



**INDUSTRIAS DE REFRIGERACION
COMERCIAL S.A.**

**GESTIÓN DE LA MEJORA EN EL PROCESO DE REFRIGERACIÓN EN LAS
LÍNEAS DE PRODUCTOS, EN LA EMPRESA INDUFRIAL S.A., MEDIANTE
LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAIC BASADA EN LA
FILOSOFÍA SEIS SIGMA**

**JORGE ENRIQUE MORALES MERCADO
ROBERTO CARLOS ALEMAN LOPEZ**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
MINOR EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN
CARTAGENA
2006**

**GESTIÓN DE LA MEJORA EN EL PROCESO DE REFRIGERACIÓN EN LAS
LÍNEAS DE PRODUCTOS, EN LA EMPRESA INDUFRIAL S.A., MEDIANTE
LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAIC BASADA EN LA
FILOSOFÍA SEIS SIGMA**

**JORGE ENRIQUE MORALES MERCADO
ROBERTO CARLOS ALEMAN LOPEZ**

**Monografía presentada como requisito para obtener título de
Ingeniero Industrial**

**Director
FABIAN GAZABON ARRIETA
Ingeniero Industrial**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
MINOR EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN
CARTAGENA
2006**

Cartagena de Indias D.T. y C., Octubre 20 de 2006

Señores

**COMITÉ DE EVALUACION
PROGRAMA DE INGENIERIA INDUSTRIAL
UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE BOLIVAR**

Ciudad

Apreciados señores:

Por medio de la presente, me permito someter a su consideración la monografía titulada **“GESTIÓN DE LA MEJORA EN EL PROCESO DE REFRIGERACIÓN EN LAS LÍNEAS DE PRODUCTOS, EN LA EMPRESA INDUSTRIAL S.A., MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAIC BASADA EN LA FILOSOFÍA SEIS SIGMA”**, realizada por los estudiantes JORGE ENRIQUE MORALES MERCADO Y ROBERTO CARLOS ALEMAN LOPEZ, para optar al título de Ingeniero Industrial, en la que me desempeñe cumpliendo la función de director del proyecto.

Atentamente,

FABIAN GAZABON ARRIETA

Director del Proyecto

Cartagena de Indias D.T. y C., Octubre 20 de 2006

Señores

COMITÉ DE EVALUACION
PROGRAMA DE INGENIERIA INDUSTRIAL
UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE BOLIVAR
Ciudad

Apreciados señores:

Por medio de la presente, me permito someter a su consideración la monografía titulada **“GESTIÓN DE LA MEJORA EN EL PROCESO DE REFRIGERACIÓN EN LAS LÍNEAS DE PRODUCTOS, EN LA EMPRESA INDUSTRIAL S.A., MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAIC BASADA EN LA FILOSOFÍA SEIS SIGMA”**, para optar al título de Ingeniero Industrial.

Atentamente,

JORGE E. MORALES MERCADO
CODIGO 0101012

ROBERTO C. ALEMAN LOPEZ
CODIGO 0201453

Nota de Aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Cartagena de Indias D.T. y C., Octubre 20 de 2006

*A Dios por darme la vida y permitirme vivir rodeado de grandes personas,
A mis padres y a mi hermana por apoyarme durante estos años,
En memoria de DOLORES ALEMAN que en paz descansa y que siempre la
tendremos en nuestros corazones,
A mis amigos y compañeros que siempre han estado a mi lado apoyándome,
A la vida por enseñarme y esculpirme como la persona que soy hoy en día
¡¡ Muchas gracias!!*

ROBERTO CARLOS ALEMAN LOPEZ

*A DIOS por darme la fortaleza para sacar adelante este proyecto y no dejarme
desfallecer en los momentos más difíciles,
A mis padres por la formación que me dieron y por enseñarme cada día a ser
una mejor persona,
A mi hermano ALVARO por su soporte y enseñarme a sobrellevar las
adversidades
A MAGALY BERMÚDEZ por sus consejos y su apoyo invaluable,
A todas aquellas personas que aunque no las mencione contribuyeron de
alguna forma en este proyecto.
Muchas Gracias!!!*

JORGE ENRIQUE MORALES MERCADO

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecerle al Ingeniero Fabián Gazabón por su valioso aporte en el direccionamiento que debíamos tomar en cuanto al proyecto y al ofrecimiento de sus conocimientos de la metodología del DMAIC.

Agradecemos al Ing. Diego Valencia por permitirnos la realización de nuestra monografía como trabajo de grado, dentro de las instalaciones de la empresa INDUFRIAL S.A., además de la colaboración del Ing. Jairo Olier, el Ing. Javier Marrugo, la Srta. Norma Marrugo, el Sr. Pedro Julio, el Sr. Gildardo Pérez, por la valiosa información brindada y su gran interés al momento de colaborarnos, también a todo el personal de la empresa que de una u otra forma se vieron involucradas y llegaron a colaborar en la realización de esta monografía.

Gracias a la Universidad Tecnológica de Bolívar por habernos ofrecido su excelente programa de Ingeniería Industrial y su magnifico cuerpo de docentes, que a través de todos estos años nos transmitieron mucho mas que su conocimiento, parte primordial de nuestro desarrollo como profesionales.

A los docentes del Minor en Sistemas de Producción 2005 – 2006 de la Universidad Tecnológica de Bolívar (en especial al Ing. Jaime Acevedo y al Ing. Misael Cruz por habernos colaborado como consultores después de haber finalizado el minor), por la excelente labor realizada al enseñarnos a conocer y profundizar en la parte de producción, a la cual el programa de Ingeniería Industrial se encuentra enfocado.

Gracias a todos y a cada uno de aquellos que nos colaboraron en nuestra labor, aunque no exponamos sus nombres, pues sin su aporte no hubiese sido posible la realización de este proyecto.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	
OBJETIVOS	2
CAPITULO I - MARCO TEORICO	
1.1 ENFOQUE BASADO EN PROCESOS PARA SISTEMAS DE GESTION	4
1.2 TIPOS DE PROCESOS	5
1.3 EVOLUCION DE LAS FILOSOFIAS DE CALIDAD	7
1.3.1 Desarrollo de la calidad a través de la inspección	7
1.3.2 Desarrollo de la calidad a través del control de calidad	8
1.3.3 Desarrollo de la calidad a través del aseguramiento de la calidad	10
1.3.4 Desarrollo de la calidad a través de la GCT	11
1.3.5 Desarrollo de la calidad a través del Six Sigma	16
1.4 TQM Vs. SIX SIGMA	25
CAPITULO II – GENERALIDADES DE LA EMPRESA	
2.1 RESEÑA HISTORICA	28
2.2 UBICACIÓN	29
2.3 MISION	29
2.3.1 Análisis de la Misión	30
2.4 VISION	32
2.4.1 Análisis de la Visión	32
2.5 POLITICA DE CALIDAD	33
2.6 DESCRIPCION DEL SISTEMA DE MEJORAMIENTO CONTINUO	34
2.7 ACCIONES CORRECTIVAS Y PREVENTIVAS	35
2.8 DESCRIPCION DE LOS PROCESOS EN LAS LINEAS DE REFRIGERACION	35
2.8.1 Línea de congeladores y botelleros	35
2.8.2 Línea de neveras	37
2.8.3 Línea de vitrinas	37
CAPITULO III – ETAPA DEFINIR	
3.1 EVIDENCIA DE PROBLEMAS	40
3.2 REPORTE DE FALLAS (CLIENTES EXTERNOS)	40
3.3 FALLAS INTERNAS (CALIDAD)	43
3.4 JUSTIFICACION DE LA ELECCION DEL DEFECTO DE MAYOR IMPACTO EN LAS LINEAS DE REFRIGERACIÓN	46

CAPITULO IV – ETAPA DE MEDICION	
4.1 DEFINICION DEL SISTEMA DE MEDICION	53
4.2 PLAN DE MUESTREO	56
4.3 DEFINICION DE LA MEDIDA	60
4.4 TIPO DE MUESTREO	64
4.5 CONFIABILIDAD DE LOS DATOS	65
4.5.1 Procedimiento de calibración	66
4.6 ESTRATEGIA DE MUESTREO	68
4.7 Calculo del nivel sigma para el proceso de refrigeración	71
4.8 Calculo de los costos de la Mala Calidad (CMC)	73
CAPITULO V – ETAPA DE ANALIZAR	
5.1 HIPOTESIS INICIAL	75
5.2 ANALISIS DE DATOS Y PROCESOS	76
5.2.1 Análisis de Procesos	77
5.2.1.1 Fase de Exploración	77
5.2.1.2 Resultado del Análisis de los Diagramas de Flujo	80
5.2.2 Generación de Hipótesis	82
5.2.2.1 Análisis Diagrama de Subprocesos	88
5.3 ANALISIS DE DATOS	88
5.3.1 Fase de Exploración	88
5.3.1.1 Análisis de la Carta de Control del Proceso	91
5.3.1.2 Conclusiones del Análisis de los Gráficos de Control	97
5.3.2 Generación de Hipótesis	102
5.3.3 Selección de la Causa(s) raíz del Problema	107
5.3.4 Verificación de las Causas Seleccionada	109
CAPITULO VI – ETAPA DE MEJORA	111
6.1 Selección de las mejoras	116
CAPITULO VII – CONCLUSIONES	117
BIBLIOGRAFIA	119

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Pasos del ciclo PDCA ó PHVA	14
Cuadro 2. Eras de gestión de calidad y sus enfoques	15
Cuadro 3. Diferencias entre Six Sigma y el TQM	27
Cuadro 4. Defectos por sección	44
Cuadro 5. Cuadro de proyecto DMAIC	52
Cuadro 6. Cantidad reportada de equipos por problemas de fallo de gas en el 2005	56
Cuadro 7. Definición operativa	61
Cuadro 8. Hoja de trabajo para la definición operativa	64
Cuadro 9. Capacidad de producción mínima diaria	68
Cuadro 10. Hoja de trabajo para el muestreo de procesos, datos continuos o discretos	71
Cuadro 11. Hoja de trabajo para el cálculo del nivel sigma	72

