

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA



Empresa: FRUCTA COSTA RICA S.A.

PROYECTOS

“Traslado y mejoramiento de la gestión de bodegas de Fructa C.R.”

y

“Recomendaciones para evitar la transferencia de calor a un fluido refrigerado”

Informe de Práctica de Especialidad para optar por el grado de  
Licenciatura en Ingeniería Electromecánica

Rafael A. Pinto Atmetlla.

Cartago, Junio de 2004

## EPÍLOGO

“La suma de la sabiduría está  
en esto: no es tiempo perdido  
el tiempo dedicado al trabajo.”

*Emerson*

## **DEDICATORIA**

La misma, es con todo el corazón a mis padres, Rafael Pinto Acuña y Margarita Atmetlla Mata, por haberme dado la maravillosa posibilidad de poder estudiar en mi vida, contando con su apoyo incondicional en todos los ámbitos, a través de mi vida.

De verdad, gracias...

## **AGRADECIMIENTO**

En primera instancia, le agradezco a Dios por haberme dado la capacidad para poder llevar a cabo uno de los proyectos más importantes de vida, a mis hermanos Manfred, Fernando y Daniel, por el apoyo que me han dado en momentos cruciales, a mis abuelitos Rafael, Cecilia, Fernando y Margarita, por haber estado siempre pendientes de mi.

También quiero agradecerle a todos los profesores de la Escuela de Ingeniería Electromecánica, pues gracias al deseo de compartir sus conocimientos, logran engrandecer este país. Entre ellos, un agradecimiento especial al Ing. Osvaldo Guerrero por su guía y apoyo a través de toda la carrera.

Un agradecimiento especial a todos mis compañeros del “Mante”, con quienes compartí gran cantidad de experiencias, en especial a mis amigos Anselmo Robles y Silvia Vindas.

Deseo agradecer a las personas que hicieron posible la Práctica de Especialidad en Fructa Costa Rica S.A. Ellos son:

Sr. Roberto Aragón, Dirección General y Sr. Wim Van Zoelen, Gerente de Planta, por haberme abierto la puerta para desarrollar mi práctica.

Sr. Diego Quesada, Gerente de Mantenimiento, por haber guiado mi práctica de una manera ejemplar.

Señores Carlos Lobo, Arturo Solís y Juan Bosco Romero, Superintendente y Jefes de Área, por haber sido tan amables conmigo, estando siempre dispuestos a ayudarme en lo necesario.

Sr. Giovanni Mora, Jefe de Bodega, por haberme permitido desarrollar en estrecha coordinación, todo lo referentes a bodegas y su apoyo al plan de reestructuración.

Sr. Arllen Carpio, Gerente de Logística, por su apoyo para desarrollar en conjunto e implementar el plan de reestructuración de la bodega.

En sí gracias a todas las personas que trabajan en esta gran industria por la calidez mostrada, desde un inicio.

---

## TABLA DE CONTENIDOS

Epílogo.....	2
Dedicatoria.....	3
Agradecimiento.....	4
Tabla de contenidos .....	6
Abreviaciones .....	12
1. Resúmenes .....	13
1.1 Proyecto de ingeniería .....	13
1.1.1 Resumen en español.....	13
1.1.2 Resumen en inglés .....	14
1.2 Proyecto administrativo .....	15
1.2.1 Resumen en español.....	15
1.2.2 Resumen en inglés .....	16
2. Generalidades.....	17
2.1 Introducción.....	17
2.2 Alcance y limitaciones de los proyectos.....	17
2.2.1 Proyecto administrativo .....	17
2.2.2 Proyecto de ingeniería .....	18
2.3 Descripción de la empresa.....	18
2.3.1 División interna.....	19
2.4 Procedimientos y métodos empleados.....	20
2.5 Objetivos del proyecto administrativo.....	21
2.5.1 Objetivo general.....	21
2.5.2 Objetivos específicos .....	21
2.6 Objetivos del proyecto de ingeniería .....	22
2.6.1 Objetivo general.....	22
2.6.2 Objetivos específicos .....	22
2.7 Definición del problema .....	22

---

2.7.1 Proyecto administrativo .....	22
2.7.2 Proyecto de ingeniería .....	23
2.8 Impacto de los proyectos en la planta .....	23
<b>PROYECTO ADMINISTRATIVO .....</b>	<b>25</b>
<b>3. Marco Teórico.....</b>	<b>25</b>
3.1 Funciones .....	26
3.1.1 Almacenamiento .....	27
3.1.2 Control de existencias.....	28
3.1.3 Gestión de existencias.....	28
3.2 Clientes .....	28
3.3 Lo que implica un adecuado manejo de inventarios.....	28
3.3.1 Tomando inventarios eficientemente.....	29
3.4 Prioridades de control .....	30
3.5 Aspectos del manejo .....	30
3.6 Recurso Humano.....	31
3.7 Sistemas de apoyo tecnológico .....	32
3.7.1 Código de barras .....	32
<b>4. Sistema anterior de la bodega de Fructa CR.....</b>	<b>32</b>
4.1 Esquema de trabajo .....	32
4.2 Proceso.....	33
4.2.1 Debilidades .....	33
4.2.2 Fortalezas .....	34
4.3 Sistemas de cómputo .....	34
4.3.1 Debilidades .....	34
4.3.2 Fortalezas .....	34
<b>5. Nuevo sistema de la bodega de Fructa CR .....</b>	<b>34</b>
5.1 Esquema de trabajo .....	35
5.2 Funciones de cada cargo .....	35
5.2.1 Jefe de bodega.....	35

---

5.2.2	Digitador .....	36
5.2.3	Bodeguero .....	37
5.2.4	Auxiliar .....	38
5.3	Proceso .....	38
5.3.1	Fortalezas .....	39
5.4	Otros aspectos .....	39
6.	Proceso de recepción de bienes .....	40
6.1	Generalidades .....	40
6.2	Condiciones para la entrada de materiales a bodega .....	41
6.3	Almacenamiento de materiales .....	42
6.4	Almacenamiento de combustibles .....	42
6.5	Formato de entrada de materiales .....	43
6.7	Bodegas para la recepción de bienes .....	43
6.7.1	Bodega de general, sección de mantenimiento .....	44
6.7.2	Bodega general .....	44
6.8	Procedimiento para la salida de materiales .....	45
6.8.1	Retiro de materiales .....	45
6.8.2	Requisa de Materiales .....	46
6.9	Otras consideraciones .....	47
6.10	Flujograma del proceso .....	47
7.	Cómo se implementó el nuevo sistema .....	48
8.	Cómo se llevó a cabo el proyecto .....	49
8.1	Otra actividad de interés .....	53
9.	Distribución de la estantería .....	54
9.1	Ancho de los pasillos .....	55
9.2	Detalles de la estantería .....	55
9.3	Otros aspectos .....	56
10.	Traslado de bodegas .....	56
10.1	Objetivo del traslado .....	56
10.2	Objetivos durante el traslado .....	57

---

10.3 Logística del traslado de la bodega eléctrica .....	57
10.4 Sobre el traslado de la bodega eléctrica.....	59
10.5 Sobre el traslado de la bodega mecánica .....	59
10.6 Temas de la inducción para el traslado .....	60
11. Acomodo de los artículos .....	60
11.1 Bodega eléctrica.....	61
11.2 Bodega mecánica .....	61
12. Sistema de ubicaciones .....	63
12.1 Material necesario para la demarcación.....	65
12.2 Temas de la inducción de las ubicaciones .....	66
13. Sistema paralelo de control.....	66
13.1 Objetivos de la base de datos.....	67
13.1.1 General.....	67
13.1.2 Específicos .....	67
13.2 Determinación de las tablas .....	67
13.3 Determinación de los campos .....	67
13.4 Determinación de las relaciones .....	68
13.5 Cargando la información .....	69
13.6 Cómo se mantendrá actualizado el Programa.....	69
13.7 Información que debe generar el Programa.....	69
14. Nuevos repuestos eléctricos y mecánicos.....	69
15. Costos asociados a una bodega.....	70
<b>PROYECTO DE INGENIERÍA .....</b>	<b>71</b>
16. Sistema de agua hielo .....	71
16.1 Funciones en el proceso.....	72
16.2 Debilidades .....	72
16.3 Fortalezas .....	72
17. Datos necesarios .....	73
17.1 Datos calculados .....	75

17.2 Levantamiento de planos .....	76
17.3 Propiedades de los tubos.....	76
17.4 Aislante .....	76
17.4.1 Ventajas de poner el aislante .....	77
18. Consideraciones para validar el estudio.....	78
19. Cálculos .....	79
19.1 Cálculos de transferencia de calor .....	79
19.2 Cantidad de energía ahorrada .....	82
19.3 Cálculos financieros del proyecto.....	83
19.4 Viabilidad financiera del proyecto.....	85
19.5 Cotización del aislante .....	86
20. Cómo se llevó a cabo el proyecto .....	87
Conclusiones del Proyecto Administrativo.....	88
Conclusiones del Proyecto de ingeniería .....	88
RECOMENDACIONES del Proyecto Administrativo .....	89
Bibliografía .....	90
Anexo 1: Hoja de información.....	91
Anexo 2: Plano de la bodega .....	92
Anexo 3: Hoja de estipulación de responsabilidades.....	93
Anexo 4: Organigrama del Departamento de Mantenimiento.....	94
Anexo 5: Descripción y detalles del flujograma.....	95
Anexo 6: Gantt de la implementación del nuevo sistema.....	96
Anexo 7: Marco Teórico de la transferencia de calor.....	97
Marco Teórico de la transferencia de calor .....	97
Convección externa.....	100
Convección interna .....	102
Conduccion .....	103
Velocidad .....	104
Anexo 8A: Esquema general de las tuberías .....	105
Anexo 8B: Detalle del punto de ditribución .....	106

---

Anexo 9: Tabla de composición del Acero Inoxidable AISI 304.....	107
Anexo 10: Tabla de diámetros.....	108
Anexo 11: Tabla de propiedades del aire.....	109
Anexo 12: Tabla de propiedades del Acero Inoxidable AISI 304.....	110
Anexo 13: Tabla de propiedades del agua.....	111
Anexo 14A: Manual de Kaimann.....	112
Anexo 14B: Manual de Kaimann.....	113
Anexo 15: Etiqueta del aislante de Kaimann.....	114
Anexo 16A: Tabla de temperatura ambientales de la zona.....	115
Anexo 16B: Tabla de temperatura ambientales de la zona.....	116
Anexo 17: Gantt de la práctica.....	117
Anexo 18: Fotografías.....	118

## ABREVIACIONES

BEST = Software para monitorear los inventarios

DN = Diámetro nominal

EU = Euros

Gr = número de Grashof

Pr = número de Prant

Nu = número de Nusselt

Re = número de Reynolds

q = calor ganado o perdido

$l$  = longitud de tubería

$\Delta T$  = diferencial de temperatura

$L_c$  = longitud característica

$C_p$  = Calor específico

$h_i$  = coeficiente de convección interno

$h_e$  = coeficiente de convección externo

$h_c$  = coeficiente convectivo

$\ln$  = logaritmo neperiano

$r_1$  = radio de la tubería

$r_2$  = radio de la tubería sumado al espesor del tubo

$r_3$  = radio de la tubería sumado al espesor del tubo y al espesor del aislante

$\beta$  = coeficiente de expansión térmica

$g$  = fuerza de gravedad

$\rho$  = densidad del fluido

$\mu$  = viscosidad

$k$  = conductividad térmica

$v$  = velocidad del fluido

## **1. RESÚMENES**

### **1.1 PROYECTO DE INGENIERÍA**

#### **1.1.1 RESUMEN EN ESPAÑOL**

Se requirió cuantificar la cantidad de calor que es ganado por un fluido (agua) que se encuentra refrigerado, a través del sistema de transporte; conociendo que las tuberías no se encontraban aisladas. Al conocer diferentes parámetros como temperaturas diferenciales y longitudes de las tuberías, se planteó una necesidad real de instalar aislamientos.

Fue de incumbencia de este trabajo hacer un estudio financiero que justificara el aislamiento de los tubos. Éste comprendió tiempo de pago de la inversión y ahorro anual de dinero. Se tomaron en cuenta dos espesores de aislante, lo que dio una opción de escogencia entre mayor inversión inicial con un mayor ahorro anual versus una menor inversión inicial asociada a una menor ganancia anual..

Se aplicó la teoría de diferentes áreas, como la termodinámica, la transferencia de calor y las turbomáquinas, entre otros. Además, se realizó una investigación de campo en las instalaciones de la planta para obtener los diferentes datos que se deben tomar en cuenta para llevar a cabo este proyecto. Para otros datos, se recurrió al Instituto Meteorológico Nacional y al fabricante de aislantes en Alemania, con el que la corporación RiHa, a la que Fructa pertenece, trabaja a nivel mundial.

Una vez terminado el estudio, se concluyó que si se utiliza la serie de espesor 25, tomará un plazo de 409 días para pagar la inversión, generando un ahorro de 24 827 colones diarios. Por otro lado, si se utiliza la serie de espesor 32, la inversión tomará un plazo de 472 días ser cubierta, un ahorro de 25 874 colones diarios.

Con los resultados obtenidos, la viabilidad financiera del proyecto es muy alta, ya que la suma de dinero ahorrada diariamente, es importante. Por otro lado, la inversión será pagada en menos de un año y medio en cualquiera de los casos, lo que hace aún más interesante este proyecto.

**Palabras clave:** transferencia de calor, aislamientos, fluido refrigerado, agua hielo, Fructa Costa Rica

### 1.1.2 RESUMEN EN INGLES

The objective of this study is to measure the amount of heat that is gained by a fluid (water) that is refrigerated, during its transportation through pipes taking into account that they aren't isolated. As we know different parameters, differential temperatures and the length of pipes, we can infer that it is necessary to isolate them.

The purpose of this study is to know the financial viability of isolating the pipes. This implies to know the difference between the two thickness of the isolation material and the amount of money earned each day because of the isolation. As a result you might have two possibilities: a higher investment first but with better annual saving or vice-versa

To do it in the best way, it was necessary to apply the theory of different subjects like thermodynamics, heat transfer, turbo machines and others. A research was done in the installations of the Fructa C.R. to get to know all the details of the structure, but it was also necessary to request for information from the "Instituto Meteorológico de Costa Rica", and from the company that makes the isolation for RiHa, our corporation.

Once the study was done, the viability of the project was really high. If the isolation of the 25 series is chosen, it will take 409 days to pay the investment, earning 24 827 colones (\$57) per day. If instead, the isolation of the 32 series is chosen, it will take 472 days to pay the investment, earning 25 874 colones (\$60) per day.

The overall results states that the financial viability of this project is very high because the amount of money earned each day it's high. Also, the investment will be paid back in just a year and a half or less in both series.

**Keywords:** heat transfer, isolation, refrigerated fluid, ice water, Fructa Costa Rica

## 1.2 PROYECTO ADMINISTRATIVO

### 1.2.1 RESUMEN EN ESPAÑOL

Los objetivos de este proyecto fueron el traslado de las bodegas de un sitio para otro, un planteamiento de la organización del personal que debía tener la bodega y un sistema paralelo de control de bodegas.

Para lograr un traslado exitoso, se requirió de una logística y una coordinación con los demás departamentos. Además fue necesario crear un sistema de acomodo por familias y de ubicaciones en la nueva bodega.

En el sistema paralelo de control, se establecieron las cantidades máximas y mínimas de repuestos que deben haber en bodega, así como el punto en que se deben hacer los pedidos. Este punto es de suma importancia, ya que evita que se de un sobre costo de almacenamiento, pero asegura la disponibilidad de los repuestos que se necesitan en cualquier momento. Un ejemplo es el caso de un sensor cuyo costo son \$20, pero puede llegar a causar estragos si no esta presente en la bodega y elevar los costos de no producción, fletes rápidos y gastos asociados hasta \$200 000, pues se sabe que la hora de no producción de una línea en esta planta cuesta alrededor de \$7000.

Para realizar el planteamiento de la reestructuración del personal de bodega, fue de mucha importancia conocer las necesidades específicas de esta industria en tal área. Con ello se pudo presentar una propuesta que realmente atendiera sus necesidades. Este plan, se implementó a partir del 31 de mayo, logrando obtener una mayor eficacia del personal, reflejado en el mejor tiempo de respuesta. Fructa C.R. cuenta con ocho colaboradores en el área de bodegas, y su horario de atención es durante las 24 horas.

Actualmente, el valor de los repuestos almacenados en esta bodega, supera los 200 000 000 de colones, y cuenta con más de 2500 artículos diferentes.

**Palabras clave:** traslado de bodegas, gestión de bodegas, reorganización de bodegas, bodegas, máximos, mínimos, inventario, software de control de inventarios, Fructa Costa Rica.

### 1.2.2 RESUMEN EN INGLES

The objectives of this study are to move the stock from the old warehouse to the new one just built, make a reorganization of the people who work there, and create a special software that guarantees the quality of the information. This program will be used as a parallel system to the one the company has right now.

To make possible the movement from the warehouse, it was necessary a logistic and a coordination with different departments. It was also needed a system to locate the stock and the families of spare parts.

The software have information like maximums and minimums of spare parts that should be in the warehouse. The program also states when a spare part should be ordered to avoid going under the minimum. These parameters are very important because they avoid having over costs due to big amounts of spare parts, but also to have available any spare part who needed at any moment. An interesting example is a sensor whose price is \$20, but if it is gotten damaged and it's not in stock, the cost due to the time of non-production, the quick shipping and handling and associated costs can become in an amount of \$200 000 considering that the cost of a non-production line is about \$7000.

In order to make the reorganization of the people of the warehouse it was very important to know the needs of the industry in the area. This plan was started on may 31, improving the performance of the people. Nowadays, there're eight people working in this area, there's over \$465 000 in stock and more than 2500 different items. The warehouse is on service 24 hours a day.

**Keywords:** movement of warehouse, reorganization of warehouse, warehouse, maximum, minimum, inventory, software of inventory, Fructa Costa Rica.

## **2. GENERALIDADES**

### **2.1 INTRODUCCIÓN**

En este documento se dan a conocer los detalles de la Práctica de Especialidad, cuyo tema administrativo fue el mejoramiento de la gestión de bodegas; además, se presenta el tema de ingeniería, el cual trata sobre cómo evitar la transferencia de calor del medio a un fluido que se encuentra refrigerado y que es utilizado en varios procesos de la planta.

### **2.2 ALCANCE Y LIMITACIONES DE LOS PROYECTOS**

#### **2.2.1 PROYECTO ADMINISTRATIVO**

Está enfocado en el traslado de las bodegas de un sitio para otro, en un planteamiento de la organización interna que debe tener la bodega y en un sistema paralelo de control de bodegas.

El sistema paralelo, hecho en Access, permite al Departamento de Mantenimiento conocer con certeza la información requerida para el control del inventario de la parte mecánica y eléctrica. Éste es necesario para dar servicio a la planta y evitar que las máquinas se detengan y afecten negativamente los procesos, lo que constituiría una pérdida de dinero bastante alta. Además se han establecido los puntos críticos de cada uno de los repuestos, siendo estos el máximo, mínimo y reorden. No en vano, se estudiaron los repuestos que no se deben tener.

Se realizó una la clasificación de los repuestos por familias, pero no se hizo su clasificación en el sistema ABC.

### **2.2.2 PROYECTO DE INGENIERÍA**

Está enfocado a cuantificar el calor que es ganado por un fluido (agua) que se encuentra refrigerado, a través del sistema de transporte; tomando en cuenta que las tuberías no se encuentran aisladas. Al conocer diferentes parámetros como temperaturas diferenciales y longitudes de las tuberías, se plantea la necesidad real de ponerles aislamiento.

Es de incumbencia de este trabajo hacer el estudio financiero que justificara el aislamiento de los tubos. Este comprendió tiempo de pago de la inversión y ahorro anual de dinero. En el estudio de los aislantes, se tomaron en cuenta dos espesores, lo que da una opción de escogencia entre mayor inversión inicial con un mayor ahorro anual versus una menor inversión inicial asociada a una menor ganancia anual.

Este trabajo no comprende rediseños de redes, procesos, ni sistemas de mantenimiento de los equipos de refrigeración. Tampoco se cuantifica el desgaste del compresor y los gastos asociados a él, por tener que trabajar a un menor régimen.

### **2.3 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA**

La empresa en que se realizó la Práctica de Especialidad se llama Fructa Costa Rica S.A. Esta inició sus operaciones el 6 de setiembre de 1999, en calidad de subsidiaria de Tropicalia Beverages Industries, B.V., de Holanda, a través de la Corporación Sucocitro S.A. Esta productora, comercializadora y procesadora de frutas tropicales heredó la experiencia del grupo RiHa de Alemania, el cual es dueño de Tropicalia Beverages Industries B.V. Esta ventaja pronto hizo a la compañía líder en su área, identificándose por su rigor con respecto a la calidad, la cual se traduce en compromiso constante con la atención de las necesidades de los clientes, bajo un enfoque de protección al ambiente y en condiciones de trabajo seguras.

Además de estar ubicada en una zona clave como lo es Siquirres, cerca del puerto Limón, y de pertenecer al régimen de Zona Franca, cuenta con una tecnología actual y adecuada para los procesos de producción. Entre los productos destacan jugos y concentrados de piña y banano. Actualmente, cuenta con 325 colaboradores.

Sus políticas de gestión de calidad y ambiente son:

- Garantizar la satisfacción de sus clientes, ofreciéndoles un producto competitivo y seguro, de acuerdo con los requisitos especificados y reglamentarios.
- Aumentar la eficacia del sistema de gestión de calidad y ambiente.
- Cumplir con la legislación y reglamentación ambiental relevantes.
- Prevenir la contaminación ambiental.
- Establecer y cumplir las metas y objetivos de calidad y ambiente.
- Prevenir accidentes e incapacidades laborales.

Todo lo anterior se logra dentro de un ambiente de trabajo innovador, comunicativo y de buenas relaciones con la comunidad, el personal, los accionistas y los clientes. Es por eso que esta industria se encuentra en un proceso de mejoramiento continuo.

### **2.3.1 DIVISIÓN INTERNA**

Fructa C.R. está dividida en ocho departamentos:

- Departamento de Producción
- Departamento de Mantenimiento
- Departamento de Recursos Humanos
- Departamento de Control de Calidad
- Departamento Administrativo
- Departamento de Obra Civiles
- Departamento de Materia Prima
- Departamento de Logística
- Departamento Financiero

El Departamento de Mantenimiento cuenta actualmente con 23 colaboradores que trabajan conforme un esquema muy balanceado (ver organigrama en anexo 4). Ellos se encargan de dar servicio a toda la planta y de velar por su buen funcionamiento.

Una característica de esta empresa es que cuenta con una sola bodega centralizada que está bajo el mando del Departamento Financiero.

## **2.4 PROCEDIMIENTOS Y MÉTODOS EMPLEADOS**

Para lograr un trabajo de alta calidad en el proyecto administrativo, se recurrió a la búsqueda de información en la red y folletos relacionados con el tema. Además se compartieron opiniones con diferentes personas que han estado involucradas en el manejo de bodegas desde diferentes perspectivas y cargos.

Fue de mucha importancia conocer las necesidades específicas de esta industria en el área de bodegas. Con ello se pudieron presentar propuestas que realmente atendieron sus necesidades.

