



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

CONTROL ESTADÍSTICO EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN COMERCIAL

Ronald Antonio Coronado Hernández

Asesorado por el Ing. Luis Alberto Mirón Peña

Guatemala, agosto de 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**CONTROL ESTADÍSTICO EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN
DE EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN COMERCIAL**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

RONALD ANTONIO CORONADO HERNÁNDEZ
ASESORADO POR EL ING. LUIS ALBERTO MIRÓN PEÑA
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, AGOSTO DE 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADORA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas
EXAMINADOR	Ing. Edgar Darío Álvarez Coti
EXAMINADOR	Ing. Hernán Leonardo Cortes Urioste
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**CONTROL ESTADÍSTICO EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN
DE EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN COMERCIAL,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 23 de mayo de 2006.



Ronald Antonio Coronado Hernández

Guatemala, mayo 07 de 2007.

Ing. José Francisco Gómez Rivera,
Director,
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial,
Presente.

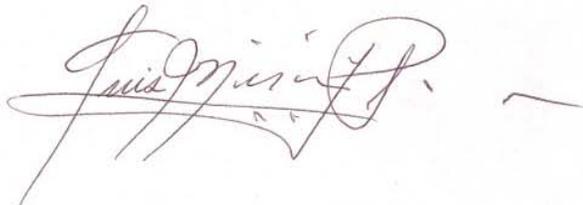
Ingeniero Gómez:

De manera atenta me dirijo a usted, para hacer de su conocimiento que se ha concluido con la tutoría del informe final de **Trabajo de Graduación** denominado: CONTROL ESTADÍSTICO EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN COMERCIAL, elaborado por el estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial, Ronald Antonio Coronado Hernández.

El presente trabajo de investigación, cumple con los objetivos que dieron origen al mismo, por lo tanto me permito recomendar su aprobación.

Agradeciendo la atención a la presente, me suscribo de usted.

Atentamente,

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Luis Alberto Mirón Peña". The signature is fluid and cursive, with a long horizontal stroke at the bottom.

Ingeniero Químico Luis Alberto Mirón Peña
Colegiado 261
Asesor de Trabajo de Graduación



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **CONTROL ESTADÍSTICO EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN COMERCIAL**, presentado por el estudiante universitario **Ronald Antonio Coronado Hernández**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Miriam Patricia Rubio de Akú'.

Inga. Miriam Patricia Rubio de Akú
Catedrática Revisora de Trabajos de Graduación
Escuela Mecánica Industrial

MIRIAM PATRICIA RUBIO CONTRERAS
INGENIERA INDUSTRIAL
COL. No. 4,074

Guatemala, julio de 2007

/mgp



El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **CONTROL ESTADÍSTICO EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN COMERCIAL**, presentado por el estudiante universitario **Ronald Antonio Coronado Hernández**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. José Francisco Gómez Rivera



Guatemala, agosto de 2007.

/mgp

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.284.2007

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **CONTROL ESTADÍSTICO EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN COMERCIAL**, presentado por el estudiante universitario **Ronald Antonio Coronado Hernández**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Murphy Olimpo Paiz Recinos', written over a large, empty oval shape.

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
DECANO

Guatemala, agosto de 2007.



/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

Dios Y Maria Santísima	Por ser mi guía y protección a lo largo de mí caminar.
Mis padres	Arturo Coronado y Consuelo Hernández de Coronado , por el esfuerzo y sacrificio realizado para alcanzar mi meta; este triunfo es para ustedes, sin su cariño y apoyo no lo hubiese logrado, gracias.
Mis abuelitas (D.E.P)	Por todo el apoyo que me fue brindado, gracias.
Mis hermanos	Madellyn, Edwin y Ana Lilian , gracias por el cariño, apoyo y paciencia brindado.
Mis tíos	Gracias por su apoyo.
Mis primos	En especial Ana Lucía , gracias por estar siempre allí.
Mis amigos	Por todos los momentos que compartimos.
Mis compañeros de estudio	Wellington Aguilar y Juan Carlos Escobar , gracias por ese apoyo brindado.
Mi asesor	Ing. Luis Alberto Mirón Peña , por compartir sus conocimientos en la elaboración de este trabajo de graduación, gracias por su apoyo profesional, moral y personal.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	XIII
GLOSARIO.....	XVI
RESUMEN.....	XVIII
OBJETIVOS.....	XX
INTRODUCCIÓN.....	XXII
1. CONTROL DE CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD.....	24
1.1. Calidad.....	24
1.2. Productividad.....	27
1.3. Eficiencia.....	32
1.4. Eficacia.....	33
1.5. Control de calidad.....	33
1.5.1. Tipos de control.....	36
1.5.1.1. Características y beneficios del control de calidad.....	39
1.5.1.1.1. Características del control de calidad...	39
1.5.1.1.2. Beneficios del control de calidad.....	40
1.5.1.2. Ventajas y desventajas del control de calidad.....	41
1.5.1.2.1. Ventajas del control de calidad.....	41
1.5.1.2.2. Desventajas del control de calidad.....	42
1.5.2. Costos de calidad.....	43
1.5.3. Factores que controlan la calidad.....	45

2. SITUACIÓN ACTUAL.....	48
2.1. Antecedentes históricos.....	48
2.1.1. Misión.....	49
2.1.2. Visión.....	50
2.1.3. Política de calidad.....	50
2.2. Descripción y características del producto.....	51
2.2.1 Proceso de fabricación.....	52
2.2.1.1. Entradas del proceso de fabricación.....	52
2.2.1.2. Salidas del proceso de fabricación.....	53
2.2.2. Diagrama de flujo del proceso de fabricación.....	53
2.3. Descripción del proceso actual durante la fabricación.....	60
2.3.1. Ventajas y desventajas en el proceso de fabricación.....	61
2.4. Descripción del proceso actual del control de calidad.....	62
3. HERRAMIENTAS PARA EL CONTROL ESTADÍSTICO EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE ENFRIADORES COMERCIALES.....	64
3.1. Histograma.....	64
3.1.1. Ventajas y desventajas del histograma.....	65
3.1.2. Ejemplo de aplicación para un histograma.....	66
3.2. Diagrama de Pareto.....	69
3.2.1. Ventajas y desventajas del diagrama de Pareto.....	70
3.2.2. Ejemplo de aplicación para un diagrama de Pareto.....	71
3.3. Diagrama Causa – Efecto.....	77
3.3.1. Ventajas y desventajas del diagrama Causa – Efecto.....	78
3.3.2. Ejemplo de aplicación para un diagrama Causa - Efecto..	79
3.4. Hoja de control.....	84

3.4.1. Ventajas y desventajas de la hoja de control.....	84
3.4.2. Ejemplo de aplicación de una hoja de control.....	85
3.5. Diagramas de control.....	88
3.5.1. Diagramas de control por variables.....	93
3.5.1.1. Diagrama de control de media y rango.....	94
3.5.1.2. Diagrama de control de desviación estándar.....	95
3.5.2. Diagramas de control por atributos.....	96
3.5.2.1. Carta de control (p).....	97
3.5.2.2. Carta de control (np).....	98
3.5.2.3. Carta de control (c).....	99
3.5.2.4. Carta de control (u).....	99
4. PROPUESTA TÉCNICA PARA EL CONTROL DE CALIDAD DEL PROCESO DE FABRICACIÓN UTILIZANDO DIAGRAMAS DE CONTROL.....	100
4.1. Ventajas y desventajas en la utilización de los diagramas de control.....	101
4.2. Requisitos necesarios para utilizar los diagramas de control.....	103
4.3. Diseño de control para utilizar un diagrama de control.....	106
4.3.1. Identificación de las áreas potenciales para la aplicación de los diagramas de control.....	110
5. IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL DE CALIDAD UTILIZANDO LOS DIAGRAMAS DE CONTROL.....	112
5.1. Descripción del proceso para la implementación de la carta de control.....	112
5.1.1. Área de metales.....	112
5.1.2. Área de espuma.....	114
5.2. Pasos a seguir para la implementación de la carta de control...	115

5.2.1. Herramientas a utilizar en la implementación de la carta de control.....	118
5.3. Implementación de la carta de control.....	121
CONCLUSIONES.....	128
RECOMENDACIONES.....	130
BIBLIOGRAFÍA.....	132

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Evolución del concepto de calidad.....	26
2	Comparación entre los conceptos del control de calidad.....	34
3	Clasificación de los costos de calidad.....	44
4	Factores causales que controlan la calidad.....	46
5	Diagrama de flujo de fabricación.....	53
6	Ejemplo gráfico de un histograma.....	69
7	Ejemplo gráfico de un diagrama de Pareto.....	76
8	Ejemplo diagrama Causa – Efecto.....	83
9	Ejemplo gráfico de hoja de control.....	87
10	Esbozo de la forma de un diagrama de control.....	90
11	Reglas para determinar si existen causas especiales de variación..	91
12	Diagrama de recorrido del proceso de fabricación de equipos de refrigeración comercial.....	111
13	Formato para diagramar una carta por variables.....	119
14	Formato para diagramar una carta por atributos.....	120
15	Diagrama de control de medias.....	123
16	Diagrama de control por rangos.....	124
17	Diagrama de control por cantidad de defectos.....	126

TABLAS

I	Descripción de defectos que afectan la fabricación de enfriadores..	67
II	Frecuencia de defectos que afectan la fabricación de enfriadores...	68
III	Porcentaje de frecuencia de defectos que afectan la fabricación de enfriadores.....	74
IV	Porcentaje de frecuencia de defectos que afectan la fabricación de enfriadores ordenadas en forma descendente.....	75
V	Factores para la construcción de las cartas de control.....	121
VI	Valores para graficar carta de control por variables.....	122
VII	Valores para graficar carta de control por atributos.....	125

GLOSARIO

Atributo	Característica que cumple con determinadas especificaciones o que no cumple con ellas.
Causa común	Es aquella que permanece día a día, lote a lote y forma parte del sistema, este tipo de variación es inherente a las características esenciales del proceso, siendo resultado de la acumulación y combinación de diferentes fuentes de variabilidad.
Causa especial	No forma parte del sistema de causas comunes y este tipo de variación es causada por situaciones o circunstancias especiales que no están presentes permanentemente en el sistema.
Compilar	Reunir en un solo texto extractos o fragmentos de otras obras ya publicadas.
Corresponsabilidad	Es el cambio en el reparto de las tareas a través de nuevas formas de relación que favorezcan el desarrollo integral a partes iguales.
Defecto	Tiene que ver con el cumplimiento deseable de las condiciones de uso e incluso con las condiciones de uso previsible.

Defectuoso	Se emplea cuando una unidad de producto o servicio se evalúa en función del uso.
Dispersión	Es la forma más sencilla de definir si existe o no una relación causa - efecto entre dos variables y qué tan firme es esta relación, como estatura, peso y una aumenta al mismo tiempo con la otra.
Efecto	Es la característica de la calidad que es necesario mejorar.
Mantenibilidad	Es aquella que tiene que ver con las paradas por mantenimiento del sistema o qué tanto tiempo se toma en lograr fácil y rápido, las acciones de mantenimiento correctivo del sistema en relación con los datos obtenidos.
Multivariante	Es la obtención de tres o más variables que pueden afectar el sistema al mismo tiempo.
No conformidad	Indica que la característica que define la calidad se aleja del nivel o condición deseable, en una magnitud suficiente como para que el producto o servicio correspondiente no satisfaga un requisito demandado en la especificación.
Unidad no conforme	Sirve para designar a aquella unidad de producto o servicio en la que está presente por lo menos un elemento no conforme.

RESUMEN

En el presente trabajo de graduación se ejemplifica el uso adecuado de las herramientas utilizadas para el control estadístico, en el proceso de fabricación de enfriadores comerciales.

Se detalla y define el papel del control de calidad en el proceso productivo, relacionando la obtención de productividad, eficiencia y eficacia alcanzada en el proceso.

Se presenta en forma breve y general una descripción de algunos antecedentes históricos de la empresa, el enfoque de su misión, visión y política de calidad, describiendo de forma gráfica el proceso de fabricación.

Se hace mención de las herramientas que proporciona la estadística para llevar a cabo un control de calidad, para el proceso de fabricación de enfriadores comerciales, a continuación cada una de estas herramientas son definidas y ejemplificadas proporcionando para cada una de ellas, sus ventajas y desventajas al momento de la utilización desde el punto de vista del control.

Se realiza la propuesta del uso de diagramas de control como herramienta para realizar el control estadístico en el proceso de fabricación de enfriadores comerciales, proporcionando las ventajas, desventajas y los requisitos necesarios para que éstos puedan ser implementados.

Finalmente, se efectúa la implementación del control estadístico del proceso, utilizando como herramienta los diagramas de control que más se adecuen al proceso de fabricación de enfriadores comerciales.

OBJETIVOS

- **General**

Proporcionar opciones al sistema de calidad, mediante el uso de herramientas estadísticas de control, durante la fabricación de enfriadores comerciales.

- **Específicos**

1. Demostrar que por medio del control de calidad en los procesos es posible obtener un incremento de la productividad.
2. Aplicar y desarrollar en el sistema de calidad el uso de herramientas en el control del proceso de fabricación de enfriadores comerciales.
3. Proporcionar herramientas que faciliten la evaluación y el análisis del producto resultante durante el proceso de fabricación de enfriadores comerciales, relacionados con el cumplimiento de sus características esperadas.
4. Proporcionar una metodología que ayude a obtener controles efectivos de las características específicas del producto que afectan la calidad.
5. Utilizar herramientas estadísticas que permitan controlar la calidad en el servicio, proceso y producto.

6. Reconocer cuáles son las posibles causas de variaciones durante la fabricación de enfriadores comerciales.

7. Analizar por medio de la utilización de gráficos de control, las causas de variación y los factores que modifican la calidad en los productos.

INTRODUCCIÓN

Tomando en consideración la situación actual de las empresas en Guatemala por la poca competitividad en el mercado nacional e internacional y con las nuevas tendencias de un mundo globalizado, en dónde las barreras fronterizas se encuentran en una franca tendencia a desaparecer y la apertura en los mercados mundiales es una realidad latente gracias a los Tratados de Libre Comercio y convenios internacionales, obliga a las empresas nacionales a ser más competitivas para permanecer activas, ya que ahora, se compite con las empresas locales e internacionales que ofrecen los mismos productos y/o servicios pero a un costo menor y con una mayor calidad.

Toda empresa que desea sobrevivir en este nuevo panorama debe de optimizar sus procesos y recursos, con el fin de crecer y así poder ofrecer al público un producto y/o servicio competitivo y para ello, debe de asegurarse que sus procesos actuales son los más óptimos y para lograrlo se cuenta con una herramienta sencilla, pero poderosa que ayuda a la toma de decisiones encaminadas a mejorar los procesos, la cual es el control estadístico de procesos, este es un conjunto de herramientas estadísticas que permiten recopilar, estudiar y analizar la información de procesos repetitivos para poder tomar decisiones encaminados a la mejora de los mismos y los cuales han tenido gran difusión y al mismo tiempo un enorme éxito.

Por lo tanto, el presente trabajo de graduación, Control estadístico en el proceso de fabricación de equipos de refrigeración comercial, explica las ventajas de aplicar el control estadístico, con el fin de mejorar los procesos

productivos, disminuyendo costos para ofrecer productos realmente competitivos.

Para dicho tema se desarrolla todo un análisis estadístico sobre el proceso de fabricación de equipos de refrigeración comercial, con la finalidad de demostrar la importancia que ha alcanzado el término de calidad a nivel mundial y sobre todo, demostrar que por medio de este tipo de análisis se puede monitorear la uniformidad en los procesos para que estos lleguen a ser eficaces, eficientes y productivos.

Como el control estadístico de procesos es una metodología que utiliza fundamentalmente gráficos que permiten monitorear la calidad de un proceso de producción o de suministro de un servicio, se ejemplifican cada una de las herramientas estadísticas que forman el llamado control estadístico del proceso, con la finalidad de demostrar que el adecuado uso de estas herramientas contribuye con la mejora continua en los procesos de fabricación.

1. CONTROL DE CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD

1.1. Calidad

La palabra calidad lleva a encontrar múltiples significados, que en la actualidad se han convertido en requisitos esenciales de la misión y visión en las organizaciones como un factor estratégico clave del que se valen estas, para obtener el crecimiento, el posicionamiento y la permanencia en el mercado.

De lo anterior, parte que la palabra calidad es: calidad del producto, calidad de trabajo, calidad del servicio, calidad de información, calidad del proceso, calidad de la gente, calidad del sistema, calidad de la compañía, calidad de objetivos, la cual es una determinación del cliente o consumidor de acuerdo al grado en que el producto o servicio llega a satisfacer sus necesidades.

Algunos de los significados que se le dan a la palabra calidad son:

La calidad del producto consiste en la totalidad de detalles, cualidades y características con las que cuenta este y que se basan en las necesidades del cliente para ser de utilidad y brindar satisfacción a quien se sirve de él.

La calidad de trabajo trata de hacer las cosas bien de una manera correcta y cumplir con los deseos del cliente de una manera óptima, además el empleado se siente mejor y motivado cuando el cliente aprecia su trabajo y este corre con menos problemas.

La calidad del servicio se da cuando sus características, tangibles e intangibles, satisfacen las necesidades de sus usuarios y entre estas características podemos mencionar sus funciones operativas como la velocidad y capacidad, el precio y la economía de su uso, la durabilidad, la seguridad, facilidad y adecuación de uso, que sea simple de manufacturar y de mantener en condiciones operativas.

De acuerdo con la norma A3-1987 ANSI/ASQC, la calidad es la totalidad de aspectos y características de un producto o servicio que permiten satisfacer necesidades implícitamente formuladas definidas según las condiciones que imperen en el mercado, o bien explícitamente formuladas definidas mediante un contrato, entre los elementos que conforman estas necesidades figuran la seguridad, disponibilidad, mantenibilidad, confiabilidad, factibilidad de uso, economía, es decir el precio expresado sin mayor problema en función de una unidad monetaria y el ambiente.

De las anteriores definiciones se puede observar que no existe un consenso sobre una definición en particular de la palabra **calidad**, pero aún así, las definiciones dadas ofrecen un marco conceptual del uso y significado de dicho término, en lo referente a: cualidades, características, producto, servicios, consumidor, necesidades, costo, precio, satisfacción, requerimientos, sociedad, lo cual da una idea de su importancia y alcance.

De lo anterior se puede llegar a decir que para que la calidad sea la correcta, es necesario definir un conjunto de características inherentes que se ajustan a determinados requisitos dados por el cliente, para llegar a cubrir sus necesidades y a realizar sus esperanzas, dándolo así por satisfecho.

Cómo el término calidad ha sufrido numerosos cambios y ha ido evolucionando históricamente, a continuación se describe dentro de cada una de las etapas el concepto que se tenía de la calidad y cuáles eran los objetivos a perseguir.

Figura 1. Evolución del concepto de calidad

ETAPA	CONCEPTO	FINALIDAD
Artesanal	Hacer las cosas bien independientemente del costo o esfuerzo necesario para ello.	<ul style="list-style-type: none"> ○ Satisfacer al cliente. ○ Satisfacer al artesano, por el trabajo bien hecho ○ Crear un producto único.
Revolución Industrial	Hacer muchas cosas no importando que sean de calidad (Se identifica producción con Calidad).	<ul style="list-style-type: none"> ○ Satisfacer una gran demanda de bienes. ○ Obtener beneficios.
Segunda Guerra Mundial	Asegurar la eficacia del armamento sin importar el costo, con la mayor y más rápida producción (Eficacia + Plazo = Calidad)	<ul style="list-style-type: none"> ○ Garantizar la disponibilidad de un armamento eficaz en la cantidad y el momento preciso.
Posguerra (Japón)	Hacer las cosas bien a la primera	<ul style="list-style-type: none"> ○ Minimizar costos mediante la Calidad ○ Satisfacer al cliente ○ Ser competitivo
Posguerra (Resto del mundo)	Producir, cuanto más mejor	<ul style="list-style-type: none"> ○ Satisfacer la gran demanda de bienes causada por la guerra
Control de Calidad	Técnicas de inspección en Producción para evitar la salida de bienes defectuosos.	<ul style="list-style-type: none"> ○ Satisfacer las necesidades técnicas del producto.
Aseguramiento de la Calidad	Sistemas y procedimientos de la organización para evitar que se produzcan bienes defectuosos.	<ul style="list-style-type: none"> ○ Satisfacer al cliente. ○ Prevenir errores. ○ Reducir costos. ○ Ser competitivo.
Calidad Total	Teoría de la administración empresarial centrada en la permanente satisfacción de las expectativas del cliente.	<ul style="list-style-type: none"> ○ Satisfacer tanto al cliente externo como interno. ○ Ser altamente competitivo. ○ Mejora Continua.

Esta evolución ayuda a comprender de dónde proviene la necesidad de ofrecer una mayor calidad del producto o servicio que se proporciona al cliente y en definitiva a la sociedad y cómo poco a poco se ha ido involucrando toda la organización en la consecución de este fin.

1.2. Productividad

La productividad se define como la relación entre producción final y los factores productivos como la tierra, el capital y el trabajo, utilizados en la producción de bienes y servicios.

La productividad también puede ser definida como la relación entre cierta producción e insumos y es válida para una empresa, una industria o toda la economía.

Otras definiciones de la palabra productividad son:

Productividad puede definirse como la relación entre la cantidad de bienes y servicios producidos y la cantidad de recursos utilizados.

En la fabricación la productividad sirve para evaluar el rendimiento de los talleres, las máquinas, los equipos de trabajo y los empleados.

La productividad en términos de empleados es sinónimo de rendimiento.

En un enfoque sistemático se dice que algo o alguien es productivo con una cantidad de recursos (insumos) en un período de tiempo dado se obtiene el máximo de productos.