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Esquema del concepto de proceso	5
Figura 2. Ciclo PDCA (Rueda Deming)	13
Figura 3. Metodología de mejoramiento DMAIC de alto nivel	21
Figura 4. Árbol CPC	22
Figura 5. Diagrama de proceso	22
Figura 6. Histograma	23
Figura 7. Diagrama causa- efecto	23
Figura 8. Diagrama de Pareto	24
Figura 9. Diagrama de comportamiento	24
Figura 10. Diagrama de control	25
Figura 11. Manómetro de presión baja	54
Figura 12. Manómetro manual	54
Figura 13. Válvula de inyección rápida	55
Figura 14. Banco de pruebas para calibración	66
Figura 15. Gráfico para la selección del tamaño de la muestra: estrategia diaria	70

LISTA DE GRAFICOS

	Pág.
Grafico 1. Reporte de fallas durante el año 2005	41
Grafica 2. Diagrama de Pareto sobre reporte de quejas externas	42
Grafico 3. Grafico de fallas internas año 2005	45
Grafica 4. Defectos relacionados con refrigeración	47
Grafico 5. Diagrama de Pareto de defectos de refrigeración	48
Grafico 6. Diagrama de Pareto relación de costos por defectos de refrigeración	49
Grafico 7. Carta de control del proceso de refrigeración (370 muestras)	90
Grafico 8. Histograma del proceso de refrigeración	98
Grafica 9. Test De Normalidad	100

LISTA DE DIAGRAMAS

	Pág.
Diagrama 1. Árbol CTQ para la evaluación de las medidas	62
Diagrama 2. Diagrama de flujo de la Línea de Neveras	78
Diagrama 3. Diagrama de flujo de la Línea de Vitrinas	79
Diagrama 4. Diagrama SIPOC – Proceso de refrigeración	83
Diagrama 5. Mapa de proceso de despliegue	85
Diagrama 6. Diagrama de subproceso	87
Diagrama 7. Diagrama Ishikawa o espina de pescado	102

LISTA DE ANEXOS

- ANEXO 1. Carta de medición de la presión
- ANEXO 2. Reporte acumulado mensual por fallos – 2005
- ANEXO 3. Secuencia de Producción del mes de Agosto
- ANEXO 4. Registro de muestras
- ANEXO 5. Tabla de características a inspeccionar
- ANEXO 6. Certificado de calibración
- ANEXO 7. Tabla de conversión: nivel en sigma a partir de los DPMO
- ANEXO 8. Reporte de consultas de servicios en el año 2005
- ANEXO 9. Formato de Recepción de Materiales
- ANEXO 10. Procedimiento Inspección y Ensayo en Recepción
- ANEXO 11. Formato de calibración de los Cargadores de gas refrigerante
- ANEXO 12. Acción Correctiva #1
- ANEXO 13. Acción Correctiva #2

RESUMEN

En la siguiente monografía, se toca el tema de mejora de procesos como una estrategia de calidad y de competitividad para la empresa INDUFRIAL S.A., a través de una herramienta conocida como DMAIC (**Define, Measure, Analyze, Improve, Control**) por sus siglas en inglés o la cual hace parte de la filosofía Six Sigma.

Este documento se encuentra organizado en seis capítulos, los cuales describen los tópicos como se muestra a continuación.

En el capítulo uno se muestran los referentes teóricos que se relacionan y que caracterizan el tema a tratar en el presente proyecto, además, se hace una relación en cuanto a la metodología usada en el proyecto con otras metodologías, con el fin de justificar y resaltar las ventajas del DMAIC frente a las otras.

Para el capítulo dos, se realizó una descripción general de la empresa INDUFRIAL S.A., su historia, su misión, visión, política de calidad, su sistema de mejoramiento continuo con base al sistema de calidad -ISO 9000:2000-.

En el capítulo tres se inicia la implementación de la primera etapa que hace parte de la metodología DMAIC, la cual es la de Definir. Aquí como el mismo nombre de la etapa lo dice, se define cual será el defecto objeto de estudio; esto se hizo con base a unos datos recolectados y a través de herramientas estadísticas para llegar a este objetivo, acompañada de una justificación del porque se seleccionó el defecto.

Seguidamente, en el capítulo cuatro se procede con la etapa de Medir en donde se determina como se hizo la recolección de los datos y el plan de

muestreo a seguir, esto con el fin de obtener unos datos confiables para el estudio y se logre determinar de forma precisa la causa o causas del problema. Además, se realiza un cálculo del Costo de la Mala Calidad del defecto seleccionado, con el fin de saber el impacto que este tiene en cuanto al factor financiero.

Para el capítulo cinco, se realizó un análisis detallado de los datos obtenidos de la anterior etapa; haciendo uso de hipótesis planteadas por el personal de la empresa y herramientas estadísticas donde surgirán una serie de causas las cuales serán evaluadas y descartadas (de así requerirlo) determinando así la causa raíz del problema, junto con una verificación de la(s) causa(s) seleccionada(s).

Por último, en el capítulo seis se procedió con la etapa de mejora donde se proponen una serie de acciones y de métodos de acuerdo al defecto y a la(s) causa(s) raíz seleccionadas. Cabe resaltar que en este trabajo solo se llegó hasta la fase de propuesta de mejoras y no se realizó la fase de implementación y control de la metodología, debido al alcance de este tipo de trabajo.

INTRODUCCION

En el ambiente de los negocios que se esta manejando actualmente en el mundo, como lo es la globalización y con la llegada del TLC (Tratado de Libre Comercio) a Colombia, la empresa INDUFRIAL S.A. y el mercado al cual este se encuentra dirigido, se ven en la obligación de mejorar sus procesos con el fin de ser mas productivos y producir equipos de refrigeración comercial que sean de calidad en cuanto al aspecto técnico y la logística que se maneja actualmente para llevar el producto al cliente final.

Es por esto que esta monografía se centra en uno de los procesos fundamentales para la operación óptima de los equipos, el cual es la refrigeración. Es aquí donde se hace uso de la herramienta DMAIC con el fin de identificar las causas que afectan a este proceso y que producen los problemas, para posteriormente realizar las mejoras y optimización de esta área en especial.

Con base en la suficiencia del diagnostico realizado en este proyecto, se propone a la gerencia unas acciones y recomendaciones, con el fin de ser implementado lo mas pronto posible, el cual permita la optimización de las operaciones en las líneas de refrigeración, la disminución en la variación de los procesos y la eliminación de errores en este, asegurando así su permanencia en el mercado frente a la competencia y preparándose de la mejor forma posible para el futuro competitivo que se aproxima.

Además, lo que se busca con esta metodología es ayudar a crear en la empresa una cultura de calidad y de mejora continua que sea transmitida no solo a los niveles operativos sino a de todos los departamento de esta.

OBJETIVOS

Objetivos General

Gestionar un proceso de mejora para la sección de refrigeración, mediante la aplicación de la metodología DMAIC, con el fin de evaluar el nivel actual de desempeño de esta sección y de esta forma realizar un esquema para la solución de los problemas para los diferentes procesos de la empresa.

Objetivos Específicos

- Definir el cuadro de información del proyecto, con el propósito de suministrar al equipo toda la información relevante del proyecto y la forma en que se va a llevar a cabo este.
- Identificar las necesidades y requisitos del proceso de refrigeración, mediante la interrelación con el personal de refrigeración, con el fin de establecer los criterios que se tendrán en cuenta para la evaluación del nivel de desempeño.
- Realizar el diagrama de proceso para la sección de refrigeración, de tal forma que nos permita identificar cuales son los proveedores y clientes internos del proceso de refrigeración.
- Establecer y ejecutar un plan para la recolección de los datos, mediante la medición de los defectos e inconformidades que se presentan en refrigeración, con el fin de generar la línea de base sigma de este proceso.

- Analizar los datos obtenidos de la etapa de medición, a través de una serie de herramientas estadísticas, para determinar el comportamiento del proceso de refrigeración.
- Realizar un análisis detallado del proceso de refrigeración, mediante una exploración a fondo de cada paso del proceso de alto nivel, con el fin de determinar cuales son las causas de que ocasionan mayor ineficiencia en el proceso.
- Determinar la causa raíz de los problemas del proceso de refrigeración con base en la información obtenida de la recolección de datos, para establecer las causas primordiales de ineficiencia del proceso.
- Generación de posibles soluciones con base al análisis efectuado en la cual se determino la causa raíz del problema para el planteamiento de mejoras.
- Selección de la(s) mejor(es) solución(es) con base a un establecimiento de prioridades para la mejora del proceso.

CAPITULO I

MARCO TEORICO

1.1 ENFOQUE BASADO EN PROCESOS PARA SISTEMAS DE GESTIÓN

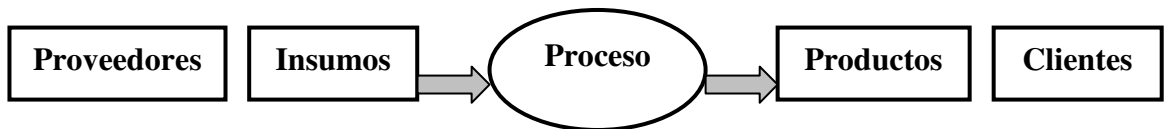
La evolución de los conceptos de calidad, de las técnicas para mejora de procesos y la persistente búsqueda de la mejora continua ha traído consigo el desarrollo de un concepto cuyo único propósito es mejorar la eficacia y la eficiencia de la organización para lograr los objetivos de esta. Conocido como el enfoque basado en procesos, este concepto se ha convertido en una herramienta de gestión de gran importancia en las empresas; normas como la ISO 9000 consideran y definen que es necesario que cualquier organización que quiera ser certificada bajo sus estándares debe desarrollar la gestión por procesos. A pesar de ser un concepto muy difundido en los últimos años a nivel empresarial, aún existen directivos y personas profesionales del medio que no tienen muy claro lo que la gestión por procesos significa, es por eso que antes de hablar de este tema se deben tener claramente definidos algunos conceptos como lo que es un proceso, un sistema de gestión, entre otros.