Para el proyecto de ingeniería, hubo un estudio mucho más teórico, aplicándose la teoría de diferentes áreas, como la termodinámica, la transferencia de calor y las turbomáquinas, entre otros. Además, se realizó una investigación de campo en las instalaciones de la planta para obtener los diferentes datos que se debieron tomar en cuenta para llevar a cabo este proyecto. Para otros datos, se recurrió al Instituto Meteorológico Nacional y al fabricante de aislantes Kaimman en Alemania, con el que la compañía trabaja a nivel mundial.

## **2.5 OBJETIVOS DEL PROYECTO ADMINISTRATIVO**

### **2.5.1 OBJETIVO GENERAL**

Lograr un mejoramiento en la gestión de bodegas, mediante un conjunto de operaciones, como el traslado de los repuestos a nuevas instalaciones, la implementación de un programa de información fiable y la reestructuración de las tareas del personal de bodega.

### **2.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Lograr una utilización eficiente del espacio disponible, mediante una distribución adecuada.
- Crear un sistema de codificación para la ubicación de los diferentes artículos.
- Preparar la logística adecuada para un traslado de bodegas eficiente y ordenado.
- Realizar el inventario para obtener un documento acertado sobre las existencias reales de repuestos eléctricos y mecánicos; útil para el sistema y evita el extravío de piezas durante el traslado.
- Supervisar el traslado físico de los repuestos que se realizará con ayuda de personal de otras áreas.
- Almacenar de la mejor forma los repuestos, dividiéndolos en familias.
- Diseñar documentación en la medida de lo necesario.
- Crear e implementar un sistema paralelo de inventarios en Access con códigos, ubicaciones, cantidades, inventarios mínimas y máximos entre otros.
- Investigar posibles nuevos repuestos que deben estar disponibles.
- Plantear una mejor estructuración, del personal de la bodega.
- Crear un informe detallado sobre el proyecto.

## **2.6 OBJETIVOS DEL PROYECTO DE INGENIERÍA**

### **2.6.1 OBJETIVO GENERAL**

Determinar la viabilidad financiera de instalar aislantes a los tubos de un fluido refrigerado.

### **2.6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Levantar los planos de las tuberías.
- Obtener los datos prácticos necesarios.
- Crear una página en Excel, que facilite los cálculos.
- Fundamentar teóricamente los cálculos.
- Calcular en cuánto tiempo se paga la inversión.
- Obtener diferentes alternativas en cuanto a espesores de aislante.
- Crear un informe detallado sobre el proyecto.

## **2.7 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

### **2.7.1 PROYECTO ADMINISTRATIVO**

La bodega de Fructa Costa Rica S.A. carecía de espacio, orden y un control realista de los artículos que en ella se encontraban, por lo que se producen paros más prolongados de las máquinas y, por lo tanto, de procesos en la planta. Además, no existía una demarcación clara del trabajo que debe hacer cada persona en la bodega, lo que hacía lenta e ineficaz.

Para solucionar este problema, se tomaron las siguientes medidas:

- Traslado de la bodega a un nuevo edificio de mayor envergadura.
- Ordenamiento lógico de los artículos que en ella se almacenan.
- Establecimiento de cantidades mínimas de los repuestos que se deben haber en la bodega, así como su punto de reorden.

- Creación de un sistema paralelo de control de inventarios.
- Planteamiento e implementación de un plan de reestructuración del personal de bodega.

### **2.7.2 PROYECTO DE INGENIERÍA**

No se había cuantificado cuanto es el calor que absorben las líneas de agua refrigerada; de lo cual resulta un mayor consumo de fluido eléctrico y desgaste de los compresores; es decir en una fuente de desperdicio de dinero.

Para solucionar este problema, se tomaron las siguientes medidas:

- Un estudio de la cantidad de calor absorbida por el fluido.
- Cálculos de índole financiera para determinar opciones.
- Comparar los dos escenarios del comportamiento del calor (con y sin aislamiento) para conocer cuantificar pérdidas.

### **2.8 IMPACTO DE LOS PROYECTOS EN LA PLANTA**

Con el desarrollo del proyecto de mejoramiento de la gestión de bodegas, se pudo obtener información precisa sobre la cantidad de repuestos necesarios y establecer un inventario balanceado que no sea tan grande que lleve a un sobre costo de almacenamiento, pero que asegure la disponibilidad de los repuestos que se necesitan en cualquier momento.

No esta de más mencionar que se pudo tener una respuesta más ágil y rápida de parte de los bodegueros a los pedidos que se hacen, ya que todo se encontra ubicado según una lógica que se comentará más adelante.

Por otro lado, el Departamento de Mantenimiento tiene la capacidad de hacer los pedidos de los repuestos, que debido a su utilización se deben reponer, con absoluta certeza de que su sistema paralelo de control cuenta con información que realmente refleja la realidad de

los artículos que se encuentran en bodega, con lo cual se evitaran paros de máquinas y procesos por tiempos prolongados.

Por último, pero no menos importante, se logró, con la reestructuración del personal de bodega, un mejor servicio con los mismos recursos.

En fin, se logró una mejor eficacia de la gestión de la bodega, evitando tener costos muy elevados por exceso de repuestos o personal.

Con el desarrollo del proyecto de ingeniería, se pudo cuantificar el ahorro de energía debido al aislamiento de las tuberías del fluido (agua) refrigerado, lo que representará un gran ahorro mensual de dinero una vez que se instalen.

## PROYECTO ADMINISTRATIVO

### 3. MARCO TEÓRICO

Un factor característico del sector productivo en los últimos años ha sido el aumento sostenido de la competitividad, producto de la apertura comercial y la formación de bloques económicos. Esto ha tenido como consecuencia el mejoramiento en los procesos y gestiones de las industrias. Una gestión que ha tomado bastante relevancia para poder competir en el mercado es la de bodegas.

La bodega es una parte fundamental para el funcionamiento de una planta, ya que los recursos utilizables que se encuentran almacenados en ella, para su uso posterior, son necesarios para lograr satisfacer las necesidades de artículos de la organización. Para brindar un buen servicio, ella debe cumplir con ciertas características como la agilidad, la seguridad, el orden, la limpieza y el abastecimiento. A su vez, para lograr un resultado óptimo, al menor costo posible, se deben tener en cuenta aspectos como controles, calidad y cantidad, los cuales se logran mediante la previsión y la organización.

No es correcto que a pesar de una gran inversión en repuestos e insumos se sufran demoras o atrasos en la producción de una planta debido a la ausencia de determinado artículo en la bodega.

Las bodegas son una forma directa de ingresos, ahorro de costos, mejora de la productividad y fortaleza interna; aunque también es cierto que ellas implican altos costos. Se deben evitar: bajos niveles de utilización o sobre utilización, atrasos en la entrega, inexactitud en la selección y acomodo, disminución de la confiabilidad del inventario, desorden y descontrol generalizado. En fin, la bodega se debe ver como una sola unidad de seguridad y servicio total.

---

En el buen funcionamiento de la bodega se ven involucrados aspectos como los que se enumeran a continuación:

1. La frecuencia con que se deben ordenar los pedidos.
2. La cantidad que se requiere de cada artículo.
3. Previsión de las necesidades.
4. Reducción del inventario, sin llegar a la escasez.
5. Capital humano.
6. Disponibilidad de recursos informáticos.
7. Disponibilidad de recursos financieros.

Un punto básico para poder lograr los aspectos enumerados del 1 al 4, es el establecer los máximos, los mínimos y punto de reorden de una forma consiente y realista. Si estos parámetros son fiables y se respetan, se asegura una gran parte del éxito en el funcionamiento de una bodega.

Para ayudar a determinar estos parámetros, se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos: consecuencia operativa, duración para la entrega, costo y sentido común.

### **3.1 FUNCIONES**

Las funciones que le competen a la gestión de bodega se dividen en tres áreas:

1. Almacenamiento
2. Control de existencias
3. Gestión de existencias

### 3.1.1 ALMACENAMIENTO

#### a. Recibo e inspección

Debe verificar que la cantidad de ingreso sea la solicitada por el cliente interno y la calidad de los artículos recibidos sean de conformidad. Además, se debe revisar que los artículos no muestren signos de deterioro; si es así, debe avisar al jefe para que tome una decisión. Por último, debe llevar un registro actualizado.

#### b. Almacenaje

Guarda los artículos teniendo en cuenta aspectos como la conservación, el orden y la seguridad. Se deben llevar registros actualizados de la información, para lo que se sugiere el uso de software y tomas de inventarios físicos cada cierto tiempo. La información obtenida del software, debe reflejar la realidad de la bodega.

Es importante reconocer el impacto de las limitaciones físicas, entre otras la carencia de control y las tardanzas en las demandas; pero también se deben evitar áreas ociosas que contribuyan al encarecimiento del almacenaje y otras malas prácticas.

Hay que tener en cuenta aspectos como humedad, ventilación, temperatura, luminosidad, inflamabilidad, etc., según la naturaleza de cada producto, para lograr conservar los artículos en buen estado y poder utilizarlos cuando sea necesario. Con ello también se asegura la integridad de aquellos.

En cuanto a la distribución, es importante saber, mediante un sistema de ubicaciones efectivo, en donde se localiza un artículo determinado. Con ello se puede atender las necesidades de los clientes en un menor tiempo aparte de tener un mejor control físico del inventario.

Compete al almacenaje tener en cuenta la seguridad e integridad física del personal y de los artículos. Para ello, se debe tomar en cuenta aspectos tales como poner cosas pesadas lo más cerca del suelo, realizar sujeciones si son necesarias, no tener cosas tiradas en los pasillos y destinar lugares especiales a materiales inflamables o químicos.

### **3.1.2 CONTROL DE EXISTENCIAS**

Debe asegurar que las cantidades físicas del sistema, reflejen la realidad de las existencias. Se debe, entonces, tomar inventarios físicos cada cierto tiempo.

### **3.1.3 GESTIÓN DE EXISTENCIAS**

#### **a. Atención a pedidos clientes**

Debe de atender las necesidades y pedidos de los clientes de la organización, para poder así satisfacer las necesidades de la planta misma.

#### **b. Planeamiento de pedidos de insumos y repuestos necesarios**

Debe velar por mantener los máximos y mínimos de los inventarios y, si es del caso, reajustar estos puntos con experiencias generadas a través del tiempo.

## **3.2 CLIENTES**

Las fuentes de donde provienen la demandas de artículos son todos lo departamentos enunciados en la sección **2.3.1**.

## **3.3 LO QUE IMPLICA UN ADECUADO MANEJO DE INVENTARIOS**

El inventario es fundamental para asegurar que los artículos que se requieren se encuentran disponibles. Una ventaja que presentan es que permiten obtener ganancias adicionales cuando hay alzas. Pero su mantenimiento puede ser costoso, y, además,

inmovilizan recursos, por lo que hacerlo eficientemente es muy importante. Para ello, se debe equilibrar adecuadamente los propósitos del inventario.

Los propósitos que deben cumplir son los siguientes:

- Absorber las fluctuaciones: con ello se protege del agotamiento para poder satisfacer la demanda.
- Permitir volúmenes de compras mayores: de esta manera se puede bajar el costo de cada artículo.
- Diluir el costo del transporte: si no se planifica bien, este aspecto puede llegar a tener repercusiones muy negativas.
- Garantizar el funcionamiento de las máquinas y los procesos.

También se debe tener en cuenta y tratar de:

- Minimizar el costo de capital: un inventario es un activo que como tal se deprecia y, si su obtención fue mediante el financiamiento, el costo real aumenta.
- Minimizar los costos fijos: estos costos están asociados al almacenamiento, planta física, seguros, salarios, mantenimiento y seguridad.
- Minimizar daños por deterioro: con el tiempo y dependiendo de cada material, se da un deterioro y hasta la obsolescencia de los artículos; a mayor cantidad, aumenta este riesgo.
- Minimizar el robo.

### **3.3.1 TOMANDO INVENTARIOS EFICIENTEMENTE**

Los inventarios físicos son necesarios ya que algunas veces lo que muestran los sistemas de información difiere de la realidad. Para realizar un buen recuento físico se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Instruir anticipadamente al personal que va a participar.
- Identificar el área que se va a restringir o en su defecto identificar todos los lugares en que existe mercadería.
- Aprovechar para establecer el estado de los artículos y determinar cuáles están deteriorados u obsoletos.
- Preparar la papelería con anticipación.

Una vez terminado, se debe tomar las listas y entregarlas al Departamento Financiero donde serán revisadas para hacer los ajustes pertinentes.

### **3.4 PRIORIDADES DE CONTROL**

Para establecer las prioridades en el controles de los inventarios la opción más difundida es el método ABC. Esta es una técnica que fue introducida en 1951 por Henry H. Ford.

Consiste en reconocer que no todos los artículos son iguales, por lo que cada uno de ellos necesita un manejo particular. Se hace una clasificación de los artículos en tres zonas, siendo la A los de mayor rotación, B de mediana y C de poca. Por ende, se debe tener un muy buen control sobre los artículos de la zona A.

Sobre esta técnica existe bastante literatura, pero no es del alcance de este proyecto llegar a establecer este tipo de control, por lo que no se ahondará más en el tema.

### **3.5 ASPECTOS DEL MANEJO**

La bodega debe velar y garantizar la seguridad de los artículos que se encuentran bajo su custodia, ya sea dentro o fuera de sus instalaciones. Para ello debe tomar medidas como restringir el acceso a sus instalaciones y otras formas de seguridad.

El procedimiento seguido para retirar un artículo de la bodega tiene como objetivo, mantener un control preciso de los inventarios, así como determinar el uso que se le da a cada artículo, convirtiéndose en un eslabón más de la cadena de trazabilidad de los productos.

Los inventarios no solo requieren de controles físicos, sino también de controles financieros; por lo tanto, el Departamento Financiero tiene que ajustar los inventarios en libros según la realidad física de la bodega. Por otro lado, este departamento debe velar por el pronto pago a los proveedores.

La información debe llegar a este departamento ya sea a través del proveedor (encargado de compras) o la bodega, mediante un documento de cobro, una orden de compra y un documento que certifique la recepción conforme de los materiales en la bodega.

Es claro que la administración de inventarios involucra a varias personas y departamentos de la industria y que tiene implicaciones en diferentes áreas de la planta como la financiera, producción y ventas.

### **3.6 RECURSO HUMANO**

Es considerado el componente más relevante del manejo de bodegas. En muchos casos, ayuda a subsanar los desequilibrios en los procesos. Sin embargo, se debe evitar la creación de un especialista, ya que este se hace indispensable, cualidad *non grata* para una persona de bodega, debido a que se hace difícil cubrirlo en momentos en que no se encuentran o cuando deja de laborar para la empresa.

A su vez, el personal debe estar comprometido con la velocidad y exactitud de la operación, estar dispuesto a incorporar las mejoras y aprovechar los diferentes recursos existentes. Con ello, se puede montar una plataforma sana para el manejo de los artículos y lograr altos niveles de desempeño.

### **3.7 SISTEMAS DE APOYO TECNOLÓGICO**

Involucra herramientas tales como computadoras, bases de datos relacionales (software de control), impresoras, scanners o lectoras (fijos y móviles) y la aplicación de código de barras entre otros. Con ellos se consigue un almacén más rápido, oportuno, eficiente y exacto.

El software debe tomar en cuenta las características detalladas y particulares del sistema y el ambiente en que se desarrolla. Además, debe ser compatible con los scanners (lectoras) y el resto de los sistemas, si es que existen, para lograr una integración total.

#### **3.7.1 CÓDIGO DE BARRAS**

El código de barras es una estructura abreviada que clasifica los productos y agiliza el procesos de ingreso de información al sistema. Existen varios códigos, pero los dos más utilizados son UPC y EAN; el primero americano de doce caracteres y el segundo europeo de ocho o trece. Una de sus principales aplicaciones es el control de inventarios. Entre sus beneficios se encuentran: velocidad, precisión, bajos costos y confiabilidad, pues son leídos a través de una lectora o scanner.

## **4. SISTEMA ANTERIOR DE LA BODEGA DE FRUCTA CR**

### **4.1 ESQUEMA DE TRABAJO**

- 1 jefe de bodega
- 2 bodegueros
- 2 ayudantes
- 2 auxiliares

Los bodegueros y ayudantes eran los encargados de digitar y entregar el material. Ambos estaban desempeñando la misma labor, aunque sus diferencias estaban en los salarios y en la cantidad de información que debían procesar.

Los auxiliares realizaban labores específicas como armar estañones, descargar furgones y otros. En casos críticos apoyaban a la bodega en lo necesario.

Por lo tanto, una sola tarea era realizada por muchas personas de diferentes cargos, lo que hacía difícil designar responsables.

## **4.2 PROCESO**

Para obtener un artículo, se debía:

1. Ir a bodega y pedir los artículos necesarios; ahí se llenaba el retiro de materiales.
2. Se tomaba el Retiro de Materiales y se llevaba a firmar donde la persona que autoriza.
3. Se devolvía a la bodega y se entregaba.
4. Se buscaba la pieza en el lugar que se cree que es posible que estuviera (personal de bodega).
5. Se generaba una Requisición de bodega (personal de bodega).
6. Se recibía el artículo.
7. Se firmaba la requisición.

### **4.2.1 DEBILIDADES**

- Las tareas se realizaban con lentitud y baja eficiencia debido a que las personas no estaban bien entrenadas o les faltaba experiencia.
- El sistema se encontraba desactualizado; no reflejaba la existencia real de artículos.
- Se realizaban inventarios muy esporádicamente.
- No se actualizaban los inventarios.
- El espacio físico disponible para poder mantener el orden no era suficiente.
- El cliente no conocía cuándo entraba lo pedido.
- No había un control eficaz de entrega de materiales, por lo que quedaban requisiciones pendientes.

- Si algo no tenía código, se apunta la salida pero no se ingresaba la información al sistema, por lo tanto, había artículos de gasto directo (sin código) en bodega, lo que los hacía artículos no cuantificables.
- Se diluía de la responsabilidad al haber varias personas realizando la misma tarea.
- El Jefe de bodega estaba muy vinculado en la parte operativa.
- Existía una cultura de “servicio a domicilio” que debía brindar la bodega.

#### **4.2.2 FORTALEZAS**

- El recurso humano tiene capacidad para impulsar cualquier mejora.
- El recurso humano es joven; no está sesgado ni trae paradigmas.

### **4.3 SISTEMAS DE CÓMPUTO**

#### **4.3.1 DEBILIDADES**

- Falta de hardware. Solo dos computadoras (una casi exclusiva).
- Falta de memoria y rapidez de los equipos.

#### **4.3.2 FORTALEZAS**

- Buen paquete de cómputo para llevar el control.

### **5. NUEVO SISTEMA DE LA BODEGA DE FRUCTA CR**

Para lograr el cambio, se debió definir el alcance y las etapas de implantación, así como los requerimientos de inversión e impacto potencial en la reducción de costos. En sí, lo esencial es conocer la información necesaria oportunamente y de forma fidedigna.

Para ello existe un modelo, que fue utilizado en parte, para lograr el planteamiento del nuevo sistema. Este establece lo siguiente:

- Aceptar y reconocer las oportunidades de mejora.
- Formular el problema, plantear la situación
- Construir un modelo
- Recolectar datos
- Resolver modelo
- Interpretar resultados
- Implementar modelo
- Retroalimentación

## **5.1 ESQUEMA DE TRABAJO**

- 1 jefe de bodega
- 1 digitador
- 3 bodegueros
- 2 auxiliares

Con este nuevo sistema de trabajo, no se requirió de mayor cantidad de personal.

## **5.2 FUNCIONES DE CADA CARGO**

### **5.2.1 JEFE DE BODEGA**

Esta persona está encargada de supervisar toda la operación de bodega y velar por su buen funcionamiento.

Los requerimientos deseables en tal persona son los siguientes:

- Conocimiento de los procesos de la empresa.
- Conocimiento de las técnicas y herramientas de almacenamiento.
- Experiencia previa en puestos similares.
- Conocimiento básico en la gestión de recursos humanos.
- Conocimiento del sistema de calidad.

- Usuario de las herramientas informáticas.
- Organización y método.
- Espíritu de iniciativa.

### **5.2.2 DIGITADOR**

Características del puesto:

- Horario de 7 a.m. a 5 p.m., de lunes a viernes, y sábados de 6 a.m. a 2 p.m.
- Solo esta persona y el jefe pueden modificar datos en el sistema, las demás personas pueden utilizar la computadora a modo de consulta cuando el digitador no esté.

Esta es la persona encargada de desempeñar las siguientes funciones:

- Digitar salidas y entradas diarias actuales y acumuladas de la noche anterior (mantener el sistema actualizado).
- Imprimir los listados para la toma física de los inventarios.
- Digitar inventarios realizados.
- Imprimir un documento de entrada de artículos para el sistema paralelo de control Access que posee el Departamento de Mantenimiento.
- Imprimir listados parciales de acuerdo con las necesidades de los clientes.
- Dar las ubicaciones a los diferentes artículos.
- Imprimir los códigos en etiquetas.
- Imprimir las requisiciones.
- Avisar al cliente cuando su pedido ingresa a la bodega.
- Confeccionar de los memorandos de ajuste de inventarios y códigos.

Los requerimientos deseables son los siguientes:

- Conocimiento de los procesos de la empresa.
- Conocimiento de las técnicas de almacenamiento.
- Experiencia previa en puestos similares.
- Conocimiento del sistema de calidad.
- Usuario de las herramientas informáticas.
- Organización.
- Espíritu de iniciativa.

### **5.2.3 BODEGUERO**

Características del puesto:

- Tres turnos rotativos.

Esta persona está encargada de desempeñar las siguientes funciones:

- Recibir y chequear la mercadería que ingresa.
- Poner los códigos a los artículos.
- Acomodar la mercadería en las ubicaciones correspondientes.
- Mantener el orden y la limpieza de la bodega.
- Despachar la mercadería en forma rápida y ágil.
- Archivar las copias de las requisiciones.
- Informar sobre cualquier anomalía.
- Tomar los inventarios.

Los requerimientos deseables son los siguientes:

- Conocimiento de los procesos de la empresa.
- Conocimiento de las técnicas de almacenamiento.
- Experiencia previa en puestos similares.
- Conocimiento del sistema de calidad.
- Organización.

#### **5.2.4 AUXILIAR**

Esta persona está encargada de desempeñar las siguientes funciones:

- Armar y descargar los estañones.
- Velar por el orden y limpieza del área de carga.
- Apoyar la toma física de inventario.
- Descargar furgones.
- Apoyar en cualquier parte del proceso, cuando se lo indique el jefe.

Los requerimientos deseables son los siguientes:

- Conocimiento de los procesos de la empresa.
- Experiencia previa en puestos similares.
- Conocimiento del sistema de calidad.
- Buena disposición.

#### **5.3 PROCESO**

En el día:

Ir a la bodega por el Retiro de Materiales (solo caso del Departamento de Mantenimiento).

Buscar al encargado de autorizar el Retiro de Materiales (solo caso del Departamento de mantenimiento).