La productividad en términos de maquinaria y equipos está dada como parte de sus características técnicas. No así con el recurso humano o los trabajadores; estos últimos deben de ser considerados como factores que influirán.

De las definiciones anteriores se dice:

1. Que la productividad no es una medida de la producción ni de la cantidad que se ha fabricado; sino que es una medida de lo bien que se han combinado y utilizado los recursos para cumplir los resultados específicos deseables.
2. Que la productividad es, sobre todo, una actitud de la mente la cual busca mejorar continuamente todo lo que existe y esta basada en la convicción de que uno puede hacer las cosas mejor hoy que ayer y mejor mañana que hoy, además, ella requiere esfuerzos sin fin para adaptar actividades económicas a condiciones cambiantes aplicando nuevas teorías y métodos.
3. El concepto de productividad implica la integración entre los distintos factores de lugar de trabajo, mientras que la producción o resultados logrados pueden estar relacionados con muchos insumos o recursos diferentes, en forma de distintas relaciones de productividad; por ejemplo, producción por hora trabajada, producción por unidad de material o producción por unidad de serie combinada de muchos factores importantes los cuales son: la calidad, la disponibilidad de los materiales, la escala de operaciones, el porcentaje de utilización de la capacidad, la disponibilidad y capacidad de producción de la maquinaria principal, la actitud y el nivel de capacidad de la mano de obra, y la motivación y la efectividad de los administradores. La manera como estos factores se relacionan entre sí

tienen un importante efecto sobre la productividad resultante, medida según cualquiera de los muchos índices de que se dispone.

4. La productividad es importante en el cumplimiento de las metas nacionales, comerciales o personales y el uso más productivo de los recursos reduce el desperdicio y ayuda a conservar los recursos escasos o más caros.
5. La productividad es una medida de eficiencia en el uso de los recursos para producir bienes y servicios.

Los factores internos y externos que pueden llegar a afectar la productividad son:

a) Factores internos:

- Terrenos y edificios
- Materiales
- Energía
- Máquinas y equipo (Innovación)
- Recurso humano

b) Factores externos:

- Disponibilidad de materiales o materias primas.
- Mano de obra calificada
- Políticas estatales relativas a tributación y aranceles
- Infraestructura existente
- Disponibilidad de capital e intereses
- Medidas de ajuste aplicadas (Negociaciones)

La productividad puede ser medida de la siguiente forma:

Para las empresas que miden su productividad, la fórmula que se utiliza con más frecuencia es:

$$\text{Productividad} = \text{Número de unidades producidas} / \text{Insumos empleados}$$

Este modelo se aplica muy bien a una empresa manufacturera, taller o que fabrique un conjunto homogéneo de productos, sin embargo, muchas empresas modernas manufacturan una gran variedad de productos; estas últimas son heterogéneas tanto en valor como en volumen de producción a su complejidad tecnológica puede presentar grandes diferencias y en estas empresas la productividad global se mide basándose en un número definido de centros de utilidades que representan en forma adecuada la actividad real de la empresa y la fórmula se convierte en:

$$\text{Productividad} = \text{Producción a} + \text{prod.b} + \dots + \text{prod.N} / \text{Insumos empleados}$$

Finalmente, otras empresas miden su productividad en función del valor comercial de los productos.

$$\text{Productividad} = \text{Ventas netas de la empresa} / \text{Salarios pagados}$$

Todas estas medidas de productividad son cuantitativas y no se considera en ellas el aspecto cualitativo de la producción.

Entre estos aspectos cualitativos que no son tomados en consideración al momento de medir la productividad encontramos:

Que el producto debería ser bien hecho la primera vez y responder a las necesidades de la clientela y que todo costo adicional que incluye: Refabricación y reemplazo por reparación después de la venta, también los costos relacionados con la imagen de la empresa y la calidad debería estar incluido en la medida de la productividad.

Algunos elementos importantes a considerar para aumentar la productividad de la empresa son: el capital humano y la inversión realizada por la organización para capacitar y formar a sus miembros y además el instructor de la población trabajadora que se define como los conocimientos y habilidades que guardan relación directa con los resultados del trabajo.

Con el fin de medir el progreso de la productividad, generalmente se emplea el ÍNDICE DE PRODUCTIVIDAD (P), como punto de comparación, el cual no es más que la productividad observada definida como la productividad medida durante un período definido para un día, semana, mes o año en un sistema conocido como lo es el taller, la empresa, un sector económico, un departamento, la mano de obra, la energía o el país; y el estándar de productividad definido como la productividad base o anterior que sirve de referencia y su fórmula se define de la siguiente manera:

$$P = 100 * (\text{Productividad Observada}) / (\text{Estándar de Productividad})$$

La importancia del índice de productividad es definir la tendencia a través del tiempo en las empresas, para realizar las correcciones necesarias con el fin de aumentar la eficiencia y ser más rentables.

1.3. Eficiencia

De acuerdo al párrafo anterior, donde se menciona que la productividad es una forma de medir la eficiencia, se puede definir a la eficiencia como:

La relación entre la cantidad fabricada y la cantidad pronosticada a fabricar dentro de un período de tiempo determinado.

La eficiencia se define como la capacidad de reducir al mínimo los recursos usados para alcanzar los objetivos de la organización haciendo las cosas bien.

Otra definición de la eficiencia es la relación entre el costo de los recursos utilizados en un proceso y el valor del producto obtenido y está se presenta y mide dentro del proceso.

El indicador de eficiencia relaciona dos variables, permitiendo mostrar la optimización de los insumos que son el recurso humano, económico y los materiales empleados (entendiéndose como la mejor combinación y la menor utilización de recursos para producir bienes y servicios) empleados para el cumplimiento de metas propuestas.

La eficiencia promueve el buen uso y administración de los recursos empleados en un trabajo realizado, para obtener como resultado la rentabilidad de los recursos de la organización.

1.4. Eficacia

La eficacia se define como la capacidad para determinar los objetivos adecuados en la organización haciendo lo indicado o lo correcto.

También puede ser definida como el logro de los objetivos propuestos, por medio del cual mide la coherencia entre estos y los resultados obtenidos.

Otra forma de interpretar la eficacia es como el cambio logrado en el resultado del producto de un proceso, en relación con las metas y los objetivos de la organización.

La eficacia es algo intrínseco relacionado entre el valor agregado de un producto y el costo y está se hace presenta en el producto y su impacto se mide a la salida del proceso.

1.5. Control de calidad

Se define como la actividad mediante la cual una empresa determina si el producto que elabora o el servicio que presta cumple o no, con las especificaciones contenidas en la norma de calidad específica para tal producto o servicio, también se ocupa de garantizar el logro de los objetivos de calidad del trabajo respecto a la realización del nivel de calidad previsto para la producción y sobre la reducción de los costos de la calidad.

El control de calidad no son más que técnicas y actividades de carácter operativo utilizadas para satisfacer los requisitos de calidad de manera constante.

El control de la calidad garantiza que las actividades de un programa ocurran según fueron planeadas; las actividades para el control de la calidad también pueden identificar fallas en el diseño y por ende, señalar cambios que podrían mejorar la calidad.

El propósito del control de calidad es:

1. Cumplir con los requisitos
2. Cumplir con las especificaciones
3. Identificar irregularidades
4. Estandarizar las interpretaciones o criterios
5. Verificar que se cuente con procesos apropiados al desarrollo de las tareas.
6. Velar por la satisfacción de los servicios prestados

De lo anterior se puede decir que el control de calidad consiste en desarrollar, diseñar, elaborar y mantener un producto de calidad que sea el más económico, el más útil y siempre satisfactorio para el consumidor.

A continuación se presenta una tabla comparativa entre el control de calidad para cuatro diferentes autores:

Figura 2. Comparación entre los conceptos del control de calidad

No.	AUTOR			
	DEMING	JURAN	CROSBY	ISHIKAWA
1	Crear en el propósito de mejora del producto y servicio, un plan para ser competitivo y permanecer en el campo de los negocios.	La calidad de una empresa empieza por la planeación de la misma.	Cumplir con los requisitos.	El control de calidad que no muestra resultados no es control de calidad.

Continúa

2	Adoptar una nueva filosofía eliminar los niveles comúnmente aceptados de demoras, errores, productos defectuosos.	La planificación de la calidad consiste en desarrollar los productos y procesos necesarios para satisfacer las necesidades de los clientes.	Compromiso en la dirección.	El control de calidad empieza con educación y termina con educación.
3	Suspender la dependencia de la inspección masiva, se requiere evidencia estadística de que el producto se hace con calidad.	El objetivo óptimo de la calidad tiene que satisfacer las necesidades de los clientes y proveedores por igual.	Establecimiento de metas.	El control de calidad aprovecha lo mejor de cada persona.
4	Buscar áreas de oportunidad de manera constante para que se puedan mejorar los sistemas de trabajo de manera permanente.		Equipos de acción correctiva, para eliminar las causas de errores.	El primer paso del control de calidad es conocer los requisitos de los consumidores.
5	Instituir métodos modernos de entrenamiento en el trabajo.		Capacitación y reconocimiento.	El control de calidad es una actividad de grupo.
6	Instituir un vigoroso programa de educación y entrenamiento que permita desarrollar nuevos conocimientos y habilidades para tener personal más calificado en beneficio de la empresa.		Hacer conciencia de la calidad con la utilización de equipos de mejora.	
7	Instituir una supervisión para que fomente el trabajo en equipo con el objeto de mejorar la calidad lo cual automáticamente mejore la productividad.		Evaluación del costo de la calidad.	

De lo anterior nace otro concepto sobre el control de calidad, el cual fue llamado control total de calidad, por el Dr. Armand Feigenbaum, quien lo define como un sistema eficaz para integrar los esfuerzos en materia de desarrollo de calidad de manera integral en una organización con el fin de producir bienes y servicios con un nivel aceptable de economía y satisfacción al cliente.

El control total de la calidad es una función comercial; que involucra el diagnóstico, el plan, la aplicación, y la medida del proceso, las personas, y el servicio, también es un compromiso total para la mejora continua, es una ventaja competitiva y una inversión en la práctica con ingresos seguros presentados como la ganancia y el crecimiento.

1.5.1. Tipos de control

Aunque obedeciendo siempre al esquema conceptual general, los mecanismos de control pueden clasificarse, dependiendo del momento en que se realice la acción de control, en la forma que se indica a continuación:

a) Control direccional

El mecanismo de control actúa antes de que la actividad este totalmente concluida.

En este caso el control se realiza de modo continuo y no en puntos determinados, de modo que cada elemento de la acción sea el resultado de la rectificación casi instantánea de la acción anterior.

Es lo que ocurre, por ejemplo, con un conductor de carro, al orientar su trayectoria de acuerdo con los obstáculos que se encuentran en el camino.

El espacio de tiempo entre la percepción de la nueva situación, la evaluación de la rectificación a efectuar, la decisión y la acción correctiva debe ser mínimo, de ocasionar un accidente.

En proyectos, este tipo de control se puede realizar cuando se tiene estructurado un sistema, que permita controlar los diferentes factores de manera continua.

b) Control aprobado – reprobado

En este caso, el receptor de control se somete a un examen después de concluidas determinadas actividades.

En caso de aprobación se permite la realización de la actividad que continua.

Si hubiera una rectificación, el proceso se interrumpe definitivamente o hasta que se subsanen las irregularidades, siendo este el caso típico del control de calidad.

Una pieza de la línea de producción se somete periódicamente a inspección, la que se realiza de acuerdo con especificaciones preestablecidas por el órgano encargado del diseño técnico del producto.

Al pasar la inspección, la pieza se libera para someterse a la próxima operación.

Al ser reprobada, se la encamina hacia un campo de recuperación, si esto fuera posible, pero al no ocurrir esto último, la pieza se desecha.

En proyectos ocurre algo similar, si se realiza este control y se detectan fallas en alguna de las actividades, lo más recomendable es encaminarlas correctamente, para que no se presenten problemas posteriores.

c) Control post-operacional

El mecanismo de control sólo se pone en funcionamiento después de concluida toda la operación.

La información para la acción correctiva en este tipo de control, sólo se utilizará en un período futuro cuando se inicie la planificación para un nuevo ciclo de actividades.

Ocurre, por ejemplo, en la evaluación final de un curso de capacitación, o cuando el entrenador de un equipo de fútbol evalúa el desempeño de sus jugadores después del juego.

Este tipo de control se utiliza también con la finalidad de dar premios e incentivos a los agentes que participaron en la actividad.

Estos controles se pueden hacer al interior del proyecto son llamados controles por dentro o por intermedio de firmas; y aquellos controles que se pueden hacer externos al proyecto son llamados controles denominados por fuera.

Vale la pena mencionar que estos tres tipos de control no son mutuamente excluyentes, sino que más bien, deben ser complementarios.

La decisión de emplear un tipo aislado de control o una combinación de los tipos antes mencionados, esta en función del carácter del sistema que se desea controlar y del nivel de complejidad que se intenta introducir en los mecanismos de control.

En algunos casos, los contratistas exigen que se haga un control externo al proyecto, para asegurarse de la buena marcha del mismo.

1.5.1.1. Características y beneficios del control de calidad

1.5.1.1.1. Características del control de calidad

1. Creación de políticas y objetivos de calidad definidos en conjunto.
2. Creación de sistemas de control individual y en conjunto.
3. Identificación y documentación de las actividades claves realizadas.
4. Enfatizar en la relación integrada por el recurso humano, la maquinaria y la información.
5. Debe de contar con una orientación hacia los clientes.
6. Debe de haber una integración entre todas las actividades de la compañía.
7. Se debe de definir funciones y responsabilidades sobre la calidad.
8. Se debe de contar con un flujo definido de información, procesamiento y control.

9. Apoyo en la estadística para el control de calidad.
10. Debe de haber entrenamiento y capacitación del personal.
11. Se debe de contar con un sistema de retroalimentación.
12. Se deben de auditar las actividades realizadas durante el control de calidad.

1.5.1.1.2. Beneficios del control de calidad

1. Hay un incremento en la productividad de la organización.
2. Fomenta un incremento de la confiabilidad y competitividad del producto fabricado para el cliente.
3. Ayuda en la reducción de los costos totales de la organización.
4. Se mejora la utilización de los recursos disponibles como lo es la mano de obra, los materiales y la maquinaria.
5. Se reduce la cantidad del producto final defectuoso.
6. Ayuda a mejorar la distribución del personal encargado de la inspección y / o revisión del producto.

1.5.1.2. Ventajas y desventajas del control de calidad

1.5.1.2.1. Ventajas del control de calidad

1. Es un programa que integra a todas las personas que forman parte de una organización y/o empresa, desde sus jefes hasta sus operadores, dándole la oportunidad de participar abiertamente en la solución de problemas en cualquier área de trabajo.
2. Toda medición es realizada, cuantificada y graficada por el operario.
3. Toda falla del proceso puede ser corregida, debido a que los elementos necesarios para su corrección se encuentran al alcance como lo es la materia prima, la mano de obra y la maquinaria.
4. Este control indica el nivel de cumplimiento del proceso de manufactura.
5. Ayuda a reducir los costos en desperdicios de materiales por los reprocesos.
6. Ayuda a mejorar la uniformidad en el proceso y en los productos.
7. Ayuda en la mejora de los indicadores de productividad y eficiencia.
8. Contribuye con la mejora del ambiente y las condiciones de trabajo.

1.5.1.2.2. Desventajas del control de calidad

1. La resistencia al cambio y la falta de apoyo en las áreas de la organización.
2. Falta de compromiso en algunos sectores de la organización.
3. Falta de persistencia y búsqueda de resultados a corto plazo.
4. Falta de planificación para su implementación.
5. Fallas en el reclutamiento de personal y la falta de capacitación del mismo.
6. Dirigir y medir el éxito del programa basado en ganancias obtenidas a corto plazo.
7. Falta de cooperación a nivel operativo.
8. Falta de presupuesto para la implementación de cambios dentro de los sistemas de control con la ayuda de tecnología y la capacitación.
9. Desinformación de las necesidades de los clientes.
10. Falta de coordinación al momento de la puesta en marcha del sistema de control.

1.5.2. Costos de calidad

Los costos de calidad son aquellos costos asociados con la definición, creación y control de la calidad, así como la evaluación de la conformidad con la calidad y aquellos costos asociados con las consecuencias de no cumplir los requisitos o exigencias de calidad dentro de la fábrica o en manos de los clientes.

El conocimiento de los costos de la calidad, ayuda a los directivos a justificar la inversión en el mejoramiento de la calidad y le es de utilidad para vigilar la eficacia de los esfuerzos realizados.

Medir los costos de la calidad permite considerar la calidad como un factor variable en el negocio y permite mejorar la perspectiva de producción de bienes y servicios con valor agregado, dado que todos los costos, incluso los asociados, con fallas del proceso productivo, se transfieren al precio del producto o el servicio y finalmente es asumido por el consumidor.

Lo que pretende este sistema de medición es minimizar el impacto del precio del bien o el servicio por efectos de dichos costos para, de esta manera, ofrecer productos acordes con las necesidades del cliente y dentro del margen de tolerancia para la compra.

Figura 3. Clasificación de los costos de calidad

CATEGORIA	DEFINICIÓN	ELEMENTOS QUE CONFORMAN LOS COSTOS
COSTO DE PREVENCIÓN	Son aquellos costos en los cuales incurre una empresa, destinados a evitar y prevenir errores, fallas, desviaciones y/o defectos, durante cualquier etapa del proceso de producción y administrativo.	<ul style="list-style-type: none"> ○ Planeación, establecimiento y mantenimiento del sistema de calidad. ○ Elaboración y revisión de las especificaciones, los procedimientos y las instrucciones de trabajo. ○ Control de procesos. ○ Instrucción y capacitación del personal. ○ Evaluación de proveedores. ○ Adquisición de equipo de medición y prueba. ○ Servicio al cliente. ○ Auditorias del sistema de calidad. ○ Conservación y calibración de equipos de medición y prueba.
COSTO DE EVALUACIÓN	Son aquellos costos en los cuales incurre la empresa, destinados a medir, verificar y evaluar la calidad de materiales, partes, elementos, productos y/o procesos, así como para mantener y controlar la producción dentro de los niveles y especificaciones de calidad, previamente planeados y establecidos dentro del sistema de calidad.	<ul style="list-style-type: none"> ○ Inspecciones y pruebas finales, en proceso o de recibo. ○ Laboratorios de inspección, medición y prueba. ○ Materiales e insumos para inspecciones y pruebas. ○ Pruebas de campo.

Continúa

<p>COSTO POR FALLAS INTERNAS</p>	<p>Son aquellos costos resultados de la falla, defecto o incumplimiento de los requisitos establecidos de los materiales, elementos, partes, semiproductos, productos o servicios, cuya falla y/o defecto es detectada dentro de la empresa antes de la entrega del producto o servicio al cliente.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Desperdicios de materiales, insumos y/o recursos humanos generados por fallas y defectos. ○ Subutilización de equipo, reprocesos, reparaciones y reinspecciones. ○ Consultas técnicas con personal de la empresa y/o personal especializado. ○ Eliminación de rechazos.
<p>COSTOS POR FALLAS EXTERNAS</p>	<p>Son aquellos costos resultados de la falla, defecto o incumplimiento de los requisitos de calidad establecidos y cuya existencia se pone de manifiesto después de su embarque y entrega al cliente.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Atención de quejas del cliente. ○ Servicios de garantía. ○ Devoluciones. ○ Costos de imagen. ○ Pérdidas de ventas. ○ Castigos y penalizaciones. ○ Juicios, demandas y seguros.

1.5.3 Factores que controlan la calidad

La calidad en la actualidad, se ha convertido en requisito esencial de la misión y visión en las organizaciones como un factor estratégico clave, para obtener el crecimiento, el posicionamiento y la permanencia en el mercado.

Por lo tanto la calidad, deberá estar estrechamente vinculada con el proceso y las necesidades del productor, en resumen, la calidad se define como el conjunto de propiedades y características de un producto o servicio, que le confieren la aptitud para satisfacer necesidades expresas o implícitas.

Se entiende por proceso, al conjunto de acciones o pasos que se dan con el fin de que determinados insumos que interactúen entre sí, para obtener de esta interacción un determinado resultado, a los cuales de ahora en adelante se les llamarán, factores causales.

Cuando uno de estos factores causales, no se comporta de la manera esperada y el resultado obtenido no cumple con lo planificado, algunos ejemplos de estas variaciones son:

- a. El desempeño desigual de la maquinaria a lo largo del día, debido a las variaciones de voltaje u otros.
- b. Distracciones o fatigas de los trabajadores.
- c. Diferencias en los diversos lotes de la materia prima.

Figura 4. Factores causales que controlan la calidad

FACTOR CAUSAL		DESCRIPCIÓN
1	Mano de Obra	El crecimiento rápido y la creación de campos nuevos en la industria, han creado gran demanda de personal con conocimientos especializados.
2	Materiales	Debido a la relación entre costo productivo y calidad se han creado especificaciones más estrictas para los materiales.
3	Maquinaria y Métodos	El aumento en la demanda, la reducción de costos y la satisfacción del consumidor conduce al uso de equipo más complejo y cambio en sus métodos de trabajo para obtener una reducción en costo que eleve la utilización de hombres y máquinas satisfactoriamente.
4	Money (Dinero)	La competencia, el aumento en las inversiones y los costos de calidad y mantenimiento, han enfocado a la gerencia hacia el campo del control, el cual busca disminuir costos y aumentar ganancias.

Continúa

5	Mercado	El mercado se ensancha en capacidad y se especializa funcionalmente, en efectos y servicios ofrecidos ya que el consumidor exige más y mejores productos que cubran sus necesidades actuales.
6	Management (Administración)	La responsabilidad de la calidad se distribuye entre grupos especializados y el control de calidad reglamentará las mediciones de está, para asegurase que el producto final se encuentre en conformidad con los requisitos solicitados.
7	Misceláneas (Varios)	Lo conforman todo tipo de avance en diseños de ingeniería que exigen un control más estrecho en el proceso de fabricación.

