04/09/2015).

CETI Ingeniería Aplicada. *PLC I: Programación y aplicación*. <http://cetivenezuela.es.tl/PLC-I-d--PROGRAMACION-Y-APLICACIONES.htm> (02/11/2015).

DISTRELEC. *Logic module LOGO!8 12/24RCE, 8 DI, 4 RO, 6ED1052-1MD00-0BA8, Siemens*. <http://www.distrelec.biz/en/logic-module-logo-12-24rce-di-ro-siemens-6ed1052-1md00-0ba8/p/11095440> (02/11/2015)

Esdras Carranza, Luis Alfredo León, (2012) *Manual Frutícola del Sur*, S.A.

Jaime Rueda. *Sensores ¿Qué son? Tipos y subtipos*. <http://jaimeruedayvuelvarodar.blogspot.com/2012/06/sensores.html> (02/11/2015).

Mandado/ Acevedo/ Fernández/ Ernesto, *AUTOMATAS PROGRAMABLES Y SISTEMAS DE AUTOMATIZACION*, Editorial MARCOMBO, S.A., Edición: 1ª

Mango.org. *Mango Variedades*. <http://mango.org/> (08/06/2015)

Paloma Prieto. *Principios Básicos de los PLC*. <http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/gl/component/content/article/502-monografico-lenguajes-de-programacion?start=2> (09/09/2015).

Pau Figuera Vinué. (2000). *Optimización de productos y procesos industriales*, Ed – Gestión.

Rockwell Automation. *Relé estilo pines boletín 700 – HP PCB*. <http://www.ab.com/es/epub/catalogs/12768/229240/229266/229643/229697/print.html> (02/11/2015).

Sick Sensor Intelligence. *Sensores de nivel LFP Cubic / Sensor TDR*. <https://www.sick.com/es/es/sensores-de-fluidos/sensores-de-nivel/lfp-cubic/lfp2000-a5nmc/p/p316167>. (02/11/2015)

Siemens. Logo! Manual A5E00228594 – 01

SlideShare. Manual LOGO!. <http://pt.slideshare.net/marciomirandadantas9/manual-logo-ago13> (02/11/2015).

Van Amerongen. *Almacenamiento CA / ULO del mango*. <http://www.van-amerongen.com> (04/09/2015)

XI. ANEXOS

Ilustración 15 Tanque de combustible diésel



Fotografía *Frutícola del Sur, S.A.*

Ilustración 16 Tanque de combustible de aceite reciclado



Fotografía *Frutícola del Sur, S.A.*

Ilustración 17 Tanque de agua principal *Frutícola del Sur S.A.*



Fotografía *Frutícola del Sur, S.A.*

XII. GLOSARIO

Almacenamiento CA: Almacenamiento bajo atmosfera controlada es una técnica que permite mantener la calidad el producto.

APHIS: Servicio de Inspección de Sanidad Agropecuaria para Estados Unidos.

Aseguramiento de la calidad: Es el conjunto de actividades planificadas y sistemáticas aplicadas a un sistema de calidad para que un producto o servicios sean satisfechos.

Batch: lote.

Calidad: Conjunto de cualidades que constituyen la manera de ser de una persona o cosa.

Código Barras: Código que utiliza trazos verticales con el fin de dar información específica acerca de un producto.

Empaque: Es una envoltura que contiene productos de manera temporal, principalmente para resguardar el producto en su manipulación, transporte y almacenaje.

Estándar: Es una regla establecida en una determinada empresa para caracterizar un producto un método de trabajo, una cantidad de producto, etc.

Hidrotérmico: Área de proceso en plantas de exportación de mango para combatir la mosca de mediterráneo a través de inmersión de agua bajo temperaturas controladas.

Inocuidad: Garantía que los alimentos no causaran daño al consumidor cuando se consuman.

Lote: Es un grupo de unidades de un producto, fabricado en idénticas condiciones.

MAGA: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación

Precinto: es un sello de seguridad, un dispositivo físico numerado (o no) que se coloca sobre mecanismos de cierre para asegurar que éstos no se abran sin autorización (adrede o por accidente). Una vez colocado, el sello no puede eliminarse sin provocar su destrucción, es decir una fuerza física sobre el mismo que produzca su daño y en consecuencia evite su futura reutilización.

Tanque de tratamiento: Estructura metálica en la cual se introduce la jaula que transporta la canasta de mango.

Trazabilidad: Posibilidad de encontrar y seguir el rastro a través de todas las etapas de producción, transformación y distribución de un alimento.

USDA: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.