1. Ir a la bodega y dar el retiro de materiales al bodeguero
2. Este se la da al digitador (el bodeguero).
3. El digitador emite la requisición, se deja el original engrapado con la requisición.
4. La copia es entregada al bodeguero con la cantidad, ubicación y descripción para que traiga los artículos.
5. La requisición debe quedar firmada por la persona que retira el material.

La excepción en el proceso anterior para el Departamento de Mantenimiento, es a raíz de que este departamento lleva un sistema paralelo de información que debe ser alimentado. Esto se logra cumpliendo el proceso anterior.

En la noche:

1. Ir a bodega por lo necesario.
2. El bodeguero consulta en la computadora la ubicación.
3. Es llenada la boleta de retiro de materiales.
4. Se entrega los artículos al cliente.
5. El Retiro de Materiales es firmado por la persona que se lleva el artículo.
6. Se archiva los retiro de materiales para ser digitados al día siguiente.

### **5.3.1 FORTALEZAS**

- Mayor control sobre los inventarios.
- El bodeguero entrega pero no hace el papeleo.
- Se designan responsabilidades directamente.
- Aplicación inmediata al sistema de las salidas.
- Mayor agilidad en el proceso.

### **5.4 OTROS ASPECTOS**

Una vez que los furgones lleguen a la romana, se debe tomar la responsabilidad de atenderlos, pero no será necesario tener que recogerlos ahí, sino que debe haber un control visual desde ese punto hasta llegar al área de descarga. Si requiere desplazarse a otro lugar de la planta (caso del bunker), se le debe acompañar a partir de este punto.

El encargado de la romana será el responsable de avisar a la bodega de la presencia de un furgón, para pedir la autorización de ingreso y evitar así que entren furgones sin responsables a la planta, como lo establecen los reglamento de la compañía.

La ventaja de esta modificación, es evitar la pérdida de tiempo del personal de bodega generada al caminar desde la bodega hasta la romana.

Por otro lado, el encargado de bodega tendrá la responsabilidad del manejo de las hojas de control, por lo que informará frecuentemente sobre las unidades existentes (inventario) al responsable del área, para que se formule oportunamente la reposición de inventarios.

Si un determinado producto no se encuentra en stock, se tomará nota en la bitácora de desabastecimiento solo en caso de que sea un producto auxiliar o un repuesto que afecte la calidad o la producción.

Por último, será responsabilidad de cada cliente el retiro de todos los materiales indicados en la requisita.

## **6. PROCESO DE RECEPCIÓN DE BIENES**

### **6.1 GENERALIDADES**

El proceso de recepción de bienes constituye uno de los aspectos más importantes en la compra, por tratarse del registro de entrada de los materiales a las bodegas de la Zona Franca y el paso que posibilita el trámite de pago a los proveedores.

Fructa C.R. S.A. ha constituido una sola bodega general. Existe una subdivisión, en donde se encuentran los repuestos mecánicos y eléctricos, concernientes al Departamento de Mantenimiento. Ambas, la subbodega de repuestos (que es parte de la bodega general) y la bodega general, están bajo la responsabilidad del Departamento Financiero pero, la primera es supervisada por el Departamento de Mantenimiento.

## **6.2 CONDICIONES PARA LA ENTRADA DE MATERIALES A BODEGA**

- 1- La orden de compra y la factura; ya sea esta de crédito o de contado debe estar presente. La entrada de todo material en el sistema es responsabilidad directa del digitador.
  
- 2- Comprobación de que la mercadería que se recibió está en buen estado y coincidió en descripción y cantidad con lo descrito en la orden de compra de bienes y servicios.

En caso de que lo recibido sea menor a lo comprado, debe informarse de inmediato al cliente interno interesado. Si lo recibido es mayor que lo comprado, se debe devolver el exceso al proveedor respectivo. Si la calidad del producto que se recibe no coincide con la estipulada, no se dará entrada al material e informará al encargado de compras para el reclamo respectivo.

Completadas las condiciones anteriores, se debe proceder a codificar los artículos recibidos, dando la entrada respectiva al sistema de bodegas en un período no mayor a 24 horas, notificando al cliente interno interesado de la llegada de su pedido. Una vez hecha la entrada del material al sistema de inventarios de bodega, se enviará a contabilidad el comprobante de entrada de inventario, la factura de compra y la orden de compra.

En caso que se esté desarrollando un proyecto y se estén recibiendo materiales paulatinamente, estos quedan en la custodia de bodega hasta que el cliente elabore el finiquito del proyecto y haga el retiro de todos los artículos necesarios. Toda salida se debe apuntar en la bitácora y una vez que se termina el proyecto, si es necesario, se hace la entrada a inventario de aquellos artículos que no fueron usados.

### **6.3 ALMACENAMIENTO DE MATERIALES**

Todos los bienes adquiridos por Fructa C.R. S.A. deberán ser recibidos en la bodega principal y distribuidos, según su naturaleza en la, bodega general, ya sea en la sección de mantenimiento o en cualquier otra sección. En el caso de que se haga una entrada a la bodega de mantenimiento, se debe enviar una copia de ella al Departamento de Mantenimiento para que lleve de cerca la labor de supervisión sobre esta bodega.

Para dar acomodo a los artículo que ingresan, se pasa al bodeguero el comprobante de entrada que emite el digitador, para que aquel almacene el artículo en la ubicación que le da el digitador. Es importante tomar en cuenta las características propias de cada material. Por ejemplo, el acero inoxidable no se puede poner directamente sobre las bandejas de acero, ya que el mismo se contamina, por lo que es necesario poner una cubierta de otro material sobre los estantes, como lo es el esteriofón, plástico u otros.

El bodeguero debe entonces codificar los artículos. Luego, el documento de entrada será devuelto al digitador quien lo archivará.

Cabe destacar que los clientes serán avisados de la llegada de sus materiales a la bodega mediante el digitador, pero el uso exclusivo de ese, o esos artículos, será de 24 horas. Después de ese tiempo, la bodega no se hace responsable si es utilizado por otro cliente.

### **6.4 ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLES**

Se deben coordinar, en el momento en que se presentan las siguientes tareas:

- Carga de gas. Se puede cargar por la noche o mediante una tubería cercana a la bodega (en un futuro).
- Recibo de combustibles pesados.

---

## 6.5 FORMATO DE ENTRADA DE MATERIALES

El formato de entrada de materiales contiene la siguiente información:

- Proveedor.
- Fecha de Elaboración.
- Número de Orden de Compra.
- Número de Factura.
- Descripción detallada del bien.
- Código del producto.
- Cantidad.
- Unidad de medida.
- Nombre y firma del digitador
- Tipo de moneda
- Ubicación dentro de la bodega
- Costo

Estos documentos deben tener la siguiente distribución:

Original: Contabilidad

Copia 1 – Consecutivo de bodega.

Copia 2 –Mantenimiento (únicamente en caso entradas a la bodega de mantenimiento).

## 6.7 BODEGAS PARA LA RECEPCIÓN DE BIENES

Fructa CR SA ha establecido una sola bodega que maneja materiales, pero con una subdivisión de acuerdo con su naturaleza y uso.

---

### **6.7.1 BODEGA DE GENERAL, SECCIÓN DE MANTENIMIENTO**

Custodia los repuestos y materiales concernientes al mantenimiento de la planta.

Contempla:

- Materiales Eléctricos
- Repuestos Industriales
- Equipo industrial

Se reitera que la responsabilidad de la buena custodia de lo que se almacena en esta sección de la bodega es del Departamento Financiero; no obstante, mantenimiento ejercerá una labor de supervisión para asegurar la cantidad óptima de repuestos.

### **6.7.2 BODEGA GENERAL**

En esta bodega se maneja un stock de productos para el uso de las diferentes áreas de la empresa, estos suministros son:

- Papelería y útiles de oficinas.
- Productos de limpieza.
- Partes y accesorios de equipos de oficina.
- Envases y contenedores.
- Insumos para la producción.
- Materiales de construcción.
- Materiales e insumos para áreas verdes.
- Equipos de seguridad.
- Materiales de fontanería.
- Materiales de carpintería.
- Materiales de soldadura.
- Otros.

---

## **6.8 PROCEDIMIENTO PARA LA SALIDA DE MATERIALES**

### **6.8.1 RETIRO DE MATERIALES**

En el primer paso para la salida de materiales se encuentra el formulario “Retiro de Materiales” que tiene la siguiente información:

- 1.Nombre de la persona
- 2.Código del producto
- 3.Cantidad
- 4.Descripción
- 5.Para ser usado en (centro de costos)
- 6.Fecha
- 7.Autorizado por
- 8.Retirado por

Para el proceso de registrar la salida de bodega, el “digitador” no procesará ninguna salida si el “Retiro de Materiales” no está debidamente autorizado. No obstante, está abierta la posibilidad de que el bodeguero entregue materiales, especialmente en el turno de la noche, sin que el “Retiro de Materiales” esté autorizado. En la mañana el “Digitador” hará las requisas respectivas y llamará a los responsables de área para que firmen las requisas pertinentes.

Cada departamento tendrá las libretas de retiro de materiales. Si se necesita algo, se apunta y autoriza en este documento, que luego es llevado a bodega para el procedimiento correspondiente.

En cuanto a mantenimiento, este departamento necesita de una copia de retiro de material para poder restar en su sistema la cantidad y artículo retirado de la bodega. Esta copia se asegura al autorizar únicamente retiros de materiales que vienen con una copia en donde aparece el código y los artículos que van a ser sacados de la bodega.

---

## 6.8.2 REQUISA DE MATERIALES

Fructa C.R. S.A. establece el formato Requisita de Materiales para el retiro de materiales de las bodegas establecidas.

El formato de requisita de materiales contiene la siguiente información:

1. Número consecutivo de requisita
2. Fecha de Emisión
3. Código del producto
4. Nombre del producto
5. Código alterno
6. Unidad de medida
7. Cantidad despachada
8. Ubicación
9. Destino (lugar de uso)
10. Observaciones
11. Nombre y firma del solicitante
12. Nombre y firma autorizada
13. Nombre y firma del despachador con sello de Bodega

El documento “Requisita de Materiales” tendrá la siguiente distribución:

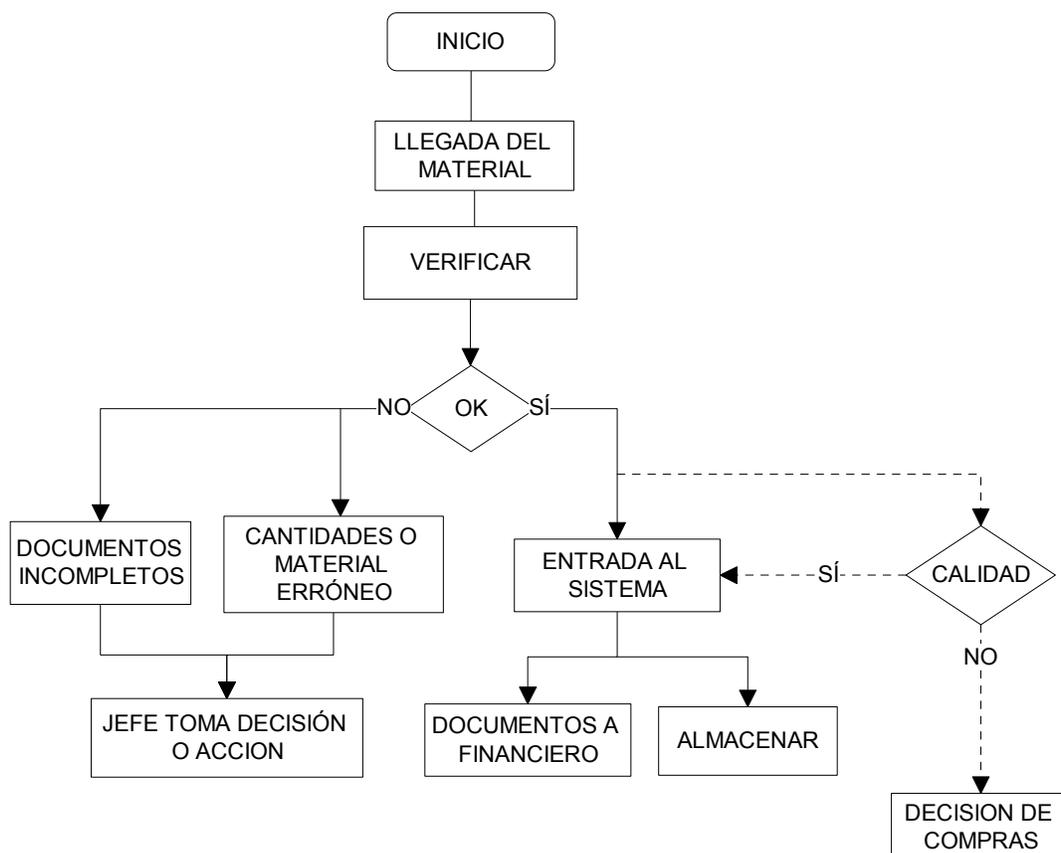
- Original – Contabilidad
- Copia 1 – Archivo de Bodega

Tanto los materiales que se encuentran en stock como los requeridos a través de Retiro de Material serán requisados en las bodegas, usando el formato de “Requisita de Materiales”.

## 6.9 OTRAS CONSIDERACIONES

- Al llenar el formato de requisita de materiales es importante que al final de la descripción de los materiales solicitados se imprima la la frase “Ultima Línea”.
- Se debe tener cuidado de que se detallen en la requisita el nombres de la persona que recibe y de la que despacha el artículo.
- Las distintas áreas deberán dar a conocer a bodega, las restricciones para el despacho de ciertos productos mediante memorandos administrativos.

## 6.10 FLUJOGRAMA DEL PROCESO



Nota: en el anexo 5 se encuentra una descripción del flujograma.

---

## 7. CÓMO SE IMPLEMENTÓ EL NUEVO SISTEMA

Para la implementación del sistema propuesto, se hizo hecho un cronograma de las actividades que se debían realizar. A continuación se detallan en orden cronológico:

1. Creación de un Gantt para la organización (ver anexo 6).
2. Establecimiento del lugar donde se ubicó el digitador.
3. Dar a conocer al personal de bodega los cambios que se realizarían mediante una presentación.
4. Junto a Recursos Humanos, se hicieron los ajustes en remuneraciones (después de tres meses de prueba), se definieron los perfiles y tareas que debían desempeñar cada puesto.
5. Se presionó por el rápido ajuste del sistema de información de inventarios.
6. Se capacitó al personal para que desempeñara en su nuevo puesto y se dieron a conocer las características, responsabilidades y obligaciones.
7. Se designó un área de descarga.
8. Se coordinó con el departamento de logística el aval de ingreso de vehículos al área de descarga sin acompañante.
9. Se presentó a los gerentes y jefes de los departamentos el nuevo sistema.
10. Se analizará después de un mes el sistema en busca de debilidades.
11. Se actualizará la documentación ISO.
12. Se ajustaran los formularios una vez agotadas existencias actuales.

Aunque desde ahora se ven los beneficios de esta reorganización de personal, será hasta dentro de un tiempo cercano, que se verán los beneficios asociados a este cambio. Además, se debe procurar seguir mejorando el sistema para dar siempre, un mejor servicio.

## **8. CÓMO SE LLEVÓ A CABO EL PROYECTO**

El primer paso que se realizó, sabiendo que la totalidad de las bodegas se trasladaría a un nuevo edificio, fue tomar las medidas de la nueva sección, que corresponde a la bodega eléctrica y mecánica, para luego hacer el levantamiento de un plano y poder tener las medidas precisas del área en cuestión. Esta información luego fue digitalizada mediante Autocad.

Con este plano fue posible hacer un estudio, que tomó en cuenta áreas de pasillos y la forma geométrica de la bodega, con lo que se determinó la mejor forma de ubicar la estantería y que, a su vez, se ajustara a las necesidades de los artículos que serían trasladados. Luego se escogió el tipo de estantería y la altura que más convenía. Con estos datos se calculó la cantidad necesaria y como se conocían las características, se vieron varias cotizaciones. Una de ellas se aprobó, y se realizó la contratación.

En seguida, se creó un documento en el que se explicaba la logística de traslado que se iba a seguir, con su correspondiente flujograma. El traslado fue dividido: primero, la bodega eléctrica; luego, la mecánica, para lo que se creó un sistema de separación de inventario de la bodega, por familias.

Luego, se creó una codificación para la estantería, con lo que se logró obtener un sistema de ubicaciones, el cual permite determinar la ubicación exacta de cada producto (ver capítulo 12).

Como medida de precaución, se hizo un estudio para saber si existía una normativa que determinara colores y tamaños de los rótulos necesarios para la demarcación de la estantería. Se aseguró entonces que tal normativa no existía por lo que no había restricciones en este sentido.

Fue entonces que con una lista de inventario realizada en diciembre, se trabajó en la bodega vieja de repuestos eléctricos para hacer un ordenamiento de cada uno de los artículos y asignarlos a la familia respectiva. Tal lista estaba desactualizada, por lo que se levantó un nuevo listado de los repuestos en existencia en la bodega antes mencionada. Se hizo necesario crear el formato de la papelería que se iba a utilizar en el traslado e imprimir las listas de existencia de la bodega.

Hasta este punto ya estaba todo organizado, excepto que la estantería no estaba en su lugar, por lo que el traslado no se podía llevar a cabo; pero sí se podía iniciar la creación del programa de Access para el control paralelo de inventarios. La creación de este programa tomó bastante tiempo, pero fue necesario para lograr una base de datos confiable, ágil y justa a la medida.

Llegó el día del montaje de la estantería, el cual se supervisó para asegurar que las ubicaciones serían las mismas que se había determinado en el plano y que los pasillos fueran de las medidas planeadas; en fin, de que todo quedara bien.

Para ese momento, se ajustaron los últimos detalles, como la rotulación temporal de la estantería y el establecimiento de ubicaciones teóricas o lugar donde cada repuesto debía ir al ser trasladado. Se coordinó, entonces, toda la operación con los diferentes departamentos que se verían involucrados.

Durante el traslado, se obtuvo un inventario físico en dos puntos, uno a la salida de la bodega vieja y el otro a la hora de almacenarlo en la nueva.

Ya se había trasladado una bodega, todavía faltaba la más grande y desordenada, la bodega mecánica. Se hizo un primer contacto con ella para definir la mejor forma de acomodarla en su nuevo edificio. A la vez, se dio la finalización del programa de inventarios en Access y se instalaron plaquitas de acero en cada estante. Se pegaron las calcomanías de cada estante y plaquitas para materializar así el sistema oficial de ubicaciones.

Correspondía prepararse para el traslado de esta segunda etapa, para lo que se dio una asignación de ubicaciones y familias de la bodega mecánica; pero, a diferencia de la bodega eléctrica, no se hizo artículo por artículo, sino estantería por estantería. Se coordinó nuevamente con los demás departamentos y se trasladó la bodega mecánica. La logística de traslado empleada fue la misma utilizada en la parte de la bodega eléctrica.

Durante el traslado, se obtuvo el inventario de nuevo en dos puntos, a la salida de la bodega vieja y cuando se dio el almacenamiento en la nueva. Con la ayuda de un bodeguero, se refinó el almacenamiento de la bodega mecánica, para dividir por máquinas los artículos que se encontraban agrupados, según el estante al que pertenecía anteriormente. Esto tomó casi tres días y se dejó unos estante con artículos para ser clasificados por un experto.

Dada esta clasificación por máquina de cada artículo, se hizo un nuevo del inventario y se determinó la ubicación de cada uno de ellos.

Ya se tenía toda la información necesaria sobre ubicaciones e inventarios para alimentar el programa paralelo de Access, por lo que se empezó a cargar una gran parte de los datos en el programa (códigos, descripciones de artículos). Luego, se siguió alimentando el sistema con las ubicaciones respectivas de cada artículo, familia y máquina a la que pertenecían. En conjunto, entre las dos bodegas, se manejan más de 2 500 repuestos diferentes, por lo que esta labor tomó más de una semana.

Por aquel momento, quedaba pendiente el ingreso de información de máximos, de mínimos y del punto de reorden de los artículos, para lo que se hizo una clasificación junto a dos expertos de cada uno de los 4 250 artículos listados en BEST y se determinó cuáles artículos no estaban en la base de datos debido a que no estaban presentes físicamente al hacer el inventarios, pero que son artículos que se deben reponer. Gracias a esta gran clasificación, se logró determinar qué artículos competen ser pedidos por el Departamento de Mantenimiento y se pudo aprovechar la ardua tarea para determinar con exactitud los puntos críticos de cada uno de ellos. Una vez definidos estos parámetros, se ingresaron al sistema.

En cuanto al programa, en este punto ya tenía toda la información, por lo que se le hicieron cambios estéticos para un uso más amigable. Además, se debe alimentar el programa constantemente con entradas y salidas de la bodega, para lo que se hizo un sistema de copias de retiro que garantizan que la información va a llegar al sistema.

Como una medida secundaria, en caso de no encontrar un producto en la computadora, se hizo un mapa de la distribución de las familias en la bodega. Además, para mantener la funcionalidad del sistema, se dio una capacitación al personal de bodega sobre la distribución de la bodega en la que se tocaron varios puntos de importancia.

Para contar con un respaldo en papel, previendo que puede haber una falla en el computador, se hizo una impresión del listado de todos los artículos que poseen, máximos y mínimos.

Se hicieron ajustes finales de la información de Access en la parte eléctrica y mecánica según un inventario hecho recientemente.

Fue necesario entonces la capacitación del usuario del programa de manejo de inventarios para que lo aprendiera a utilizar y solventar cualquier duda o modificación que se presentara. Este programa es accesible mediante una carpeta compartida y la red.

Para dejar documentado este proyecto, se creó este informe y se hizo un fólder, con lo que se logró ordenar y clasificar todos los papeles que han sido necesarios.

Para finalizar el proyecto, como medida de aseguramiento de la funcionalidad del sistema, se hizo una auditoría para ver que tan bien estaba funcionando, con base en los documentos de requisita, que son del departamento financiero. Fue necesario tomar algunas medidas correctivas.

Una vez hecho lo anterior, se planeó la reestructuración del personal de la bodega, para luego ser implementado.

### **8.1 OTRA ACTIVIDAD DE INTERÉS**

Se participó en un equipo que se encargó de hacer un pedido de repuestos para una máquina llenadora, en el cual fue necesario interpolar información de varios listados y un catálogo, que explicaba el despiece. Basados en la información obtenida y la experiencia de los expertos, se determinó cuáles piezas debían estar en bodega y el consumo anual de ellas, así como el mínimo que debía haber.

## 9. DISTRIBUCIÓN DE LA ESTANTERÍA

En general, para la distribución de cualquier planta o subparte de ella, se debe tomar en cuenta los siguientes principios:

- Principio de mínima distancia
- Principio de flujo de materiales
- Principio de espacio cúbico
- Principio de satisfacción
- Principio de flexibilidad

Con base en ellos, se realizó una distribución de la estantería con lo cual se logró una utilización eficiente del espacio disponible.

Para ello, fue de suma importancia el plano levantado sobre el área de la bodega que sería destinada para la parte eléctrica y mecánica. Además, la determinación de la estantería a utilizar fue otro punto fundamental. Con base en estos datos, y tomando en cuenta las necesidades de espacio a utilizar, ancho de pasillos y otros, se pudo establecer la cantidad exacta de estantes que se requería.