De lo anterior, se visualiza, que cada uno de los factores causales que afectan la calidad se encuentran expuestos a cambios continuos que se deben de atender modificando los programas en todo control de calidad.

2. SITUACIÓN ACTUAL

2.1. Antecedentes históricos

En el año 1899, Fogel fue fundada en la ciudad de Filadelfia USA, por la familia del señor William Fogel.

En el año de 1967, se expande hacia Nicaragua, formando el Grupo Fogel de Centroamérica y se inician operaciones de manufactura y venta con el objetivo de ofrecer a los clientes de la región productos y servicios que resultan más competitivos por su localización geográfica y los contactos más directos con los clientes.

En el año de 1981, se traslada a Guatemala y en la actualidad el Grupo Fogel de Centroamérica tienen una capacidad en conjunto de producir 84,000 unidades anuales con aproximadamente 105 modelos estándar.

Su sistema manufacturero se caracteriza por ser flexible, el cual es de utilidad para satisfacer los requerimientos especiales de cada cliente, embotelladora y distribuidor, por medio de los más modernos sistemas computarizados de diseño, desarrollo y producción.

En los años de 1995 y 2005, Grupo Fogel se hizo acreedor del Gran Premio Carlos José Castillo al “Mejor Exportador de Guatemala” y “Mejor Exportador del sector de Manufactura”.

En el año de 1996, Grupo Fogel recibió un reconocimiento de la ONU y del Gobierno de Guatemala, por ser la primera empresa de refrigeración comercial en Latinoamérica y la segunda en el mundo en países subdesarrollados, en completar al 100% la eliminación de su producción de los CFC's para contribuir con la protección de la capa de ozono.

En el año 2004, fue certificada bajo la norma ISO 9001:2000, su sistema de gestión de calidad.

El mercado específico, que alimenta el Grupo Fogel con sus productos, es el Norte, Centro y Sur americano, además del Caribe.

La dirección de la organización estableció su misión y visión de acuerdo al propósito de cumplir y satisfacer los requisitos de los clientes y en ella se proporciona el compromiso de cumplir con los requisitos y la mejora continua, así como también proporciona un marco de referencia de las metas a alcanzar.

2.1.1. Misión

Somos una empresa que provee equipos de refrigeración comercial, confiables, duraderos y adaptados a los requerimientos del cliente; para la exhibición, almacenamiento y venta de productos fríos en el continente americano.

Utilizamos tecnología de punta y materiales de calidad mundial y capacitamos a nuestro recurso humano para desempeñarnos profesional y éticamente con permanente sentido de urgencia.

Brindamos a nuestros clientes entregas a tiempo, asistencia y capacitación técnica mediante un servicio personalizado, siempre buscamos la satisfacción de nuestros clientes, la rentabilidad de los accionistas y el bienestar de nuestros colaboradores y el de la comunidad.

2.1.2. Visión

Seremos el mejor proveedor de equipos de refrigeración comercial adaptados a los requerimientos del cliente, para puntos de venta al detalle de productos fríos en América Latina.

Lograremos esto por medio de innovación permanente, calidad, bajo consumo energético de nuestros productos, servicio personalizado, soporte técnico y precio competitivo.

2.1.3. Política de calidad

La dirección de la organización estableció la política de calidad de acuerdo al propósito de cumplir y satisfacer los requisitos de los clientes y en ella se proporciona el compromiso de cumplir con los requisitos y la mejora continua, así como también proporciona un marco de referencia para establecer y revisar los objetivos de la calidad, a continuación se presenta la política de calidad la cual dice:

“Fabricamos y comercializamos equipos innovadores de refrigeración comercial adaptados a los requerimientos del cliente, utilizando tecnología moderna, materiales de calidad mundial y personal competente, mantenemos un proceso permanente de mejora continua, y nos comprometemos a obtener;

la satisfacción del cliente, el bienestar de nuestros colaboradores y la rentabilidad de la organización”.

2.2. Descripción y características del producto

En la actualidad el departamento de producción cuenta con una planta que se dedica específicamente a la fabricación de enfriadores y congeladores.

El flujo que se maneja en la planta es el siguiente:

- a) Fabricación
- b) Prueba de funcionamiento
- c) Acabado final y empaque

Todos los procesos antes de su inicio deben de contar con un requerimiento de producción detallados como (R-DP-00-01, R-DP-00-02, R-DP-00-03) el cual tiene tres propósitos que son:

- a) Posee el requerimiento de mercadeo.
- b) Cuenta con la planificación de la producción.
- c) Sirve para el control y seguimiento de la producción.

Cuando se decide fabricar un producto se abre una orden de producción para cada unidad estándar.

Está orden debe de poseer la siguiente información:

- a) Código del producto.
- b) Descripción del producto.
- c) Cantidad de unidades a producir.

Dentro de la planta el proceso se divide en dos etapas que son:

1. Fabricación y Prueba de funcionamiento; que es donde se realiza la primera etapa del proceso de producción y se emite un certificado de funcionamiento.
2. Acabado final y Empaque; aquí se realiza la etapa final del proceso de producción.

2.2.2 Proceso de fabricación

2.2.1.1. Entradas del proceso de fabricación

Los pedidos confirmados por el área de ventas, se les genera una orden de producción basado en el pedido, en donde incluye el número de work order, el modelo, la cantidad, el o los clientes a quien esta dirigido y las indicaciones especiales de este si aplicaran.

Luego se procede a la elabora y actualiza el cuadro y secuencia de producción, generando una nueva revisión acomodando las ordenes de producción según la prioridad basada en los compromisos de entrega.

2.2.1.2. Salidas del proceso de fabricación

Posterior a su empaque, el producto es entregado y colocado en el área de despachos donde este puede ser almacenado o bien despachado, si el producto es despachado este se evidencia a través de fotografías.

2.2.2. Diagrama de flujo del proceso de fabricación

Figura 5. Diagrama de flujo de fabricación

Diagrama de Flujo de Proceso	Método: Actual
Proceso: Fabricación de equipos	Fecha: 21/Agosto/2006
Departamento: Producción	Realizado por: Ronald Coronado
Empresa: Refrigeradores, S.A.	Hoja: 1 de 7

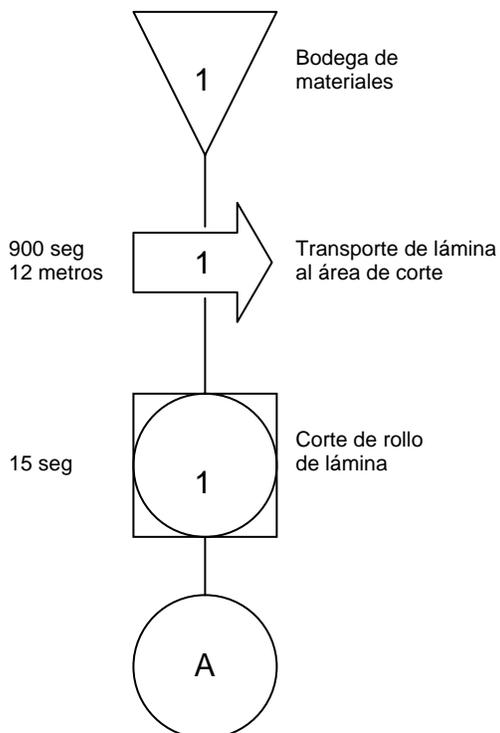


Diagrama de Flujo de Proceso	Método: Actual
Proceso: Fabricación de equipos	Fecha: 21/Agosto/2006
Departamento: Producción	Realizado por: Ronald Coronado
Empresa: Refrigeradores, S.A.	Hoja: 2 de 7

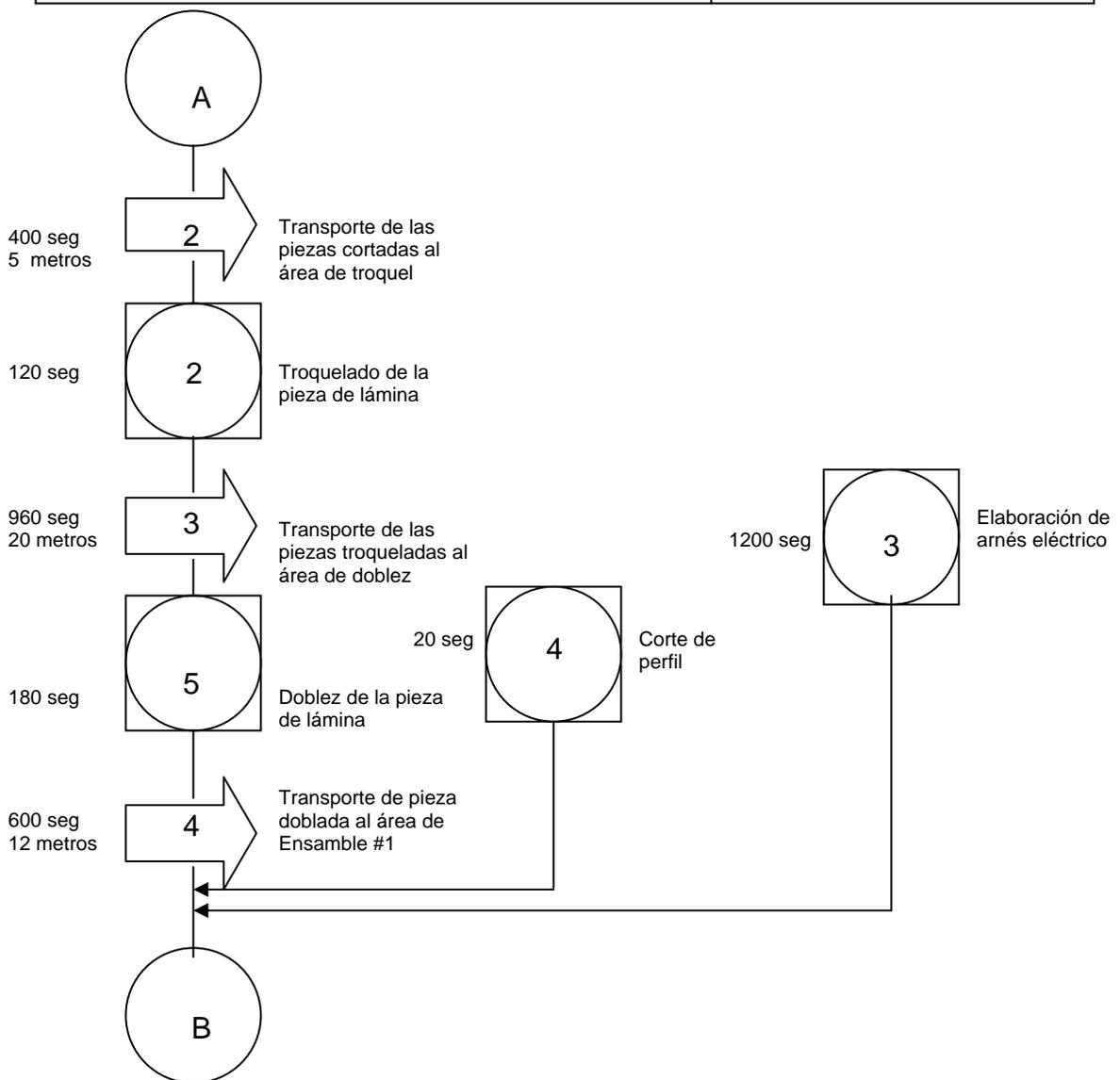


Diagrama de Flujo de Proceso	Método: Actual
Proceso: Fabricación de equipos	Fecha: 21/Agosto/2006
Departamento: Producción	Realizado por: Ronald Coronado
Empresa: Refrigeradores, S.A.	Hoja: 3 de 7

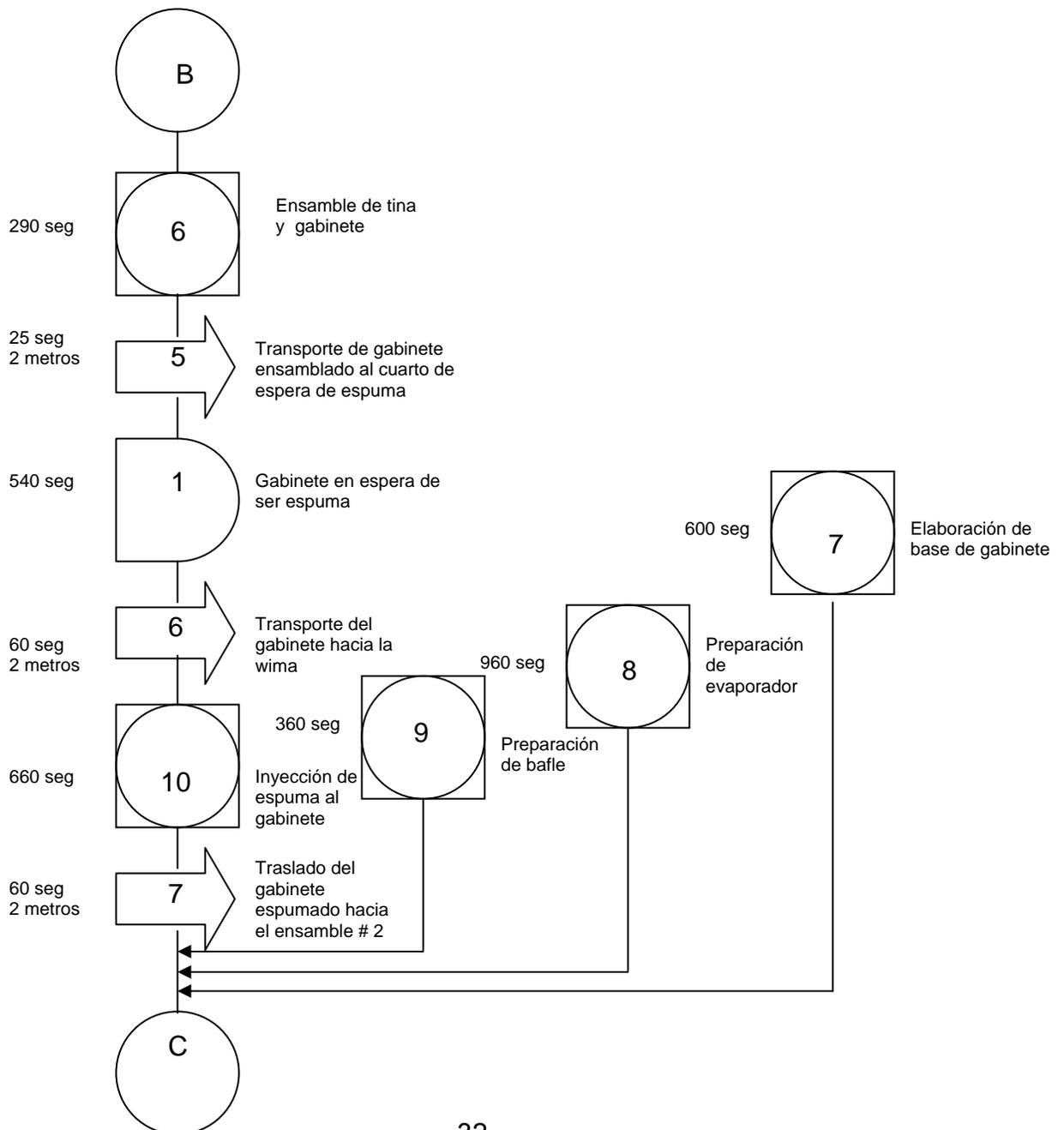


Diagrama de Flujo de Proceso	Método: Actual
Proceso: Fabricación de equipos	Fecha: 21/Agosto/2006
Departamento: Producción	Realizado por: Ronald Coronado
Empresa: Refrigeradores, S.A.	Hoja: 4 de 7

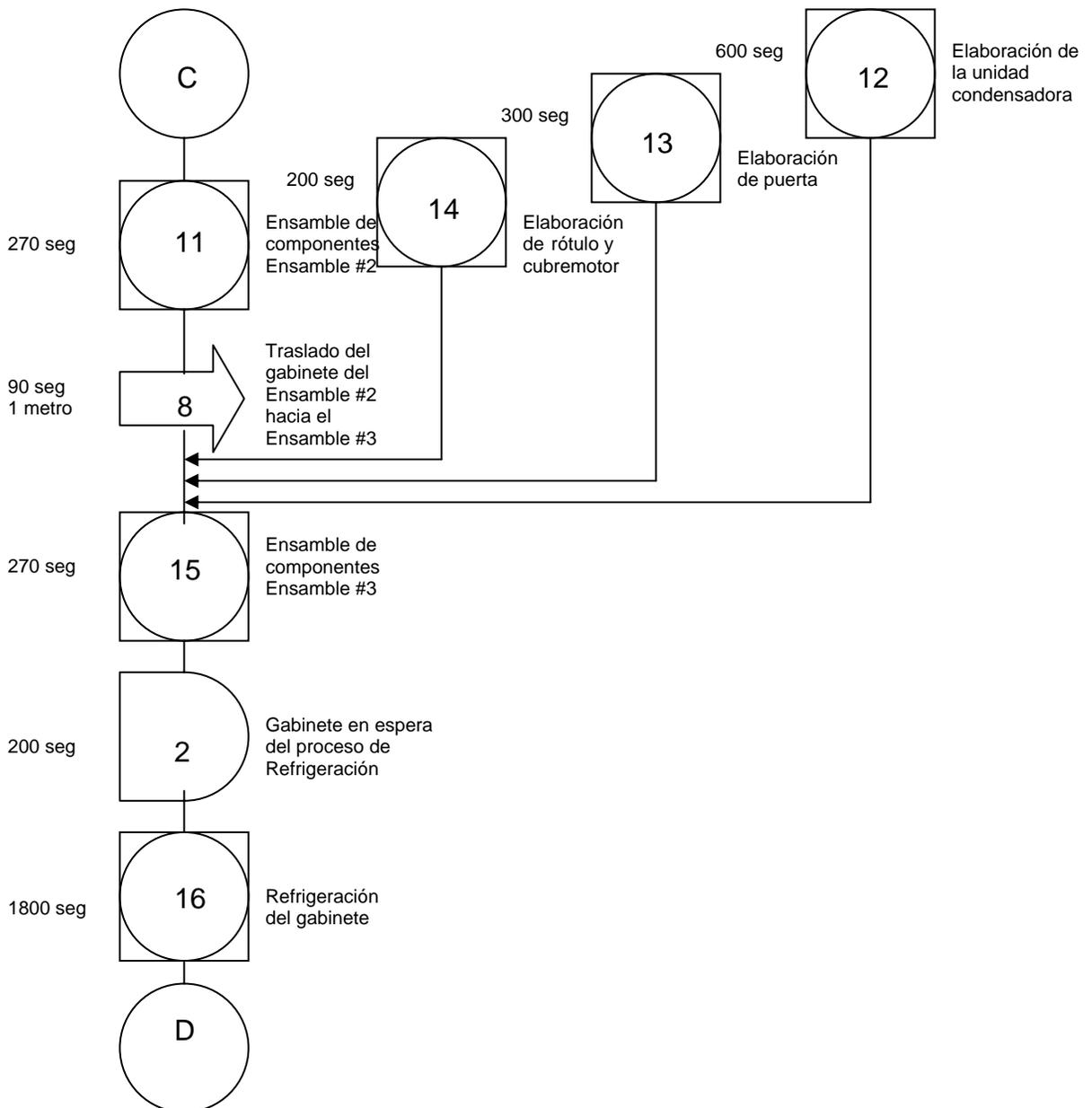


Diagrama de Flujo de Proceso	Método: Actual
Proceso: Fabricación de equipos	Fecha: 21/Agosto/2006
Departamento: Producción	Realizado por: Ronald Coronado
Empresa: Refrigeradores, S.A.	Hoja: 5 de 7

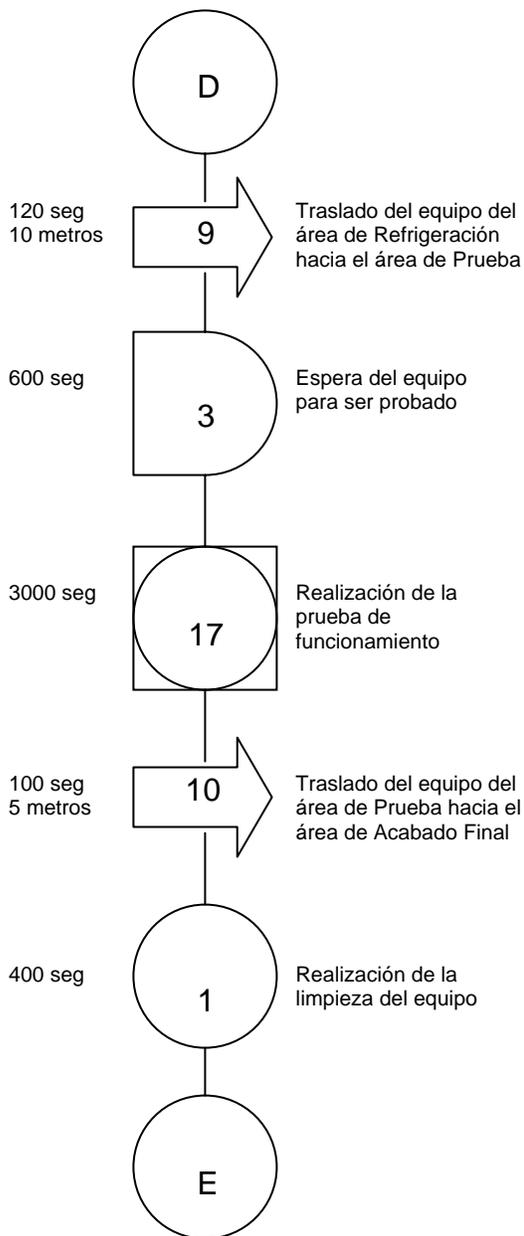


Diagrama de Flujo de Proceso	Método: Actual
Proceso: Fabricación de equipos	Fecha: 21/Agosto/2006
Departamento: Producción	Realizado por: Ronald Coronado
Empresa: Refrigeradores, S.A.	Hoja: 6 de 7