Existen múltiples definiciones acerca de lo que es un proceso, para definir claramente este concepto se darán dos definiciones claras de este término muy usado a nivel empresarial. La ICONTEC define un proceso de la siguiente manera: “conjunto de actividades interrelacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados y que requieren la asignación de recursos tales como personal y material”¹.

¹ Documento: ISO/TC 176/SC 2/N 544R2, Diciembre 2003. www.icontec.org.co/Contents/e-Mag/Files/procesos.pdf

Otra definición de proceso muy similar a la anterior es la otorgada por George Eckes, el cual nos presenta la siguiente definición: “serie de pasos y actividades que reciben insumos de los proveedores, agregan valor y suministran productos para los clientes”².

Figura 1. Esquema del concepto de proceso



Fuente. ECKES George; El Six Sigma para todos; Editorial Norma, 2004, p. 59.

Además del concepto de procesos, también es importante hablar de los diferentes tipos de procesos que existen; los cuales se clasifican de la siguiente forma:

1.2 TIPOS DE PROCESOS

- *Procesos para la gestión de una organización.* Incluyen procesos relativos a la planificación estratégica, establecimiento de políticas, fijación de objetivos, provisión de comunicación, aseguramiento de la disponibilidad de recursos necesarios y revisiones por la dirección.
- *Procesos para la gestión de recursos.* Incluyen todos aquellos procesos para la provisión de los recursos que son necesarios en los procesos para la gestión de una organización, la realización y la medición.
- *Procesos de realización.* Incluyen todos los procesos que proporcionan el resultado previsto por la organización.

² ECKES, George; Six Sigma para todos; Editorial Norma, 2004. p. 19.

- *Procesos de medición, análisis y mejora.* Incluyen aquellos procesos necesarios para medir y recopilar datos para realizar el análisis del desempeño y la mejora de la eficacia y la eficiencia. Incluyen procesos de medición, seguimiento y auditoría, acciones correctivas y preventivas, y son una parte integral de los procesos de gestión, gestión de los recursos y realización.³

Así como la aplicación del enfoque basado en procesos es hoy día una de las herramientas de gestión más usadas en las organizaciones colombianas; tiempo atrás también existieron otras eras de la calidad con otros enfoques diferentes al enfoque en procesos, los cuales en su época resultaron muy útiles y que precedieron la era del *Aseguramiento De La Calidad*, era en la cual nace este concepto y que estamos implementando actualmente en nuestro país. A pesar de ser este un enfoque muy útil para las organizaciones es sabido como en otros países este concepto ha sido relegado por otros enfoques pertenecientes a la actual era *Gestión De La Calidad Total* que están viviendo hoy día países como Estados Unidos, Japón, entre otros, y por otras filosofías de calidad como el *Six Sigma*. Es por esto que antes de hablar acerca de la filosofía *Six Sigma*, la cual es el propósito de esta investigación, es importante que se haga un recuento de cómo ha sido la evolución de la calidad y sus diferentes enfoques a través del tiempo.

El desarrollo de la calidad ha sido más o menos continuo durante los últimos 100 años. Aunque la calidad existía anteriormente a ese tiempo, su sistémico interés y su denominación de calidad trajeron los cambios que observamos en la sociedad actual. Este desarrollo no es atribuible solamente a una persona o a unas pocas, sino a la práctica de las estrategias de dirección a través de los años, que buscaban satisfacer las necesidades y deseos de los clientes, las cuales nos han traído a la actual era de la calidad.⁴

³ Documento: ISO/TC 176/SC 2/N 544R2, Diciembre 2003. p. 4.

⁴ JAMES, Paul; TQM, La Gestión de la Calidad Total; Editorial Prentice Hall; p. 28.

1.3 EVOLUCION DE LAS FILOSOFIAS DE CALIDAD

1.3.1 Desarrollo de la calidad a través de la inspección. En 1988 Garvin sugiere que el desarrollo de la gestión de la calidad empezó con la inspección; además que el resultado de la Revolución Industrial fue la creación de especialistas que inspeccionaron la calidad de los productos.

Si nos remontamos a los tiempos en que los artesanos eran los únicos fabricantes de mercancías, repasando sus técnicas observamos que se inspeccionaban cada etapa de la fabricación del producto. Las inspecciones ocurrían en cada porción del producto manufacturado, es decir, cada componente era inspeccionado continuamente para asegurar que era correcto para la próxima fase. Si aparecía un defecto el producto era apartado y devuelto. Lo que tenemos a través de los artesanos, es un proceso que se parece mucho a lo que intentamos hacer hoy (gestión de la calidad a través de la inspección). Sin embargo la gran diferencia entre entonces y ahora es el número de artículos producidos. Debido a que los artesanos fabricaban los artículos manualmente, no producían grandes cantidades, eran lentos en los cambios, estaban orientados al proceso y no al cliente y, por su sentido de la economía de la producción, generalmente vendían lo que podía fabricar. Sin embargo esto cambió con el desarrollo de la tecnología. El aumento de los requisitos de producción hizo que los artesanos fueran incapaces de producir de acuerdo a las especificaciones. En consecuencia la estandarización y la artesanía estaban en puntos opuestos, y fue así como la necesidad de más producción la norma de esta era pasó a ser la estandarización, en lugar de la artesanía, dando lugar a la dirección científica.

La dirección científica exigía que cada trabajo debía ser desglosado en actividades elementales más pequeñas. La consecuencia de esto fue la descalificación del trabajo del artesano, ya que cualquier persona con una mínima formación podría realizar el trabajo y además trajo como resultado el despido de muchos artesanos del área de producción.

El aumento del uso de la tecnología en la producción permitió un mayor control de la estandarización del producto fabricado. En consecuencia se lograron diseños de piezas que lograron el intercambio de componentes, lo que aumento más la estandarización. El desarrollo de esta técnica de producción surgió en 1914 gracias a la necesidad de la producción de armas en grandes cantidades y con componentes intercambiables. En esta era caracterizada por la producción a gran escala, el uso de dispositivos de medición eran esenciales, ya que permitían un análisis más o menos rápido de los artículos producidos. Debido a la gran presión ejercida por los plazos de fabricación que había que mantener para evitar atrasos en la producción, los errores eran frecuentes. Incluso en las grandes organizaciones algunos artículos salían defectuosos. Para asegurar que no esto no impidiera al cliente comprar los productos, era necesario llevar a cabo una inspección a gran escala donde cada pieza era inspeccionada, era aceptada o rechazada. Finalmente el uso de medidas fue lo que permitió dar más objetividad a la determinación sobre si un artículo cumplía con los estándares fijados en la especificación de producción. De esta manera, dos o más inspectores podían crear una cierta realidad objetiva que añadiera importancia a los equipos de inspección. El énfasis de esta era fue puesto en simplificar la tarea del inspector y se hizo obvio que la capacidad de inspección era limitada, no por las aptitudes del individuo sino por la capacidad de las herramientas utilizadas. Esto trajo muchos problemas porque el contar y clasificar los artículos producidos era todo lo que generalmente se requería, una tarea muy equivocada debido a la especialización que la creo.⁵

1.3.2 Desarrollo de la calidad a través del control de calidad. La gestión de la calidad a través del control significa tratar con los datos obtenidos del proceso utilizados para la fabricación de productos o servicios. Debido a que todos los productos o servicios siempre son realizados con base en las especificaciones del cliente, un control del eficaz de todos los pasos del

⁵ JAMES, Paul; TQM, La Gestión de la Calidad Total; Editorial Prentice Hall; p. 29.

proceso debe traer como resultado un rendimiento eficiente y estandarizado que cumplirá con los requisitos del cliente, lo cual a su vez redundara en una mayor eficacia y mayores beneficios.

Los conceptos fundamentales para el control estadístico de la calidad fueron desarrollados en 1924 por Walter Shewhart mientras trabaja en un laboratorio de la Bell Telephone. Shewhart reconoció primero que los principios y las prácticas del análisis de probabilidad y estadística podían ser aplicados a los problemas de la calidad en la fabricación. También admitió que el proceso de fabricación era de naturaleza variable y que esta variabilidad ocurría a lo largo del proceso y del tiempo. Esto significaba, que los productos no podían ser totalmente estandarizados, pero que si era posible mantenerlos dentro de unos límites de tolerancia. Con este nuevo concepto de variabilidad la dirección necesitaba ahora determinar que variación era aceptable y cual no. Para esto Shewhart aplicó simples técnicas estadísticas, tales como los gráficos X y R. Esto permitió identificar causas asignables (la variación que no era normal) y causas no asignables de variación. La idea era separar causas fortuitas y reales de variación y manejarlas eficazmente. Si se aplicaba este proceso de control de calidad a lo largo de cada fase de fabricación del producto y si se encontraban causas asignables y estas eran corregidas, esto significaría ahorro de tiempo y dinero para la empresa. De esta forma se llevaba a cabo el control de proceso de producción y, como resultado, se establecía el control sobre la consistencia del producto.⁶

La gran diferencia entre la inspección y el control era el enfoque. La era de la inspección se centro en el producto y la de control de calidad en el proceso. Desafortunadamente, algo más se estaba desarrollando al mismo tiempo en el laboratorio: el muestreo. Inicialmente el muestreo ofrecía las bases para la inspección al final de la línea, en vez de una comprobación continua como propuso Shewhart. Esto limitó mucho el uso de los gráficos de control como método de dirigir el proceso de producción; además minimizó la ventaja de los

⁶ JAMES, Paul; TQM, La Gestión de la Calidad Total; Editorial Prentice Hall; p. 30.

gráficos evitando el desperdicio y permitiendo el control continuo del proceso de producción en todos sus puntos, en vez de solo al final. El muestreo tenía algunas ventajas limitadas, ya que ofrecía una forma eficaz de analizar una partida de producto y determinar si debía ser enviada al cliente, pero al mismo tiempo podía ser devastador; una de las razones era la menor conciencia global de la información total del producto que podría conseguirse con una inspección al cien por cien.