No obstante, hay que tener en cuenta que la altura de la malla ubicada a la par de la escalera es de 2 metros, zona donde va una línea de 12 estantes, la cual es útil para evitar que se caigan objetos al primer piso y para mantener el área restringida. El problema que se suscita es que la estantería posee una altura de 2.44 m de altura, por lo que habrá que subir la malla a 2.75 metros o poner forros en las dos últimas líneas de la estantería que se encuentra en esa fila.

## **9.1 ANCHO DE LOS PASILLOS**

El ancho de los pasillos fue un factor fundamental para lograr hacer la distribución. Ellos cuentan con ciertas características: espacio suficiente para que una persona pueda transitarlos cómodamente, poder poner una escalera y alcanzar los estantes superiores, pasar con los objetos que serán guardados en la estantería y no ser tan grandes como para desperdiciar campo útil de carga.

Se determinó que la medida ideal sería de 90 centímetros, ya que con este espaciamiento se cumplen todas las condiciones antes mencionadas. Pero también fue necesario dejar un pasillo principal de 1.60 metros, para permitir pasar tarimas hacia el fondo de la bodega donde se guardan máquinas grandes y pesadas (ver detalles en anexo 2).

## **9.2 DETALLES DE LA ESTANTERÍA**

Las dimensiones escogidas para cada estante fueron de 2.44 metros de alto con seis divisiones, 90 cm de largo y una profundidad de 40 cm, hechas de perfiles ranurado. Cada bandeja soporta 80 kilogramos y están pintadas con un anticorrosivo.

La altura se justifica en que permitió aprovechar al máximo el espacio que se encuentra entre el suelo y el techo. Se debe tomar en cuenta que la bodega se encuentra en un segundo piso, pero se cuenta con la ventaja de tener un techo bastante alto. El largo es estándar y la profundidad es la más frecuente para el almacenamiento de bodegas. La cantidad de divisiones es la necesaria, ya que dejan un espaciamiento entre una y otra de 50 centímetros. Por otro lado, se forma en la estantería superior una gran plataforma para poner objetos grandes.

El costo aproximado fue de 2 150 000 colones a lo que se deben agregar algunos gastos como montaje y transporte. Esto representa aproximadamente un 1% del valor de los objetos que se encuentran en ella.

### **9.3 OTROS ASPECTOS**

La cantidad total de estantes es de 68, acomodados como se ve en el plano (ver anexo 2). El área total en estantes es de 146.88 m<sup>2</sup> y la sección que no tiene estantes, destinada a equipos grandes y pesados, es de 31.15 m<sup>2</sup>.

Como se conocía con certeza el tipo de estantería, los factores que se tomaron en cuenta para determinar el contratista que se encargó del trabajo fueron precios y tiempo de entrega. En cuanto a la calidad, se puede decir que todas son muy similares. Respecto al factor tiempo, el contratista designado era el más rápido para entregar, pues requirió de diez días.

Para determinar la forma de poner o acomodar las estantería, se hicieron varios escenarios, pero se llegó a la conclusión que el escogido presentaba muchas ventajas sobre otros, tales como la fácil accesibilidad a los estantes, menor área de pasillos y una cantidad de estantes de los cuales fueron utilizados aproximadamente el 75%, previendo un crecimiento de la cantidad de repuestos para los próximos meses.

## **10. TRASLADO DE BODEGAS**

Con el crecimiento de la planta, las bodegas en que se encontraban los repuestos eléctricos y mecánico, ya no suplían el campo mínimo necesario, por lo que se decidió crear una bodega general nueva en la que se albergaron estos y el resto de artículos generales. Este nuevo edificio es tipo galerón, de aproximadamente 60 metros de largo por 20 metros de ancho.

### **10.1 OBJETIVO DEL TRASLADO**

Tener mayor espacio físico para poder crear y mantener un sistema de ordenamiento en la nueva bodega y aumentar la capacidad de almacenaje, que se encuentra actualmente sobrepasada.

## 10.2 OBJETIVOS DURANTE EL TRASLADO

- Realizar el inventario físico para obtener un documento acertado sobre la existencia real de repuestos eléctricos y mecánicos.
- Evitar desaparición o pérdida de artículos durante el mismo.

## 10.3 LOGÍSTICA DEL TRASLADO DE LA BODEGA ELÉCTRICA

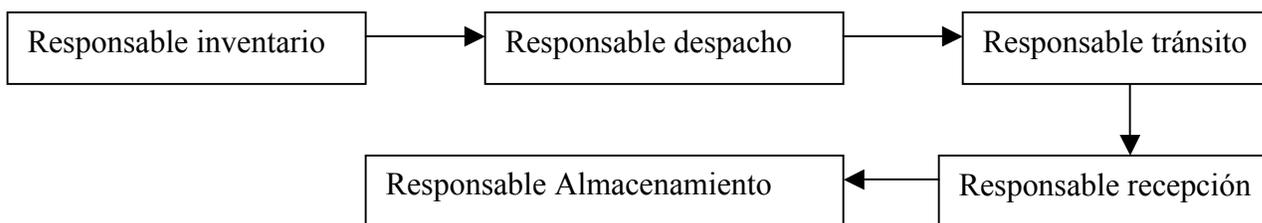
Para lograr los objetivos antes planteados, se realizó un flujograma de las actividades y papeles que se deben realizar para lograr cumplirlos con éxito.

No se puede dejar de lado los departamentos y áreas que se vieron involucrados; ellos son: mantenimiento, financiero, logística, bodega, montacargas y pelado.

El día anterior al traslado, se hizo una reunión con el jefe de bodega, y el gerente de logística para determinar todo el material necesario.

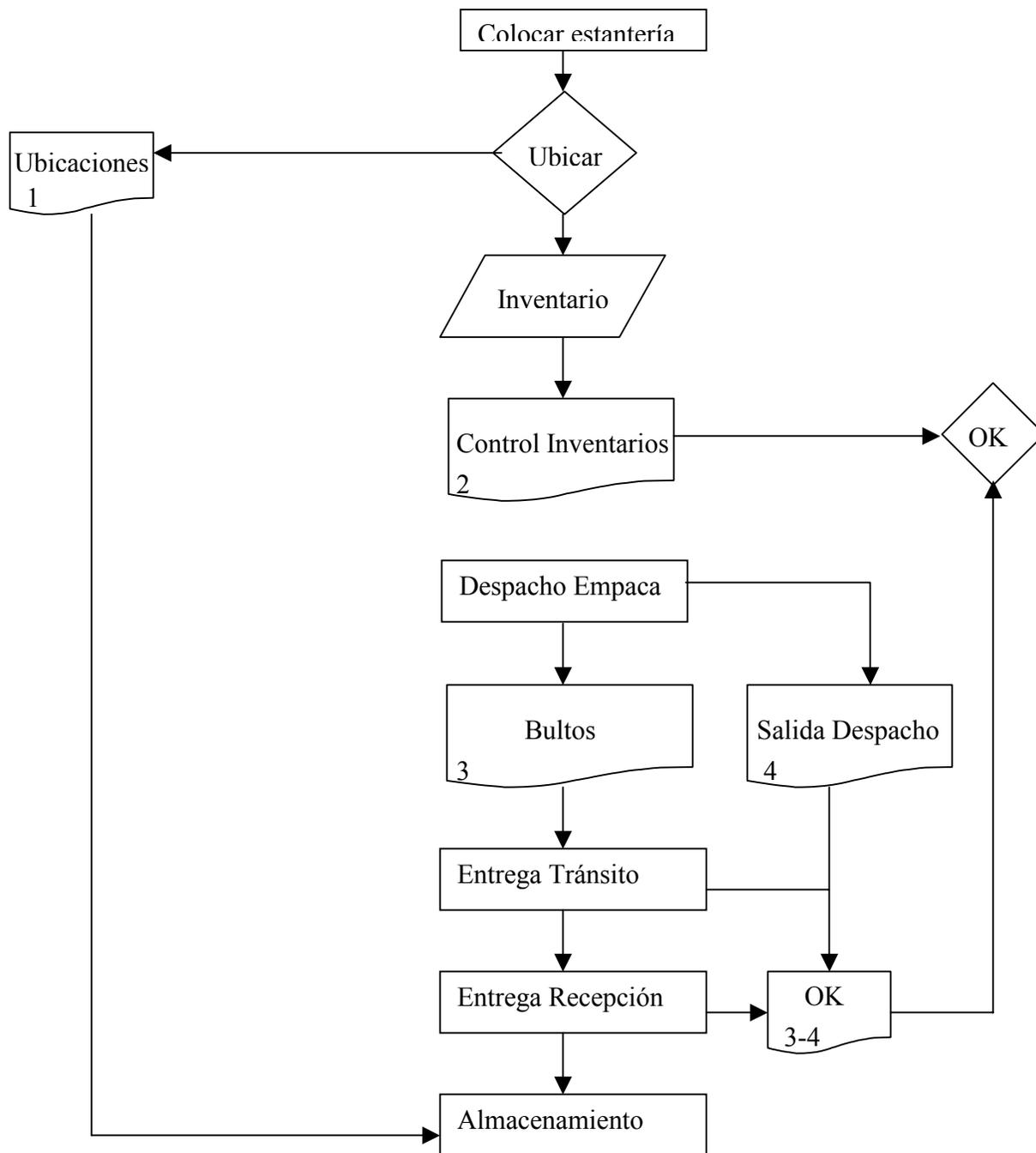
El propio día, antes de comenzar, se dio una capacitación a los colaboradores que nos iban ayudar en la actividad, de las tareas que iba a desempeñar cada persona. Además se hizo la segmentación del grupo.

La cadena de responsabilidades debe ser la siguiente:



Además, se creó un documento de estipulación de responsabilidades (ver anexo 3).

Flujograma del proceso:



Es importante asignar los responsables de cada proceso

#### **10.4 SOBRE EL TRASLADO DE LA BODEGA ELÉCTRICA**

El traslado de esta bodega se realizó el sábado 20 de marzo en su totalidad. Se llevó a cabo de las seis de la mañana a las dos de la tarde, con ayuda de ocho personas para, posteriormente, hacer el final del almacenamiento de dos a cuatro de la tarde con ayuda de dos personas.

Durante el movimiento, se supervisó la operación, brindando especial atención al despacho, y asegurando que no hicieran falta cajas, marcadores, bolsas o cinta y resolviendo problemas específicos como artículos sin código, entre otros. Otra parte a la que se brindó especial atención fue al almacenamiento, para asegurarse de que se diera de la forma planeada, donde cada artículo estaba asignado a una familia y cada familia contaba con sus estantes determinados.

En sí, del traslado se puede decir que fue muy ordenado y bien organizado. Esto se dio gracias a la colaboración en conjunto de los diferentes departamentos y a la planeación meticulosa hecha para la actividad. Es importante recalcar que no hubo pérdidas de repuestos y que el procedimiento (logística) utilizado fue muy exitoso.

#### **10.5 SOBRE EL TRASLADO DE LA BODEGA MECÁNICA**

El traslado de esta bodega se realizó, en su totalidad el sábado 27 de marzo. Se llevó a cabo de las seis de la mañana a las dos de la tarde, con ayuda de once personas.

Al igual que el traslado anterior, se caracterizó por ser muy ordenado y bien organizado. Esto se debió al apoyo que dieron los diferentes departamentos; aunque financiero no se presentó. El procedimiento (logística) utilizado fue el mismo utilizado en el traslado de la bodega eléctrica.

Durante este nuevo movimiento, se supervisó la operación completa, cumpliendo las mismas actividades del traslado anterior, pero brindado especial atención al despacho. Hubo que tomar en cuenta que al ser más artículos y más personal debía agilizarse el proceso. En cuanto al almacenamiento, se le dio una capacitación el día anterior a un bodeguero para que estuviera a cargo de esta sección.

En este caso, el almacenamiento iba a ser temporal por lo que no debía ser muy estricto. Al final del día, quedaron seis cajas sin acomodo; sin embargo, toda la mercadería quedó en la bodega nueva. Las cajas utilizadas fueron unas de plástico reforzado, donde se da la maduración de los bananos, cuyas dimensiones son aproximadamente de 1 metro de ancho por 1.20 metros de largo por 0.60 metros de alto.

#### **10.6 TEMAS DE LA INDUCCIÓN PARA EL TRASLADO**

- ¿Por qué hacer el traslado?
- Coordinación y esfuerzos de los diferentes departamentos.
- Sistema de acomodo de familias.
- Sistema de ubicaciones.
- Forma de empaque de los artículos.
- División de las personas en grupos para atender tareas específicas.

#### **11. ACOMODO DE LOS ARTÍCULOS**

El acomodo de los artículos se pudo dividir en dos secciones: una, cuando se dio el traslado y otra cuando se refinó el almacenaje. El proceso de acomodo de la parte eléctrica y el de la parte mecánica son diferentes, por lo que se tratarán por separado. No obstante, el sistema de ubicaciones es el mismo para ambos y la división en familias se sostiene, pero recuérdese que en la nueva bodega, todo se maneja como una sola.

### **11.1 BODEGA ELÉCTRICA**

En el caso de esta bodega, antes del traslado se separó en familias todo lo que había. De ahí la importancia de que el almacenaje se diera en forma muy ordenada, para que los artículos de una misma familia se mantuvieran juntos y en el lugar que les corresponde.

A continuación se presenta una lista de las diferentes familias en que se dividieron los objetos del inventario para su facilitar su acceso.

GENERALES DE CONSTRUCCIÓN  
RELES  
FUSIBLES  
CONTACTORES

GUARDAMOTOR Y BREAKERS  
EQUIPO ESPECIAL  
ILUMINACIÓN  
MOTORES

Se determinó que los cables se manejaran en la bodega principal, pues esta va a contar con racks especiales que facilitan su almacenaje.

### **11.2 BODEGA MECÁNICA**

Esta sección posee una gran cantidad de repuestos, pero en la bodega vieja, no era posible hacer un buen acomodo, debido a la falta de luz y ausencia total de espacio, así que se asignaron ubicaciones temporales por estantes. O sea, se dispuso que todo lo que se encontraba en un mismo estante en la bodega vieja, se encontraría en un mismo estante en la nueva, para no perder el rastro del poco orden que había en la bodega anterior y, además, poder mantener unida la mercadería perteneciente a una determinada máquina o de un tipo en especial.

La mercadería se separó por familias y, a su vez, se subdividió por máquina o tipo de repuesto, obteniendo así un mejor orden de las piezas y facilitando el acceso a ellas.

---

Las división por familias será la siguiente:

REFRIGERACIÓN  
COMPRESORES DE AIRE  
VÁLVULAS  
BOMBAS  
CADENAS  
CISTERNA  
DECANTADOR  
LLENADORA  
MANÓMETROS  
PNEUMÁTICA  
ALUMINIO  
PLÁSTICO  
TERLET  
EVAPORADORES

FINISHER  
ROLES  
MOLINO  
FAJAS  
MONTACRAGAR  
HOMOGENIZADOR  
COMPENSADOR  
INTERCAMBIADOR  
CENTRÍFUGA  
ACOPLES  
VAPOR  
DESAIREADOR  
VOLTEDOR

La división por máquinas será la siguiente:

NETZSCH  
LLENADORAS  
DECANTADORES 1 Y 3  
CALDERA  
GENÉRICO  
EDUR  
EVAPORADORES  
HOMOGENIZADORES  
WAUKESHA  
GRUNFOS  
SIEVA  
FRISTAM  
LEWA  
POMPETRAVALLI  
SUDMO  
GESCO

COMPRESORES AMONIACO  
COMPRESOR AIRE  
FINISHER  
TERLET  
MOLINO PIÑA  
WEIL  
DESAIREADOR  
ELMO  
MUÑONERA  
WOUKESHO  
KARCHER  
PACKO  
VIKING  
MONTACARGAS  
INTERCAMBIADORES  
CENTRÍFUGA

## 12. SISTEMA DE UBICACIONES

Una parte fundamental, para el mejoramiento de bodegas, fue la creación de un sistema de codificación para la ubicación de los diferentes elementos. Con esto se pretende tener un sistema lógico, ágil, ordenado y de fácil acceso para las ubicaciones de los productos.

El sistema funciona de la siguiente manera: las filas de estanterías fueron demarcadas con letras desde la A a la F (no se demarcan los pasillos); además, la zona de pesados fue denominada G; un segundo número denomina la estantería de inicio a fin, desde el 01 hasta el 12 (excepto zona G que se divide en 4, ver anexo 2); luego, el código muestra un número más que determina el estante en sí en el cual está ubicado el artículo, este va desde 00 (puesto en el suelo) hasta 06 (la más alta).

Sin embargo, la mejor forma para entender el sistema es mediante un ejemplo, como el que se presenta a continuación:

Ejemplo del código:

B-05-02

En el caso de este ejemplo, la ubicación sería: la fila de estantes B, le sigue la profundidad de estante siguiendo el pasillo, que sería la quinta (05) y, por último, la bandeja, que sería la segunda (02) de abajo hacia arriba. En resumen, la ubicación del producto del ejemplo será: segunda fila, quinta columna, segundo estante.

Se tiene entonces que al teclear el código de un artículo en el software BEST o Access, se desplegará la ubicación exacta del artículo buscado.

Como apoyo al sistema, debemos recordar que las familias van a estar juntas, por si se dan casos en que no se encuentre un objeto en el ordenador, se sabrá que este deberá estar en la estantería de la familia a la que pertenece.

Por otro lado, se analizaron diferentes opciones para la confección de los rótulos de demarcación de la estantería. Se determinó que una opción barata, duradera y elegante, fue hacer unas plaquitas de acero inoxidable a partir de unos retazos, para luego pegar en ellas unas calcomanías de fondo amarillo y número o letra negra. Estas placas fueron para el número de fila y columna, pero no de bandeja, ya que hubieran sido una cantidad excesiva de placas. Para las bandejas, la calcomanía se pegará al frente, ya que aquellas tienen un perfil de 4 centímetros, espacio suficiente para poner las calcomanías.

Este sistema tuvo tan buena aceptación por lo sencillo y útil, que se implementó en toda la bodega.

En cuanto a los tamaños y colores de las calcomanías, se investigó si existía una normativa. Se llegó a la conclusión de que no, pero si se obtuvo la recomendación de que el fondo debía de ser amarillo, por lo que se utilizó este color.

Para definir el tamaño óptimo, se tomó en cuenta la siguiente fórmula:

$$S > \frac{(L)^2}{2000}$$

En donde:

S = área superficial en metros

L = distancia máxima de observación en metros

Para el caso de los tamaños de las calcomanías de los estantes, estas se hicieron de 3.5 cm por 4 cm, ya que con esta medida se veían bien y cabían en el marco del estante.

## 12.1 MATERIAL NECESARIO PARA LA DEMARCACIÓN

Para pedir todo el material requerido, se tuvo que hacer una lista, que incluyó la bodega eléctrica, la mecánica y la general.

El material que se necesita para rotular la estantería de la nueva bodega, tomando en cuenta los 68 estantes de las partes eléctrica y mecánica, además de los 48 estantes de suministros generales es el siguiente:

- 120 calcomanías color amarillo de 10 X 11 cm.
- 27 calcomanías color amarillo de 7 X 8.5 cm
- 696 calcomanías color amarillos de 3.5 X 4 cm.
- Plaquetas requeridas de acero inoxidable:
  - 120 plaquetas de 7 X 12 cm para localizar el número de estante.
  - 27 plaquetas de 15 X 11 cm para demarcar la fila

No se debe pasar por alto la forma de adherir las placas a la estantería, para la cual se utilizaron tornillos. Para calcular las cantidades, fue necesario tomar en cuenta la formación de los estantes.

Detalle de las calcomanías:

- Calcomanías cuya letra sea de 8.5 X 9 cm

○ Letra	Cantidad
A,F,G	1
B,C,D,E,L,M	2
H,I,J,K	3

- Calcomanías cuyos números negros sean de 5 X 7 cm

○ Números	Cantidad
01 al 04	13
05 al 06	12
07	6
08 al 09	10
10 al 12	6

- Calcomanías cuyos números negros sean de 2.5 X 3 cm

○ Numero	Cantidad
01 al 06	116

## 12.2 TEMAS DE LA INDUCCIÓN DE LAS UBICACIONES

Una vez finalizada la demarcación y el acomodo de la bodega, se hizo una capacitación de una hora al personal de bodega sobre los siguientes temas:

- ¿Cómo funciona el sistema de ubicaciones?
- ¿Qué es el sistema de familias?
- Aspectos que se deben tomar en cuenta: orden, limpieza y seguridad.
- ¿Cómo manejar los artículos de gasto directo y los no codificados?
- ¿Por qué llevar un sistema paralelo para mantenimiento?

## 13. SISTEMA PARALELO DE CONTROL

Previo a la creación de la base de datos paralela en Access, se preparó la siguiente memoria de diseño, con la cual se pretende tener un documento en el que se plantea la estructura de la base de datos. El nombre de la base de datos será: Inventario Paralelo.

## 13.1 OBJETIVOS DE LA BASE DE DATOS

### 13.1.1 GENERAL

Tener una herramienta para el control de los inventarios de las bodegas mecánica y eléctrica de la planta Fructa C.R. en la cual se puedan introducir los datos mediante formularios a tablas y tener acceso a ellos para consultas e informes; todo dentro de una estructura simple y flexible en la cual se puedan realizar los cambio necesarios cuando se requieran.

### 13.1.2 ESPECÍFICOS

- Obtener un informe semanal de los productos que se encuentran en punto de reorden o inferior.
- Tener la opción de introducir una descripción de los repuestos según el lenguaje técnico.
- Separar por familias a los artículos.
- Saber a cuál máquina le pertenecen los repuestos.
- Tener en claro cuál es el costo de cada repuesto.
- Saber los movimientos de cada artículo.
- Tener la ubicación de cada repuesto.

## 13.2 DETERMINACIÓN DE LAS TABLAS

Tabla 1: Descripción del repuesto

Tabla 2: Máquinas

Tabla 3: Familias

Tabla 4: Tipo de unidades

Tabla 5: Aux Entrada

## 13.3 DETERMINACIÓN DE LOS CAMPOS

Tabla 1:	IdCodigo	Catfabric
	DescripBEST	IdUnidad
	Descriptécnica	Reorden
	Ubicac	Max
	IdFamilia	Min
	Codfabricante	IdCodigomaq

Tabla 2: IdCodigomaq  
Nommaquina  
Nummaq

Tabla 3: IdFamilia  
Nomfamilia

Tabla 4: IdUnidad  
Descripcionunid

Tabla 5: IdEntrada  
IdCodigo  
Cantsalida  
Cantentrada  
Fechaentrada  
Costo

Nota: Aunque en la Tabla 5 todo esté referido a las entradas, las salidas se hacen utilizando la misma tabla; esto se debe a que la tabla de salida fue eliminada por presentar problemas en cuanto a la determinación de las cantidades. Sin embargo, estos son nombres para la identificación de los campos, visibles tan solo desde la parte de diseño.

### **13.4 DETERMINACIÓN DE LAS RELACIONES**

Las relaciones de integridad referencial entre las tablas, es de uno a muchos en las siguientes tablas:

Tabla 2 a Tabla 1  
Tabla 3 a Tabla 1  
Tabla 4 a Tabla 1  
Tabla 1 a Tabla 5

### **13.5 CARGANDO LA INFORMACIÓN**

Digitar la información en el programa estuvo a cargo del estudiante que realizó el proyecto. Esta tarea requirió mucho tiempo, ya que se tomó cada artículo existente y se clasificó por familia y por máquina; además, se le asociaron la ubicación y los puntos críticos. Al ser tantos artículos y parámetros para ingresar, el trabajo se volvió extenso.