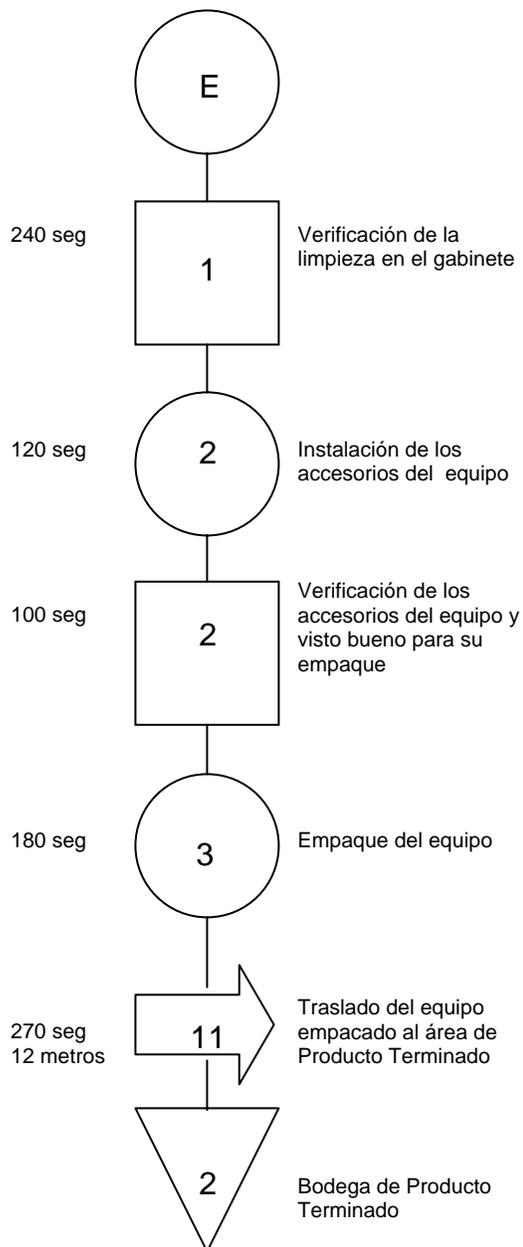
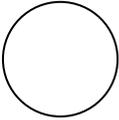
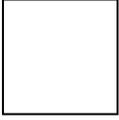
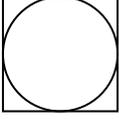
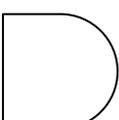
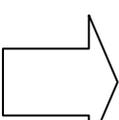
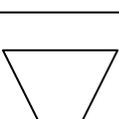


Diagrama de Flujo de Proceso	Método: Actual
Proceso: Fabricación de equipos	Fecha: 21/Agosto/2006
Departamento: Producción	Realizado por: Ronald Coronado
Empresa: Refrigeradores, S.A.	Hoja: 7 de 7

Resumen:

Actividad	Cantidad	Tiempo (seg.)	Distancia (mts)
	3	700	
	2	340	
	17	10,885	
	3	1,340	
	11	3,585	83
	2	-----	-----
Total	38	16,850	83

2.3. Descripción del proceso actual durante la fabricación

Se procede a ejecutar el programa de producción, revisando diariamente la cantidad de equipos fabricado y determina el ritmo de producción en línea.

La solicitud de la materia prima debe de hacerse a la bodega de materiales, para asegurar el abastecimiento de la materia prima en el momento de la fabricación.

Se proporcionan instrucciones al personal encargado de preparar y despachar los materiales de acuerdo a una orden de consumo de materia prima.

Se prepara toda la documentación necesaria para cada modelo que se va a fabricar y que utilizarán las personas que realizarán la fabricación el día siguiente según su programa:

- a) Registro de fabricación (Lista de corte)

- b) Instructivo de fabricación (Programas y planos)

Cuando se inicia la jornada se distribuye el trabajo del día entre los operarios.

La fabricación del producto cualquiera que este sea, puede dar inicio si el registro de fabricación tiene la aprobación de un representante del área de producto, quien da la pauta para dar inicio a las operaciones.

Durante el proceso de fabricación un representante del departamento de control de calidad inspecciona y observa las operaciones de fabricación en el transcurso del día, verifica al azar que los materiales utilizados se coloquen conforme a los procedimientos establecidos, cuando se realiza esta verificación se anota en una hoja de control de manufactura.

Al concluir la etapa de fabricación, se procede a realizar una prueba para verificar su funcionamiento, para que posterior el producto sea trasladado para su limpieza y empaque.

2.3.1. Ventajas y desventajas del proceso de fabricación

Entre las ventajas del proceso de fabricación actual tenemos:

1. Se reducen considerablemente los retrabajos.
2. Se reduce la fabricación de piezas fuera de especificaciones.
3. Se pueden realizar análisis para efectuar cambios en la producción.
4. Se puede analizar el ritmo con que se esta produciendo.

Entre las desventajas del proceso de fabricación actual tenemos:

1. Por la falta de un área de almacenamiento hay riesgos de pérdida de productividad al fallo de la maquinaria.
2. El ritmo con que se produce diariamente no puede ser estimado, ya que los factores que controlan este ritmo son variables más no constantes entre los modelos fabricados.
3. La productividad se ve afectada si surgen atrasos en la liberación y aprobación del registro de fabricación.
4. La solicitud de la materia prima para la fabricación no se está haciendo entre el período de tiempo ya estipulado.
5. Demora en el proceso de validación de componentes y accesorios.
6. Retrasos de la producción provocados por un mal abastecimiento de las líneas productivas.

2.4. Descripción del proceso actual del control de calidad

Se proporciona la información necesaria para verificar los requisitos de fabricación a los operarios de calidad, quienes proceden a verificar el cumplimiento de los requisitos del producto fabricado y verifica las no-conformidades que se den dentro de este proceso.

El proceso de inspección comienza en área de corte, troquel y doblaje, con el objetivo de precisar que las piezas que se procesan cumplan con los

requisitos para su respectivo ensamble, luego el proceso continúa en las áreas de ensamble #1, espuma, ensamble #2 y ensamble #3, donde los Operarios de Calidad, verifican la conformidad del producto en los procesos de ensamble de piezas, aplicación de espuma e instalación de componentes.

Luego continúa en el área de refrigeración en donde se verifica el ensamble correcto de los accesorios y procede a efectúa pruebas en los equipos de refrigeración para verificar el cumplimiento de requisitos de cada modelo.

Luego pasa al área de prueba, donde el equipo es sometido a una prueba de funcionamiento para asegurar que funciona bajo los parámetros de diseño.

Al finalizar su prueba, se traslada al área de acabado final, sitio donde inicia la limpieza del producto y el Operario de Calidad procede a inspeccionar los equipos fabricados, utilizando una Lista de Chequeo para verificar el cumplimiento de los requisitos con respecto a los componentes del equipo, luego el equipo pasa al área de empaque donde se verifica por medio de una Lista de Chequeo específica del área, que el enfriador o congelador posea sus accesorios correspondientes para que posterior a su verificación esté sea empacado.

3. HERRAMIENTAS PARA EL CONTROL ESTADÍSTICO EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE ENFRIADORES COMERCIALES

Estas herramientas pueden ser descritas genéricamente como "métodos para la mejora continua y la solución de problemas", ya que consisten en técnicas gráficas que ayudan a comprender los procesos de trabajo de las organizaciones para promover su mejoramiento.

El éxito de estas técnicas radica en la capacidad que han demostrado para ser aplicadas en un amplio conjunto de problemas, desde el control de calidad hasta las áreas de producción, marketing y administración.

Las organizaciones de servicios también son susceptibles de aplicarlas, aunque su uso comenzara en el ámbito industrial.

Estas técnicas pueden ser manejadas por personas con una formación media, lo que ha hecho que sean la base de las estrategias de resolución de problemas en los llamados círculos de calidad y, en general, en los equipos de trabajo conformados para buscar mejoras en actividades y procesos.

3.1. Histograma

El histograma es un gráfico de barras verticales que representa la distribución de un conjunto de datos o bien la presentación de datos en forma ordenada con el fin de determinar la frecuencia con que algo ocurre.

El histograma muestra gráficamente la capacidad de un proceso, y si así se desea, la relación que guarda tal proceso con las especificaciones y las normas.

También da una idea de la magnitud de la población y muestra las discontinuidades que se producen en los datos.

3.1.1. Ventajas y desventajas del histograma

Entre las ventajas que presenta el histograma tenemos:

1. Su construcción ayudará a comprender la tendencia central, dispersión y frecuencias relativas de los distintos valores.
2. Muestra grandes cantidades de datos dando una visión clara y sencilla de su distribución.
3. Es especialmente útil cuando se tiene un amplio número de datos que es preciso organizar para analizar más detalladamente o tomar decisiones sobre la base de ellos.
4. Es un medio eficaz para transmitir a otras personas información sobre un proceso de forma precisa e inteligible.
5. Proporciona, mediante el estudio de la distribución de los datos, un excelente punto de partida para generar hipótesis acerca de un funcionamiento insatisfactorio.

Entre las desventajas que presenta el histograma tenemos:

1. Permite la comparación de los resultados de un proceso con las especificaciones previamente establecidas para el mismo, de acuerdo a un análisis primario.
2. Proporciona una visión simple y relativa de los problemas.
3. No identifica la causa real o principal de un problema o efecto.

3.1.2. Ejemplo de aplicación para un histograma

Para elaborar un histograma se deben seguir los siguientes pasos:

1. Decida cuáles problemas se van a investigar y cómo se van a recolectar los datos.
2. Diseñe una hoja de datos para llevar el conteo de los problemas, por categorías, con espacio para registrar subtotales y total.
3. Escriba los datos en la hoja y calcule los subtotales y el total.
4. Dibuje un eje vertical y un eje horizontal, donde el eje vertical izquierdo tendrá una escala que va de cero al total global y el eje horizontal se divide en tantos intervalos como número de categorías exista.
5. Escriba cualquier información relevante (categorías, cantidades, unidades, fecha, participantes, período estudiado, etc.)
6. Haga un diagrama de barras.

Ejemplo de aplicación:

Un fabricante de enfriadores desea analizar cuales son los defectos más frecuentes que aparecen en las unidades al salir de la línea de producción; para esto, empezó por clasificar todos los defectos posibles en sus diversos tipos, como se ve en la siguiente tabla:

Tabla I. Descripción de defectos que afectan la fabricación de enfriadores

Tipo de Defecto	Detalle del Problema
Motor no arranca	No arranca el motor al momento del encendido
No enfría	El motor arranca pero la heladera no enfría
Fuga de espuma en gabinete	Por un mal sello se filtra la mezcla espumante
Golpe en gabinete	Defectos de pintura en superficies externas en fabricación
Ventilador abanico no funciona	El motor abanico no arranca
Hundimiento en gabinete	Defectos provocados por un mal llenado del gabinete
Puerta no sella	El empaque magnético de puerta no sella correctamente
Lámpara con bordes negros	Lámpara aparentemente quemada por bordes negros
Pin de lámpara quebrado	Pin de lámpara flojo o zafado por mala instalación
Puerta con mala nivelación	La puerta se observa fuera de balance
Fuga en soldadura de sistema de refrigeración	Fuga de gas refrigerante por mala aplicación de soldadura en la tubería del sistema de refrigeración
Otros	Otros defectos no incluidos en los anteriores

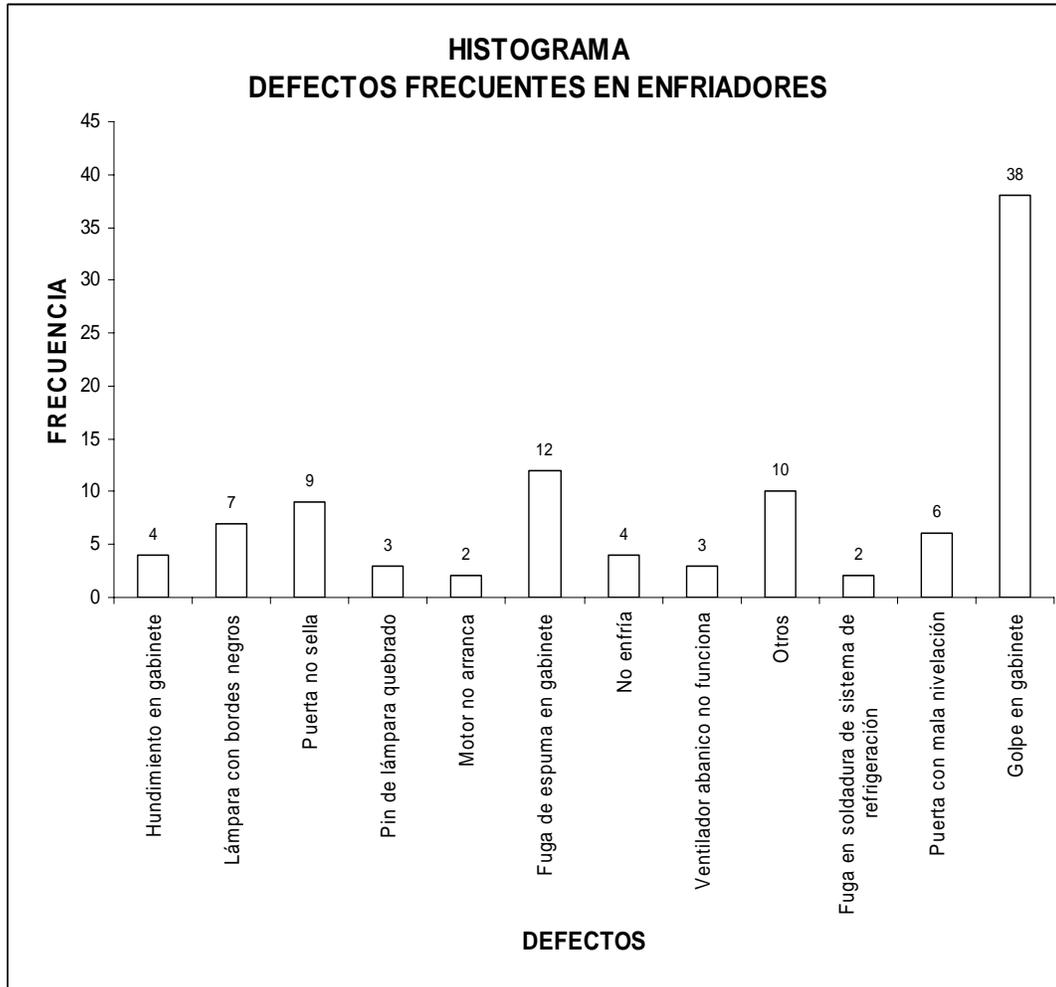
Posteriormente, un inspector revisa cada heladera a medida que sale de producción registrando sus defectos de acuerdo con dichos tipos, después de inspeccionar 100 heladeras, se obtuvo una tabla como esta:

Tabla II. Frecuencia de defectos que afectan la fabricación de enfriadores

Tipo de Defecto	Detalle del Problema	Frec
Hundimiento en gabinete	Defecto provocado por un mal llenado del gabinete	4
Lámpara con bordes negros	Lámpara aparentemente quemada con bordes negros	7
Puerta no sella	El empaque magnético de puerta no sella correctamente	9
Pin de lámpara quebrado	Pin de lámpara flojo o zafado por mala instalación	3
Motor no arranca	El motor no arranca al momento del encendido	2
Fuga de espuma en gabinete	Por un mal sello se filtra la mezcla espumante	12
No enfría	El motor arranca pero la heladera no enfría	4
Ventilador abanico no funciona	El motor abanico no arranca	3
Otros	Otros defectos no incluidos en los anteriores	10
Fuga en soldadura de sistema de refrigeración	Fuga de gas refrigerante por mala aplicación de soldadura en la tubería del sistema de refrigeración	2
Puerta con mala nivelación	La puerta se observa fuera de balance	6
Golpe en gabinete	Defectos de pintura en superficies externas en fabricación	38
Total:		100

La última columna muestra el número de heladeras que presentaban cada tipo de defecto, es decir, la frecuencia con que se presenta cada defecto y a continuación el gráfico del histograma:

Figura 6. Ejemplo gráfico de un histograma



3.2. Diagrama de Pareto

Es un método gráfico de análisis en donde se organizan diversas clasificaciones de datos por orden descendente, de izquierda a derecha por medio de barras sencillas, que permite separar entre los efectos más importantes de un problema de los que son la minoría, de modo que se pueda asignar un orden de prioridades.

El Dr. Juran aplicó este concepto a la calidad, obteniéndose lo que hoy se conoce como la regla 80/20, la cual nos dice que si se tiene un problema con muchas causas, podemos decir que el 20% de las causas resuelven el 80% del problema y el 80% de las causas sólo resuelven el 20% del problema.

La gráfica es útil al permitir identificar visualmente en una sola revisión tales minorías de características vitales a las que es importante prestar atención y de esta manera utilizar todos los recursos necesarios para llevar a cabo una acción correctiva sin malgastar esfuerzos.

3.2.1. Ventajas y desventajas del diagrama de Pareto

Entre las ventajas que presenta el diagrama de Pareto tenemos:

1. Identifica oportunidades para la mejora.
2. Analiza diferentes agrupaciones de datos.
3. Identifica los principales efectos y establece las prioridades de las soluciones.
4. Ayuda a evaluar los resultados de cambios o mejoras, efectuados a un proceso (antes y después).
5. Ayuda a evitar que se empeoren algunos efectos al tratar de solucionar otros de menor impacto al problema.
6. Su formato altamente visible proporciona un incentivo para seguir luchando por más mejoras.

7. Pueden ser asimismo utilizados tanto para investigar efectos como problemas.
8. Ayuda a concentrarse en los problemas que tendrán mayor impacto (las barras más grandes), en caso de ser resueltas para obtener una mejora general.

Entre las desventajas que presenta el diagrama de Pareto tenemos:

1. Se recomienda utilizar cuando los datos puedan clasificarse en categorías.
2. Se recomienda utilizar cuando el rango de cada categoría es importante.
3. Proporciona una visión simple y rápida de la importancia relativa de los problemas.
4. Determina cuál es el efecto principal de un problema y no la causa principal que lo provoca.

3.2.2. Ejemplo de aplicación para un diagrama de Pareto

Para elaborar un diagrama de Pareto se deben seguir los siguientes pasos:

1. Efectué los pasos del uno al tres que se mencionan dentro de la elaboración de un histograma.
2. Haga una lista de categorías, totales individuales, totales acumulativos, porcentajes del total global y porcentajes acumulativos.

3. Arregle las categorías en orden de cantidad, de mayor a menor. La categoría "otros", la acumulación de pequeños problemas que no representa un porcentaje considerable, se debe poner en la última línea.
4. Dibuje dos ejes verticales y un eje horizontal. El eje vertical izquierdo tendrá una escala que va de cero al total global; el eje vertical derecho tiene una escala que va del 0% al 100%. El eje horizontal se divide en tantos intervalos como número de categorías exista.
5. Haga un diagrama de barras.
6. Dibuje la curva acumulativa o curva de Pareto, que une los puntos correspondientes a los valores acumulativos, situados sobre el lado derecho de las barras.
7. Escriba cualquier información relevante (categorías, cantidades, unidades, fecha, participantes, periodo estudiado, etc.)

Ejemplo de aplicación:

Tomando como referencia el ejemplo descrito dentro de la elaboración de un histograma, del cuadro de totales y subtotales para el histograma partiremos con el segundo paso para la elaboración del diagrama de Pareto.

Posteriormente, un inspector revisa cada heladera a medida que sale de producción registrando sus defectos de acuerdo con dichos tipos. Después de inspeccionar 100 heladeras, se obtuvo una tabla como esta:

Tabla II. Frecuencia de defectos que afectan la fabricación de enfriadores

Tipo de Defecto	Detalle del Problema	Frec.
Hundimiento en gabinete	Defecto provocado por un mal llenado del gabinete	4
Lámpara con bordes negros	Lámpara aparentemente quemada con bordes negros	7
Puerta no sella	El empaque magnético de puerta no sella correctamente	9
Pin de lámpara quebrado	Pin de lámpara flojo o zafado por mala instalación	3
Motor no arranca	El motor no arranca al momento del encendido	2
Fuga de espuma en gabinete	Por un mal sello se filtra la mezcla espumante	12
No enfría	El motor arranca pero la heladera no enfría	4
Ventilador abanico no funciona	El motor abanico no arranca	3
Otros	Otros defectos no incluidos en los anteriores	10
Fuga en soldadura de sistema de refrigeración	Fuga de gas refrigerante por mala aplicación de soldadura en la tubería del sistema de refrigeración	2
Puerta con mala nivelación	La puerta se observa fuera de balance	6
Golpe en gabinete	Defectos de pintura en superficies externas en fabricación	38
Total:		100

La última columna muestra el número de heladeras que presentaban cada tipo de defecto, es decir, la frecuencia con que se presenta cada defecto, en lugar de la frecuencia numérica podemos utilizar la frecuencia porcentual, es decir, el porcentaje de heladeras en cada tipo de defecto:

Tabla III. Porcentaje de frecuencia de defectos que afectan la fabricación de enfriadores.