Esta forma de control de calidad se convirtió en norma entre el principio y el final de la segunda guerra mundial y se mantendría hasta los primeros años de la década del 60. La razón primordial que hizo que esta era de la calidad se extendiera por más de 20 años se debió a que entre mediados de los años 30 hasta los años 50, prevalecía una especie de economía dominante, ya que todo lo que se producía se vendía. Esto explica porque el muestreo se convirtió en una actividad de final de línea, en lugar de ser aceptada como una actividad de cada etapa de producción. Todo lo que se producía lo compraba el Gobierno o los consumidores privados. También en esta época América se llenó de residuos porque nadie se preocupaba del costo de los mismos; las compañías obtenían grandes beneficios y podían cubrir los costos.

1.3.3 Desarrollo de la calidad a través del aseguramiento de la calidad.

Para Garvin el aseguramiento de la calidad vio una vía de evolución que llevó a la calidad de una perspectiva estrecha, en manos de los especialistas, a otras mucho más amplias, que incluía una gestión más extensa. Ya no era eficaz la diferenciación y especialización de los trabajos. Ahora era necesario un mayor conocimiento de las implicaciones de la calidad en toda la fuerza trabajadora, en la dirección y, por supuesto, en el cliente. La calidad empezó a convertirse en algo más que una preocupación del especialista. Las mejoras en la calidad no podrían tener lugar sin el compromiso de los trabajadores de planta. Esto fue lo que determinó el enfoque de la revolución de la calidad.

El aseguramiento de la calidad es el desarrollo de un sistema interno que con el tiempo genera datos que indicarán que el producto ha sido fabricado según las especificaciones y que cualquier error ha sido detectado y borrado del sistema. Estas eran las bases para el ciclo de mejora de sistemas que conocemos actualmente. Hoy día los sistemas de aseguramiento de calidad son aplicados a muchos departamentos de una organización como por ejemplo: ventas, producción, finanzas, etc. Cada sistema se mantiene por si mismo y es interdependiente con otro. Esto requiere una buena coordinación entre los departamentos, que algunas veces se rompe.⁷

1.3.4 Desarrollo de la calidad a través de la GCT. La era de la GCT (Gestión De La Calidad Tota o TQM por sus siglas en ingles **Total Quality Management**), es considerada por muchos autores como la última era de la calidad. Con el transcurrir del tiempo y la evolución de sistemas de gestión se ha visto como la filosofía de la GCT esta siendo relegada por otra filosofía de calidad como lo es el Six sigma. En Colombia se puede decir que el concepto de Six Sigma es algo nuevo, quizás desconocido en muchas organizaciones, mientras que en otros países desarrollados es considerado como el “Boom” del momento. Antes de hablar del Six Sigma, se hace necesario habla de la GCT, la filosofía de calidad que muchos autores consideran es la base del Six Sigma.

Atkinson (1990) dijo: “GCT es el compromiso de toda una organización para hacer bien las cosas”⁸. GCT afecta a cada persona en una organización y se cree que para que sea competitiva y, por lo tanto, próspera, las filosofías, principios y prácticas de la GCT deben ser aceptados por todos. En 1989 Oakland sugiere que la GCT es “una forma global de mejorar la eficacia y flexibilidad de un negocio”⁹. En esencia el principio fundamental de la GCT es la necesidad de una revolución cultural en la forma de hacer las cosas en una organización.

⁷ James Paul; TQM, La Gestión de la Calidad Total; Editorial Prentice Hall; p. 30.

⁸ James Paul; TQM, La Gestión de la Calidad Total; Editorial Prentice Hall; p. 32-33.

⁹ James Paul; TQM, La Gestión de la Calidad Total; Editorial Prentice Hall; p. 32-33.

La GCT se puede describir como la filosofía de dirección que busca continuamente mejorar la calidad de actuación en todos los procesos, productos y/o servicios en una organización. La GCT ofrece los medios por los que las organizaciones pueden proporcionar una participación de sus empleados, satisfacción a los clientes e, igual de importante competitividad en la organización. Enfatiza la comprensión de la variación, la importancia de la medición y el diagnóstico, el rol del cliente y el compromiso de todos los empleados en todos los niveles de la organización en la búsqueda de mejoras continuas.

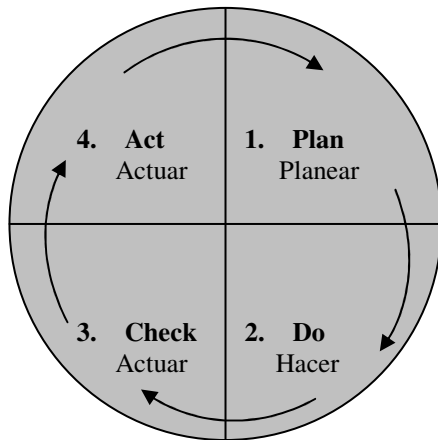
Por lo general, la correcta aplicación de la GCT requiere de los conocimientos de un especialista. Estos expertos suelen ser auditores de calidad que se encargan de fijar los estándares y prácticas de trabajo, o maestros del cambio, cuya función es infundir el cambio de cultura en la organización.

La GCT no es la panacea para todos los problemas de producción que se presentan en una organización, pero puede ofrecer los medios para controlar y redirigir los patrones de cambio, fundamentales en las empresas modernas. La GCT es una filosofía de dirección generada por una orientación práctica, que concibe un proceso que visiblemente ilustra su compromiso de crecimiento y supervivencia organizativa. Significa acción enfocada hacia la mejora de la calidad en el trabajo y la organización como un todo. Permite a una organización por medio de una estrategia coordinada de trabajo en equipo y de innovaciones satisfacer las expectativas y necesidades del cliente.

La GCT requiere el desarrollo y la aplicación de programas de educación y formación para una gestión empresarial eficaz, conocimientos y prácticas de herramientas/técnicas específicas, lo que permite realizar mejoras continuas. Para ilustrar el proceso de mejora continua Deming en 1982 utilizó el ciclo Shewhart, el cual es conocido actualmente como el ciclo PHVA (Planear, Hacer, Verificar y Actuar) o por sus siglas en PDCA (**Plan, Do, Check, Act**).¹⁰

¹⁰ JAMES, Paul; TQM, La Gestión de la Calidad Total; Editorial Prentice Hall; p. 34.

Figura 2. Ciclo PDCA (Rueda Deming)



Fuente. Chase, Aquilano, Jacobs. Administración de producción y operaciones 8ª edición; Editorial Irwin Mc. Graw Hill; p. 213

El PHVA es una herramienta muy útil para definir, implementar y controlar las acciones correctivas y las mejoras en una organización, este es una metodología dinámica que puede ser desplegada dentro de cada uno de los procesos de la organización y sus interacciones. Se puede lograr el mantenimiento y la mejora del desempeño del proceso mediante la aplicación del concepto PHVA en todos los niveles dentro de una organización. Esto se aplica igualmente a procesos estratégicos de alto nivel y a actividades de operación sencillas.¹¹

Cada fase de esta técnica puede ser desglosada en una serie de pasos secuenciales de la siguiente manera:

¹¹ Documento: ISO/TC 176/SC 2/N 544R2, Diciembre 2003

Cuadro 1. Pasos del ciclo PDCA ó PHVA

	Pasos	Función
Plan (Planear)	<p>1. Seleccione el tema</p> <p>2. Tome la situación actual</p> <p>3. Lleve a cabo el análisis</p> <p>4. Cree contramedidas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Decida el tema para mejorar • Tenga claro el porque se selecciona el tema • Recolecte datos • Encuentre las características claves del tema • Reduzca el área del problema • Establezca prioridades: los problemas graves primero. • Enumere todas las posibles causas del problema más grave • Estudie las relaciones entre las posibles causas y entre las causas y el problema • Seleccione algunas causas y establezca hipótesis sobre las relaciones posibles • Recolecte datos y estudie la relación causa efecto • Cree contramedidas para eliminar la(s) causa(s) del problema.
Do (Hacer)		<ul style="list-style-type: none"> • Lleve a cabo las contramedidas (experimente)
Check (Verificar)	<p>5. Confirme el efecto de las contramedidas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Recolecte datos sobre los efectos de las contramedidas • Haga comparaciones antes y después.
Act (Actuar)	<p>6. Estandarice las contramedidas</p> <p>7. Identifique los problemas restantes y evalúe la totalidad del procedimiento</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Corrija los estándares existentes de acuerdo con las contramedidas cuyo efecto haya confirmado.

Fuente. Chase, Aquilano, Jacobs. Administración de producción y operaciones 8ª edición; Editorial Irwin Mc. Graw Hill; p. 215.

Sin duda alguna, uno de los principales avances en el campo de los sistemas de gestión, es la Gestión de la Calidad Total (GCT) o Total Quality Management (TQM). Aunque muchas compañías lo practicaron en los años ochenta, la TQM se generalizó en la década de los años 90.¹²

Después de realizar este recuento de la evolución de las eras de la calidad como medio para la mejora de procesos, se presenta el siguiente cuadro que resume cada una de la eras de la calidad y sus diferentes enfoques hasta la actualidad. Debido a que la incursión del Six Sigma como filosofía gerencial es relativamente nueva e innovadora, es escasa la literatura y los registros de aplicación que existen en nuestro país, y por tal motivo no es posible aun hablar del Six Sigma como la siguiente era de la calidad. Es por esta razón que no se encuentra registrado aún en el siguiente cuadro.

Cuadro 2. Eras de gestión de calidad y sus enfoques

Era	Enfoque
Inspección	Producto
Control	Proceso
Aseguramiento de la calidad	Sistema
Gestión de la calidad total	Personas

Fuente: James Paul; TQM, La Gestión de la Calidad Total; Editorial Prentice Hall; p.32.