Una vez ingresada toda esta información, el mantenimiento se vuelve muy simple.

### **13.6 CÓMO SE MANTENDRÁ ACTUALIZADO EL PROGRAMA**

Para que el sistema se mantenga funcional, se necesita alimentarlo con las entradas y salidas de los artículos de bodega. Se determinó que la fuente más confiable de información para los ingresos de artículos a la bodega va a ser una copia del listado que entregará bodega a mantenimiento, la cual cuenta con código, precio, ubicación y descripción. En cuanto a las salidas, estas se harán con base en las boletas de retiro de materiales, ya que estas deben ser autorizadas por algún jefe de mantenimiento y solo se dará esa autorización cuando se presente una copia. Esta copia se la deja el jefe para luego ser digitada por el encargado del programa. El usuario de este programa será el superintendente de mantenimiento.

### **13.7 INFORMACIÓN QUE DEBE GENERAR EL PROGRAMA**

La información que genera este programa es muy amplia: cantidades, ubicaciones, descripciones alternas, costos, familia a la que pertenece el artículo, entre otros; pero la función más importante es generar un reporte de los artículos cuya cantidad se encuentre en punto de reorden o más abajo.

## **14. NUEVOS REPUESTOS ELÉCTRICOS Y MECÁNICOS**

Este punto fue siempre uno de los objetivos del trabajo, por lo que se tomó la lista total de productos que en algún momento han entrado a la planta y se clasificaron, para saber si se debían tener.

En el caso especial de las máquinas llenadoras, se tomó el catálogo y se verificó qué partes era importante tener en bodega (ver sección **8.1**).

El tratamiento que se le dio a los repuestos de las llenadoras se debería de retomar para cada una de las máquinas fundamentales. Por escasez de tiempo, esta tarea quedará pospuesta. Sin embargo, como la planta ya lleva cinco años de funcionamiento, la mayoría de las partes que más sufren desgaste ya han sido pedidas alguna vez y se encuentran contempladas dentro de los pedidos que se deben hacer.

## **15. COSTOS ASOCIADOS A UNA BODEGA**

En general son muchos los costos que representa una bodega. Si se analiza los costos del personal, se puede decir que son elevados, aunque es necesario para el buen funcionamiento. De igual manera, si se analiza el costo de la mercadería es alto, aunque cada vez que sube de precio un producto se “ahorra” esa alza.

Una bodega con exceso de artículos se vuelve un problema financiero, por el entramamiento de dinero que representa tanta mercadería. A su vez, muy poca mercadería llega a provocar paros más prolongados en las máquinas por desaprovechamiento, lo cual sale muy, muy caro, ya que hay que conseguir la pieza a cualquier costo, pagar fletes altos y, sobre todo, detener una línea de producción por más tiempo, con lo cual se pierde mucho dinero por minuto. Este último es el factor más importante. Es por eso que se debe encontrar el equilibrio en cuanto a las cantidades que se deben tener. El otro gran factor a tomar en cuenta, es tener los repuestos que realmente se necesitan o se llegarán a necesitar.

Al analizar estos puntos, se pueden ver cómo un censor que cuesta \$20 en una bodega, puede llegar a causar estragos si no está presente en ella y elevar los costos de no producción, fletes rápidos y gastos asociados hasta \$200 000, pues se sabe que una hora de no producción de una máquina cuesta alrededor de \$7000. ¿Qué es entonces más barato? Actualmente, el valor de los repuestos almacenados en esta bodega, supera los 200 000 000 de colones, y cuenta con más de 2500 artículos diferentes.

---

## PROYECTO DE INGENIERÍA

Los objetivos de este proyecto, están enunciados en la sección 2.6, la determinación del problema se encuentra en la sección 2.7.2 y el impacto que tendrá este proyecto en Fructa C.R., éste lo podemos ver en la sección 2.8.

### 16. SISTEMA DE AGUA HIELO

En el sistema de agua hielo, el fluido en cuestión es llevado a una temperatura de 4.5 centígrados mediante un sistema muy interesante. Si se toma en cuenta que los compresores son de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), el cual se encuentra a temperaturas bajo 0 centígrados, se hace evidente que el agua se congelaría al estar en contacto directo con este fluido por lo que es necesario tener una fase intermedia, la cual es cumplida por el glicol. Se tiene entonces que el amoníaco enfría el glicol, el cual a su vez enfría el agua mediante un intercambiador de calor.

A ese intercambiador que se encuentra en el último paso del enfriamiento se le alimenta con agua que viene del proceso, que fue previamente enfriada en el sistema y se encuentra a una temperatura relativamente baja. Una vez que es enfriada, se transporta mediante tres tubos DN 80 al punto de distribución en donde el agua va a cada línea en uso o es almacenada temporalmente en un tanque aislado.

Actualmente, se cuenta con ocho líneas que salen del punto de distribución. Cada una de ellas cuenta con una bomba; cuatro son de un DN 65 y las otras cuatro de un DN 50. Estos tubos son de Acero Inoxidable AISI 304 y actualmente se encuentran cinco en pleno uso, dos están terminando de instalarse y uno, no es utilizado por el momento. Sin embargo, el cálculo se hará previendo el momento en que se encuentren todos en funcionamiento, durante veinte horas diarias, escenario de lo que va a llegar a suceder.

Para facilitar el estudio, los ductos se numeraron del 1 al 8, de izquierda a derecha en el punto de distribución, siendo de un DN 65 los tubos 1,2,5 y 6, y de un DN 50 los tubos 3,4,7 y 8.

### **16.1 FUNCIONES EN EL PROCESO**

El agua hielo es utilizada en varios procesos de la industria en los que se necesita una transferencia de calor. Este calor es extraído del producto y absorbido por el fluido en cuestión mediante intercambiadores de calor de placas, ya sea en procesos en que se requieren cambios de temperatura bruscos o tan solo para llevar un producto a una temperatura deseada. Esta agua nunca llega a mezclarse con los productos.

### **16.2 DEBILIDADES**

Entre las más importantes se puede mencionar que, en su mayoría, las tuberías no se encuentran aisladas y las que lo están cuentan con un aislante muy deteriorado.

Por otro lado, la zona en donde se encuentran el tanque de almacenamiento y el punto de distribución, no se encuentra techada, por lo que en días soleados la ganancia de calor en el fluido aumenta y en los días lluviosos el aislante se moja, lo que aumenta su deterioro aceleradamente.

### **16.3 FORTALEZAS**

Entre las que se destacan se puede mencionar que el tanque de almacenamiento de agua hielo está diseñado para tal función, por lo que se encuentra aislado en muy buena forma.

Además, los tubos utilizados (Acero Inoxidable AISI 304) se desempeñan en una buena forma para el transporte de este líquido, debido características propias del material.

## 17. DATOS NECESARIOS

Para poder desarrollar este estudio fue necesario obtener valores prácticos. A continuación se da a conocer la forma en que se obtuvieron.

**Temperatura ambiental:** Para obtener este parámetro se recurrió al Instituto Meteorológico Nacional, el cual contaba con registros de la zona desde 1972 hasta 2002 en dos estaciones de medición: La Lola, cuyas coordenadas son Latitud 10°06' Norte, Longitud 83°23' Oeste, y El Carmen, con las coordenadas Latitud 10°12' Norte, Longitud 83°29' Oeste. Si se toma en cuenta que la ubicación de la procesadora es Latitud 10°07' Norte, Longitud 83°33' Oeste, se puede aceptar el promedio de los datos obtenidos como certeros. La tabla de datos de encuentra en los anexos 16A y 16B.

**Temperatura del fluido:** Esta temperatura fue dada a conocer desde el inicio del proyecto. Además, se pudo verificar con un termómetro que se encuentra en el punto de distribución.

**Velocidad del fluido:** Esta información fue calculada sabiendo el diámetro y el caudal de cada tubo. La medición del caudal fue hecha a finales del año pasado por el Departamento de Mantenimiento a través de su superintendente. Conociendo el diámetro de la tubería solo fue necesario aplicar una simple fórmula para obtener la velocidad (ver anexo 7, ecuación 13).

**Diámetro externo de los tubos:** Mediante un pie de rey se obtuvieron estas medidas. Con ellas, se recurrió a una tabla (ver anexo 10) en donde se conocieron otras características asociadas de cada tubo. Esta tabla se rige por la norma DIN 11850.

---

**Espesor de pared de tubo:** Se hizo una medición con el pie de rey, para luego comparar los resultados con la información de la tabla del anexo 10, que se rige por la norma DIN 11850.

**Diámetro interno del tubo:** Se obtiene conociendo el diámetros exterior y el espesor del tubo, con base en la tabla del anexo 10, la cual se rige por la norma DIN 11850.

**Longitud de tubos:** Fue necesario tomar la medida de cada uno de ellos con una cinta métrica.

**Número de Prant (Pr):** Se obtuvo mediante interpolación de datos de la tabla del anexo 11 y la del anexo 13. Otra forma de obtenerlo es calculándolo mediante la ecuación 4 del anexo 7.

**Densidad ( $\rho$ ) =** Se obtuvo mediante interpolación de datos de una tabla del anexo 11 y la del anexo 12.

**Viscosidad ( $\mu$ ) =** *Idem* Densidad

**Conductividad térmica ( $k$ ) =** *Idem* Densidad

**Calor específico ( $C_p$ ) =** *Idem* Densidad

**Coefficiente de expansión volumétrica:** Es simplemente la inversa de la temperatura en Kelvin.

---

**Espesor del aislante:** Se obtuvo mediante una tabla del fabricante, el DN y la serie que se desea. Esta información se encuentra en los anexos 14A y 14B.

**Material del aislante:** Se toman en cuenta las propiedades y el uso que se le va a dar, así como el costo y la disponibilidad. En el presente caso, será una espuma elastomérica sintética de celdas cerradas.

**Material y propiedades del tubo:** El material de los tubos utilizado en los sistemas fue brindada por el asesor. Luego se buscó su composición (ver anexo 9), para obtener las propiedades. Con esto, se buscaron las características de transferencia de calor, las cuales se pueden ver en el anexo 12. Se recuerda que el material de los tubos es Acero Inoxidable AISI 304.

## 17.1 DATOS CALCULADOS

**Grashof (Gr)** = Este valor fue calculado mediante la ecuación 3 del anexo 7.

**Nusselt (Nu)** = Este valor fue calculado mediante las ecuaciones 6,7,8,9 u 11 del anexo 7 dependiendo de características propias de cada situación.

**Reynolds (Re)** = Este valor fue calculado mediante la ecuación 10 del anexo 7.

**Coefficiente convectivo** = Este valor fue calculado mediante la ecuación 5 del anexo 7.

**Resistencia convectiva** = Inverso del coeficiente convectivo.

**Coefficiente conductiva** = Este valor fue calculado mediante la ecuación 12 del anexo 7.

**Resistencia conductiva** = Inverso del coeficiente convectivo.

**Ganancia de calor por metro** = Este valor fue calculado mediante la ecuación 1 o 2 del anexo 7, según el caso.

**Ganancia de calor total por tubería** = Es el resultado de las ganancias por metro multiplicado por la longitud respectiva.

## 17.2 LEVANTAMIENTO DE PLANOS

Para la realización de los cálculos, uno de los parámetros de mayor importancia fue la longitud o distancia de los tubos, ya que la cantidad de calor absorbida por el fluido es directamente proporcional. Conociendo esto, se tomaron las medidas y el trazado de cada tubo, con lo que se logró levantar un plano, el cual se puede en los anexos 8A y 8B.

## 17.3 PROPIEDADES DE LOS TUBOS

Metal: Acero Inoxidable AISI 304

Carbono: 0.08 % (máximo)

Cromo(Cr): 18%

Níquel (Ni): 8%

Densidad: 7 865 kg/m<sup>3</sup>

Conductividad térmica: 16.3 W/m°C

## 17.4 AISLANTE

Existen muchos tipos de aislantes, pero cada uno de ellos tiene diferentes aplicaciones. En el presente caso, se requiere de un material fabricado para temperaturas cercanas a 0 centígrados, para lo cual se seleccionó un aislante de espuma elastomérica sintética de celdas cerradas. Algunas de las características más importantes de este material es su excelente capacidad como aislante térmico; además, ayuda a prevenir la corrosión y cumple con los requisitos de la FMPA Stuttgart de Alemania contra el fuego, tal requisito (el de la FMPA)

establece que, en caso de incendios, los aislantes se apagan solos, no se deshacen en gotas (derriten) ni ayudan a la expansión del siniestro.

Un dato de gran importancia es la conductividad térmica,  $(k) = 0,036 \text{ W/m}^\circ\text{C}$  a una temperatura de 0 centígrados. El espesor varía dependiendo de la serie y el diámetro nominal. Esta información se puede ver en el manual del fabricante en el anexo 13A y 13B.

Entre las consideraciones que se deben tomar al instalarse, esta la de utilizar un pegamento que no dañe el elastómero, pero que a su vez, sea resistente. Para ello, la compañía distribuidora del aislante Kaimann, cuenta con un pegamento, el cual será tomado en cuenta en los cálculos financieros. Además, se deberá poner una cinta especial encima del pegamento para tener un mejor desempeño en las pegas. Cabe destacar que el aislante, una vez que sea instalado, se debe recubrir con una pintura especial, en el caso de que se encuentren expuestos al sol y la lluvia, que aumenta la vida útil del elastómero. Otra consideración muy importante, es conocer cuanto espacio existe entre las tuberías en las pasarelas, ya que esto puede llegar a definir el espesor a utilizar.

Aunque la vida útil del aislante en las condiciones ambientales de la zona esta siendo estudiada por el fabricante a petición del estudiante, la misma es no menor a cinco años. Los datos que pidió el fabricante para tal estudio fueron: velocidad del fluido, temperatura ambiental, humedad, si es un flujo es constante, temperatura del fluido, diámetros interno y externo de las tuberías y si estaba expuesto al sol y la lluvia, o se encontraba techado.

#### **17.4.1 VENTAJAS DE PONER EL AISLANTE**

La ventaja principal y cuantificablemente mayor es el ahorro de consumo de electricidad, ya que los compresores tendrán que trabajar menor cantidad de tiempo debido a que la cantidad de calor absorbida por el agua es menor a través de todo el trayecto.

Como el compresor funciona durante menos tiempo, existe un desgaste menor en él, el cual es un costo difícil cuantificar; sin embargo, es un hecho que su vida útil se verá incrementada y los gastos asociados a su operación y mantenimiento se verán disminuidos.

Además, al mantenerse el agua a la temperatura deseada, se obtienen productos de más alta calidad. Por ejemplo, en el caso de la producción de aroma de banano, unos cuantos grados tiene mucha implicancia en su calidad.

## **18. CONSIDERACIONES PARA VALIDAR EL ESTUDIO**

Para que los datos de este estudio fueran válidos, se tomaron en cuenta las consideraciones en que se basaron.

Se asumió una temperatura ambiente promedio de 30.5 centígrados durante en el horario de 6:00 a.m. a 6:00 p.m. y una temperatura ambiente promedio de 25.7 centígrados durante las doce horas restantes. Esto se fundamenta en estudios hechos por el Instituto Meteorológico de Costa Rica. Se tomó en cuenta que las tuberías, en una parte de la pasarela, van adyacentes a tuberías de vapor las cuales en algunos casos no se encuentran aisladas.

Por otro lado, se asumió que el aire que rodea las tuberías es aire tranquilo, por lo que se da una convección natural y no forzada.

El horario de utilización de las tuberías será de veinte horas diarias, durante seis días a la semana. Las cuatro horas de no utilización se dividen en las tarifas eléctricas según su horario de la siguiente forma: 1 hora en tarifa pico, dos horas en tarifa nocturna y una hora en tarifa de valle.

Además, el tipo de cambio que rige las transacciones y el costo de la electricidad actual está indicado en la sección de cálculos financieros.

Para el presente estudio, la radiación es un modo de transferencia de calor que se puede despreciar, ya que esta se da, pero en una magnitud muy baja comparada con los otros dos modos de transferencia.

## 19. CÁLCULOS

### 19.1 CÁLCULOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR

Los cálculos se realizaron con la ayuda de Excel para poder determinar el flujo de calor de manera ágil, por lo que en este trabajo solo se verá el procedimiento para obtenerlos en la explicación que se da en el Marco Teórico que se encuentra en el anexo 7. Se pondrá la hoja utilizada para el cálculo de una tubería de DN 65 y una tabla resumen de los resultados.

Las tablas resumen se obtuvieron con el mismo cálculo que se encuentra posteriormente, variando los parámetros pertinentes como grosores de aislante, longitudes de tubería y diámetro de tubería.

Serie espesor 32								
	Desnudos		Aislado		Diferencia	Diferencia	Ratio ahorro	Ratio ahorro
Temperatura °C	30,5	25,7	30,5	25,7	30,5	25,7	30,5	25,7
Tubo de 50 mm	10573	8177	2194	1773	8379	6405	79%	78%
Tubo de 65 mm	15580	12047	3046	2460	12534	9587	80%	80%
Tubo de 80 mm	1900	1460	365	294	1535	1165	81%	80%
								Q en W

Serie espesor 25								
	Desnudos		Aislado		Diferencia	Diferencia	Ratio ahorro	Ratio ahorro
Temperatura °C	30,5	25,7	30,5	25,7	30,5	25,7	30,5	25,7
Tubo de 50 mm	10573	8177	2536	2047	8037	6130	76%	75%
Tubo de 65 mm	15580	12047	3538	2855	12042	9192	77%	76%
Tubo de 80 mm	1900	1460	425	342	1475	1118	78%	77%
								Q en W

<b>Propiedades del Agua @ 4,44 grados Celcius</b>	
Densidad ( $\rho$ )	999,8 kg/m <sup>3</sup>
Velocidad ( $v$ )	1,5 m/s
Conductividad térmica ( $k$ )	0,575 w/m°C
Número de Prant (Pr)	11,35
Calor específico (Cp)	4,208 kJ/kg°C
Viscosidad ( $\mu$ )	1,55E-03 kg/m.s

<b>Propiedades del Aire @ 17 grados Celcius</b>	
Densidad ( $\rho$ )	1,225 kg/m <sup>3</sup>
Coficiente expansión volumétrica ( $\beta$ )	3,441E-03 1/ K
Conductividad térmica ( $k$ )	0,026 w/m°C
Número de Prant (Pr)	0,710
Viscosidad ( $\mu$ )	1,80E-05 kg/m.s

<b>Propiedades del Aire @ 27 grados Celcius</b>	
Densidad ( $\rho$ )	1,1774 kg/m <sup>3</sup>
Coficiente expansión volumétrica ( $\beta$ )	7,239E-03 1/ K
Conductividad térmica ( $k$ )	0,026 w/m°C
Número de Prant (Pr)	0,708
Viscosidad ( $\mu$ )	1,85E-05 kg/m.s

<b>Propiedades del Acero Inoxidable AISI 304</b>	
Densidad ( $\rho$ )	7817 kg/m <sup>3</sup>
Conductividad térmica ( $k$ )	16,3 w/m°C
Calor específico (Cp)	0,46 kJ/kg°C

<b>Propiedades del aislante</b>	
Conductividad térmica ( $k$ )	0,036 W/m°C
Espesor del aislante	0,039 metros

<b>Datos de un tubo de 65 milímetros</b>	
Diámetro externo	0,070 metros
Diámetro interno	0,066 metros
Espesor de pared	0,002 metros
Longitud vertical	56,40 metros
Longitud horizontal	382,14 metros
Longitud total	438,54 metros

Temperaturas	
Temperatura ambiente promedio	30,5 °C
Temperatura ambiente promedio	303,7 K
Temperatura del fluido	4,5 °C
Temperatura del fluido	277,7 K
Temperatura exterior del aislante	20 °C

Radios acumulados	
R1	0,033 metros
R2	0,035 metros
R3	0,074 metros

Cálculo del coeficiente de convección interna	
Reynolds (Re)	2,55E+04 (turbulento)
Nusselt (Nu)	204,0
Coficiente convectivo interno (hci)	1776,9 W/m <sup>2</sup> °C

Cálculo del coeficiente de convección externa desnuda	
Número de Grashoff vertical (Gr)	7,27E+14
Número de Grashoff horizontal(Gr)	1,39E+06
Gr * Pr vertical	5,16E+14 (turbulento)
Gr * Pr horizontal	9,86E+05 (det. formula)
Nusselt vertical (Nu)	16116,2
Nusselt horizontal (Nu)	16,7
Coficiente convectivo externo vertical (hcev)	7,3 W/m <sup>2</sup> °C
Coficiente convectivo externo horizontal (hceh)	6,1 W/m <sup>2</sup> °C

Cálculo del coeficiente de convección externa aislada	
Número de Grashoff vertical (Gr)	5,44E+14
Número de Grashoff horizontal(Gr)	9,82E+06
Gr * Pr vertical	3,85E+14 (turbulento)
Gr * Pr horizontal	6,95E+06 (det. formula)
Nusselt vertical (Nu)	14332,3
Nusselt horizontal (Nu)	27,2
Coficiente convectivo externo vertical (hcev)	6,7 W/m <sup>2</sup> °C
Coficiente convectivo externo horizontal (hceh)	4,8 W/m <sup>2</sup> °C

Resistencias a la transferencia	
Resistencia convectiva interna vertical	2,714E-03 m <sup>2</sup> °C/W
Resistencia convectiva interna horizontal	2,714E-03 m <sup>2</sup> °C/W
Resistencia conductiva tubo	5,745E-04 m <sup>2</sup> °C/W
Resistencia conductiva aislante	3,310 m <sup>2</sup> °C/W
Resistencia convectiva externa vertical desnuda	0,624 m <sup>2</sup> °C/W
Resistencia convectiva externa horizontal desnuda	0,747 m <sup>2</sup> °C/W
Resistencia convectiva externa vertical aislada	0,323 m <sup>2</sup> °C/W
Resistencia convectiva externa horizontal aislada	0,446 m <sup>2</sup> °C/W

Ganancia de calor por metro	
Q/l vertical desnudo	41,46 W/m
Q/l horizontal desnudo	34,65 W/m
Q/l vertical aislado	7,15 W/m
Q/l horizontal aislado	6,92 W/m

Ganancia de calor	
Q vertical desnudo	2338 W
Q horizontal desnudo	13242 W
Q vertical aislado	403 W
Q horizontal aislado	2643 W

Ganancia de calor Total	
Q total desnudo	15580 W
Q total aislado	3046 W

## 19.2 CANTIDAD DE ENERGÍA AHORRADA

Como podemos ver en las dos tablas de resultados, la cantidad de energía que deja de absorber el fluido en todos los casos supera el 75%, llegando incluso a 81%. Si el grosor del aislante se sigue aumentando, la cantidad de energía ahorrada será mayor, pero porcentualmente no crece mucho. En cambio, la inversión sí aumenta bastante, por lo que estos grosores son los más recomendables.