Tipo de Defecto	Detalle del Problema	Frec.	%
Hundimiento en gabinete	Defecto provocado por un mal llenado del gabinete	4	4.0
Lámpara con bordes negros	Lámpara aparentemente quemada con bordes negros	7	7.0
Puerta no sella	El empaque magnético de puerta no sella correctamente	9	9.0
Pin de lámpara quebrado	Pin de lámpara flojo o zafado por mala instalación	3	3.0
Motor no arranca	El motor no arranca al momento del encendido	2	2.0
Fuga de espuma en gabinete	Por un mal sello se filtra la mezcla espumante	12	12.0
No enfría	El motor arranca pero la heladera no enfría	4	4.0
Ventilador abanico no funciona	El motor abanico no arranca	3	3.0
Otros	Otros defectos no incluidos en los anteriores	10	10.0
Fuga en soldadura de sistema de refrigeración	Fuga de gas refrigerante por mala aplicación de soldadura en la tubería del sistema de refrigeración	2	2.0
Puerta con mala nivelación	La puerta se observa fuera de balance	6	6.0
Golpe en gabinete	Defectos de pintura en superficies externas en fabricación	38	38.0
Total:		100	100

Ahora bien, ¿cuáles son los defectos que aparecen con mayor frecuencia?

Para hacerlo más evidente, antes de graficar se pueden ordenar los datos de la tabla en orden decreciente de frecuencia:

Tabla IV. Porcentaje de frecuencia de defectos que afectan la fabricación de enfriadores ordenadas en forma descendente.

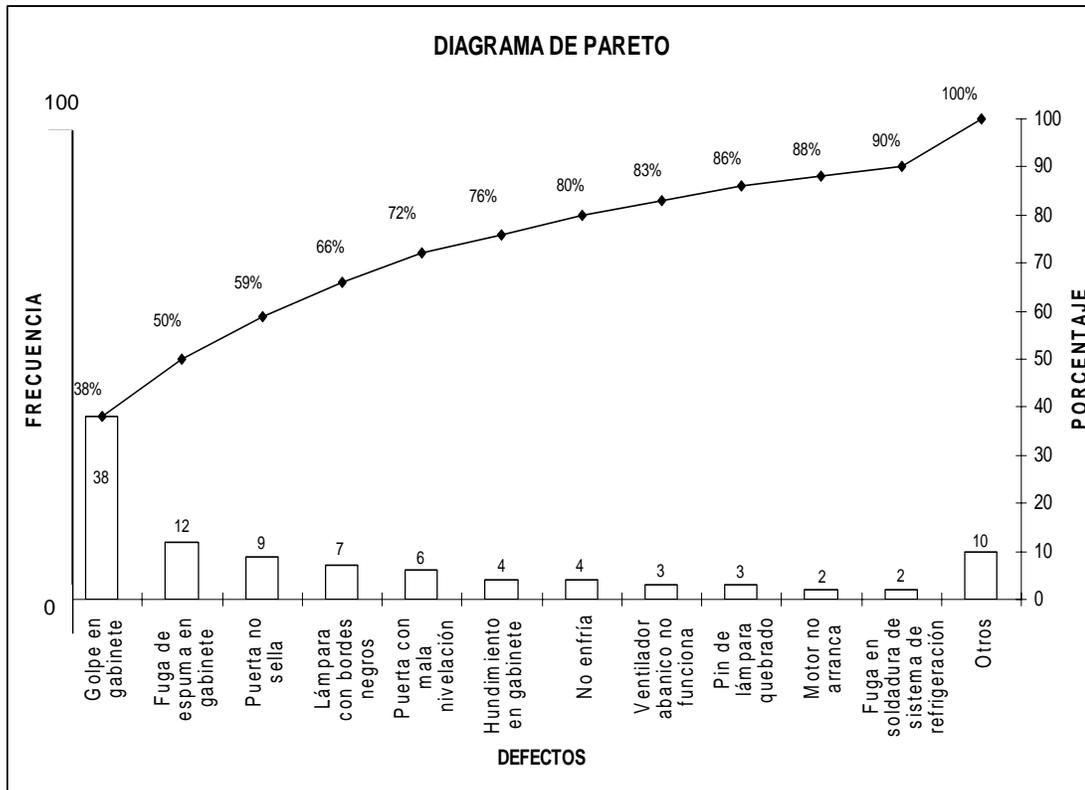
Tipo de Defecto	Detalle del Problema	Frec.	%
Golpe en gabinete	Defectos de pintura en superficies externas en fabricación	38	38.0
Fuga de espuma en gabinete	Por un mal sello se filtra la mezcla espumante	12	12.0
Puerta no sella	El empaque magnético de puerta no sella correctamente	9	9.0
Lámpara con bordes negros	Lámpara aparentemente quemada con bordes negros	7	7.0
Puerta con mala nivelación	La puerta se observa fuera de balance	6	6.0
Hundimiento en gabinete	Defecto provocado por un mal llenado del gabinete	4	4.0
No enfría	El motor arranca pero la heladera no enfría	4	4.0
Ventilador abanico no funciona	El motor abanico no arranca	3	3.0
Pin de lámpara quebrado	Pin de lámpara flojo o zafado por mala instalación	3	3.0
Motor no arranca	El motor no arranca la momento de encendido	2	2.0
Fuga en soldadura de sistema de refrigeración	Fuga de gas refrigerante por mala aplicación de soldadura en la tubería del sistema de refrigeración	2	2.0
Otros	Otros defectos no incluidos en los anteriores	10	10.0
Total:		100	100

Se puede ver que la categoría “otros” siempre debe ir al final, sin importar su valor. De esta manera, si hubiese tenido un valor mayor, igual o menor al actual, siempre debe de ser ubicado en la última fila.

Ahora resulta evidente cuáles son los tipos de defectos más frecuentes. Se puede observar que los 5 primeros tipos de defectos se presentan en el 72 % de las heladeras, aproximadamente. Por el Principio de Pareto, concluimos que: La mayor parte de los defectos encontrados en el lote pertenece sólo a 5 tipos de defectos, de manera que si se eliminan las causas que los provocan

desaparecería la mayor parte de los defectos y a continuación el gráfico del diagrama de Pareto.

Figura 7. Ejemplo gráfico de un diagrama de Pareto



3.3. Diagrama Causa - Efecto

El diagrama Causa-Efecto es una forma de organizar y representar las diferentes teorías propuestas sobre las causas de un problema y bien ayuda a graficar las causas del problema que se estudia para analizarlas.

También se conoce como diagrama de Ishikawa (por su creador, el Dr. Kaoru Ishikawa, 1943), ó diagrama de Espina de pescado por la forma en que

se van colocando cada una de las causas o razones que a entender originan un problema y es utilizado en las fases de diagnóstico y solución de la causa.

Su concepción conceptual, se puede resumir en que cuando se realiza el análisis de un problema de cualquier índole y no solamente referido a la salud, estos siempre tienen diversas causas de distinta importancia, trascendencia o proporción. Algunas causas pueden tener relación con la presentación u origen del problema y otras, con los efectos que este produce.

El diagrama debe de incluir los siguientes elementos:

- a. El problema principal que se desea analizar, el cual se coloca en el extremo derecho del diagrama, se aconseja encerrarlo en un rectángulo para visualizarlo con facilidad.
- b. Las causas principales que a nuestro entender han originado el problema.
- c. Gráficamente está constituida por un eje central horizontal que es conocida como “línea principal o espina central”, posee varias flechas inclinadas que se extienden hasta el eje central, al cual llegan desde su parte inferior y superior, según el lugar donde se haya colocado el problema que se estuviera analizando o descomponiendo en sus propias causas o razones, cada una de ellas representa un grupo de causas que inciden en la existencia del problema, cada una de estas flechas a su vez son tocadas por flechas de menor tamaño que representan las “causas secundarias” de cada “causa” o “grupo de causas del problema”.

3.3.1. Ventajas y desventajas del diagrama Causa - Efecto

Entre las ventajas que presenta el diagrama Causa – Efecto tenemos:

1. Este diagrama es de por sí educativo, sirve para que la gente conozca con profundidad el proceso con que trabaja, visualizando con claridad las relaciones entre los efectos y sus causas.
2. Sirve también para guiar las discusiones, al exponer con claridad los orígenes de un problema de calidad y permite encontrar más rápidamente las causas asignables cuando el proceso se aparta de su funcionamiento habitual.
3. Ayuda a determinar las causas principales de un problema, o las causas de las características de calidad utilizando para ello un enfoque estructurado.
4. Estimula la participación de los miembros del grupo de trabajo, permitiendo así aprovechar mejor el conocimiento que cada uno de ellos tiene sobre el proceso.
5. Incrementa el grado de conocimiento sobre un proceso.
6. Permite visualizar de una manera muy rápida y clara, la relación que tiene cada una de las causas con las demás razones que inciden en el origen del problema.
7. Identifica las causas-raíz o causas principales, de un problema o efecto.

Entre las desventajas que presenta el diagrama Causa – Efecto tenemos:

1. Distorsión del grupo al momento que este se concentre analizando el contenido del problema llegando a enfocar la historia del problema y los distintos intereses personales de los integrantes del equipo.
2. Errar al momento de clasificar y relacionar las interacciones entre factores que están afectando al resultado de un proceso.
3. Se puede dar una mala asignación a las causas principales del problema.
4. Un mal análisis implica la pérdida de recursos.

3.3.2. Ejemplo de aplicación para un diagrama Causa - Efecto

Para elaborar un diagrama Causa - Efecto se deben seguir los siguientes pasos:

1. Debe ser determinado el atributo de calidad afectado.
2. Debe ser escrito de la forma más concreta posible, en el lado derecho de una hoja de papel; se debe dibujar el esqueleto de pescado de izquierda a derecha y encierre el atributo en un cuadrado.
3. Debe ser identificadas las causas probables más relevantes mediante el examen y discusión en grupos participativos. Se escriben las causas primarias que afectan al atributo de calidad al extremo de las "espinas grandes" y deben ser encerradas en cuadrados.
4. Debe ser escritas las causas secundarias, aquellas que afectan a las primarias, como "espinas de tamaño medio" y debe ser escritas las causas

terciarias, que afectan a las espinas de tamaño medio, como "espinas pequeñas".

5. Siempre debe de intentar escoger atributos y causas que sean medibles; cuando esto no sea posible, busque variables medibles indirectas que estén correlacionadas con las anteriores.
6. Debe de identificar causas sobre las que sea posible actuar. El mejoramiento requiere acciones.
7. Se debe de mejorar continuamente el diagrama, a medida que se va usando.
8. Debe de quedar registrado cualquier información relevante (fecha, producto, participantes, proceso, etc.)
9. Debe de tener presente que el diagrama es particularmente útil cuando se usa en combinación con un diagrama de Pareto.

A continuación se presenta un diagrama Causa – Efecto, de acuerdo a los pasos que con anterioridad se han descrito.

Tomando como punto de partida el último inciso de los pasos en donde se hace la salvedad que el diagrama Causa – Efecto es particularmente útil en combinación con el diagrama de Pareto, por lo cual de acuerdo a los resultados obtenidos en el ejemplo de aplicación del diagrama de Pareto se procederá a analizar por medio del diagrama Causa – Efecto, las posibles razones del por qué de los defectos por golpes en los enfriadores:

A continuación el análisis:

- a. Se decide cuál va a ser la característica de calidad que se va a analizar, por ejemplo, en el caso de la fabricación de enfriadores podría ser el funcionamiento, la presentación, la manufactura del producto, etc.
- b. Se traza una flecha gruesa que representa el proceso y a la derecha se escribe la característica de calidad.
- c. Se indican los factores causales más importantes y generales que puedan generar la fluctuación de la característica de calidad, trazando flechas secundarias hacia la principal, por ejemplo: Maquinaria, Métodos de trabajo, Materiales, Mano de obra, Medio ambiente, etc.
- d. Se incorporan en cada rama factores más detallados que se puedan considerar causas de fluctuación. Para hacer esto, se pueden formular estas preguntas:
 - ¿Por qué hay fluctuación o dispersión en los valores de la característica de calidad? Por la fluctuación de los Métodos de trabajo. Se anota Mano de obra como una de las ramas principales.
 - ¿Qué características de los Métodos de trabajo producen fluctuación o dispersión en los valores de la característica de calidad? Manejo, movimiento y entarimado de materiales; Manipulación y transporte; Acumulación de equipos. Se agrega Manejo, movimiento y entarimado de materiales como rama menor de la rama principal Métodos de trabajo.

- ¿Por qué hay fluctuación o dispersión en el manejo, movimiento y entarimado de materiales? Por la utilización de métodos inadecuados para realizar la actividad. Se agrega a Manejo, movimiento y entarimado de materiales la rama más pequeña Métodos inadecuados.
- ¿Por qué hay una utilización de métodos inadecuados para realizar el manejo, movimiento y entarimado de materiales? Por la falta de seguimiento a los proyectos. Se registra la rama Falta de seguimiento a proyectos.

Así se sigue ampliando el diagrama de Causa-Efecto hasta que contenga todas las causas posibles de dispersión.

A continuación se presenta la aplicación gráfica del diagrama Causa – Efecto, efectuando cada uno de los pasos que con anterioridad han descritos.

DIAGRAMA CAUSA - EFECTO PROCESO DE FABRICACIÓN DE ENFRIADORES COMERCIALES

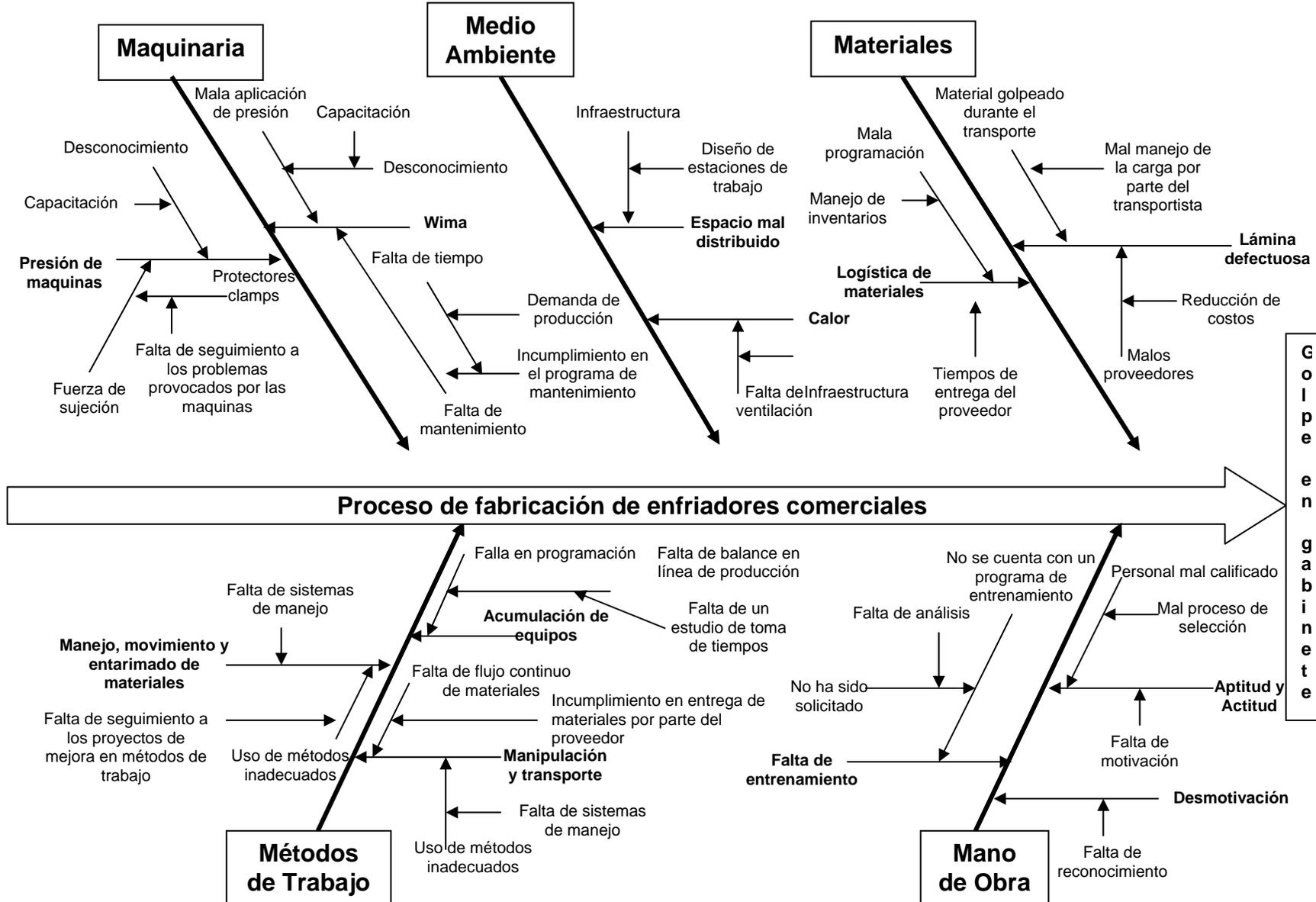


Figura 8. Ejemplo diagrama Causa - Efecto

3.4. Hoja de control

Es también llamada hoja de verificación o de chequeo y consiste en un impreso con formato de tabla o diagrama, destina a registrar y compilar datos mediante un método sencillo y sistemático, como la anotación de marcas asociadas a la ocurrencia de determinados sucesos.

Esta técnica de recolección de datos se prepara de manera que su uso sea fácil e interfiera lo menos posible con la actividad de quien realiza el registro.

Las hojas de control se usan para:

- a. Verificar o examinar artículos defectivos.
- b. Examinar o analizar la localización de defectos.
- c. Verificar las causas de defectivos.
- d. Verificación y análisis de operaciones

3.4.1. Ventajas y desventajas de la hoja de control

Entre las ventajas que presenta la hoja de control tenemos:

1. Supone un método que proporciona datos fáciles de comprender y que son obtenidos mediante un simple y eficiente formato de tabla o diagrama que puede ser aplicado a cualquier área de la organización.

2. Reflejan rápidamente las tendencias y patrones subyacentes en los datos.
3. Es utilizada tanto en el estudio de los síntomas de un problema, como en la investigación de las causas o en la recopilación y análisis de datos para probar alguna hipótesis.
4. También se usa como punto de partida para la elaboración de otras herramientas, como por ejemplo los gráficos de control.

Entre las desventajas que presenta la hoja de control tenemos:

1. De acuerdo al enfoque que se le de al formato puede pasar de ser fácil y eficiente a uno no funcional.
2. Su uso excesivo puede llevar a la obtención de datos sin ningún objetivo concreto e importante.

3.4.2. Ejemplo de aplicación de una hoja de control

La hoja de control debe de ser creada de acuerdo con la necesidad de controlar ciertas características en el proceso productivo, a continuación se presenta una lista de chequeo para el proceso de fabricación de un equipo de refrigeración comercial, la cual cuenta con:

- a. Nombre de la empresa
- b. Código del sistema de calidad
- c. Título de la hoja de control

- d. Datos generales del proceso a controlar
 - Fecha
 - Modelo
 - Número de orden de producción (w.o)
 - Número de serie
 - Nombre de quien elabora la lista de chequeo

- e. Características de fabricación a controlar
 - Componentes externos como:
 - Bisagras
 - Empaque magnético
 - Lámparas
 - Serigrafía en exterior

 - Componentes internos como:
 - Ventilador de evaporador
 - Protector de abanico
 - Termostato

 - Componentes del sistema de unidad como:
 - Cordón eléctrico
 - Compresor
 - Capacitor de arranque
 - Válvulas de servicio

A continuación se presenta una hoja de control con los pasos que anteriormente se han mencionado:

Figura 9. Ejemplo gráfico de hoja de control

REFRIGERADORES, S.A. ← a. b. → R-DC-39-14

c. → **LISTA DE CHEQUEO COMPONENTES**

FECHA:		OPERARIO		
MODELO		W.O		No. SERIE

d. ↙

FRENTE EXTERIOR

e. ↗

- PUERTAS
- BISAGRAS
- CUBRE BISAGRAS
- SERIGRAFÍA EN PUERTA
- ACRILICO PANEL DE VIDRIO
- RÓTULO EXTERIOR
- TOPE DE HULE PUERTA CORRE.
- EMPAQUE MAGNÉTICO / RU-120
- CINTA NEGRA TRAK DE P/C.
- LÁMPARA DE RÓTULO
- BALASTRO Y STARTER
- PARRILLA CUBRE MOTOR
- SWITCH DE LÁMPARA
- DESTAPADOR

UNIDAD CONDENSADORA

	C	I
COMPRESOR		
CAPACITOR DE ARRANQUE		
CAJA ELÉCTRICA		
CAJA DE COMPRESOR		
VENTILADOR CONDENSADOR		
CENTRADO DE ASPA		
CORDÓN ELÉCTRICO		
PROTECTOR DE VOLTAJE		
AISLANTE DE SUCCIÓN		
TUBERÍA DE COBRE		
CONDENSADOR		
VÁLVULA DE SERVICIO		
PINCH OFF		
BANDEJA DE DRENAJE		
PANA DE EMBRACO		

TINA:

	C	I
FONDO DE TINA		
DRENAJE		
LATERAL TINA DERECHO		
LATERAL DE TINA IZQUIERDO		
MANGUERA DE DRENAJE		
CINCHO PLÁSTICO DE M/D		
BAFLE Y TORNILLOS		
REJILLAS DE BAFLE		
VENTILADORES		
BREAKERS		
LÁMPARA DE TINA		
PERILLA DE TERMOSTATO		
TORNILLOS DE TERMOMETROS		
PILASTERES Y TORNILLOS		
NUMERO DE SERIE		
TUBO DE DRENAJE		
BOMBILLA Y PROTECTOR		
DIVISIÓN DE TINA		

ESPALDA DE GABINETE

	C	I
SERIGRAFÍA PANEL TRASERO		
REMACHES		

LATERALES

	C	I
SERIGRAFÍA LAT. DERECHO		
SERIGRAFÍA LAT. IZQUIERDO		

EQUIPOS HORIZONTALES

	C	I
TOP EXTERIOR		
CAP CATCHER		
PARRILLA FRONTAL		
PARRILLA TRASERA		
DIVISIONES DE TINA		

OBSERVACIONES: _____

(C) CORRECTO
(I) INCORRECTO

3.5. Diagramas de control

Los diagramas o cartas de control, son una de las principales herramientas de calidad, porque permiten monitorear los procesos de forma tal que posibilitan su estandarización, la estabilidad, la evaluación de la mejora o del retroceso del mismo y también la predicción del futuro inmediato según las tendencias actuales de las variables objeto de estudio, además las cartas pueden usarse con dos clases de variación las cuales son:

- a) La que se debe a causas comunes del proceso; es decir, a la forma en que se diseñó y se opera normalmente el sistema, y estas causas son aquellas que son parte inherente del proceso o sistema y que afectan a todos los que están trabajando dentro de él, además la variación debida a estas causas es aleatoria y refleja las variaciones de todo tipo, que provienen del diseño del proceso o sistema y de su forma normal de operar, entonces, cuando el proceso solamente se ve afectado por causas comunes, se dice que es estable, o que está en estado de control estadístico.