El propósito de esta breve explicación de la evolución a través del tiempo de las diferentes eras de la calidad, es analizar como este concepto ha evolucionado con sus diferentes enfoques y técnicas, las cuales tienen como objetivo primordial mejorar los procesos de la organización y ser más competitivos en el mercado. Luego de haber hecho un recuento de las cuatro eras de la gestión de la calidad, a continuación se realizará una descripción de la que es considerada por empresas como Motorola, General Eléctrica, IBM,

¹² CHASE, Aquilano, Jacobs. Administración de producción y operaciones 8ª edición; Editorial Irwin Mc. Graw Hill; p. 18.

entre otras, la filosofía de calidad que esta revolucionando el mundo empresarial de los Estados Unidos.

De la misma forma como se explicó anteriormente cada una de los pasos del ciclo PHVA, técnica desarrollada por la GCT, mas adelante se hará una explicación igual detallada de los pasos del DMAIC, técnica utilizada por el Six Sigma; esto con el propósito de realizar una comparación entre ambas técnicas que nos permitan identificar ventajas y desventajas en cada una de ellas.

1.3.5 Desarrollo de la calidad a través del Six Sigma. El concepto de “Six Sigma” fue acuñado por Motorota a mediados de los años 80, luego de que sus ejecutivos advirtieron que la supervivencia de la empresa estaba en juego, seriamente amenazada por competidores japoneses cuyos productos tenían un nivel de defectos significativamente menor. De hecho, la iniciativa que entonces pusieron en marcha, y que con el tiempo fue seguida por innumerables organizaciones de negocios, apunta en ese sentido: reducir la variación de los procesos, a fin de que generen menos de 3,4 defectos por millón de oportunidades. Su objetivo fundamental consiste en producir aumentos inmediatos en los márgenes de ganancias, habida cuenta de que cada mejora de la calidad se traduce en reducción de los costos operativos.¹³

En términos generales se puede afirmar que el Six Sigma es una filosofía gerencial que busca aumentar la eficiencia y la eficacia de una organización mediante la reducción de la variación y los defectos en los procesos. Existen muchas definiciones dadas por diferentes autores acerca de lo que significa el Six Sigma, entre las cuales encontramos:¹⁴“El Six Sigma es una filosofía popular de gerencia que se esta extendiendo por el mundo entero. Su meta es hacer a la compañía más eficaz y eficiente. Eficacia es el grado en que una organización satisface o supera los requisitos de sus clientes. La eficiencia se refiere a los recursos que consume para alcanzar esa eficacia.”

¹³ Revista Gestión; Volumen 6; abril – mayo 2003; p. 38.

¹⁴ ECKES, George; El Six Sigma para todos; p. 29.

El Six Sigma equivale a no más de 3,4 malas experiencias por cada millón de oportunidades de servir a los clientes.

Six sigma se concentra en mejorar la calidad (es decir, reducir el desperdicio), ayudando a las organizaciones a producir bienes y servicios mejores, mas baratos y en forma mas rápida. En términos más tradicionales, Six Sigma apunta a prevenir defectos, acortar el ciclo de operaciones y ahorrar costos. A diferencia de otros programas de recorte de costos, que reducen el valor y la calidad, Six Sigma identifica y elimina los costos que no aportan valor a los clientes; en otras palabras los costos de desperdicio. Sigma la letra del alfabeto griego que representa la “s”, es utilizada por los estadísticos para medir la variabilidad de un proceso. Y el funcionamiento de una compañía se mide según el nivel sigma de sus procesos de negocios.

La magia del Six Sigma no radica en complejidades estadísticas o de alta tecnología; en realidad, se apoya en métodos que han estado al alcance de cualquiera desde hace décadas. Y deja de lado buena parte de la complejidad que caracterizó a la Gestión de la Calidad Total o TQM. Esta filosofía se basa en 3 pilares o elementos fundamentales, los cuales son: la estrategia, le técnica y la cultura. Antes de hablar de estos tres elementos se hace una breve descripción de la infraestructura y del compromiso requerido por el Six Sigma en términos de recursos humanos.¹⁵

Para poder alcanzar mejoras en el desempeño se debe iniciar con la capacitación del personal directivo, tanto en los principios como en las herramientas que necesitan para guiar la organización hacia el éxito. De igual manera, con el fin de asegurar que todos los empleados tengan niveles adecuados de formación, se les brinda en entrenamiento en habilidades básicas. La capacitación es de arriba hacia abajo en herramientas y técnicas de mejoramiento de sistemas. La infraestructura del Six Sigma o agentes del cambio, como son denominados, esta conformada de la siguiente manera:

¹⁵ Revista Gestión; Volumen 6; abril – mayo 2003; p. 40.

- Champions: (paladines y patrocinadores): Este suele ser el dueño del proceso, el que guía estratégicamente al equipo, aunque por lo general no es miembro de tiempo completo. Estos ayudan a seleccionar los miembros del equipo, a conseguir recursos y eliminar los obstáculos que se presenten.¹⁶
- Cinturón Negro Maestro: (Master Black Belt): Representa el nivel más alto de idoneidad técnica y organizacional; son los encargados de brindar liderazgo técnico al programa de Six Sigma. Estos deben saber todo lo que sabe un cinturón negro (black belt), y entender, además, la teoría matemática que sustenta los métodos estadísticos.¹⁷
- Cinturón Negro (Black Belt): los cinturones negros tienen la responsabilidad de realizar las actividades diarias relacionadas con el equipo, desde preparar la orden del día, hasta no dejar que los miembros se aparten del DMAIC. Estos Pueden provenir de una amplia variedad de disciplinas sin necesidad de contar con estudios formales de estadística o ingeniería. Un aspirante a cinturón negro debe manejar computadoras con solvencia. Entender como mínimo, uno o más sistemas operativos, hojas de cálculo, administradores de bases de datos, programas de presentación y procesadores de texto. Deben manejar sistemas de computación y utilizar software avanzado de análisis estadístico para poder extraer información de los sistemas de información de la empresa.¹⁸

¹⁶ GEORGE, Eckes; Six Sigma para todos. p. 52.

¹⁷ Revista Gestión; Volumen 6; abril – mayo 2003; p. 42.

¹⁸ GEORGE, Eckes; Six Sigma para todos. p. 53.

- Cinturón verde: En esta categoría se encuentran los líderes de proyecto Six Sigma capaces de formar equipos, colaborar con ellos y manejar esos proyectos de principio a fin. Su entrenamiento corre por cuenta de los Champions. A diferencia de las dos categorías anteriores no trabajan a tiempo completo en los proyectos. ¹⁹

Volviendo a los elementos del Six Sigma mencionados anteriormente, los cuales son las bases o pilares de esta filosofía encontramos el primero de ellos denominado, *la Estrategia*. El Six Sigma a diferencia de otras iniciativas de calidad que la precedieron es una filosofía gerencial en la cual los ejecutivos tienen que tomar parte activa en su aplicación. El vehículo para esa participación es la creación de la *estrategia* denominada *administración del proceso empresarial*.

Los pasos involucrados en la creación de esta estrategia incluyen la identificación de los procesos claves que afectan los objetivos estratégicos empresariales. Una vez identificado dichos procesos, es preciso efectuar mediciones de eficacia y eficiencia y validarlas. En seguida el proceso se centra en el mejoramiento de los procesos de peor desempeño y de mayor impacto. ²⁰

El segundo elemento es la Técnica o las Tácticas del Six Sigma. Lo que tratan de hacer las tácticas del Six Sigma en un proyecto es lograr mayor eficacia y eficiencia. Las herramientas utilizadas por Six Sigma se desarrollan en el marco del modelo conocido como DMAIC (por sus siglas en inglés, **Define, Measure, Analyze, Improve, Control**). ²¹

Estos cinco pasos de alto nivel pueden describirse del siguiente modo:

¹⁹ Revista Gestión; Volumen 6; abril – mayo 2003; p. 43.

²⁰ GEORGE, Eckes; Six Sigma para todos. p. 44.

²¹ Revista Gestión; Volumen 6; abril – mayo 2003; p. 41.

Definir: En este paso se organiza el equipo del proyecto, se prepara un cuadro, se determinan y verifican las necesidades y requisitos de los clientes; y finalmente se crea un diagrama de alto nivel del proceso actual.

Medir: el sistema existente. Establecer parámetros válidos y confiables para monitorear el avance hacia las metas definidas en el paso anterior. Se empieza por determinar la línea base de desempeño (σ) actual. Luego, se procede a realizar el análisis exploratorio y descriptivo.

Analizar: Durante este paso el equipo analiza los datos y el proceso en sí, lo que lleva finalmente a determinar la causa raíz del mal desempeño sigma (σ).

Mejorar: En este paso, el equipo genera y selecciona una serie de soluciones encaminadas a mejorar el desempeño (σ).