Si se tiene un tubo de 65 mm en posición vertical que se encuentre desnudo, el calor que absorbe el fluido refrigerado será de 41.46 W/m. Sin embargo, dadas las mismas condiciones, pero con aislamiento, el calor absorbido es 7.15 W/m, que significa un 81% de reducción de absorción de calor del fluido.

### 19.3 CÁLCULOS FINANCIEROS DEL PROYECTO

Calcular en cuánto tiempo se paga la inversión tiene una gran importancia, ya que de ello depende la viabilidad económica del proyecto. Se debe tomar en cuenta el grosor de aislante. Si es grueso, el ahorro a mediano y largo plazo será mayor, aunque la inversión inicial será mayor. En el caso de que el grosor disminuya, se dará un fenómeno al revés. Se debe, entonces, buscar un balance. Sin embargo, hay que conocer el espacio que hay entre un tubo y otro en las pasarelas, para poder determinar el máximo grosor de aislante que es posible poner.

Para ayudar a calcular la viabilidad financiera, se creó una hoja de cálculo que ayudó a reunir los diferentes datos involucrados. Los resultados son los siguientes:

Costo del kW/hr	
Horario	kW/hr
Punta (10:00 a 12:30 y 17:30 a 20:00)	25,7 colones
Valle (6:00 a 10:00 y 12:30 a 17:30)	13,7 colones
Noche (20:00 a 6:00)	5,6 colones

Cantidad a comprar	
Aislante para tubería de 80 mm	56 metros
Aislante para tubería de 65 mm	456 metros
Aislante para tubería de 50 mm	384 metros
Cinta selladora	72 unidades
Goma	36 unidades

Tipo de cambio	Euro	Dólar	Colon
	1,1825	1	432

<b>Análisis de costos</b>				
		Precios con descuento 1		
	Euros	Euros	Dólares	Colones
Costo de aislante 32 por metro				
Tubo de 80 mm	54,98	24,19	28,61	12.358
Tubo de 65 mm	47,28	20,80	24,60	10.627
Tubo de 50 mm	38,61	16,99	20,09	8.678
Costo de aislante 25 por metro				
Tubo de 80 mm	42,52	18,71	22,12	9.557
Tubo de 65 mm	35,97	15,83	18,72	8.085
Tubo de 50 mm	29,82	13,12	15,52	6.703
Costo de la cinta	30,43	18,26	21,59	9.327
Costo de la goma	33,24	19,94	23,58	10.188
Costo total de aislante 32	39.464,80	17.364,51	20.533,54	8.870.487
Costo total de aislante 25	30.234,32	13.303,10	15.730,92	6.795.756
Costo total de la cinta	2.190,96	1.314,58	1.554,49	671.538
Costo total de la goma	1.196,64	717,98	849,02	366.775
Costo total de 32	42.852,40	19.397,07	22.937,04	9.908.800
Costo total de 25	33.621,92	15.335,66	18.134,42	7.834.069
Costo total de 32 con desc. 2	38.567,16	17.457,36	20.643,33	8.917.920
Costo total de 25 con desc. 2	30.259,73	13.802,09	16.320,98	7.050.662
Costo del flete	2.959,83	2.959,83	3.500,00	1.512.000
Costo de instalación (25%)	3.856,72	1.745,74	2.064,33	891.792
Imprevistos de 32 (10%)	3.856,72	1.745,74	2.064,33	891.792
Imprevistos de 25 (10%)	3.025,97	1.380,21	1.632,10	705.066
Total costos de 32	49.240,42	23.908,67	28.272,00	12.213.504
Total costos de 25	40.102,25	19.887,87	23.517,41	10.159.520

Con aislante 32	Ahorro								
	Calor	Electricidad			Punta	Valle	Noche	Por Tubo	Tubos
1 Tubo de 50 @ 30,5	8379 W	10474 W	10,5 kW	538	1.148		1.686	4	6745
1 Tubo de 65 @ 30,5	12534 W	15667 W	15,7 kW	805	1.717		2.522	4	10090
1 Tubo de 80 @ 30,5	1535 W	1919 W	1,9 kW	99	210		309	3	927
1 Tubo de 50 @ 25,7	6405 W	8006 W	8,0 kW	412		359	770	4	3081
1 Tubo de 65 @ 25,7	9587 W	11984 W	12,0 kW	616		537	1.153	4	4611
1 Tubo de 80 @ 25,7	1165 W	1457 W	1,5 kW	75		65	140	3	420
En colones									
Eficiencia del conjunto	80%								
Total de ahorro diario	25.874 colones								
Días para pagar inversión	472 días								

Con aislante 25	Ahorro								
	Calor	Electricidad			Punta	Valle	Noche	Por Tubo	Tubos
1 Tubo de 50 @ 30,5	8037 W	10047 W	10,0 kW	516	1.101		1.617	4	6.470
1 Tubo de 65 @ 30,5	12042 W	15052 W	15,1 kW	774	1.650		2.423	4	9.694
1 Tubo de 80 @ 30,5	1475 W	1844 W	1,8 kW	95	202		297	3	891
1 Tubo de 50 @ 25,7	6130 W	7662 W	7,7 kW	394		343	737	4	2.949
1 Tubo de 65 @ 25,7	9192 W	11490 W	11,5 kW	591		515	1.105	4	4.421
1 Tubo de 80 @ 25,7	1118 W	1397 W	1,4 kW	72		63	134	3	403
En colones									
Eficiencia del conjunto	80%								
Total de ahorro diario	24.827 colones								
Días para pagar inversión	409 días								

## 19.4 VIABILIDAD FINANCIERA DEL PROYECTO

Como se muestra en las tablas anteriores, los días necesarios para pagar la inversión, son 472 días en el caso de poner el aislante de la serie 32, y de 409 días si se pone el aislante de la serie 25.

Sin embargo, el ahorro de dinero en cualquiera de los dos casos es bastante, lo que hace el proyecto muy rentable. Si se tiene que escoger entre las dos series de grosor, se debe tomar en cuenta que a una mayor inversión inicial, un mayor ahorro de dinero a mediano plazo.

---

## 19.5 COTIZACIÓN DEL AISLANTE

Como se apuntó en la sección 2.3, Fructa C.R. S.A. pertenece al grupo RiHa, el cual cuenta con varias plantas a nivel mundial. Los aislantes de tuberías, que son necesarios en todas ellas, se piden a través de la corporación, lo que ofrece muchas ventajas. Tomando en cuenta esto, se mandaron las necesidades de aislante para el desarrollo del proyecto a la corporación, para que se encargara de obtener una cotización del fabricante de estos productos.

El nombre de la empresa que fabrica y vende los aislantes es Kaimann, y su marca es Kaiflex. Esta compañía cuenta con mucho prestigio y sus instalaciones quedan ubicadas en Hovelhof, Alemania. La cotización duró tres días en llegar, con los siguientes resultados:

	Serie 25	Serie 32
DN 50	EU 29,82/m	EU 38,61/m
DN 65	EU 35,97/m	EU 47,28/m
DN 80	EU 42,52/m	EU 54,98/m

A los precios arriba mencionados se les debe de aplicar un descuento del 56%.

Cinta 3mm X 15m	EU 30,43/rollo
Pegamento 2200 gr.	EU 33,24/lata

A los precios arriba mencionados se les debe aplicar un descuento del 40%.

Como una bonificación especial, al total ya con descuento, se debe hacer un descuento adicional del 10%.

La suma, para el total de los aislantes de serie 32 en sus diferentes diámetros, incluyendo la goma y cinta necesarias para el proyecto, es de EU 17 439,31.

Si se escoge la serie 25, y se mantienen la cantidad de cinta y pegamento, el precio es de EU 13 802,09.

Como se puede ver, aunque se trate de bastante dinero, los descuentos y facilidades que ofrece esta compañía a la corporación, son muy difíciles de superar; además, estas llevan varios años de relaciones comerciales, por lo que se calcularon los costos del proyecto basados en su cotización.

## **20. CÓMO SE LLEVÓ A CABO EL PROYECTO**

Para empezar, se hizo un planteamiento de los objetivos del proyecto. Sabiendo lo que se quería, se llevó a cabo una investigación teórica sobre los cálculos que se debían realizar, para lo que se tomó muchos principios del curso de transferencia de calor.

Con el planteamiento hecho, fue necesario buscar toda la información necesaria en el campo, donde el fabricante de aislamientos y en tablas de propiedades de materiales. Con esta información, se pudo obtener el cálculo de transferencia.

El alcance del proyecto era aun mayor, ya que se debía hacer una justificación financiera. Fue necesario conocer el costo de aislantes, fletes, mano de obra, cinta, goma, electricidad y otros aspectos.

Luego se realizaron los cálculos en diferentes espesores para determinar en cuánto tiempo se recuperaba la inversión y la ganancia diaria en colones si se tuviera el sistema aislado.

En estos momentos, el proyecto esta siendo evaluado por los gerentes de Fructa C.R. para definir si se da la implementación. No obstante, la sección de distribución ya se aisló como lo muestran las fotografías.

---

## CONCLUSIONES DEL PROYECTO ADMINISTRATIVO

- El traslado de las bodegas fue un éxito.
- Los inventarios son un elemento crítico, para el buen desarrollo de la empresa, si no se efectúa bien, la posibilidad de tener problemas es muy alta, así como sus costos asociados; ya sea por sobre costos de almacenamiento o paros más prolongados de producción por desabastecimiento.
- Si los sistemas de información no reflejan la realidad, pierden su funcionalidad.
- El sistema de información paralelo, cumple a cabalidad, las funciones para lo que fue diseñado.
- El recurso humano juega un papel fundamental para el buen funcionamiento de la bodega.
- El personal de bodega no está suficientemente capacitado para reconocer los repuestos mecánicos y eléctricos que deben entregar.
- La inversión hecha en estanterías representa el 1% del valor de los artículos de la bodega.
- El área designada para los repuestos tiene dimensiones apropiadas.

## CONCLUSIONES DEL PROYECTO DE INGENIERÍA

- Si los tubos que transportan el fluido refrigerado se encuentran aislado, el agua hielo deja de absorber entre un 75% y un 81% de calor a través de todo el sistema.
- La inversión total del proyecto para un aislante de la serie 25 es de 10 159 520 colones, los cuales se pagan en 409 día o menos bajo las condiciones dadas.
- La inversión total del proyecto para un aislante de la serie 32 es de 12 213 504 colones se paga en 472 día o menos bajo las condiciones dadas.
- Se debe tomar en cuenta el espacio que existe entre un tubo y otro para ver cual serie de aislante es físicamente posible de poner.
- La viabilidad de hacer este proyecto realidad es muy alta debido a que el ahorro económico obtenido de la instalación de aislantes en las tuberías es bastante elevado.
- El tiempo de pago de la inversión inicial es en cualquier caso menor a un año y medio.

---

## **RECOMENDACIONES DEL PROYECTO ADMINISTRATIVO**

- Aumentar la comunicación entre los departamentos.
- Asegurarse que los inventarios se encuentren entre los parámetros previamente establecidos para evitar desabastecimientos o sobre costos de almacenamiento.
- Mantener la información de los sistemas de información (software) lo más cercana posible a la realidad realizando los ajustes pertinentes de los inventarios hechos.
- Tomar el catálogo de cada máquina indispensable para el proceso y verificar cuales y cuantos repuestos se deben tener en bodega para evitar paros.
- Capacitar al personal de bodega en el tema de repuestos de la sección de mantenimiento.

## **RECOMENDACIONES DEL PROYECTO DE INGENIERÍA**

- Techar la zona del tanque de almacenamiento y el punto de distribución.
- Aislar el tanque de retorno de agua hielo.
- Instalar los aislantes de la serie 32, de forma correcta, lo antes posible.

---

## BIBLIOGRAFÍA

- García, Victor Jaime. Una aproximación a los modelos de inventarios.
- PricewaterhouseCoopers. Manual de almacenes.
- Rojas Pimentel, Jaime. La administración de almacenes.
- Instrucción de procedimiento, funcionamiento de la bodega. Doc. IP-BO-7.5.4.2 edición tercera.
- Fundes, Gestión de inventarios.
- Eppen, G. D. y otros. Investigación de operaciones en la ciencia administrativa. Quinta Edición; Pearson: México, 1999
- Narasimhan, Seetharama y otros. Planeación de la producción y control de inventarios. México : Prentice-Hall, 1997.
- Holman, J.P. Transferencia de calor. Editorial Continental. México, 1984.
- Enciclopedia de la mecánica ingeniería y técnica. Barcelona : Grupo editorial Océano, 1990.

## ANEXO 1: HOJA DE INFORMACIÓN

### **Información del estudiante:**

Nombre: Rafael A. Pinto Atmetlla

Cédula: 1-1063-0520

Carné ITCR: 9813139

Dirección: De la iglesia de San Pedro, 700 sur y 100 este.

Teléfono habitación: 224-2267

E-mail: [r.pinto@costarricense.cr](mailto:r.pinto@costarricense.cr)

### **Información de los proyectos:**

Nombre del proyecto administrativo: “Mejoramiento de la gestión de inventarios de la planta”

Nombre del proyecto de ingeniería: “Evitando la transferencia de calor”

Profesor asesor: Ing. Gustavo Jiménez

Horario de trabajo: De lunes a viernes de 7:00 a.m. a 5:00 p.m.

### **Información de la empresa:**

Nombre: Fructa Costa Rica S.A.

Zona: La Francia, Siquirres

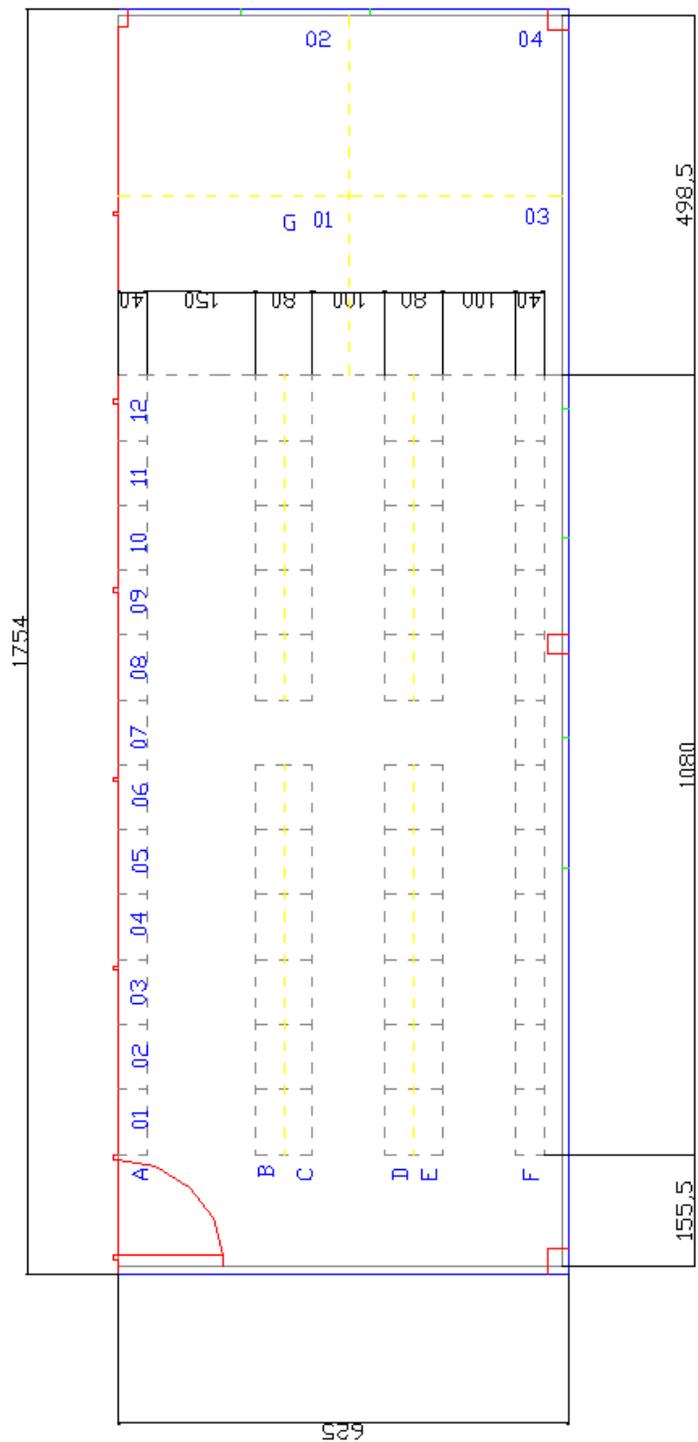
Dirección: 500 norte de la entrada a la Francia

Teléfono: 768-9672

Fax: 768-7215

Actividad principal: Procesamiento de piña y banano

## ANEXO 2: PLANO DE LA BODEGA



---

### ANEXO 3: HOJA DE ESTIPULACIÓN DE RESPONSABILIDADES

Responsable de control de inventarios (financiero):

\_\_\_\_\_

Firma:

\_\_\_\_\_

Responsable de despacho:

\_\_\_\_\_

Firma:

\_\_\_\_\_

Responsable de tránsito:

\_\_\_\_\_

Firma:

\_\_\_\_\_

Responsable de recepción :

\_\_\_\_\_

Firma:

\_\_\_\_\_

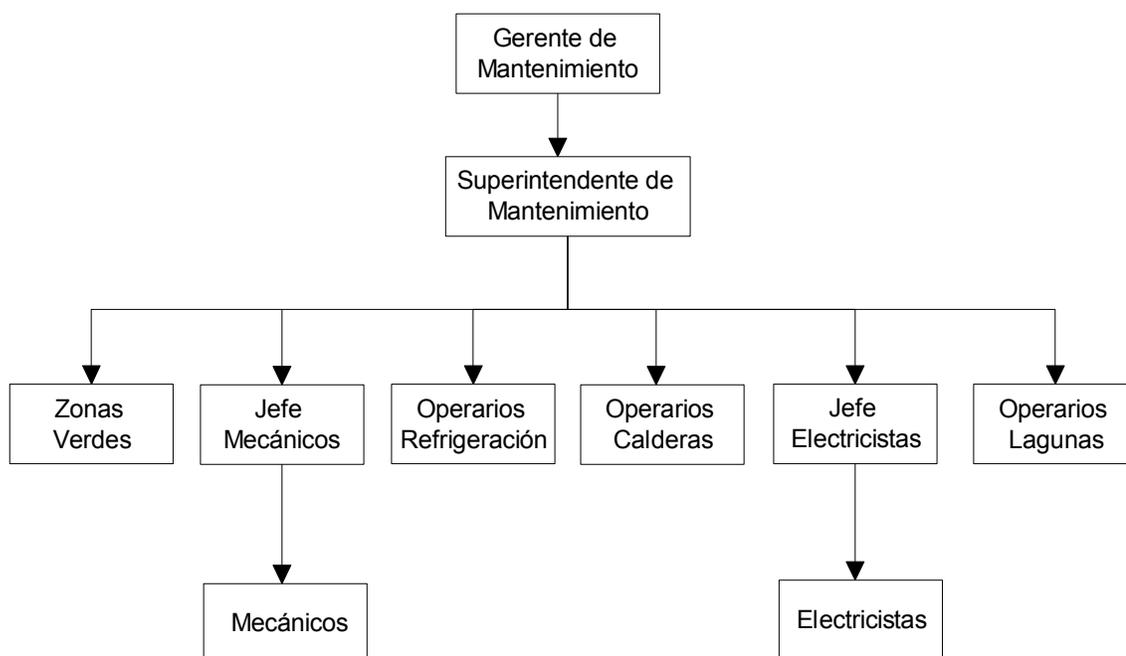
Responsable de almacenamiento:

\_\_\_\_\_

Firma:

\_\_\_\_\_

## ANEXO 4: ORGANIGRAMA DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO



---

## ANEXO 5: DESCRIPCIÓN Y DETALLES DEL FLUJOGRAMA

Inicia el flujograma con la llegada de los materiales, los cuales deben ser verificados en cuanto a cantidad y calidad. Los documentos aportados deben ser orden de compra y factura.

Si:

- Todo se encuentra en orden se le da la entrada al sistema, guardando bodega una copia para luego almacenar los artículos en base a la ubicación que el digitador designó. Si no existe suficiente espacio, se debe notificar al digitador. Además serán entregados los tres documentos a contabilidad (Orden de compra, factura y comprobante de ingreso).
  - Si los artículos son material auxiliar que requieren de control de calidad, se debe pasar por una verificación de la misma por parte de Aseguramiento de calidad para:
    - Si esta bien, seguir el proceso normal
    - Si esta mal, compras debe tomar una disposición final.
- Si las cantidades no son exactamente iguales a lo que dice la orden de compra, el jefe de bodega puede acatar la siguientes disposiciones y tomar una decisión:
  - Si es mayor, se devuelve el restante
  - Si es menor, se notifica a compras
- Si se presentan problemas con los documentos, el jefe debe tomar decisiones.



## **ANEXO 7: MARCO TEÓRICO DE LA TRANSFERENCIA DE CALOR**

### **MARCO TEÓRICO DE LA TRANSFERENCIA DE CALOR**

Para que exista una transferencia de calor entre dos cuerpos, es necesario que haya un gradiente de temperatura. Los tres modos básicos de transmisión de calor son convección, conducción y radiación. Estas modalidades de transferencia de calor pueden ocurrir simultáneamente, aunque dependiendo de las circunstancias uno de ellos se da en mayor magnitud..

La transferencia de calor por conducción se da a través de una materia en reposo, sin importar el estado, siempre que exista un gradiente de temperatura. Si es un gas o un líquido, la transferencia se da por difusión molecular. Si es un sólido, se puede dar de dos formas, ya sea por oscilaciones térmicas en moléculas de estructura cristalina o amorfa, o por electrones libres cuando el material es conductor eléctrico. Esta última forma de transmisión es mucho más eficiente, por lo que se deduce que un buen transmisor eléctrico será buen transmisor de calor.

La transferencia de calor por convección se da entre una superficie sólida y un fluido en movimiento. Si el sólido se encuentra a mayor temperatura que el fluido, este tiende a calentarse, especialmente en las fronteras con el sólido. Esto sucede debido a que las moléculas se ponen más energéticas, lo que se refleja en un aumento de vibraciones moleculares. Se establecerá, entonces, un movimiento vertical del flujo, causado por la diferencia de densidades entre los dos cuerpos. A este tipo de convección se le llama natural.

En caso que exista un flujo sobre la superficie sólida, que aleje las moléculas más energéticas de la superficie del sólido, reemplazándolas por moléculas más frías, entonces se da una convección forzada.

En la convección natural, la orientación del cuerpo sólido y el diferencial de temperatura son los factores más importantes. Si la convección es forzada, la velocidad del flujo es el factor más determinante.

Para que se dé la transferencia de calor por radiación, no es necesario que los cuerpos estén en contacto, ya que esta ocurre en forma de radiación electromagnética. La cantidad de calor emitido depende de su emisividad, que, a su vez depende de las características de la superficie. Además, el calor recibido por radiación es en parte absorbido, en parte reflejado y en parte transmitido.

En el estudio que se realiza, la transmisión por radiación es despreciable respecto a la transmisión por conducción y convección. Por lo tanto, tomando en cuenta la línea anterior, si se desea cuantificar la energía, ganada o perdida, es necesario conocer los datos que permitan utilizar las ecuaciones que se enuncian adelante. Tómese en cuenta que el desarrollo de este trabajo es sobre tuberías, por lo que este será su enfoque.