- b) La que se debe a causas especiales o asignables, las cuales son aquellas que no son parte del proceso o sistema, sino que ocurren debido a circunstancias específicas; no ocurren todo el tiempo ni necesariamente afectan a todos, esta variación no es aleatoria, sino que sigue patrones específicos reconocibles.

El propósito fundamental de los diagramas de control, es justamente ayudarnos a distinguir entre las dos situaciones por medio de diagramar serie de tiempos en las que la gente en el proceso hace observaciones de la variable de interés a través del tiempo (comportamiento dinámico).

Al no comprender la distinción entre estas dos clases de causas, de buena fe se puede llegar a cometer los dos tipos de errores que se describen a continuación:

1. Tratar una falla, queja, error o accidente como si se debiera a algo especial o asignable, cuando de hecho proviene del sistema; es decir, que es variación aleatoria debida a causas comunes.
2. Tratarlos como si se debieran a causas comunes, cuando de hecho se debieron a alguna causa especial o asignable.

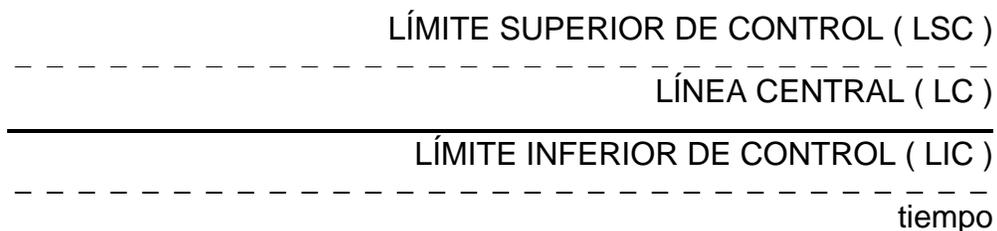
Cuando un proceso es estable, se dice que tiene identidad; es decir, que su desempeño en el futuro cercano es predecible y que, bajo el diseño actual, la calidad es la máxima posible y el costo es el mínimo posible; si se desea tener mayor calidad, se debe intervenir gerencialmente para hacer los cambios estructurales necesarios, a esto se le llama mejora de la calidad, así pues, mejorar la calidad implica trabajar sobre el sistema, sobre las causas comunes, para disminuir la variación.

Por otro lado, si el proceso es inestable, no tiene identidad y su desempeño en el futuro cercano es impredecible, se deben tomar acciones para corregir la situación y llevar el proceso a un estado de control tipo A donde sólo se resuelven problemas o se apagan fuegos.

Si un proceso o sistema se ve afectado por causas comunes y por causas especiales o asignables, se dice que es inestable o que está fuera de control, desde el punto de vista estadístico.

Los diagramas de control son el método o definición operacional para averiguar en cuál de las dos situaciones nos encontramos, para ver si el proceso es estable o no lo es. Su interpretación requiere, entre otras cosas, de la observación atenta de un número razonablemente grande de datos; que equivale a la "observación del proceso" y en eso reside fundamentalmente su poder de predicción hacia el futuro cercano.

Figura 10. Esbozo de la forma de un diagrama de control.



En el eje de las ordenadas o eje vertical, se grafica una medida estadística del atributo de calidad que se desea observar y controlar y en el eje de las abscisas o eje horizontal, el tiempo. Los datos se grafican en tiempo real; es decir, a medida que ocurren los acontecimientos. La línea central es siempre el promedio de los datos graficados, en el período observado.

Utilizando fórmulas algebraicas sencillas se calculan, a partir de los datos graficados en un diagrama de control, valores llamados Límites de control. Estos valores son una definición, para fines operacionales, de la frontera entre la zona de causas comunes y la zona de causas especiales o asignables.

Cuando todos los datos están dentro de los límites de control y su distribución es aleatoria, se adopta el criterio que el proceso es estable desde el punto de vista estadístico; es decir, que tiene variación controlada dentro de límites predecibles hacia el futuro cercano, no se trata desde luego, de estabilidad estática; es decir, de ausencia de variación, sino se trata de

estabilidad dinámica, si hay datos fuera de los límites de control o si su distribución no es aleatoria, el criterio es que el proceso tiene causas especiales o asignables de variación y que, por consiguiente, está fuera de control, no tiene identidad y su desempeño, costo y calidad son impredecibles.

Figura 11. Reglas para determinar si existen causas especiales de variación.

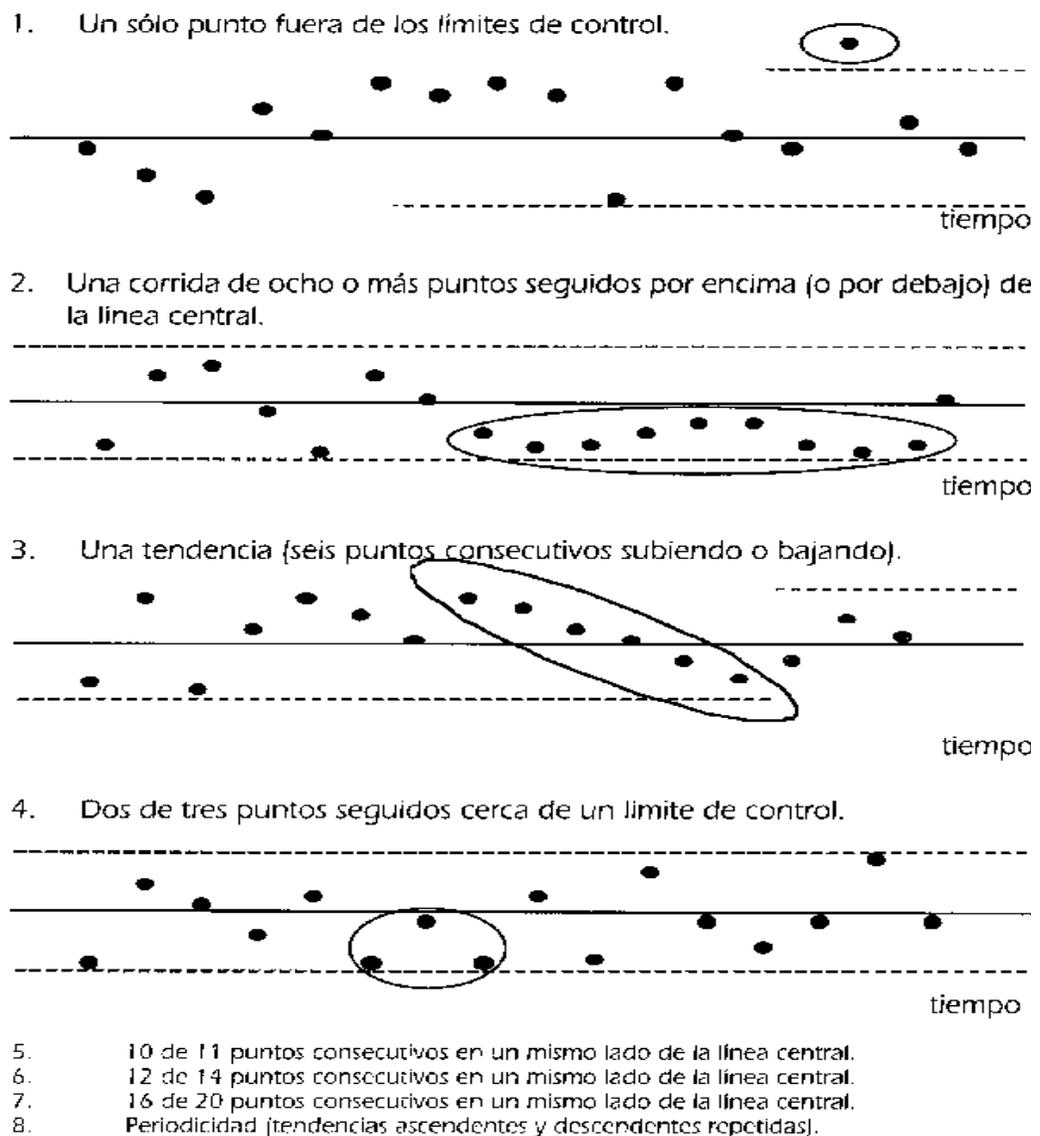


Figura 11. Humberto Gutiérrez P. **Control total y productividad**, Pag. 164 – 171

Es importante reconocer que los límites de control no siempre dan la recomendación correcta, debido en parte a la naturaleza probabilística del conocimiento y en parte a que siempre estamos haciendo inferencias acerca del proceso.

Es muy importante también recordar siempre que los Límites de Control se calculan estrictamente a partir de los datos generados por el proceso y no de las especificaciones, de hecho, uno de los errores más comunes en la industria es confundir Límites de control con especificaciones.

El propósito de una carta de control es indicar lo que el proceso está haciendo y no lo que nosotros o los clientes quisieran que hiciera, para evitar esta confusión, las especificaciones no deben estar en un diagrama de control, pues solamente confunden a la gente y hacen que se cometan errores involuntarios e innecesarios.

Sin embargo, lograr que el proceso esté bajo control no significa necesariamente que el proceso sea de calidad desde el punto de vista del cliente, una vez que el proceso está bajo control, libre de causas especiales de variación, su comportamiento dinámico predecible se debe comparar con las especificaciones y si cumple con ellas, se dice que el proceso es hábil, pero si no cumple, es necesario hacer los cambios de fondo requeridos para disminuir la amplitud de la banda de variación, para modificar el promedio de lo que el proceso produce, o ambas cosas, hasta que lo que el proceso produce sea igual o mejor a lo que los clientes quieren. Una de las claves aquí es no intervenir en la estructura del proceso si éste está fuera de control.

Por otro lado, lograr que el proceso sea justamente hábil; es decir, que justo cumpla con las especificaciones, es solamente el primer paso y no la

meta, la alta gerencia tiene la responsabilidad de seguir mejorando el proceso continuamente, hasta dejar a las especificaciones perdidas detrás del horizonte.

Tener un proceso hábil es indispensable, pero nunca suficiente ya que no todo lo que cumple con especificaciones tiene la misma calidad ni el mismo costo.

Para que sea eficaz, el mejoramiento de procesos se necesita realizar en tres fases consecutivas en el tiempo:

- a) Estabilización del proceso, mediante la identificación y eliminación subsiguiente de causas especiales de variación.
- b) Mejoramiento del proceso, mediante intervenciones gerenciales para efectuar los cambios estructurales necesarios para que el proceso sea hábil.
- c) Seguimiento atento del proceso para asegurar que se mantienen las mejoras, sin olvidar que siempre habrá cosas adicionales por mejorar.

3.5.1. Diagramas de control por variables

Son aquellos referidos a una característica susceptible de medición que puede asumir cualquier valor a lo largo de un intervalo dado.

Entre las finalidades para la aplicación de este tipo de diagrama tenemos:

1. Detectar rápidamente la ocurrencia de causas atribuibles o cambios en el proceso, a fin de que se pueda investigar y tomar acciones correctivas antes de la producción de muchas piezas no conformes.
2. Interpretar el comportamiento de las diferentes muestras en el diagrama de control por variables de media, rango y desviación estándar.
3. Determinar si el proceso en estudio se encuentra bajo control en relación con su tendencia central y en relación con su variabilidad.
4. Formar un criterio para la toma de decisiones de carácter general en el transcurso de la producción, como cuando hay que buscar causas de variación, actuando para corregirlos o cuando hay que dejar que el proceso continúe libremente.
5. Formar un criterio para la toma de decisiones respecto a la aceptación o rechazo de los productos fabricados o empleados.

3.5.1.1. Diagrama de control de media y rango

Un diagrama o carta de control X-R, en realidad son dos gráficas en una, una representa los promedios de las muestras de la (gráfica X), la cual permite encontrar causa atribuibles al proceso y la otra representa los rangos (gráfica R) la cual es de mayor sensibilidad para describir e identificar causas de variación que afectan directamente la calidad, éstas deben construirse juntas, ya que la gráfica X, nos muestra cualquier cambio en la media del proceso y la gráfica R nos muestra cualquier cambio en la dispersión del proceso, para determinar las X y R de las muestras, se basan en los mismos datos.

El uso particular de la gráfica X-R es que muestra los cambios en el valor medio y en la dispersión del proceso al mismo tiempo, además es una herramienta efectiva para verificar anomalías en un proceso de forma dinámica.

El método gráfico muestra el desempeño de un proceso a través del tiempo y se utiliza para:

- a) Detectar cuando algo anda mal en el proceso.
- b) Establecer los límites superior e inferior que debe poseer dicho proceso.
- c) Ayudar a diagnosticar las causas del comportamiento anormal.
- d) Verificar y controlar el proceso.
- e) Guía de la gerencia.

Este proceso se dice estar bajo control cuando no muestra ninguna tendencia y además ningún punto sale de los límites.

3.5.1.2. Diagrama de control de desviación estándar

Esta gráfica es el instrumento estadístico que sirve para estudiar el comportamiento de un proceso de manufactura, considerando como indicador la desviación estándar.

La estructura general, está constituida por una posición destinada al registro del indicador de la desviación estándar para controlar la variabilidad del proceso.

La ventaja de usar esta gráfica es que para estos valores de los datos, la desviación estándar es más sensible a cambios pequeños que el rango.

Dentro del procedimiento de construcción para dicha gráfica incluye cálculos de límites de control para la parte que constituyen la gráfica y la graficación de las desviaciones estándar obtenidos en cada subgrupo.

Es importante la variabilidad del proceso de control, al iniciar la construcción de la gráfica, si el proceso no muestra estabilidad estadística, entonces la parte correspondiente a los promedios no será confiable dado que los límites de control de \bar{X} dependen del valor medio de S .

3.5.2. Diagramas de control por atributos

En este tipo de diagramas las características de calidad que no pueden ser medidas con una escala numérica y se juzga a través de un criterio más o menos subjetivo.

Los datos se presentan con periodicidad a la gerencia y con ellos se integran índices, que son muy importantes en el desarrollo de una empresa, estos pueden referirse al producto o bien al desperdicio debido al rechazo de materiales.

Dentro de la clasificación de las características de calidad por atributos se requiere:

- a. De un criterio, el cual se establece de acuerdo con las especificaciones.
- b. De una prueba, que consiste en la operación que se realiza para averiguar la existencia o no del criterio establecido.
- c. De una decisión, la cual determina que título debe darse al producto, es decir si pasa o no pasa.

Para el establecimiento de los diagramas de control por atributos es necesario de prestar atención en lo siguiente:

- a) Determinar cual es la característica de calidad que debe de ser controlada, con frecuencia se toman todas las que se encuentran en el producto que es examinado y se toman las unidades defectuosas.
- b) Seleccionar un número conveniente de muestras y cada muestra estará formada por un aproximado de 25 elementos el cual variara con el proceso que se trate, el número de unidades en cada muestra es el total de unidades examinadas durante un período estándar de revisión, la cual puede ser, por unidad de tiempo, en una hora, en el transcurso del día, un turno o un lote.
- c) Calcular el tamaño medio de la muestra, y para el caso en que el tamaño de la muestra es el total de piezas inspeccionadas durante una hora o bien un día, se puede tomar el promedio de producción por hora o por día como tamaño de la muestra.
- d) Calcular el promedio de defectuosos por hora o por día.

- e) Calcular los límites de control de acuerdo a los valores obtenidos dentro de los dos pasos descritos con anterioridad.
- f) Examinar los valores del porcentaje defectuoso de cada muestra, con relación a los límites de control y determinar si existe algún factor que amerite una acción correctiva antes que estos límites se acepten para su aprobación.
- g) Emplear los diagramas de control para la producción activa, como una guía para controlar la característica de calidad.

3.5.2.1. Carta de control (p)

Es también conocida como la carta de control de la proporción de artículos defectuosos, y muestra la fracción o proporción de artículos defectuosos por muestra.

Es altamente usada para reportar la proporción o porcentaje de productos defectuosos en un proceso.

La fracción defectuosa “p” expresada por un decimal, es el valor que se obtiene al dividir el número de unidades que presentan defectos entre el número total de unidades inspeccionadas y el porcentaje de defectuosos en la representación del anterior valor decimal es multiplicado por cien.

Esta carta se asesora de la distribución binomial para complementar el cálculo de sus límites a graficar.

3.5.2.2. Carta de control (np)

Esta carta muestra el número de artículos defectuosos por muestra.

Esta se utiliza cuando el tamaño de la muestra de la carta de control p es constante.

La fracción defectuosa “p” expresada por un decimal, es el valor que se obtiene al dividir el número de unidades que presentan defectos entre el número total de unidades inspeccionadas y el porcentaje de defectuosos en la representación del anterior valor decimal es multiplicado por cien.

Esta carta difiere de la carta de control p, en que está utiliza para calcular los límites de la carta la cantidad de elementos muestreados por lote.

Al igual que la carta p, esta carta se asesora de la distribución binomial para complementar el cálculo de sus límites a graficar.

3.5.2.3. Carta de control (c)

En este tipo de gráfica se muestra el número de no conformidades presentes en determinada unidad inspeccionada o bien representa a la cantidad de defectos que presenta una unidad producida.

La cantidad de número de defectos por sub-grupo se obtiene al dividir el total de defectos encontrados entre el total de sub-grupos.

Muchas de estas variables, que se pueden ver como el número de eventos que ocurre por unidad, se comparan de acuerdo con la distribución de poisson, la cual tiene dos características esenciales:

- a. Que el número de oportunidades o situaciones potenciales para encontrar defectos es grande.
- b. Que la probabilidad de encontrar un defecto en una situación es pequeña.

3.5.2.4. Carta de control (u)

En este tipo de gráfica se muestra el número de defectos por unidad promedio.

En este gráfico se prefiere cuantificar el número de defectos por cantidad en lugar del total de defectos en la muestra por lo que para cada sub-grupo se gráfica el número promedio de defectos por unidad.

4. PROPUESTA TÉCNICA PARA EL CONTROL DE CALIDAD DEL PROCESO DE FABRICACIÓN UTILIZANDO DIAGRAMAS DE CONTROL

Como los datos están en el nivel más superficial de la percepción, puesto que son visibles, generalmente tenemos la ilusión de que los datos son la realidad, sin embargo, hay por lo menos dos niveles más de percepción los cuales son:

- 1) El comportamiento dinámico del sistema en el tiempo.
- 2) El conocimiento y comprensión de la estructura, donde esta involucrado el diseño de la empresa y su forma habitual de trabajar los cuales generan el comportamiento y por ende, las cifras o datos.

El primer paso para pasar al nivel de percepción del comportamiento dinámico del sistema en el tiempo, consiste en abandonar para siempre, la costumbre de almacenar los datos en forma de tablas, para que en su lugar, graficarlos contra el tiempo en el orden en que se generan, ya que el conocimiento que encierran los datos está cifrado justamente en su orden temporal y los datos agregados en tablas, o en histogramas, no muestran el orden de aparición, careciendo entonces de contexto temporal y, por lo tanto, de utilidad para tomar decisiones correctas.

La observación a la que se hace referencia es un proceso de descubrimiento acerca de lo que el desempeño de la empresa nos está tratando de decir y se basa en dos elementos esenciales para descubrir ese algo como lo es un evento o acontecimiento crítico y un observador perceptivo.

Para aumentar la posibilidad de juntar un acontecimiento crítico y un observador perceptivo se debe:

- a) Asegurar que los acontecimientos informativos que ocurren en forma natural sean captados por la atención de un observador perceptivo la cual debe ser llamada “observación informada” y los diagramas de control, constituyen la herramienta más importante, sencilla y poderosa a la vez, para la observación informada.
- b) Aumentar la probabilidad de que ocurra un acontecimiento informativo la cual debe ser llamada “experimentación dirigida”.

4.1. Ventajas y desventajas en la utilización de los diagramas de control

Entre las ventajas que presenta la utilización de los diagramas de control se encuentran:

- 1. Permite distinguir entre causas aleatorias y específicas de variación de los procesos, como guía de actuación para la dirección.
- 2. Son útiles para vigilar la variación de un proceso en el tiempo.
- 3. Son útiles para probar la efectividad de las acciones de mejora emprendidas.
- 4. Son útiles para estimar la capacidad del proceso.

5. Ayudan a la mejora de procesos, de forma que se comporten de manera uniforme y previsible para una mayor calidad, menores costos y mayor eficacia.
6. Proporcionan un lenguaje común para el análisis del rendimiento del proceso.
7. La ventaja más importante de los diagramas de control por variables es que a menudo proporciona una indicación de problemas inminentes y permiten al personal operativo tomar acciones correctivas antes de que ocurra la producción real de artículos defectuosos por ende, dichos diagramas son indicadores anticipados de problemas.
8. Los diagramas de control de atributos tienen la ventaja de que hacen posible considerar varias características de calidad al mismo tiempo y clasificar el artículo como no conforme si no satisface la especificación de cualquier característica.
9. Mediante la inspección por atributos pueden evitarse mediciones costosas en recursos y tiempo.
10. Los diagramas de control por variables, proporcionan mucha más información útil respecto al funcionamiento del proceso que los diagramas por atributos, siempre que los límites de control se calculan estrictamente a partir de los datos generados por el proceso y no de las especificaciones.