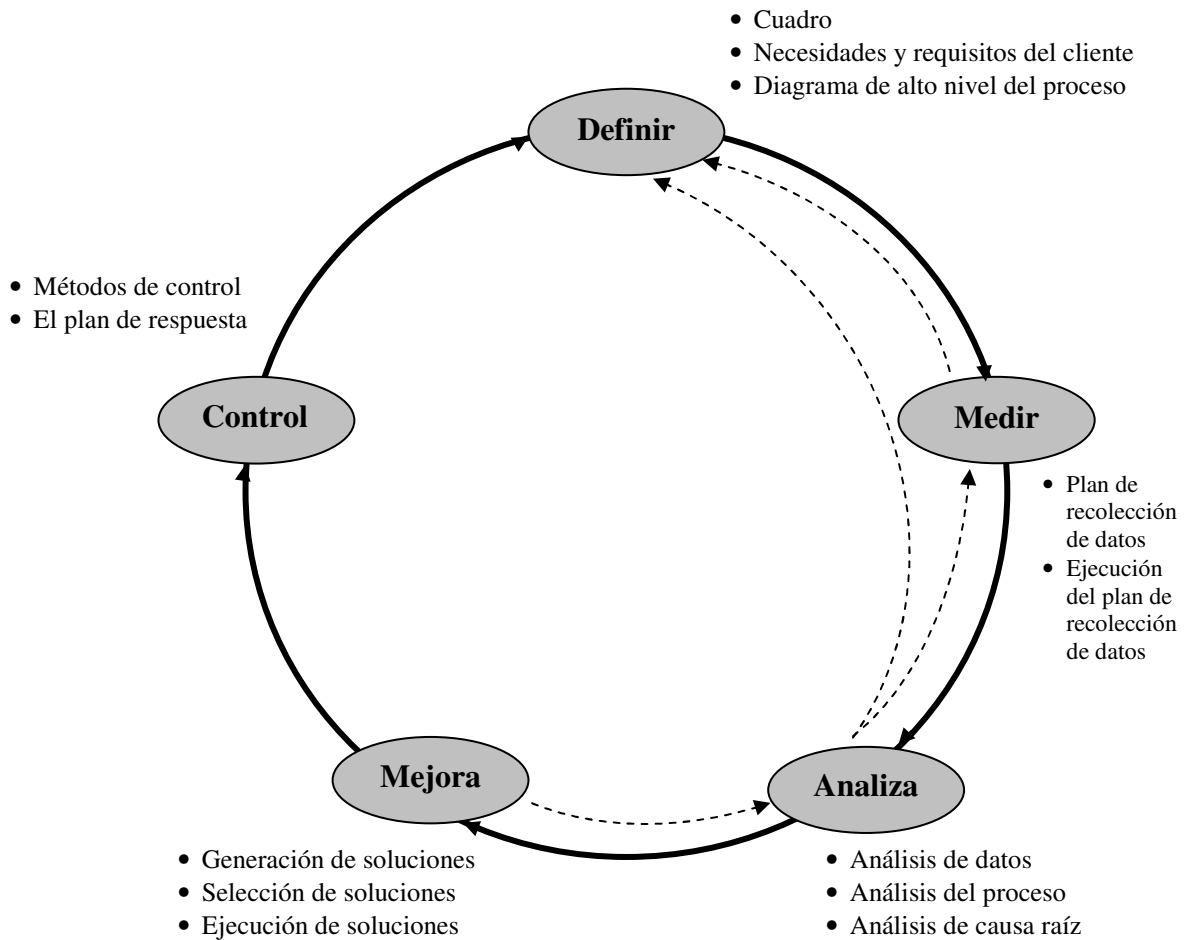
Controlar: Aquí se aplican una serie de herramientas y técnicas al proceso mejorado a fin de que el mejoramiento del desempeño (σ) no decaiga con el tiempo.

Cada una de los pasos del DMAIC comprende otras subdivisiones, denominadas *peajes*, los cuales indican un trabajo específico que debe realizar un equipo de proyecto a medida que progresa en los distintos pasos.²²

Estos *peajes* los cuales son explicados con mayor detalle en el desarrollo de la monografía se pueden identificar claramente en la siguiente figura:

²² GEORGE, Eckes; Six Sigma para todos. p. 49-50.

Figura 3. Metodología de mejoramiento DMAIC de alto nivel.



Fuente. GEORGE, Eckes; Six Sigma para todos. p. 50.

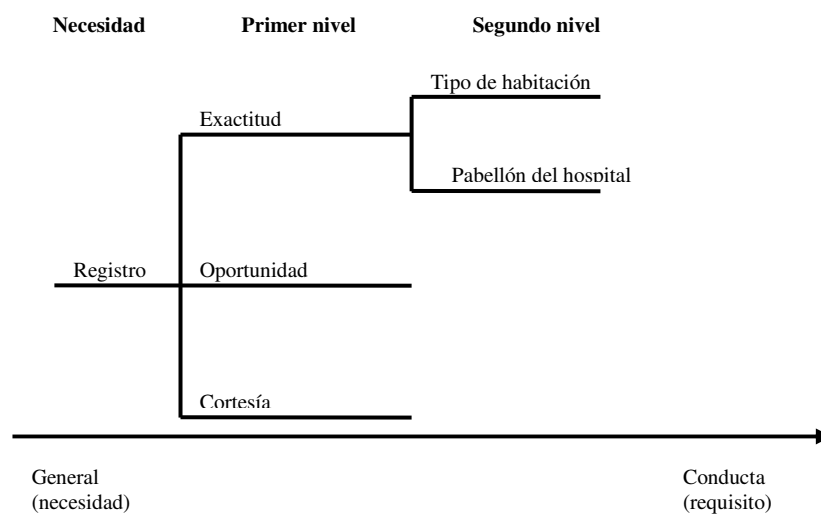
El tercer componente clave del Six Sigma es el cultural. Este elemento hace referencia a la capacitación exhaustiva que debe tener todo el personal que hace parte de un equipo 6 σ . Las personas no pueden hacer lo que ignoran; para lograr mejoras en el rendimiento y en la relación con los clientes, la empresa tiene que capacitar a su personal. No basta el sentido común para poner en práctica una estrategia Six Sigma, hay que entrenar a la gente porque nadie nace con ese conocimiento. Si naciera con él, el mundo funcionario en nivel sigma seis.²³

²³ Revista Gestión; Volumen 6; abril – mayo 2003; p. 48.

Durante el tiempo que se esta trabajando en un equipo 6σ es necesario usar una variedad de herramientas y técnicas de recolección y análisis de datos; entre las cuales encontramos las siguientes:

- **El árbol crítico para la calidad (CPC):** Esta herramienta nos permite identificar y validar las necesidades y requisitos del cliente del proceso que se ha escogido para mejorar.²⁴

Figura 4. Árbol CPC para un hospital, donde el paciente es el cliente del proceso de registro.



Fuente. GEORGE, Eckes; Six Sigma para todos. p. 99.

- **El diagrama de proceso:** es la representación grafica de los pasos actuales del proceso que se ha escogido para mejorar. En este se identifican los proveedores del proceso, los insumos que reciben de los proveedores, el nombre del proceso, su producto y sus clientes.

Figura 5. Diagrama de proceso

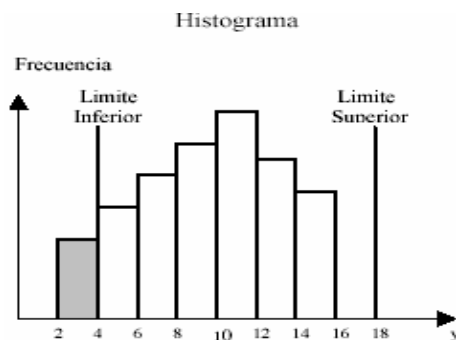


Fuente: George Eckes; Six Sigma para todos. p. 101.

²⁴ GEORGE, Eckes; Six Sigma para todos. p. 98.

- **El histograma:** Proveen la forma de distribución de los datos, así la tendencia central y la variabilidad se pueden estimar fácilmente. Los límites inferior y superior se pueden sobreponer para estimar la capacidad del proceso.²⁵

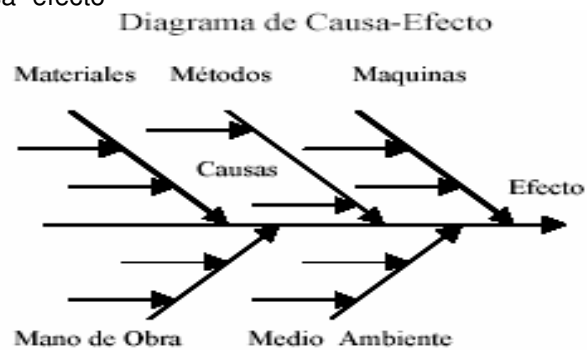
Figura 6. Histograma



Fuente: www.elprisma.com/apuntes/curso.asp?id=9969#

- **Diagrama causa – efecto:** también denominado diagrama de espina de pescado, este Diagrama muestra la relación entre una característica de calidad y los factores que influyen en esta.²⁶

Figura 8. Diagrama causa- efecto



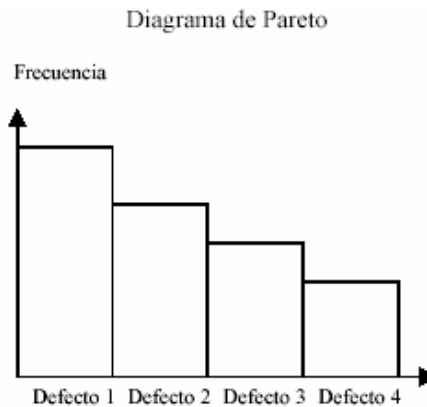
Fuente: www.elprisma.com/apuntes/curso.asp?id=9969#

²⁵ www.elprisma.com/apuntes/curso.asp?id=9969#

²⁶ KUME, Hitoshi; Herramientas estadísticas básicas para el mejoramiento de la calidad; ed. norma; p. 40.

- **Diagrama de Pareto:** se aplica para jerarquizar las causas principales de los problemas en los procesos. Permite identificar los pocos problemas vitales de los muchos triviales, y así concentrarnos realmente en el problema de mayor impacto en la calidad del producto.

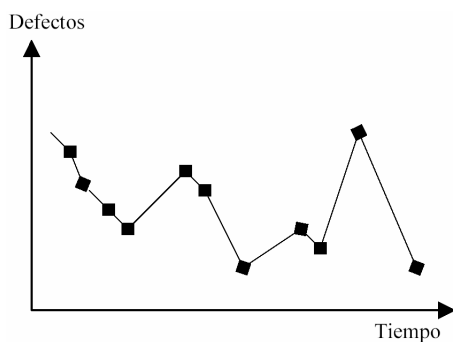
Figura 10. Diagrama de Pareto



Fuente. www.elprisma.com/apuntes/curso.asp?id=9969#

- **Diagrama de comportamiento:** utilizado para registrar algún elemento de un proceso que se desarrolla en el transcurso del tiempo.²⁷

Figura 11. Diagrama de comportamiento

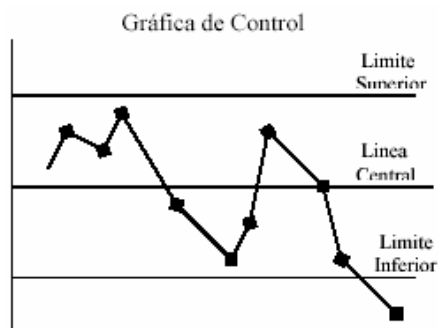


Fuente: www.elprisma.com/apuntes/curso.asp?id=9969#

²⁷ GEORGE, Eckes; Six Sigma para todos. p. 115.