Para determinar el flujo de calor por longitud en una tubería desnuda se debe aplicar la siguiente fórmula:

Ecuación 1:

$$\frac{q}{l} = \frac{\Delta T}{\frac{1}{hi*2\pi*r_1} + \frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi*k_1} + \frac{1}{he*2\pi*r_2}}$$

En donde cada término es:

$q$  = calor ganado o perdido en Watts

$l$  = longitud de tubería en metros

$\Delta T$  = diferencial de temperatura en Kelvin

$hi$  = coeficiente de convección interno en  $W/m^2K$

$r_1$  = radio de la tubería en metros

$\ln$  = logaritmo neperiano

$k_1$  = constante de transmisibilidad del tubo en  $W/m^2K$

$h_e$  = coeficiente de convección externo en  $W/m^2K$

$r_2$  = radio de la tubería sumado al espesor del tubo en metros

En esta fórmula se establece que cada término del divisor representa una resistencia, ya sea por convección en los extremos y conducción el término del centro. El valor de la constante de transmisibilidad ( $k$ ) depende del material y varía con la temperatura.

Para determinar el flujo de calor por longitud en una tubería aislada se debe aplicar la siguiente fórmula:

Ecuación 2:

$$q = \frac{\Delta T}{l \left( \frac{1}{h_i \cdot 2\pi \cdot r_1} + \frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi \cdot k_1} + \frac{\ln(r_3/r_2)}{2\pi \cdot k_1} + \frac{1}{h_e \cdot 2\pi \cdot r_3} \right)}$$

En donde cada término es:

$q$  = calor ganado o perdido en Watts

$l$  = longitud de tubería en metros

$\Delta T$  = diferencial de temperatura en Kelvin

$h_i$  = coeficiente de convección interno en  $W/m^2K$

$r_1$  = radio de la tubería en metros

$\ln$  = logaritmo neperiano

$r_2$  = radio de la tubería sumado al espesor del tubo en metros

$k_1$  = constante de transmisibilidad del tubo en  $W/m^2K$

$r_3$  = radio de la tubería sumado al espesor del tubo en metros

$k_2$  = constante de transmisibilidad del aislante en  $W/m^2K$

$h_e$  = coeficiente de convección externo en  $W/m^2K$

Si se multiplican los resultados de cualquiera de las dos ecuaciones anteriores, por la longitud de tubo, se obtiene el calor transferido total.

Sin embargo, para obtener el diferencial de temperatura, la longitud y el radio, se debe acudir al campo, si ya existe la instalación, o a los planos y características, si es un proyecto. Respecto a las constantes de transmisibilidad, se debe acudir a la literatura para conocer los datos. En cuanto a los coeficientes de convección, se verá cómo sacarlos en la siguiente sección.

## CONVECCIÓN EXTERNA

Para obtener el coeficiente de convección externa se deben conocer varios parámetros adimensionales como el número de Grashof (Gr), que representa las fuerzas de empuje entre las fuerzas viscosas, el número de Prant (Pr), que es la difusividad del momento entre la difusividad de la temperatura, y el número de Nusselt (Nu), que representa la razón de gradientes de temperatura.

Las constantes necesarias para los cálculos que incluyen las propiedades del aire, se deben tomar a la temperatura promedio entre el ambiente y la superficie que esta en contacto, ya sea el tubo desnudo o el aislante.

Ecuación 3:

$$Gr = \frac{\beta * g * \rho^2 * \Delta T * L_c^3}{\mu^2}$$

En donde cada término es:

Gr = número de Grashof

$\beta$  = coeficiente de expansión térmica en 1/K

$g$  = fuerza de gravedad en m<sup>2</sup>/s

$\rho$  = densidad del fluido en kg/m<sup>3</sup>

---

$\Delta T$  = diferencial de temperatura entre el fluido y el exterior en K

$L_c$  = longitud característica en metros

$\mu$  = viscosidad en kg /m\*s

Ecuación 4:

$$Pr = \frac{\mu * C_p}{k}$$

En donde cada término es:

Pr = número de Prant

$\mu$  = viscosidad en kg /m\*s

$C_p$  = Calor específico en J/kg\*K

Ecuación 5:

$$Nu = \frac{hc * L_c}{k}$$

En donde cada término es:

Nu = número de Nusselt

$hc$  = coeficiente convectivo en W/m<sup>2</sup>K

$L_c$  = longitud característica en metros

$k$  = conductividad térmica en W/m<sup>2</sup>K

Para estimar el valor numérico de Nusselt se tiene que considerar las diferentes geometrías y condiciones de calor. Con el valor de Nu, se puede despejar la ecuación 5 para obtener el coeficiente convectivo externo.

Para el caso de cilindros verticales, cuya convección sea natural y el fluido que transportan tenga un régimen turbulento, se debe considerar tanto la longitud característica como la altura de la placa y la siguiente ecuación:

Ecuación 6:

$$Nu = 0,021 * (Gr * Pr)^{2/5}$$

Para el caso de cilindros horizontales se debe tomar como longitud característica el diámetro de la tubería. Además, se debe aplicar la ecuación que corresponda en cada caso:

Si: **10E-5 < Gr\*Pr < 10E7**

Ecuación 7:  $Nu = 0,53 (Pr / (Pr + 0,952)) * (Gr*Pr)^{1/4}$

Si: **10E4 < Gr\*Pr < 10E9**

Ecuación 8:  $Nu = 0,53 (Gr*Pr)^{1/4}$

Si: **10E9 < Gr\*Pr < 10E12**

Ecuación 9:  $Nu = 0,13 (Gr*Pr)^{2/3}$

## CONVECCIÓN INTERNA

Si se quiere conocer el valor de la convección interna forzada en un flujo turbulento, es necesario que el número de Reynolds sea mayor a 2300. Para obtener tal número se debe aplicar la siguiente ecuación:

Ecuación 10:

$$Re = \frac{\rho * v * L_c}{\mu}$$

En donde:

Re = número de Reynolds

v = velocidad del fluido en m/s

$L_c$  = longitud característica en metros

$\mu$  = viscosidad en kg /m\*s

Tomando en cuenta lo anterior, y considerando que el fluido se va calentando dentro de la tubería, se debe aplicar lo siguiente:

Ecuación 11:

$$Nu = 0,023 * Re^{0,8} * Pr^{0,4}$$

## CONDUCCION

Como se dijo anteriormente, la conducción es otra forma de transmisión de calor. Para el caso del aislante, esta adquiere gran importancia. Tiene la ventaja de que es fácil de cuantificar y la fórmula es bastante directa, ya que tan solo se debe aplicar la siguiente ecuación:

Ecuación 12:

$$\frac{Q}{l} = \frac{(\ln (r_2/r_1))}{2\pi*k_1}$$

En donde todos los parámetros son conocidos (ver ecuación 1)

## VELOCIDAD

Para obtener la velocidad del fluido, que es necesario para calcular el número de Reynolds, se aplicó la siguiente ecuación:

Ecuación 13:

$$Q = v \cdot A$$

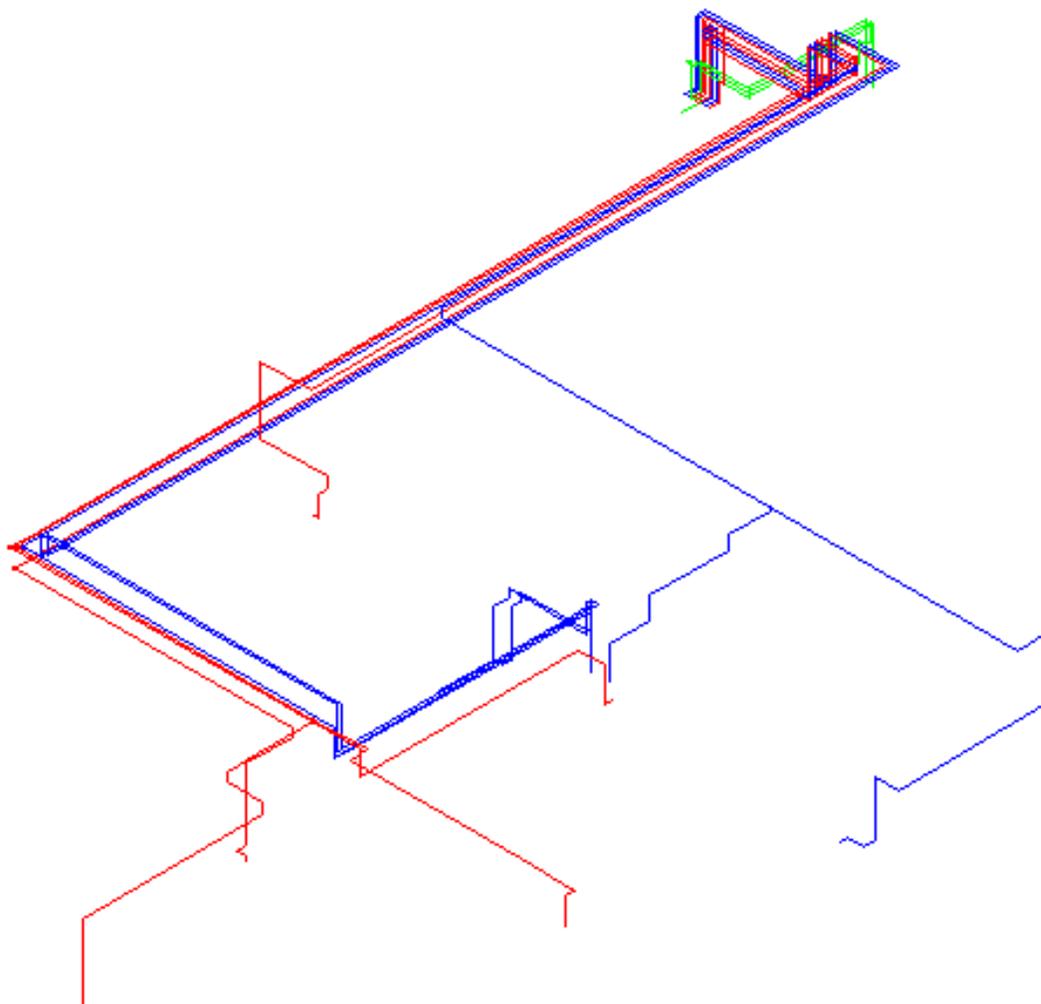
En donde:

Q = caudal

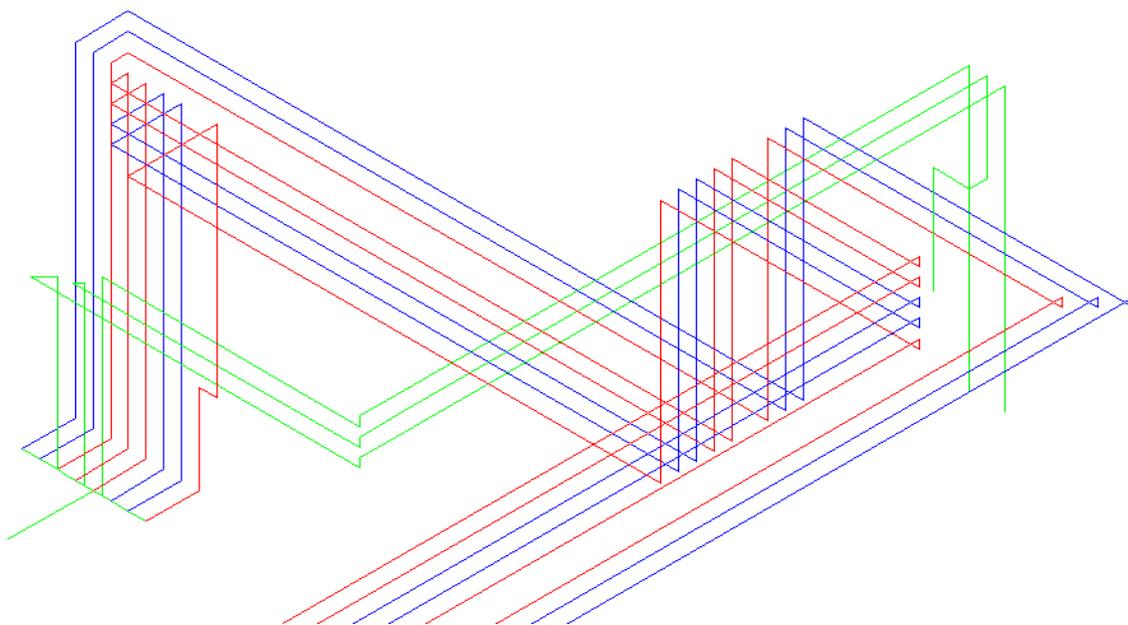
v = velocidad

A = área

## ANEXO 8A: ESQUEMA GENERAL DE LAS TUBERÍAS



## ANEXO 8B: DETALLE DEL PUNTO DE DITRIBUCIÓN



## ANEXO 9: TABLA DE COMPOSICIÓN DEL ACERO INOXIDABLE AISI 304

### General Information

**Pipes and Fittings in stainless steel for the fruit juice, beverage, brewery, dairy, food and chemical/pharmaceutical industries.**

#### Materials

Material no. acc. to DIN 17007	AISI	Steel Type Abbreviation acc. to DIN 17007	C %	Si %	Mn %	Cr %	Mo %	Ni %	Ti %	Price-group
1.4301	304	X 5CrNi1810	≤0,07	≤1,00	≤2,00	17,00-19,00	-	8,50-10,50	-	PG1
1.4306	304 L	X 2CrNi1911	≤0,03	≤1,00	≤2,00	18,00-20,00	-	10,00-12,50	-	PG1
1.4401	316	X 5CrNiMo1810	≤0,07	≤1,00	≤2,00	16,50-18,50	2,00-2,50	10,50-13,50	-	-
1.4404	316 L	X 2CrNiMo1810	≤0,03	≤1,00	≤2,00	16,50-18,50	2,00-2,50	11,40-14,00	-	PG2
1.4435	316 L	X 2CrNiMo1812	≤0,03	≤1,00	≤2,00	17,00-18,50	2,50-3,00	12,50-15,00	-	-
1.4571	316 Ti	X 10CrNiMoTi1810	≤0,08	≤1,00	≤2,00	16,50-18,50	2,00-2,50	10,50-13,50	Ti <sub>5</sub> x% C <sub>≤0,08</sub>	PG2

All parts are also available in AISI 316 (1.4404) or in AISI 316 Ti (1.4571). Parts not in contact with the product such as valve actuators, nuts etc. are always provided in material AISI 304 (1.4301).  
Parts manufactured in low carbon steel ≤ 0,030 % (ferrit content ≤ 0,5) can be provided upon request.

#### Pipes

Pipes are manufactured acc. to DIN 11850, with longitudinal seam, welding seam smoothed, technical delivery conditions in accordance with DIN 17455.

All pipes can be welded without heat treatment before after welding.

Inner pipe surfaces are rolled finish average value Ra ≤ 0,8 μm at longitudinal seam Ra ≤ 1,6 μm.

Outer tube surfaces are rolled finish or ground acc. to grain 400.

#### Surface Quality

Abbreviation acc. to DIN 11850	Surfaces		Heat treatment
	inside	outside	
CC	rolled	rolled	not heat treated
BC	average value Ra = 0,8 μm welding seam Ra = 1,6 μm	rolled	heat treated
CD		ground (grain 400)	not heat treated
BD		or polished	heat treated

Pipes can be delivered with the inside electro-polished or passivated (pickled) at additional price.

Furthermore pipes can be provided in inch sizes acc. to DIN 2463 and also acc. to national standards (O.D. tubes).

#### Connections acc. to DIN 11851

Max. operating pressure (gauge) at a max. operating temperature of 140° C, when suitable gasket material is used:

DN 10 – 40	40 bar	DN 50 – 100	25 bar	DN 125 – 150	16 bar
------------	--------	-------------	--------	--------------	--------

Union parts for higher operating pressures and temperatures upon request.

For additional information about pipe connections such as flange joints, clamp connections, aseptic connections acc. to national standards see our technical data sheets or price lists.

## ANEXO 10: TABLA DE DIÁMETROS

### Rohre 1

<b>101 Rohr CC</b>						<b>DIN 11850</b>	
tube						Preise in Euro / Meter	
innen/außen gebeizt						zzgl. LZ	
DN	Abmessung	A	B	D	kg/m	PG 1	PG 2
10	12x1	12	1		0,275	2,30	2,70
10	12x1,5 *	12	1,5		0,394	2,80	3,60
10	13x1,5	13	1,5		0,432	2,80	3,70
15	18x1	18	1		0,426	2,10	3,00
15	18x1,5 *	18	1		0,62	3,00	3,60
15	19x1,5	19	1,5		0,675	3,10	3,70
20	22x1	22	1		0,526	2,30	2,80
20	22x1,5 *	22	1,5		0,77	3,10	4,00
20	23x1,5	23	1,5		0,808	3,30	4,10
25	28x1	28	1		0,676	2,50	3,30
25	28x1,5 *	28	1,5		0,995	3,60	4,60
25	29x1,5	29	1,5		1,033	3,90	4,70
32	34x1	34	1		0,826	2,90	3,90
32	34x1,5 *	34	1,5		1,221	3,90	4,90
32	35x1,5	35	1,5		1,258	4,00	5,00
40	40x1	40	1		0,779	3,20	4,50
40	40x1,5 *	40	1,5		1,446	4,40	6,00
40	41x1,5	41	1,5		1,484	4,80	6,50
50	52x1	52	1		1,277	4,50	5,60
50	52x1,5 *	52	1,5		1,897	5,10	7,60
50	53x1,5	53	1,5		1,934	5,40	8,00
65	70x2	70	2		3,405	9,70	13,40
80	85x2	85	2		4,157	11,80	16,30
100	104x2	104	2		5,108	14,60	19,90
125	129x2	129	2		6,36	20,30	24,30
150	154x2	154	2		7,612	21,10	29,50
200	204x2	204	2		10,116	28,10	39,90
250	254x2 *	254	2		12,62	38,00	53,50
300	304x2 *	304	2		15,124	44,40	68,80

Die angegebenen Preise sind Richtpreise. Bitte Tagespreise erfragen.

Die mit \* gekennzeichneten Abmessungen entsprechen nicht der Norm DIN 11850

<b>102 Rohr CD</b>						<b>DIN 11850</b>	
tube						Preise in Euro / Meter	
innen: gebeizt außen: geschliffen Kom 400 (pol.)						zzgl. LZ	
DN	Abmessung	A	B	D	kg/m	PG 1	PG 2
10	12x1	12	1		0,275	3,40	3,80
10	12x1,5 *	12	1,5		0,394	3,90	4,80
10	13x1,5	13	1,5		0,432	4,00	4,90
15	18x1	18	1		0,426	3,30	4,20
15	18x1,5 *	18	1,5		0,62	4,20	4,80
15	19x1,5	19	1,5		0,657	4,30	4,90
20	22x1	22	1		0,526	3,20	3,80
20	22x1,5 *	22	1,5		0,77	4,20	5,00
20	23x1,5	23	1,5		0,808	4,30	5,10
25	28x1	28	1		0,676	3,50	4,20
25	28x1,5 *	28	1,5		0,995	4,60	5,60
25	29x1,5	29	1,5		1,033	4,90	5,70
32	34x1	34	1		0,826	3,90	5,00
32	34x1,5 *	34	1,5		1,221	5,00	6,00
32	35x1,5	35	1,5		1,258	5,10	6,00
40	40x1	40	1		0,977	4,30	5,60
40	40x1,5 *	40	1,5		1,446	5,60	7,10
40	41x1,5	41	1,5		1,484	5,70	7,80
50	52x1	52	1		1,27	5,70	6,90
50	52x1,5 *	52	1,5		1,897	6,40	8,90
50	53x1,5	53	2		1,934	6,70	9,30
65	70x2	70	2		3,405	11,50	15,30
80	85x2	85	2		4,157	13,70	18,30
100	104x2	104	2		5,108	17,00	22,40
125	129x2	129	2		6,36	21,50	27,70
150	154x2	154	2		7,612	25,10	33,50
200	204x2	204	2		10,116	44,90	56,70
250	254x2 *	254	2		12,62	60,50	76,00
300	304x2 *	304	2		15,124	72,60	97,00

Die angegebenen Preise sind Richtpreise. Bitte Tagespreise erfragen.

Die mit \* gekennzeichneten Abmessungen entsprechen nicht der Norm DIN 11850

## ANEXO 11: TABLA DE PROPIEDADES DEL AIRE

446 TRANSFERENCIA DE CALOR

**TABLA A.5**

Propiedades del aire a la presión atmosférica\*.

Los valores de  $\mu$ ,  $k$ ,  $c_p$  y  $Pr$  dependen poco de la presión y se pueden utilizar en un intervalo bastante amplio de presiones

T, K	$\rho$ , kg/m <sup>3</sup>	$c_p$ , kJ/kg·°C	$\mu \times 10^5$ , kg/m·s	$\nu \times 10^6$ , m <sup>2</sup> /s	$k$ , W/m·°C	$\alpha \times 10^4$ , m <sup>2</sup> /s	Pr
100	3,6010	1,0266	0,6924	1,923	0,009246	0,02501	0,770
150	2,3675	1,0099	1,0283	4,343	0,013735	0,05745	0,753
200	1,7684	1,0061	1,3289	7,490	0,01809	0,10165	0,739
250	1,4128	1,0053	1,5990	11,31	0,02227	0,15675	0,722
300	1,1774	1,0057	1,8462	15,69	-0,02624	0,22160	-0,708
350	0,9980	1,0090	2,075	20,76	0,03003	0,2983	0,697
400	0,8826	1,0140	2,286	25,90	0,03365	0,3760	0,689
450	0,7833	1,0207	2,484	31,71	0,03707	0,4222	0,683
500	0,7048	1,0295	2,671	37,90	0,04038	0,5064	0,680
550	0,6423	1,0392	2,848	44,34	0,04360	0,6532	0,680
600	0,5879	1,0551	3,018	51,34	0,04659	0,7512	0,680
650	0,5430	1,0635	3,177	58,51	0,04953	0,8578	0,682
700	0,5030	1,0752	3,332	66,25	0,05230	0,9672	0,684
750	0,4709	1,0856	3,481	73,91	0,05509	1,0774	0,686
800	0,4405	1,0978	3,625	82,29	0,05779	1,1951	0,689
850	0,4149	1,1095	3,765	90,75	0,06028	1,3097	0,692
900	0,3925	1,1212	3,899	99,3	0,06279	1,4271	0,696
950	0,3716	1,1321	4,023	108,2	0,06525	1,5510	0,699
1.000	0,3524	1,1417	4,152	117,8	0,06752	1,6779	0,702
1.100	0,3204	1,160	4,44	138,6	0,0732	1,969	0,704
1.200	0,2947	1,179	4,69	159,1	0,0782	2,251	0,707
1.300	0,2707	1,197	4,93	182,1	0,0837	2,583	0,705
1.400	0,2515	1,214	5,17	205,5	0,0891	2,920	0,705
1.500	0,2355	1,230	5,40	229,1	0,0946	3,262	0,705
1.600	0,2211	1,248	5,63	254,5	0,100	3,609	0,705
1.700	0,2082	1,267	5,85	280,5	0,105	3,977	0,705
1.800	0,1970	1,287	6,07	308,1	0,111	4,379	0,704
1.900	0,1858	1,309	6,29	338,5	0,117	4,811	0,704
2.000	0,1762	1,338	6,50	369,0	0,124	5,260	0,702
2.100	0,1682	1,372	6,72	399,6	0,131	5,715	0,700
2.200	0,1602	1,419	6,93	432,6	0,139	6,120	0,707
2.300	0,1538	1,482	7,14	464,0	0,149	6,540	0,710
2.400	0,1458	1,574	7,35	504,0	0,161	7,020	0,718
2.500	0,1394	1,688	7,57	543,5	0,175	7,441	0,730

\* De *Natl. Bur. Stand. (U.S.) Circ. 564, 1955.*

## ANEXO 12: TABLA DE PROPIEDADES DEL ACERO INOXIDABLE AISI 304

438 TRANSFERENCIA DE CALOR

**TABLA A.2**

Propiedades de los metales\*.