Entre las desventajas que presenta la utilización de los diagramas de control se encuentran:

1. El desconocimiento del manejo y uso de los diagramas de control se incurre en pérdidas innecesarias como las siguientes:
 - a) Culpar a la gente por problemas que están fuera de su control.
 - b) Gastar dinero en equipo nuevo innecesario.
 - c) Perder tiempo buscando explicaciones por lo que se percibió como una tendencia, siendo que nada ha cambiado.
 - d) Tomar acciones cuando lo mejor hubiera sido no hacer nada.
2. Confundir los límites de control con las especificaciones del producto.
3. Los diagramas de control de atributos no reaccionaran a menos que el proceso haya cambiado tanto que se produzcan más artículos no conformes.
4. Para su uso es importante que se cuente con la ayuda de una persona experimentada.

4.2. Requisitos necesarios para utilizar los diagramas de control

Algunos puntos importantes a considerar previo a la elaboración de estos diagramas son:

- Variable a considerar
 - Para los diagramas por variables, cuando se llevan registros sobre una medida real de una característica de calidad, tal como una dimensión

de peso, volumen, temperatura, voltaje, longitud, humedad, vida útil de una lámpara, etc.

- Para los diagramas por atributos, cuando se llevan registros sobre variables importantes como la cantidad de errores cometidos por: el trabajador, los accidentes, las quejas del servicio, la cantidad de fallas de un equipo, etc.
- Tamaño de la muestra.
- Tener un criterio para decidir si conviene investigar causas de variación del proceso de producción.
- Familiarizar al personal con el uso de esta gráfica.

Y para que estos sean utilizados es necesario que sean enfocados a:

- Estandarizar un proceso.
- Verificar si un proceso es estable o está bajo control estadístico.
- Inferir la tendencia futura del proceso.
- Evaluar si un proceso está mejorando o aún no.
- Mejorar un proceso.

En muchas aplicaciones, el analista tendrá que elegir entre un diagrama de control de variables, como el de media, rango y desviación estándar y entre

un diagrama de control por atributos, como el de la proporción de unidades defectuosas y la cantidad de defectos por unidad y unidad promedio producida.

En otros casos, la selección no será tan evidente, y el analista tendrá que tomar en cuenta varios factores para poder elegir entre diagramas de control de atributos y de variables.

Por otra parte, si se manejan las diversas características de calidad como variables, entonces habrá que medir cada una de ellas y utilizar separadamente un diagrama X y R para cada una, o bien alguna técnica de control multivariante en la que se consideren simultáneamente todas las características.

Para un estudio de la capacidad de un proceso, se prefieren casi siempre los diagramas de control por variables en vez de los de atributos.

Las excepciones son los estudios sobre las no conformidades producidas por máquinas u operadores, en los cuales hay un número más limitado de fuentes de no conformidad, o bien los estudios relacionados directamente con el rendimiento y el rechazo del proceso.

Para un nivel específico de protección contra cambios en el proceso, el diagrama de control de variables necesita un tamaño muestral mucho más pequeño que el diagrama de control por atributos.

De esta manera, mientras que el control de variables es normalmente más costos y lento por unidad que el control por atributos, se tendrán que controlar menos unidades.

4.3. Diseño de control para utilizar un diagrama de control

Un diagrama de control es útil en la medida del esfuerzo inicial que se haga para su puesta en práctica, en donde se definan sus principales particularidades, teniendo en mente un enfoque preventivo y de mejora, además el diagrama de control debe de ser un instrumento que facilite el trabajo a un equipo de individuos y por ello este equipo debe de involucrarse en su diseño e implementación.

A continuación, los pasos a seguir para establecer y diseñar el uso del diagrama de control:

1. Determinar el propósito de la carta, esto implica que antes que todo se debe de definir el objetivo concreto de la carta, el tipo de problemática que este va a atender, lo que se desea que muestre la gráfica y aclarar el papel que va a desempeñar en el sistema de calidad.
2. Evaluar la situación actual, esto quiere decir ya definido el objetivo del diagrama, es necesario evaluar la situación prevaleciente respecto a este, como lo son los antecedentes de la problemática asociada, los niveles actuales de calidad, los intentos anteriores por corregir los problemas y lo que se hace ahora; esta evaluación puede soportarse en herramientas estadísticas como lo son los histogramas y las hojas de control.
3. Determinar las variables críticas, identificando las posibles fuentes de variabilidad en el proceso y las variables relacionadas con el problema; poner atención primaria a las que posiblemente afectan el desempeño del producto y las características del producto, para ello puede apoyarse en la

utilización del diagrama Causa – Efecto y de los diagramas de flujo de operaciones para entendimiento del proceso a analizar.

4. Seleccionar las variables candidatas a controlar, este paso se refiere a seleccionar de entre todas las variables identificadas las más importantes en relación de la magnitud del problema que representan y dar prioridad a las que están causando dificultades en términos de calidad, producción o costo y para ello se puede utilizar un diagrama de Pareto para identificar estas variables vitales.
5. Elegir la carta apropiada, en función del objetivo, los antecedentes y magnitud del problema así como de las posibles variables a controlar.

En cuanto a la elección del tipo adecuado de diagrama de control, los diagramas de control por variables son apropiados en los casos siguientes:

- Se introduce un nuevo proceso, o bien se fabrica un nuevo producto mediante un proceso ya existente.
- El proceso ha estado funcionando durante algún tiempo, pero tiene problemas crónicos o no puede cumplir con las tolerancias especificadas.
- El proceso tiene problemas, y el diagrama de control puede ser útil para fines de diagnóstico (localización de averías).
- Se necesitan pruebas destructivas (u otros procedimientos de prueba costosos).

- Es conveniente reducir al mínimo el muestreo para aceptación u otras pruebas cuando el proceso se pueda manejar bajo control.
- Se han utilizado gráficas de control por atributos, pero el proceso esta fuera de control o bajo control pero con producción inaceptable.
- Procesos con especificaciones muy estrechas, tolerancias de montaje traslapadas, u otros problemas de manufactura difíciles.
- Situaciones en las que el operario debe decidir si ajusta o no el proceso, o bien cuando se tiene que evaluar una configuración.
- Se requiere un cambio en las especificaciones del proceso.
- Se debe demostrar continuamente la estabilidad y capacidad del proceso.

Para los diagramas por atributos son apropiados en los casos siguientes:

- Los operadores controlan las causas especiales y es necesario reducir las fallas del proceso.
- El proceso consiste en operaciones complejas de ensamble y la calidad del producto se mide en términos de la ocurrencia de defectos, o con criterios del tipo pasa o no pasa.
- Es necesario que el proceso esté en control, pero no se pueden obtener mediciones de tipo continuo.

- Se requiere tener información sobre la evolución del desempeño del proceso y la información que proporciona este tipo de diagrama es de mucha utilidad para que la administración revise fácilmente el desempeño de sus procesos.
6. Decidir como muestrear, con que frecuencia se recopilaran los datos y cual será el tamaño de la muestra, es necesario para ello decidir qué fuentes de variabilidad pueden llegarse a combinarse en un mismo diagrama, tomando en consideración que las muestras deben de ser tan homogéneas como sea posible, para ello la selección de los elementos que forman cada muestra debe hacerse de tal manera que si hay causas especiales presentes, estas aparezcan como diferencias entre muestras y no como diferencias entre los elementos que forman la muestra, esto quiere decir que la muestra debe formarse procurando cierta homogeneidad como lo puede llegar a ser una muestra de la misma máquina, operador o molde; para elegir la muestra existen dos procedimientos básicos que son:
- a) Método del instante, el cual consiste en conformar la muestra con productos hechos en un instante de tiempo tan pequeño como sea posible, éste es el que se usa con mayor frecuencia fundamentalmente porque con él se logran obtener muestras más homogéneas y porque proporcionan una referencia del tiempo lo que es útil para localizar las causas especiales de variación.
 - b) Método del periodo, el cual consiste en seleccionar la muestra de entre las partes producidas en un período determinado, de manera que la muestra sea representativa de toda la producción de dicho período.

En cuanto a la frecuencia del muestreo hay pocos criterios que la rigen, pero está debe ser suficiente para detectar los tipos de cambios que se desean identificar.

Ahora el tamaño de la muestra debe ser determinada a partir del tipo de cambio que desea detectar, para cambios de moderados a grandes es suficiente con usar tamaños maestres de cuatro a seis (4–6) elementos ya que son razonablemente objetivos, pero si se quieren detectar cambios pequeños, entonces se incrementa el tamaño de la muestra hasta no mayor a doce (12) elementos para un diagrama de rangos o sino de quince a veinticinco (15-25) elementos para utilizar un diagrama de desviación estándar, pero hay que recordar que para los diagramas por atributos se considera al tamaño de la muestra como uno (1) ya que identifican cantidad de defectos por unidad fabricada.

4.3.1. Identificación de las áreas potenciales para la aplicación de los diagramas de control

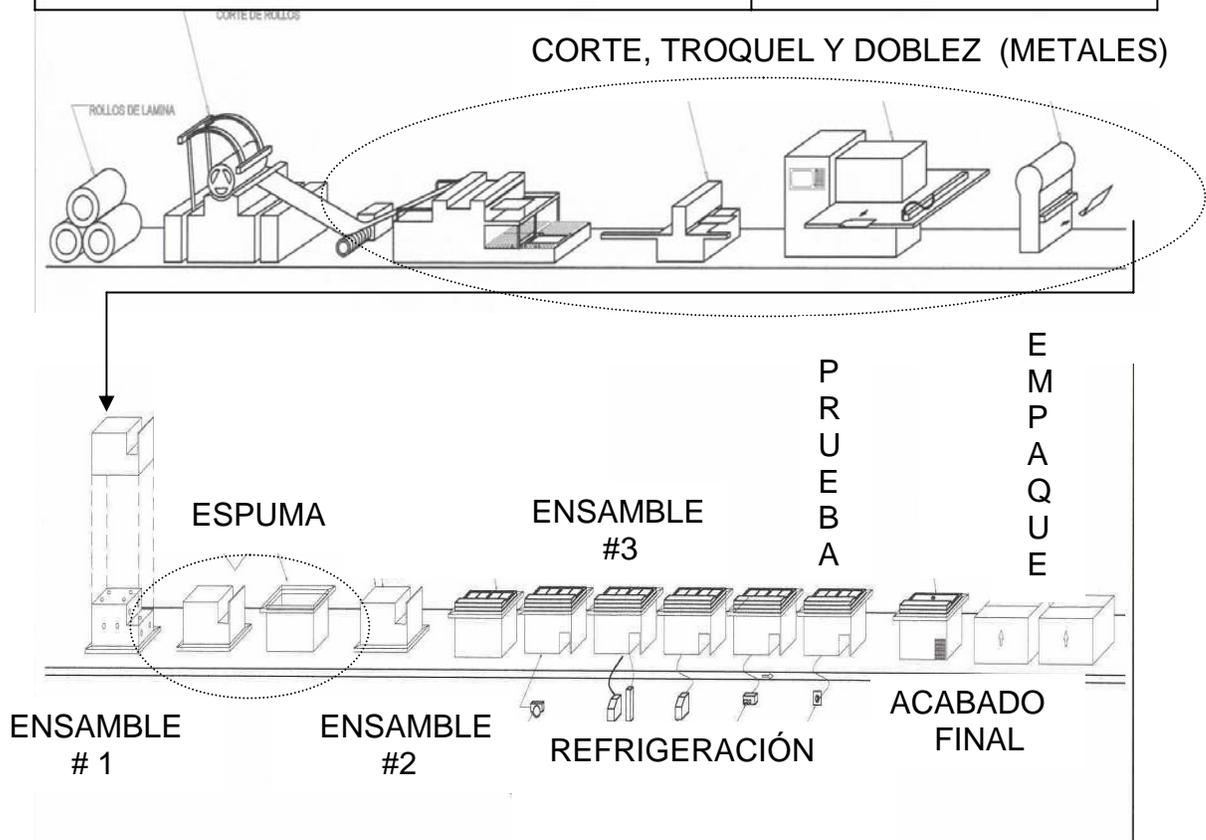
Tomando como punto de partida el cumplimiento de cada uno de los pasos descritos para el diseño de un diagrama de control, los cuales son explicados dentro de este mismo capítulo, y tomando como base y punto de partida los resultados y el análisis de cada uno de los ejemplos de aplicación que fueron presentados para cada una de las herramientas que son utilizadas para llevar a cabo un control estadístico de la producción, de las cuales algunas fueron mencionadas dentro del capítulo anterior, y por último tomando como apoyo para llevar a cabo la identificación de las áreas potenciales, para la aplicación de los diagramas de control, la utilización de un diagrama de recorrido del proceso, cuya ventaja de ser un modelo gráfico, se identificarán por medio de una circunferencia u ovalo, cada una de las áreas potenciales

para la utilización y aplicación de los diagramas de control que más se adapten a las condiciones y variables que dentro del proceso de fabricación de enfriadores comerciales se desee medir.

A continuación se presenta el diagrama de recorrido para el proceso de fabricación de un enfriador comercial horizontal.

Figura 12. Diagrama de recorrido del proceso de fabricación de equipos de refrigeración comercial.

Diagrama de Recorrido del Proceso	Método: Actual
Proceso: Fabricación de equipos	Fecha: 21/Agosto/2006
Departamento: Producción	Realizado por: Ronald Coronado
Empresa: Refrigeradores, S.A.	Hoja: 1 de 1



5. IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL DE CALIDAD UTILIZANDO LOS DIAGRAMAS DE CONTROL

5.1. Descripción del proceso para la implementación de la carta de control

Como fue descrito en la sección 4.3.1 del capítulo anterior, y tomando como punto de referencia el análisis estadístico presentado a lo largo del capítulo No.3, se procede a presentar una descripción de los procesos a los cuales les serán implementados el uso de una carta de control.

5.1.1. Área de metales

El proceso que es elaborado en esta área se encuentra formado por el área de corte, la cual es la encargada de elaborar el corte de las piezas a las dimensiones especificadas por las piezas de acuerdo a la especificación de corte.

Para esta actividad se utiliza como herramienta de soporte un patrón y especificación de corte para la pieza, este último es proporcionado por una lista de corte.

El proceso de corte da inicio con la selección del material a cortar, el cual es proporcionado por un listado de corte, se procede a consultar los patrones de corte se procede a efectuar el corte de el rollo de lámina.

Si las piezas cortadas de acuerdo a la especificación de corte y dibujo de la pieza necesitan ser troqueladas y/o dobladas se procede a enviarlas a las áreas correspondientes para la continuación de su proceso de fabricación, de ser el caso contrario se identifica la pieza como terminada y esta es enviada a las líneas de ensamble y/o sub-ensamble para su utilización.

Tomando como referencia el dibujo de la pieza y si está lo requiere, el proceso continua en el área de troquel, en donde se procede a troquelar la pieza procedente del área de corte.

El proceso de troquelado inicia con el herramental de la máquina troqueladora por parte del operador de la misma y al finalizar esta actividad procede a la instalación del número de programa de troquel para la pieza a fabricar, el cual es el mismo número de dibujo de la pieza a elaborar, y posterior coloca la pieza cortada dentro de la máquina troqueladora para proceder al troquelado automático de la pieza.

Si las piezas troqueladas de acuerdo a su dibujo necesitan ser dobladas se procede a enviarlas al área correspondiente para la continuación de su proceso de fabricación, de ser el caso contrario se identifica la pieza como terminada y esta es enviada a las líneas de ensamble y/o sub-ensamble para su utilización.

Tomando como referencia el dibujo de la pieza y si está lo requiere, el proceso continua en el área de doblado, donde por medio de la lectura e interpretación del plano de la pieza, se procede a doblar cada una de las piezas.

El proceso de doblado de la pieza inicia con el herramental de la máquina por parte del operador de la misma de acuerdo a la operación de doblado que

indica el plano de la pieza a doblar, para efectuar el doblar de la pieza luego el operador procede a fijar las coordenadas para los topes que utilizará la pieza para ser doblada y posterior procede a la elaboración del doblar en la pieza.

Al finalizar el proceso de doblar en la pieza, se identifica como producto terminado del área y es enviada a las líneas de ensamble y/o sub ensamble para su utilización.

5.1.2. Área de espuma

El proceso que se lleva a cabo en esta área da inicio con la ubicación del gabinete ensamblado en el área del cuarto de espera, el cual es un sitio en donde se colocan los gabinetes en espera a ser espumados, en esta área el operario encargado de efectuar el espumado del gabinete, procede a sellar por medio de la aplicación de cinta adhesiva en las periferias del gabinete con el fin de evitar que al momento de instalar los moldes u operación de enmoldado afecte la presentación del gabinete.

Luego de la instalación de la cinta adhesiva, el operario procede a trasladar el gabinete hacia el área de enmoldado sobre el carro de la wima, donde se procede a instalar los moldes que al momento de la operación de espumado no permitirán que el gabinete se deforme.

Cuando el gabinete se encuentra enmoldado, se trasladan los gabinetes hacia la wima, la cual es una cámara donde por medio de la aplicación de presiones escuadra y da forma al gabinete que va a ser espumado.

La actividad de espumado se lleva a cabo por medio de la inyección de la mezcla espumante por medio de disparos dirigidos por el operario encargado

de efectuar esta operación y graduados de acuerdo al programa de espumado que ha sido ingresado a la máquina espumadora.

De acuerdo a la cantidad de gramos inyectados al gabinete, se procede a esperar un tiempo de curado de la mezcla espumante aplicada en el gabinete y al finalizar este tiempo, se procede a extraer el gabinete de la wima y a quitar los moldes del gabinete.

Luego del desenmolde del gabinete, este es trasladado a la línea de producción para que continúe su proceso de fabricación.

5.2. Pasos a seguir para la implementación de la carta de control

De acuerdo a los pasos descritos dentro de la sección 4.3, del capítulo anterior, en donde se presenta la información que debe ser considerada para la utilización e implementación de una carta de control, se presenta el análisis de cada uno de los pasos mencionados con anterioridad con la finalidad de llegar a la implementación de la o las cartas de control que serán seleccionadas:

1. Determinar el propósito de la carta; la finalidad de la utilización de la carta dentro del sistema de control de calidad es la de utilizar una herramienta estadística que colabore con la verificación de la conformidad de los procesos a los cuales serán aplicadas y a la vez permita identificar y atender de manera inmediata cualquier problema que afecte el control del proceso medido.
2. Evaluación del sistema actual; de acuerdo al control de calidad ya implementado dentro del proceso de fabricación, a éste le falta una herramienta que de manera gráfica y periódicamente nos muestre el

comportamiento de los procesos y no como actualmente se realiza hasta el final del mes por medio de un reporte mensual evidencie los punto donde fallo el proceso de fabricación sacrificando así a la larga la conformidad del producto fabricado a lo largo de todo el mes.

3. Determinación de variables críticas; tomando como punto de partida la información proporcionada por los reportes mensuales del control efectuado al proceso de fabricación y utilizando como herramienta de soporte un análisis de causas, se han podido identificar algunas áreas que facilitan que el proceso de fabricación actual no sea como el deseado y por medio de esta herramienta se ha iniciado con la mejora de los sistemas de fabricación para cada área en la actualidad.
4. Selección de las variables candidatas a controlar; tomando como punto de partida la información proporcionada mensualmente por el departamento de calidad en el análisis de sus reportes mensuales de fabricación, utilizando los diagramas de Pareto como herramienta gráfica han sido seleccionadas dos variables para su control inicial siendo estas:
 - a) La variabilidad en la fabricación de piezas por parte del área de metales.
 - b) La variación en la conformidad del producto fabricado.
5. La selección de la carta de control apropiada se hará en función del propósito, los antecedentes y de la magnitud del problema así como de las variables a controlar, así de lo anterior se puede decir que:
 - a) Para analizar la variabilidad de las piezas fabricadas en el área de metales se utilizará la carta por variables de medias y rangos ya que por

el tipo de proceso en donde las medidas a controlar poseen tolerancias de fabricación es recomendable la aplicación de estas dos cartas por el hecho que podría darse el caso que dentro de la medición de una de las cartas identifique el proceso como controlado pero la otra lo identifique como fuera de control y amerite una investigación.

- b) Para analizar la variabilidad en la conformidad del producto en el área de espuma se utilizará la carta de atributos “c” ya que esta no sólo nos ayudará a detectar situaciones fuera de la normalidad, que en el futuro se deben prevenir, sino que además provoca en el administrador del sistema de producción una mayor conciencia de la magnitud e importancia del problema, además de que será muy fácil evaluar el impacto de las acciones de mejora que llegasen a implementarse.
6. Para decidir como muestrear, el tamaño de la muestra y la frecuencia para recopilar los datos, partiremos diciendo que según los métodos de muestreo que son mencionados dentro de la sección 4.3 del capítulo anterior, el muestreo se llevara a cabo por medio del método del instante, el cual proporcionará muestras con mayor homogeneidad que beneficiará al momento de graficar la carta, la frecuencia con que serán muestreadas las piezas o gabinetes de acuerdo al tipo de variables que se deseen identificar, para el área de metales se utilizará un tamaño de muestra de 12 unidades por cada hora de trabajo y para el área de espuma se utilizará una muestra de 8 gabinetes por cada período de fabricación, además el tamaño descrito de la muestra se encuentra enfocado en obtener una medición de cambios pequeños que pueda sufrir el producto al momento de estar siendo fabricado.