- **Diagrama de control:** consiste en una línea central, un par de límites de control, uno de ellos colocado por encima de la línea central y otro por debajo, y en unos valores característicos registrados en la grafica que representa el estado del proceso. Si todos los valores ocurren dentro de los límites, sin ninguna tendencia especial, se dice que el proceso esta bajo control. Sin embargo, si ocurren por fuera de los límites de control o muestran una forma peculiar, se dice que el proceso esta fuera de control.

Figura 12. Diagrama de control



Fuente. www.elprisma.com/apuntes/curso.asp?id=9969#

1.4 TQM Vs. SIX SIGMA

Después de haber definido el concepto de Six Sigma, conocer sus ventajas, cada una de las fases de la técnica utilizada por este, el DMAIC, y las diferentes herramientas estadísticas que deben ser utilizadas por los miembros de un equipo de mejoramiento. A continuación se realizará una comparación entre el TQM y el Six Sigma, desde el punto de vista estratégico, con el propósito de identificar claramente las ventajas de este último con respecto a la filosofía que sus precursores enuncian como su antecesor, el TQM.

Antecesora de Six Sigma, la TQM (**Total Quality management** o Gestión de la Calidad Total) no dio los resultados que prometía porque, entre otras cosas, “carecía de un objetivo específico”, sostiene Mikel Harry.²⁸ Six Sigma, en cambio, tiene una meta concreta: lograr menos de 3,4 defectos por millón de oportunidades en productos o servicios. A juicio del especialista, el objetivo “primero y fundamental” de la estrategia Six Sigma consiste en generar aumentos inmediatos en los márgenes de ganancias, habida cuenta de que cada mejora en la calidad se traduce en una reducción de los costos operativos. En cierto sentido, más que un sistema de gestión con fundamento científico, la TQM era una filosofía. Por otra parte no ponía foco en las mediciones, mientras que en Six Sigma juegan un papel crítico.

No es secreto que Six Sigma emplea algunas de las mismas técnicas de la TQM (Gestión de la Calidad Total). Ambas subrayan que la mejora de la calidad es crítica para el éxito de un negocio. El ciclo PHVA (planear, hacer, verificar, actuar), empleado en TQM, no difiere sustancialmente del DMAIC, usado en Six Sigma. La diferencia reside en la “gestión”. La TQM le aportó guías tan abstractas y generales, que solo los líderes dotados de gran talento pudieron desplegar. Six Sigma, por el contrario, no fue desarrollada por técnicos con un interés superficial en la gestión, sino por algunos de los principales líderes de los negocios que tenían, como meta, el éxito de sus empresas.²⁹

A pesar de que hay diversas opiniones y puntos de vista acerca de si hay o no diferencias entre el TQM y Six Sigma, o si son complementarias la una con la otra, lo que con certeza sabemos es que esta nueva filosofía de calidad está creciendo enormemente en popularidad, gracias al rumbo claro al éxito que está proporcionando.

²⁸ Revista Gestión; Volumen 6; abril – mayo 2003; p. 45-46.

²⁹ Revista Gestión; Volumen 6; abril – mayo 2003; p. 53.

Para finalizar se presenta el siguiente cuadro comparativo entre el TQM y el Six Sigma. Este cuadro ilustra las principales diferencias entre ambas filosofías desde el punto de vista estratégico.

Cuadro 3. Diferencias entre Six Sigma y el TQM.

6 Sigma	TQM
Una infraestructura de los agentes dedicados al cambio.	Contratan a la gente para deberes rutinarios (planeamiento, mejora, y control).
Una especialidad funcional dentro de la organización	Se enfoca en metas estratégicas que van aplicadas a los costos, el horario y a otras metas dominantes del negocio
Enfocado a la calidad	Conducido por el beneficio material de un grupo importante de accionistas (clientes, accionistas, y empleados).
Motivado por el idealismo de la calidad, Los recursos se crean para cambiar los procesos claves en el negocio y la organización en si	Énfasis en la solución de problemas
Se asegura de que la inversión produzca los resultados esperados	Poca exactitud de los monitoreos hacia las metas.
Enfoque en el desempeño de clase mundial, 3.4 defectos por millón.	Enfoque en el funcionamiento estándar, ejemplo: ISO 9000.
Proporciona un subconjunto seleccionado de herramientas y de técnicas y da un marco claramente definido para usarlas, para alcanzar los resultados (DMAIC).	Proporciona un sistema extenso de herramientas y de técnicas sin el marco claro para usarlas con eficacia.
Las metas se elaboran sobre la base de los clientes y a los objetivos estratégicos de la dirección mayor.	Las metas son desarrolladas por el departamento de la calidad basado en criterios de calidad y la concepción, de que lo que es bueno para la calidad es bueno para la organización.
Six Sigma busca una mezcla de resultados a corto plazo y a largo plazo, según lo dictado por demandas del negocio.	Enfoque en resultados a largo plazo. La rentabilidad prevista no está bien definida.

Fuente. /www.calidad.org/public/arti2003/1059094322_adolfo.htm

CAPITULO II

GENERALIDADES DE LA EMPRESA

2.1 RESEÑA HISTÓRICA

INDUFRIAL S.A. surgió por la iniciativa del Señor Enrique Zurek Mesa en el año de 1956, dentro de un garaje ubicado en la calle del Tejadillo en Cartagena, Enrique Zurek Mesa con un grupo de amigos y un pequeño capital inicia así la industria de refrigeración comercial en esta ciudad.

Después de muchos ensayos y de intenso trabajo, se produce el primer modelo de enfriador con capacidad para enfriar 200 botellas de gaseosas y cervezas. Los primeros modelos fabricados fueron vendidos a la firma LARSEN Y GAVASSA & CIA., que tiene sucursales en Bogota y Cúcuta.

Posteriormente, el señor Alfonso Pereira Morales, demostró también interés por estos enfriadores adquiriendo un gran número de unidades. En el curso de estas negociaciones el señor Alfonso Pereira se hizo socio de la firma. Con su apoyo y colaboración ingresaron también como socios los señores Antonio Araujo, Arvelio García y Jorge Tahua Suárez, para consolidar el capital de la empresa y empezar así una organización con bases más firmes.

En 1960 se crearon las bases para el gran desarrollo de INDUFRIAL S.A. con la adquisición de 10000 metros cuadrados en el barrio el Bosque, lugar donde actualmente se encuentra ubicada la empresa. Tiempo después, se adquirieron 600 metros cuadrados más, aledaños a la planta, para nuevas ampliaciones.

La empresa ha procesado y puede producir aparatos para refrigeración doméstica, comercial e industrial, pero actualmente, por las condiciones del mercado, dedica la capacidad instalada de la planta exclusivamente a la refrigeración comercial.

En 1998 INDUFRIAL S.A., culminó la reconversión industrial, amparada en el protocolo de Montreal y tendiente a la eliminación de sustancias agotadoras de la capa de ozono en su proceso productivo. El Ministerio del Medio Ambiente da la constancia UTO, que junto con la autodeclaración “Protegemos su vida, cuidamos la capa de ozono”, se sustenta este cambio en beneficio del medio ambiente.

INDUFRIAL S.A. cuenta con un selecto equipo humano que la sitúa en la vanguardia de la fabricación del frío que más vende en Colombia, posicionándola en otros países de América Latina con la más avanzada tecnología para la satisfacción de las necesidades y expectativas de sus clientes.

2.2 UBICACIÓN

La empresa se encuentra localizada en la ciudad de Cartagena en el sector industrial de El Bosque, en la calle 21 # 49-39, donde actualmente se encuentra ubicada la planta de producción y sus oficinas.

2.3 MISIÓN

Producir y mercadear artefactos de refrigeración comercial e industrial, para los usuarios de América Latina, en forma razonable y rentable, mediante la filosofía de mejoramiento continuo.

2.3.1 Análisis de la Misión. Con el propósito de determinar si la actual misión de INDUFRIAL S.A. cumple con todos los parámetros que debe contener una misión, se realizó un análisis de esta con base en un referente teórico que nos permitiera identificar fallas o errores, y a la vez identificar si existe alguna declaración que soporte el desarrollo de la metodología del Seis Sigma.

La misión se define como la declaración del propósito de una organización, esto es, de lo que se propone a realizar en el medio a nivel amplio. Al momento de establecer la misión de una compañía es necesario realizar las siguientes preguntas:

- ¿Qué es nuestro negocio?
- ¿Quién es nuestro cliente?
- ¿A que le dan valor los consumidores?
- ¿Cuál será nuestro negocio?
- ¿Cuál debería ser?

Una declaración de misión clara actúa como una “mano invisible” que guía a la gente de la organización para que pueda trabajar de manera independiente pero colectiva, para lograr sus objetivos globales. Tradicionalmente, las compañías han definido su negocio en términos de productos o en términos técnicos. Pero las definiciones de mercado son mejores que éstas. Los productos y las tecnologías acaban siendo obsoletos. Pero las necesidades del mercado pueden ser eternas.³⁰

Comparando la actual misión de INDUFRIAL S.A. con el referente teórico descrito anteriormente y analizando cada una de las preguntas formuladas acerca de cómo redactar una misión, se concluyó lo siguiente:

³⁰ KOTLER, Philip; fundamentos de mercadotecnia; 6ª edición; p. 30

- Posee un propósito claro “producir y mercadear artefactos de refrigeración comercial e industrial”, pero muy obsoleto ya que esta definido en términos de sus productos. Lo ideal sería que estuviera definida en términos de las necesidades del mercado; en este caso las necesidades de frío.
- La definición de sus clientes es demasiado amplia y no enfatiza claramente hacia que tipo de clientes esta enfocado su negocio.
- La satisfacción de sus clientes, elemento clave en cualquier misión, no esta definido. Es necesario dentro de la misión referirse a la identificación de las necesidades del cliente, ya que es lo que determinará el rumbo hacia el cual debe enfocarse el negocio.
- Establecer en el largo plazo y en términos reales cual será el propósito de la compañía, cual es el objetivo que se persigue. Este propósito debe definirse de forma realista y clara de acuerdo a las capacidades de la organización, ya que este servirá de ayuda cuando la organización tenga que tomar decisiones difíciles.