Metal	Propiedades a 20 °C				Conductividad térmica k, W/m · °C										
	$\rho$ , kg/m <sup>3</sup>	$c_p$ , kJ/kg · °C	k, W/m · °C	$\alpha \times 10^5$ , m <sup>2</sup> /s	-100 °C -148 °F	0 °C 32 °F	100 °C 212 °F	200 °C 392 °F	300 °C 572 °F	400 °C 752 °F	600 °C 1.112 °F	800 °C 1.427 °F	1.000 °C 1.832 °F	1.200 °C 2.192 °F	
Aluminio:															
Puro	2.707	0,896	204	8,418	215	202	206	215	228	249					
Al-Cu (duraluminio), 94-96 % Al, 3-5 % Cu, trazas de Mg	2.787	0,883	164	6,676	126	159	182	194							
Al-Si (siluminio, cobre-portador), 86,5 % Al, 1 % Cu	2.659	0,867	137	5,933	119	137	144	152	161						
Al-Si (alustil), 78-80 % Al, 20-22 % Si	2.627	0,854	161	7,172	144	157	168	175	178						
Al-Mg-Si, 97 % Al, 1 % Mg, 1 % Si, 1 % Mn	2.707	0,892	177	7,311	175	189	189	204	29,8						
Plomo	11.373	0,130	35	2,343	36,9	35,1	33,4	31,5							
Hierro:															
Puro	7.897	0,452	73	2,034	87	73	67	62	55	48	36	35	36		
Hierro forjado, 0,5 % C	7.849	0,46	59	1,626		59	57	52	48	36	33	33	33		
Acero															
(C máx. ≈ 1,5 %):															
Acero al carbono															
C ≈ 0,5 %	7.833	0,465	54	1,474		55	52	48	45	42	31	29	31		
1,0 %	7.801	0,473	43	1,172		43	43	42	40	36	29	28	29		
1,5 %	7.753	0,486	36	0,970		36	36	36	35	33	28	28	29		
Acero al níquel															
Ni ≈ 0 %	7.897	0,452	73	2,026											
20 %	7.933	0,46	19	0,526											
40 %	8.169	0,46	10	0,279											
80 %	8.618	0,46	35	0,872											
Invar, 36 % Ni	8.137	0,46	10,7	0,286											
Acero al cromo															
Cr = 0 %	7.897	0,452	73	2,026	87	73	67	62	55	48	36	35	36		
1 %	7.865	0,46	61	1,665		62	55	52	47	42	36	33	33		
5 %	7.833	0,46	40	1,110		40	38	36	36	33	29	29	29		
20 %	7.689	0,46	22	0,635		22	22	22	22	24	24	26	29		
Cr-Ni (cromo-níquel): 15% Cr, 10% Ni															
18% Cr, 8% Ni (V2A)	7.865	0,46	19	0,527											
20% Cr, 15% Ni	7.817	0,46	16,3	0,444		16,3	17	17	19	22	27	31			
25% Cr, 20% Ni	7.833	0,46	15,1	0,415											
Acero al wolframio															
W = 0 %	7.897	0,452	73	2,026											
1 %	7.913	0,448	66	1,858											
5 %	8.073	0,435	54	1,525											
10 %	8.314	0,419	48	1,391											

## ANEXO 13: TABLA DE PROPIEDADES DEL AGUA

TABLA A.9

Propiedades del agua (líquido saturado)\*.

$$\text{Nota: } Gr, Pr = \left( \frac{g\beta\rho^2c_p}{\mu k} \right)^{-1} \Delta T$$

°F	°C	$c_p$ , kJ/kg·°C	$\rho$ , kg/m <sup>3</sup>	$\mu$ , kg/m·s	$k$ , W/m·°C	Pr	$\frac{g\beta\rho^2c_p}{\mu k}$ , 1/m <sup>3</sup> ·°C
32	0	4,225	999,8	$1,79 \times 10^{-3}$	0,566	13,25	$1,91 \times 10^9$
40	4,44	4,208	999,8	1,55	0,575	11,35	$6,34 \times 10^9$
50	10	4,195	999,2	1,31	0,585	9,40	$1,08 \times 10^{10}$
60	15,56	4,186	998,6	1,12	0,595	7,88	$1,46 \times 10^{10}$
70	21,11	4,179	997,4	$9,8 \times 10^{-4}$	0,604	6,78	$1,91 \times 10^{10}$
80	26,67	4,179	995,8	8,6	0,614	5,85	$2,48 \times 10^{10}$
90	32,22	4,174	994,9	7,65	0,623	5,12	$3,3 \times 10^{10}$
100	37,78	4,174	993,0	6,82	0,630	4,53	$4,19 \times 10^{10}$
110	43,33	4,174	990,6	6,16	0,637	4,04	$4,89 \times 10^{10}$
120	48,89	4,174	988,8	5,62	0,644	3,64	$5,66 \times 10^{10}$
130	54,44	4,179	985,7	5,13	0,649	3,30	$6,48 \times 10^{10}$
140	60	4,179	983,3	4,71	0,654	3,01	$7,62 \times 10^{10}$
150	65,55	4,183	980,3	4,3	0,659	2,73	$8,84 \times 10^{10}$
160	71,11	4,186	977,3	4,01	0,665	2,53	$9,85 \times 10^{10}$
170	76,67	4,191	973,7	3,72	0,668	2,33	$1,09 \times 10^{11}$
180	82,22	4,195	970,2	3,47	0,673	2,16	
190	87,78	4,199	966,7	3,27	0,675	2,03	
200	93,33	4,204	963,2	3,06	0,678	1,90	
220	104,4	4,216	955,1	2,67	0,684	1,66	
240	115,6	4,229	946,7	2,44	0,685	1,51	
260	126,7	4,250	937,2	2,19	0,685	1,36	
280	137,8	4,271	928,1	1,98	0,685	1,24	
300	148,9	4,296	918,0	1,86	0,684	1,17	
350	176,7	4,371	890,4	1,57	0,677	1,02	
400	204,4	4,467	859,4	1,36	0,665	1,00	
450	232,2	4,585	825,7	1,20	0,646	0,85	
500	260	4,731	785,2	1,07	0,616	0,83	
550	287,7	5,024	735,5	$9,51 \times 10^{-2}$			
600	315,6	5,703	678,7	8,68			

 \* Adaptado al SI de A. I. Brown y S. M. Marco: *Introduction to Heat Transfer*, 3ª ed., McGraw-Hill Book Company, Nueva York, 1958.

## ANEXO 14A: MANUAL DE KAIMANN

### kaiflex **KK-B1** Schläuche und Schläuche selbstklebend, mit zunehmenden Dä



Die mit einem Punkt (•) markierten Schläuche sind auch mit Selbstklebe-verschluß lieferbar.  
Die Bestellnummern dieser Schläuche werden mit einem „SK“ zusätzlich gekennzeichnet, z. B. 13 x 22 SK.

Kupferrohre CU		Stahlrohre FE		Innen ø min/max in mm	6		
Außen ø mm	Nenn- weite DN	Zoll	Außen ø mm		Nenn- weite DN	Dämmschichtdicke 6,0 - 7,5 mm	
					mittl. Dicke mm	Best.-Nr.	m/ Karton
6	4			7,0 - 8,5	6,0	6 x 06	496
8	6			9,0 - 10,5	6,5	6 x 08	432
10	8	½	10,2	11,0 - 12,5	6,5	6 x 10	364
12	10			13,0 - 14,5	7,0	6 x 12	316
14/15	10/-	¼	13,5	16,0 - 17,5	7,0	6 x 15	266
18	15	¾	17,2	19,0 - 20,5	7,0	6 x 18	210
22	20	½	21,3	23,0 - 24,5	7,5	6 x 22	166
25	20		25,0	26,0 - 27,5	7,5	6 x 25	140
28	25	¾	26,9	29,0 - 30,5	7,5	6 x 28	120
30	25		30,0	31,0 - 33,0	7,5	6 x 30	112
35	32	1	33,7	36,0 - 38,0	7,5	6 x 35	92
38	32		38,0	39,0 - 41,0			
42	40	1¼	42,4	43,5 - 45,5			
			44,5	45,5 - 47,5			
		1½	48,3	49,5 - 51,5			
54	50		54,0	55,0 - 57,0			
57	50		57,0	58,0 - 60,0			
		2	60,3	61,5 - 63,5			
64			63,5	65,0 - 67,5			
70			70,0	71,0 - 73,5			
76,1	65	2½	76,1	77,0 - 79,5			
80				81,0 - 84,0			
88,9	80	3	88,9	90,5 - 93,5			
		3½	101,6	105,0 - 108,0			
108	100		108,0	109,5 - 113,0			
114	100	4	114,3	116,0 - 120,0			
			125,0	127,0 - 131,0			
133	125		133,0	135,0 - 139,0			
		5	139,7	142,0 - 146,0			
159	150		160,0	162,0 - 167,0			

Dickentoleranz:

± 1,0 mm

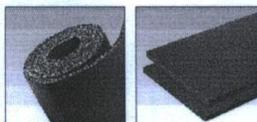
Baustoffklasse:

schwerentflammbar DIN 4102-B1

Längentoleranz für Schläuche und Platten ±1,5%

**Kartonmaße (L x B x H):**  
Schlauchmaterial:  
2120 x 405 x 325 mm (0,279 m³)  
Endlos-Schlauchmaterial:  
500 x 500 x 300 mm (0,075 m³)  
Endlos-Plattenmaterial:  
560 x 560 x 1070 mm (0,340 m³)  
410 x 410 x 1070 mm (0,180 m³)  
Plattenmaterial (2,0 x 0,5 m):  
2010 x 580 x 180 mm (0,210 m³)  
Plattenmaterial (2,0 x 1,0 m):  
2110 x 1095 x 180 mm (0,415 m³)  
KK-Band, selbstklebend  
350 x 300 x 650 mm (0,070 m³)

### kaiflex **KK-B1** Platten und Platten selbstklebend -



Dämm- schicht- dicke mm	PLATTEN					
	Endlosrolle (1 m Breite)		Platten (2,0 x 0,5 m)		Platten (2,0 x 1,0 m)	
	m² / Karton	Typ	m² / Karton	Typ	m² / Karton	Typ
3	30	PL03-R/B1	24	PL03-05/B1	48	PL03-10/B1
6	30	PL06-R/B1	24	PL06-05/B1	48	PL06-10/B1
10	20	PL10-R/B1	16	PL10-05/B1	32	PL10-10/B1
13	14	PL13-R/B1	12	PL13-05/B1	24	PL13-10/B1
16	12	PL16-R/B1	10	PL16-05/B1	20	PL16-10/B1
19	10	PL19-R/B1	8	PL19-05/B1	16	PL19-10/B1
25	8	PL25-R/B1	6	PL25-05/B1	12	PL25-10/B1
32	6	PL32-R/B1	5	PL32-05/B1	10	PL32-10/B1
50			2	PL50-05/B1	4	PL50-10/B1

Dickentoleranz:

Baustoffklasse:

## ANEXO 14B: MANUAL DE KAIMANN

enden Dämmschichtdicken, Farbe schwarz,  $\mu \geq 7.000 \cdot \text{DIN 4102 B1} \cdot \lambda_{D^0} \leq 0,036 \text{ W / (m}^2 \text{ K)}$

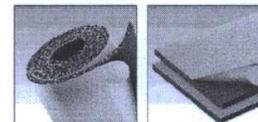
9			13			19			25			32		
Dämmschichtdicke 9,0 - 12,0 mm			Dämmschichtdicke 13,0 - 16,0 mm			Dämmschichtdicke 19,0 - 26,0 mm			Dämmschichtdicke 25,0 - 32,0 mm			Dämmschichtdicke 32,0 - 45,0 mm		
mittl. Dicke mm	Best.-Nr.	m/ Karton	mittl. Dicke mm	Best.-Nr.	m/ Karton	mittl. Dicke mm	Best.-Nr.	m/ Karton	mittl. Dicke mm	Best.-Nr.	m/ Karton	mittl. Dicke mm	Best.-Nr.	m/ Karton
9,0	9 x 06	352	13,0	13 x 06	222									
9,0	9 x 08	300	13,0	13 x 08	210									
9,0	9 x 10	266	13,0	13 x 10	172	19,0	19 x 10	98				32,0	32 x 10	32
9,5	9 x 12*	234	13,0	13 x 12*	162	19,0	19 x 12*	88				32,0	32 x 12	32
9,5	9 x 15*	192	13,0	13 x 15*	136	19,0	19 x 15*	78				32,0	32 x 15	32
10,0	9 x 18*	166	13,0	13 x 18*	118	19,0	19 x 18*	72	25,0	25 x 18	50	32,0	32 x 18	32
10,0	9 x 22*	136	13,0	13 x 22*	98	20,0	19 x 22*	64	25,0	25 x 22	42	32,0	32 x 22	32
10,5	9 x 25	108	13,0	13 x 25	80	20,5	19 x 25	50						
10,5	9 x 28*	98	13,5	13 x 28*	78	21,0	19 x 28*	48	25,0	25 x 28	40	33,5	32 x 28	24
10,5	9 x 30	92	13,5	13 x 30	72	21,0	19 x 30	42						
11,0	9 x 35*	76	14,0	13 x 35*	60	21,5	19 x 35*	36	27,0	25 x 35	24	35,0	32 x 35	22
11,0	9 x 38	66												
11,0	9 x 42*	60	14,5	13 x 42*	48	22,0	19 x 42*	32	27,0	25 x 42	22	36,5	32 x 42	16
11,0	9 x 45	56	14,5	13 x 45	44	22,5	19 x 45	28						
11,0	9 x 48*	50	14,5	13 x 48*	40	22,5	19 x 48*	24	27,5	25 x 48	18	37,5	32 x 48	14
11,5	9 x 54*	46	14,5	13 x 54*	34	23,0	19 x 54*	24	28,5	25 x 54	16	38,0	32 x 54	12
11,5	9 x 57	42	15,0	13 x 57	32	23,0	19 x 57	22				38,5	32 x 57	12
11,5	9 x 60*	36	15,0	13 x 60*	32	23,5	19 x 60*	18	29,0	25 x 60	12	39,0	32 x 60	10
11,5	9 x 64	34	15,0	13 x 64	30	23,5	19 x 64	18	29,0	25 x 64	12	39,5	32 x 64	10
11,5	9 x 70	32	15,0	13 x 70	24	24,0	19 x 70	18	29,5	25 x 70	12	40,0	32 x 70	8
11,5	9 x 76*	30	15,0	13 x 76*	22	24,0	19 x 76*	12	30,0	25 x 76	10	40,5	32 x 76	8
11,5	9 x 80	30	15,5	13 x 80	20	24,5	19 x 80	12				41,0	32 x 80	8
11,5	9 x 89*	30	15,5	13 x 89*	20	24,5	19 x 89*	12	30,5	25 x 89	8	41,5	32 x 89	8
12,0	9 x 102	16	15,5	13 x 102	16	25,0	19 x 102	12				42,5	32 x 102	6
12,0	9 x 108	16	15,5	13 x 108	16	25,0	19 x 108	10	31,0	25 x 108	6	42,5	32 x 108	6
12,0	9 x 114	16	16,0	13 x 114	16	25,5	19 x 114	10	31,5	25 x 114	6	43,0	32 x 114	6
12,0	9 x 125	12	16,0	13 x 125	12	25,5	19 x 125	10						
12,0	9 x 133	12	16,0	13 x 133	12	25,5	19 x 133	8				44,0	32 x 133	4
12,0	9 x 140	12	16,0	13 x 140	12	26,0	19 x 140	6	32,0	25 x 140	4	44,5	32 x 140	4
12,0	9 x 160	12	16,0	13 x 160	12	26,0	19 x 160	6				45,0	32 x 160	2
± 1,5 mm			± 1,5 mm			± 2,5 mm			± 2,5 mm			± 3,0 mm		
Baustoffklasse:												schwerentflammbar DIN 4102-B1		

- Farbe: schwarz

Dämmschichtdicke mm	SELBSTKLEBENDE PLATTEN					
	Endlosrolle (1 m Breite)		Platten (2,0 x 0,5 m)		Platten (2,0 x 1,0 m)	
	m <sup>2</sup> / Karton	Typ	m <sup>2</sup> / Karton	Typ	m <sup>2</sup> / Karton	Typ
3	30	PL03-R/B1-SK	24	PL03-05/B1-SK	48	PL03-10/B1-SK
6	30	PL06-R/B1-SK	24	PL06-05/B1-SK	48	PL06-10/B1-SK
10	20	PL10-R/B1-SK	16	PL10-05/B1-SK	32	PL10-10/B1-SK
13	14	PL13-R/B1-SK	12	PL13-05/B1-SK	24	PL13-10/B1-SK
16	12	PL16-R/B1-SK	10	PL16-05/B1-SK	20	PL16-10/B1-SK
19	10	PL19-R/B1-SK	8	PL19-05/B1-SK	16	PL19-10/B1-SK
25	8	PL25-R/B1-SK	6	PL25-05/B1-SK	12	PL25-10/B1-SK
32	6	PL32-R/B1-SK	5	PL32-05/B1-SK	10	PL32-10/B1-SK
50			2	PL50-05/B1-SK	4	PL50-10/B1-SK

3-19 mm ±1,0 mm - 25-50 mm ±2,0 mm - Längentoleranz: ±1,5 %

schwerentflammbar DIN 4102-B1





ANEXO 16A: TABLA DE TEMPERATURA AMBIENTALES DE LA ZONA

**SIQUIRRES**

INSTITUTO METEOROLOGICO NACIONAL  
GESTION DE INFORMACION Y COMERCIALIZACION  
PROMEDIOS MENSUALES DE DATOS CLIMATICOS

ESTACION	HDA. EL CARMEN		No. 73091		Lat. 10° 12' N		Long. 83° 29' O		Altitud. 15 Metros					
Elementos	Periodos	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiem.	Octubr.	Noviem.	Diciem.	Anual
LLUVIA	1972-2002	299.5	230.3	184.5	210.0	343.7	335.9	489.8	377.2	203.3	273.8	425.3	423.1	3776.4
TEM.MAX	1973-2002	29.7	29.8	30.3	30.9	31.6	31.3	30.6	31.2	31.8	31.5	30.5	29.9	30.8
TEM.MIN.	1973-2002	20.0	20.2	20.7	21.4	22.4	22.5	22.1	22.1	22.2	21.9	21.5	20.7	21.5
TEM.MED	1973-2002	24.9	25.0	25.5	26.2	27.0	26.9	26.4	26.7	27.0	26.7	26.0	25.3	26.1
B.SOLAR	1974-2002	5.0	5.1	5.6	5.3	4.8	3.9	3.7	4.1	4.8	4.7	4.2	4.3	4.6
HUMEDAD	1973-2002	85	84	83	83	85	86	87	86	85	86	87	86	85
RADIACION	1979-1996	12.7	14.0	16.0	15.8	10.6	12.2	13.8	15.0	16.3	14.0	11.9	10.9	13.6
EVAPORACION	1980-1992	3.2	3.6	4.1	4.1	3.7	3.3	3.1	3.4	3.6	3.5	3.1	4.3	3.6
VIENTO	1981-1998	5.3(E)	5.0(E)	5.4(E)	5.6(E)	5.2(NE)	5.0(NE)	5.0(E)	5.1(NE)	5.1(O)	5.1(O)	5.2(O)	5.1(E)	5.2(E)

Lluvia en Milímetros - 1Mm. = 1 Litro por M².

Radiación Solar Global en Megajulios

Temperaturas en Grados Celsius

Humedad Relativa en %

Evaporación en Milímetros

Brillo Solar en Horas y Decimas de Hora

Viento en Kilómetros por Hora y Rosa de

los Vientos en dirección predominante

Elaboró: Erak

ANEXO 16B: TABLA DE TEMPERATURA AMBIENTALES DE LA ZONA

**SQUIRRES**

INSTITUTO METEOROLOGICO NACIONAL  
GESTION DE INFORMACION Y COMERCIALIZACION  
PROMEDIOS MENSUALES DE DATOS CLIMATICOS

ESTACION		LA LOLA - SQUIRRES -												No. 77002			Lat. 10° 06' N			Long. 83° 23' O			Altitud 40 M.		
Elementos	Periodos	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiem.	Octubr.	Noviem.	Diciem.	Anual											
LLUVIA	1949-2002	301.9	224.1	169.8	220.5	333.6	310.0	407.1	315.9	180.2	261.0	400.4	461.6	3586.1											
TEMP. MAX.	1972-2002	29.1	29.4	29.9	30.4	30.8	30.7	30.1	30.4	31	30.6	29.7	29.1	30.1											
TEMP. MIN.	1972-2002	19.3	19.3	19.7	20.5	21.4	21.4	21.1	21	21	20.8	20.6	19.8	20.5											
TEMP. MED.	1972-2002	24.2	24.4	24.8	25.5	26.1	26.1	25.6	25.7	26.0	25.7	25.2	24.5	25.3											
BRILLO SOL.	1972-1994	4.5	5.1	5.2	4.8	4.7	3.6	3.2	3.7	4.6	4.5	4.1	4.1	4.3											
HUMEDAD REL.	1974-2002	87	87	85	87	89	89	90	89	87	89	90	89	88											
EVAPORACION	1987-1992	3.1	3.3	4.1	4.1	3.2	3.3	3.4	3.6	3.4	3.2	3.2	3.1	3.4											
RADIACION	1974-1991	9.5	10.1	11.4	11.1	10.9	10.1	9.9	10.1	10.5	9.9	8.3	8.5	10.0											
Lluvia en Milímetros - 1Mm. = 1 Litro por M <sup>2</sup> .		Temperaturas en Grados Celsius												Brillo Solar en Horas y Décimas de Hora											
Radiación Solar Global en Megajulios		Humedad Relativa en %												Evaporación en Mm. (DIARIO)											
Elaboró: Erak																									

## ANEXO 17: GANTT DE LA PRÁCTICA

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
 ESCUELA DE INGENIERIA ELECTROMECHANICA  
 CURSO: PRÁCTICA DE ESPECIALIDAD  
 SEMESTRE: 1 - 2004

CRONOGRAMA

DISTRIBUCIÓN DE LOS PROYECTOS



## ANEXO 18: FOTOGRAFÍAS