7. Asegurar la cooperación, para el buen funcionamiento de la carta de control, es necesario que a quienes estén relacionados con la problemática que pretenden atender las cartas de control se les involucre y capacite sobre lo que van a detectar las cartas y cómo van a ayudar a realizar de una mejor manera el trabajo, además ayudará a fortalecerle desarrollo del trabajo en equipo y fortalecerá la corresponsabilidad por la calidad.
8. Entrenar a los usuarios, se refiere a entrenar y capacitar a quienes van a utilizar las cartas de control en relación a cada cuándo y cómo se van a tomar los datos en el registro de puntos en la carta de control, en la documentación de las cartas, en fin de todos aquellos pasos que se deben de seguir en la operación de la carta.
9. El análisis de los resultados e interpretación correcta de las cartas que son mencionadas dentro de la sección 3.5 de uno de los capítulos anteriores, es importante la selección de los responsables de hacer este análisis y de la política a seguir cuando se detecte que el proceso monitoreado esté fuera de control estadístico y el cual quedará a criterio del Gerente de calidad para el manejo del tema.

5.2.1. Herramientas a utilizar en la implementación de la carta de control

A continuación se presentan los formatos que servirán para la recopilación de los datos muestreados y la tabla de factores utilizada para la construcción de las cartas de control seleccionadas.

Figura 14. Formato para diagramar una carta por atributos

REFRIGERADORES, S.A.
DEPARTAMENTO DE CALIDAD

CARTA DE CONTROL

CARTA POR ATRIBUTOS:	FECHA:
ELABORADO POR:	MODELO:
REVISO:	LÍNEA:

TABLA DE MUESTREO

PERÍODO	# REVISADO (m)	DEFECTOS EN MUESTRA (c)	SUMATORIA (c)
TOTAL			

Límites gráfico C:

$$L.S.C_c = C + 3 (C)^{EXP1/2}$$

$$L.C.C_c = R$$

$$L.I.C_c = C - 3 (C)^{EXP1/2}$$

$$C = \text{Sumatoria de } c / \text{Total de equipos revisados}$$

A large grid for plotting the control chart data, consisting of 20 columns and 20 rows.

OBSERVACIONES:

Tabla V. Factores para la construcción de las cartas de control

Tamaño de muestra, n	Carta X	Carta R	
	A ₂	D ₃	D ₄
2	1.880	0	3.267
3	1.023	0	2.575
4	0.729	0	2.282
5	0.577	0	2.115
6	0.483	0	2.004
7	0.419	0.076	1.924
8	0.373	0.136	1.864
9	0.337	0.184	1.816
10	0.308	0.223	1.777
11	0.285	0.256	1.744
12	0.266	0.283	1.717
13	0.249	0.307	1.693
14	0.235	0.328	1.672
15	0.223	0.347	1.653
16	0.212	0.363	1.637
17	0.203	0.378	1.622
18	0.194	0.391	1.608
19	0.187	0.403	1.597
20	0.180	0.415	1.585
25	0.153	0.459	1.541

Tabla V. Humberto Gutiérrez P. **Control total y productividad**, Pag.387

5.3. Implementación de la carta de control

Dentro de la empresa se fabrican piezas de ensamble que deben de ser dobladas y que posteriormente en la línea de ensamble son utilizadas para formar los gabinetes que posteriormente se convertirán en equipos de refrigeración, en una fase particular de la pieza se tiene la media de la pieza doblada terminada debe ser 59 ¼”, con una tolerancia de ± 1/64” (0.4 mm), si no se cumple con las dimensiones de la pieza entonces representan problemas de calidad al momento del ensamble final de la pieza.

A continuación se muestran los datos recopilados por medio del muestreo realizado en el proceso de dobles de laterales exteriores para analizar el proceso por medio de la carta de medias y rangos.

Tabla VI. Valores para graficar carta de control por variables

PERÍODO	PIEZA	MEDIDA	MUESTRAS					MEDIA	RANGO
1	Lateral	59 1/4 ± 1/64	59 9/32	59 1/4	59 1/4	59 9/32	59 1/4	59 21/80	1/32
	Lateral	59 1/4 ± 1/64	59 1/4	59 9/32	59 9/32	59 7/32	59 1/4	59 41/160	1/16
	Lateral	59 1/4 ± 1/64	59 7/32	59 1/4	59 9/32	59 9/32	59 9/32	59 21/80	1/16
2	Lateral	59 1/4 ± 1/64	59 1/4	59 9/32	59 1/4	59 9/32	59 1/4	59 21/80	1/32
	Lateral	59 1/4 ± 1/64	59 1/4	59 1/4	59 9/32	59 1/4	59 1/4	59 41/160	1/32
	Lateral	59 1/4 ± 1/64	59 1/4	59 9/32	59 1/4	59 1/4	59 1/4	59 41/160	1/32
3	Lateral	59 1/4 ± 1/64	59 1/4	59 9/32	59 1/4	59 1/4	59 9/32	59 21/80	1/32
	Lateral	59 1/4 ± 1/64	59 9/32	59 1/4	59 1/4	59 9/32	59 1/4	59 21/80	1/32
	Lateral	59 1/4 ± 1/64	59 1/4	59 1/4	59 1/4	59 9/32	59 1/4	59 41/160	1/32
4	Lateral	59 1/4 ± 1/64	59 9/32	59 1/4	59 1/4	59 1/4	59 1/4	59 41/160	1/32
	Lateral	59 1/4 ± 1/64	59 1/4	59 1/4	59 9/32	59 1/4	59 1/4	59 41/160	1/32
	Lateral	59 1/4 ± 1/64	59 1/4	59 1/4	59 1/4	59 1/4	59 9/32	59 41/160	1/32
							(X) (R) MEDIA	59 497/1920	7/192

Con los datos presentados en la parte superior, se procede a calcular los límites de control para la carta de medias (X) y la carta de rangos (R).

Utilizando como apoyo la tabla de factores para la construcción de la carta de control se procede a efectuar el cálculo de los límites para la carta de medias y su respectivo gráfico:

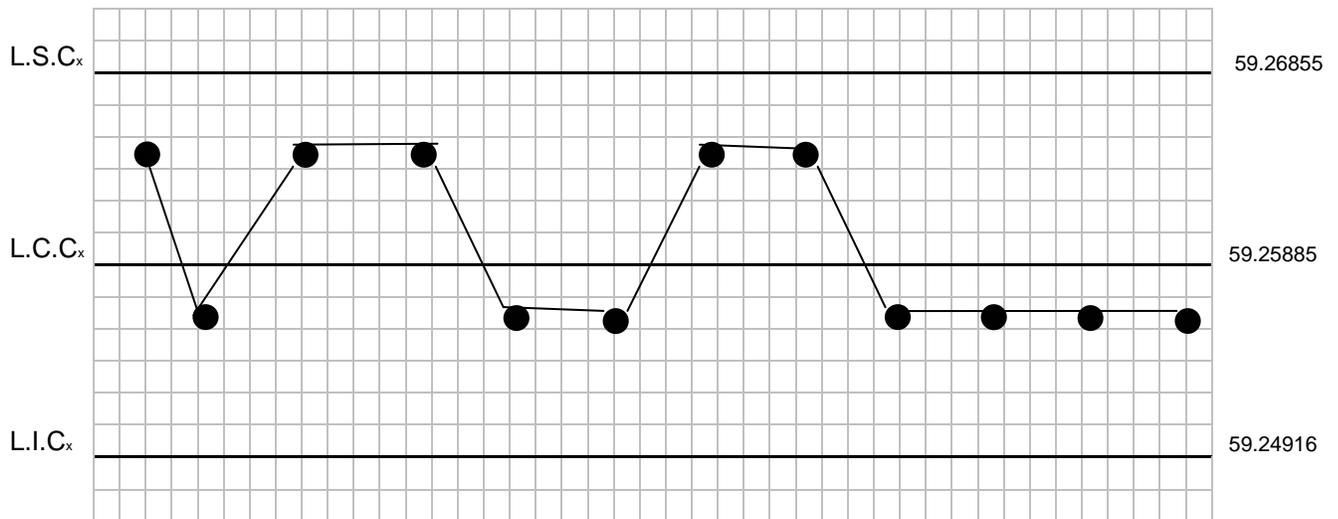
De la tabla de factores para una muestra $m= 12$ el valor para A_2 es 0.266.

$$L.S.C_x = X + A_2 R = 59\,497/1920 + 0.266 (7/192) = 59.26855$$

$$L.C.C_x = X = 59\,497/1920 = 59.25885$$

$$L.I.C_x = X - A_2 R = 59\,497/1920 - 0.266 (7/192) = 59.24916$$

Figura 15. Diagrama de control de medias



El gráfico muestra un proceso bajo control estadístico.

Lo cual nos indica que el proceso se encuentra bajo control estadístico y que únicamente se encuentra afectado por variables comunes al proceso de fabricación de enfriadores comerciales.

A continuación utilizando como apoyo la tabla de factores para la construcción de la carta de control se procede a efectuar el cálculo de los límites para la carta de rangos y su respectivo gráfico:

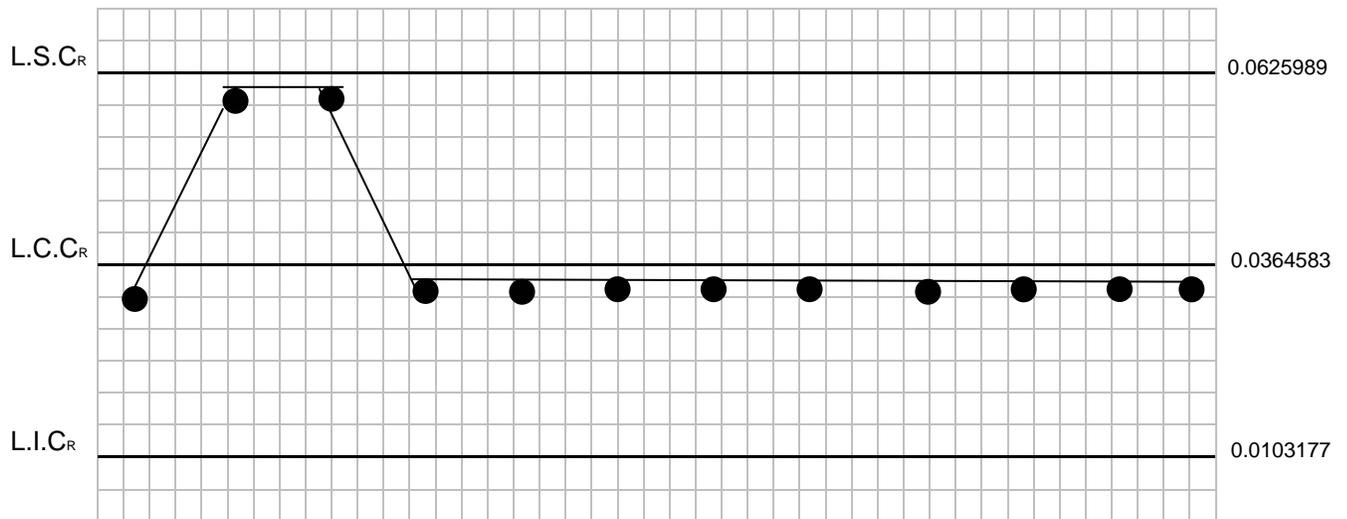
De la tabla de factores para una muestra $m= 12$ el valor para D_3 es 0.283 y para D_4 es 1.717.

$$L.S.C_R = D_4 (R) = 1.717 (7/192) = 0.0625989$$

$$L.C.C_R = R = 7/192 = 0.0364583$$

$$L.I.C_R = D_3 (R) = 0.283 (7/192) = 0.0103177$$

Figura 16. Diagrama de control por rangos



El gráfico muestra todos los puntos dentro de los límites de control estadístico, lo cual nos indica que el proceso se encuentra afectado por variables comunes al proceso de fabricación de enfriadores comerciales.

A continuación se muestran los datos recopilados por medio del muestreo de 8 unidades por período inspeccionado realizado en el proceso de espumado de gabinetes y a continuación el análisis del proceso por medio de la carta por atributos “c”.

Tabla VII. Valores para graficar carta de control por atributos

PERÍODO	# REVISADO (m)	DEFECTOS EN MUESTRA (c)	SUMATORIA (c)
1	4	2, 3, 2, 4	10
	4	1, 3, 3, 3	10
2	4	2, 1, 2, 3	8
	4	4, 3, 3, 2	12
3	4	3, 2, 4, 3	12
	4	2, 2, 5, 3	12
4	4	3, 2, 4, 1	10
	4	1, 5, 3, 2	11
TOTAL	32		85

Con los datos presentados en la parte superior, se procede a calcular los límites de control para la carta de control tipo “c”.

Se procede a calcular el valor C de la siguiente manera:

$$C = \text{Sumatoria de } c / \text{Total de equipos revisados}$$

$$C = 85 / 32 = 2.65625 \text{ defectos por muestra inspeccionada}$$

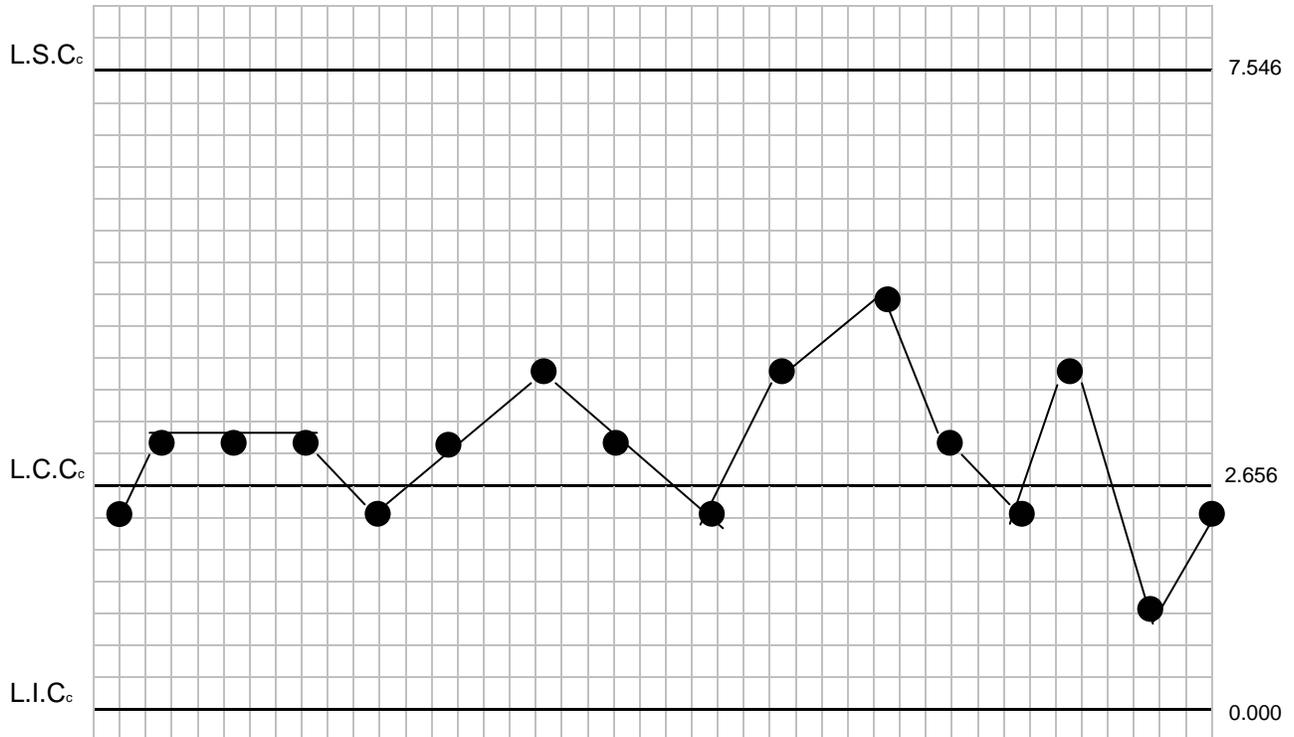
$$L.S.C_c = C + 3(C)EXP^{1/2} = 2.65625 + 3(2.65625)EXP^{1/2} = 7.546$$

$$L.C.C_c = C = 2.65625$$

$$L.I.C_c = C - 3(C)EXP^{1/2} = 2.65625 - 3(2.65625)EXP^{1/2} = -2.233$$

En el caso que alguno de los límites sea negativo, entonces el límite será de valor cero (0).

Figura 17. Diagrama de control por cantidad de defectos



El gráfico muestra una tendencia cíclica por lo que podemos decir que dentro del proceso de espuma no hay causas específicas, que se encuentren afectando directamente este proceso, por lo cual podemos decir que el proceso de espumado se encuentra bajo control estadístico.

Ya finalizada la implantación de las cartas de control, es necesario asegurar su efectividad y para ello debe de tener cuidado de que el llenado de los puntos en la carta de control no se convierta en una rutina más en la que no se tome ningún tipo de acción; es indispensable revisar periódicamente si la carta está cumpliendo con el propósito para el que se implementó, si se esta usando e interpretando correctamente y si la problemática se ha reducido.

También se debe de mantener el interés en la carta de control, realizando acciones para que la carta no se use mecánicamente, sino que sea

un instrumento vivo, útil y que reciba atención; para ello se puede involucrar cada vez más a los usuarios de las cartas en la corresponsabilidad de la calidad, asignar responsabilidades, modificar la carta: tanto en lugar a la aplicación, la frecuencia y el tamaño del muestreo y puede cambiarse la naturaleza de acuerdo con los resultados obtenidos y si las cartas indican que el proceso analizado es estable y capaz, entonces ahora el propósito de la carta de control debe ser preventivo, para que las mejoras logradas sean irreversibles.

Y si se llega a determinar que la carta ha cumplido el propósito por el cual fue creado o la problemática no se ha reducido y ya no tiene una razón de ser, entonces es el momento de pensar en eliminarla y sustituirla por una alternativa acorde con las variables actuales.

CONCLUSIONES

1. El control de calidad tiene como finalidad garantizar el logro de los objetivos de calidad y es la actividad mediante la cual una empresa determina si el producto que elabora o el servicio que presta cumple con las especificaciones contenidas en la norma de calidad específicas para tal producto o servicio, además consiste en desarrollar, diseñar, elaborar y mantener un proceso, producto y/o servicio de calidad a medida que mejora la uniformidad en los procesos para que estos lleguen a ser eficaces, eficientes y productivos, garantizando que las actividades programadas ocurran según fueron planeadas para que el producto fabricado y/o servicio prestado sea económico, útil y siempre satisfactorio para el cliente.
2. El uso de herramientas estadísticas en el proceso productivo da objetividad y precisión a las observaciones que por medio de formas gráficas determinan la frecuencia con que algo ocurre de modo que se pueda asignar un orden de prioridades.
3. Los diagramas o cartas de control son una de las principales herramientas de calidad, porque permiten monitorear los procesos de forma tal que posibilitan su estandarización, estabilidad, evaluación de la mejora y la predicción del futuro inmediato, según las tendencias actuales de las variables objeto de estudio.

4. El control estadístico de procesos es una metodología que utiliza fundamentalmente gráficos que permiten monitorear la calidad de un proceso de producción, producto o de suministro de un servicio, de forma que se detecte, cuanto antes, cualquier situación inadecuada; que permitirá eliminar las causas especiales de variabilidad en la obtención del resultado final.
5. Todo proceso productivo esta sujeto a causas que provocan variaciones que afectan a todos; pero su origen se debe al diseño del sistema y a la forma habitual en que este es operado.
6. Las causas que provocan variación al proceso productivo son causas comunes inherentes del proceso o sistema que afectan a todos los que trabajan dentro de él y se deben al diseño del sistema y a la forma en que es operado normalmente; y causas especiales o asignables que no forman parte del proceso o sistema sino que ocurren debido a circunstancias específicas.
7. Cuando las cartas de control muestran una variación aleatoria se dice que el proceso es estable o que está en estado de control estadístico, ya que solamente se ve afectado por causas comunes, pero cuando este muestra una variación no aleatoria que sigue patrones específicos reconocibles se dice que el proceso se encuentra afectado por causas especiales las cuales hay que identificar y analizar para regresar el proceso a un estado de control estadístico.

RECOMENDACIONES

1. Los diagramas de control no solamente pueden ser usados para vigilar los procesos, sino que deben de ser usados como un método activo, en línea, para reducir la variabilidad del proceso.
2. Es indispensable tener un método para interpretar el significado de la variación y para ello es necesario aprender a observar cuidadosamente las tendencias que muestran los gráficos, con el fin de determinar el fenómeno o causa verdadera de la variación.
3. Con la implementación de herramientas estadísticas para el control de los procesos se ayudará a las empresas a mejorar su competitividad dentro del mercado y mejorará la uniformidad de los procesos para que estos lleguen a ser eficaces, eficientes y productivos.
4. El uso de cualquiera de estas herramientas estadísticas en el control de los procesos, pueden ser descritas genéricamente como "métodos para la mejora continua y la solución de problemas", ya que consisten en técnicas gráficas que ayudan a comprender los procesos de trabajo de las organizaciones para promover una mejora continua de los procesos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Alegría Méndez, Luis Francisco. Aseguramiento de la calidad en una planta de panificación industrial. Tesis de Ing. Industrial Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 1998.
2. Brizuela Dolores y González Amalia. **La reingeniería.** 2da. ed. Argentina: Ed. Kapelusz, 1980.
3. Duncan, Acheson J. **Control de calidad y estadística industrial.** México: Ed. Alfaomega, 1989.
4. Grant, Eugene L y Leavenworth Richard S. **Control estadístico de calidad.** México: Ed. CECSA, 1986.
5. Gutiérrez Pulido, Humberto. **Control total y productividad.** México: Ed. McGraw Hill, 1997.
6. Horngren Charles T y Foster George. **Contabilidad de costos: un enfoque gerencial.** 6ta. ed. México: Ed. Prentice-Hall, 1991.
7. Vaughn, Richard C. **Control de calidad.** México: Ed. Limusa, 1987.