Al igual que toda filosofía de mejoramiento continuo el Seis Sigma exige que en toda organización que se desee llevar a cabo un proceso de implementación de esta, se deba poseer una declaración clara hacia la búsqueda del mejoramiento continuo y la mejora de sus procesos; en el caso de INDUFRIAL S.A. podemos decir que cumple con este primer requisito.

Luego de analizar la declaración de la misión actual de INDUFRIAL S.A. pudimos observar que en alguna parte de esta se hace énfasis en el mejoramiento continuo de sus procesos, “*en forma razonable y rentable, mediante la filosofía de mejoramiento continuo*”, esta frase que evidencia el compromiso de la empresa con la mejora constante de sus procesos constituye el eje estratégico para el desarrollo de nuestra investigación; esta declaración

se tomó como punto de partida para el desarrollo de la metodología de mejora de procesos denominada DMAIC, que en términos concretos busca el mejoramiento continuo y el aumento de la eficiencia y la eficacia mediante la reducción de errores en los procesos de producción de la empresa.

2.4 VISIÓN

El bienestar de los Colombianos, prima sobre cualquier anhelo particular. Creemos en nuestra gente, en su futuro, aportando física e intelectualmente todo lo que este a nuestro alcance para ser siempre mejores, en beneficio de quienes tengan relaciones directa e indirecta con nuestra gestión y así mantener el liderazgo en nuestro negocio a través de la eficiencia y laboriosidad de nuestros hombres de trabajo, hasta alcanzar la excelencia en todo lo que hagamos. Los beneficios obtenidos serán la gratificación de haber cumplido con la satisfacción de nuestros usuarios y la mejor vida de nuestros colaboradores.

2.4.1 Análisis de la Visión. La visión es la imagen que la organización tiene respecto de si misma y de su futuro. Es el acto de verse en el tiempo y el espacio. Toda organización debe tener una visión adecuada de si mismo, de los recursos que dispone, del tipo de relación que desea mantener con sus clientes y mercados, de lo que quiere hacer para satisfacer continuamente las necesidades y preferencias de los clientes, de las oportunidades y desafíos que debe enfrentar, de las fuerzas que la impulsan y de las condiciones en que opera.³¹

Con base a lo dicho anteriormente, muchas organizaciones buscan que su visión sea un proyecto de lo que quiere ser dentro de un periodo de tiempo que ella misma establece y hacia a donde se van a dirigir hasta lograrlo.

³¹ CHIAVENATO, Op.cit., p.254

Lo que se busca con la visión, es crear en los individuos que hacen parte de la organización, una orientación al comportamiento que deben optar frente a un futuro al cual se desea construir.

Con base al referente teórico y analizando lo expuesto anteriormente, se concluyo lo siguiente:

- De acuerdo a lo planteado anterior se puede ver que la visión no se encuentra bien enfocada ya que no cumple muchos de los detalles, como se ve en el tiempo (en cuanto tiempo desean alcanzar sus metas) y a donde piensa llegar.
- Lo mencionado en la visión de la empresa, lo relacionamos con el objetivo principal de la filosofía del Seis Sigma cuando se cita: “la eficiencia y laboriosidad de nuestros hombres de trabajo, hasta alcanzar la excelencia en todo lo que hagamos”. Aquí vemos como la empresa se empeña en busca la mejora continua de sus procesos con el fin de ofrecer a sus clientes productos de calidad.
- En cuanto a las necesidades de los clientes se cita lo siguiente “la gratificación de haber cumplido con la satisfacción de nuestros usuarios y la mejor vida de nuestros colaboradores”, se plantea con claridad con base a lo que se decía en el referente teórico.

2.5 POLITICA DE CALIDAD

INDUFRIAL S.A. satisface las necesidades de frío de sus clientes, diseñando y produciendo equipos de refrigeración comercial, garantizando el mejoramiento continuo de sus procesos y eficacia del sistema de gestión de la calidad, a través de la competencia del recurso humano y la calidad de nuestros equipos.

2.6 DESCRIPCION DEL SISTEMA DE MEJORAMIENTO CONTINUO

Por ser INDUFRIAL S.A. una empresa certificada bajo la norma ISO 9001, por norma se debe contar con un proceso de mejora continua que garantice el progreso del Sistema de Gestión de Calidad.

Este proceso permite a la empresa realizar la evaluación de desempeño, el seguimiento establecido para cada actividad, el seguimiento de la Política de Calidad, los Objetivos de Calidad, la satisfacción del cliente, entre otros; todos juntos se comportan como herramientas claves para la implementación de acciones de mejora cuando sea necesario.

El eje del sistema de mejoramiento continuo de INDUFRIAL S.A. está constituido por los indicadores, las no conformidades y problemas que son reportados semanalmente por cada jefe de sección o por los miembros del área de calidad mediante un formato especialmente diseñado por este departamento. Los responsables del manejo de este proceso evalúan los indicadores la tendencia de estos y establecen acciones de mejora, las cuales son comunicadas al personal del departamento de Calidad.

Todos estos reportes de problemas y no conformidades recibidos en el área de calidad son la base para que semanalmente un comité de calidad se reúna con el propósito de analizar las causas de todas las no conformidades y buscar de posibles soluciones a los problemas. De este comité surgirá la selección de la mejor solución, la forma de llevar a cabo esta y el seguimiento indicado para analizar su desempeño; una vez la inconformidad se elimine por completo se deja de hacer el seguimiento. En el caso de no encontrar solución a la no conformidad, de igual manera se hace un seguimiento de esta mientras se encuentra una solución y de esta forma analizar su comportamiento y ver con que frecuencia se presenta.

Del análisis de todas las no conformidades y problemas examinados en el comité de calidad se dará lugar a dos tipos de acciones, las cuales serán:

2.7 ACCIONES CORRECTIVAS Y PREVENTIVAS

Los procedimientos de Acciones Correctivas y Acciones Preventivas se establecen para describir las acciones a tomar, cuando se presentan no conformidades (reales o potenciales), en donde se amerite la aplicación de acciones correctivas o preventivas.

Los procedimientos se encuentran compuestos por:

- Actividades que describen generalidades que permiten determinar la evidencia de la no conformidad presentada y la eficacia de la solución.
- Actividades que describen acciones específicas como: identificación y reporte de la no conformidad, análisis del origen de la causa raíz – acción propuesta, evaluación de la eficacia y cierre del plan.

Se utiliza como herramienta para el control de la información el registro de Acciones Correctivas y/o Preventivas.

2.8 DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS EN LAS LINEAS DE REFRIGERACIÓN

2.8.1 Línea de congeladores y botelleros. Después de que el cuerpo del equipo sale inyectado de poliuretano, entra a la línea de refrigeración en donde primero se le coloca la base con ruedas y se le coloca el desagüe (para algunos modelos se coloca el aro donde va el control de temperatura).

Seguidamente el cuerpo es volteado boca arriba, para colocar los rieles, soportes, cubetero y división (esto es para el caso de un botellero; los congeladores no requieren de tales componentes). Más adelante se les aplica soldadura a las tuberías del cubetero con las del cuerpo. Finalizada la

operación anterior se instala la unidad (compuesta por un condensador, un ventilador y un compresor), el cual es fijado con tornillos a la base de ruedas.

Luego de instalada la unidad, se procede a hacer las conexiones de las tuberías entre la unidad y el cuerpo (en el caso de cubeteros, se hace también con el cubetero), y además se le coloca el capilar (en los botellero el capilar ya viene en la tubería del cubetero). Para la siguiente operación se le coloca el bulbo de control, el cual se unirá a unas tuberías y al capilar, para luego aplicarle soldadura a todas las conexiones entre tuberías.

A continuación se hacen las conexiones se hacen las conexiones eléctricas entre el cuerpo y la unidad, cabe mencionar que esta operación puede ser subdividida en dos, cada una realizada por un operario diferente o simplemente puede ser realizada por un solo operario. Cuando se terminan de hacer las instalaciones eléctricas, el equipo pasa a la siguiente operación llamada “vacío”, el cual es efectuado por una maquina que extrae la humedad y las impurezas que se encuentran dentro de las tuberías y la unidad. Mientras se hace este procedimiento a las tuberías se les coloca un recubrimiento a base de espuma para absorber la humedad que se manifiesta en el exterior, además de fijar el cubetero al cuerpo.

Después de terminado el vacío del equipo, se sigue con la carga del gas refrigerante (R134 –A), el cual hace una verificación del vacío (en caso de el procedimiento de vacío no se haya finalizado correctamente, este lo finaliza), para después hacer la carga, la cual depende del tipo de modelo o compresor. Cuando se haya finalizado la carga se procede con el sellado de las boquillas por donde se realizó el vacío y la carga; para luego colocar el equipo a prueba. Dicha prueba varía de acuerdo a la línea, botelleros (5 horas) y congeladores (7 horas), exceptuando a un botellero (BGL – 320), el cual cumple también con la función de congelador.

2.8.2 Línea de neveras. Lo primero que se realiza después de que el cuerpo sale del proceso de inyección es una limpieza para remover las cintas adhesivas y los residuos de poliuretano; luego se voltea boca abajo para remacharle la base con ruedas.

Luego de esto, si el modelo requiere de placas y cámara evaporadora, se le colocan los soportes y se instalan, de lo contrario se omiten estas actividades. Después de finalizadas estas operaciones se realizan las respectivas conexiones eléctricas en la cámara evaporadora e instalan los tubos fluorescentes. Para la siguiente operación se colocan las puertas (estas pueden ser dobles o simples, panorámicas o sólidas). Consecutivamente se hace el montaje de la unidad condensadora y es fijado a la base mediante tornillos; se colocan también las cremalleras y el cubre caño.

Luego de haber realizado todas estas operaciones se hace el empalme de las uniones y se les aplica soldadura a los empalmes con la unidad condensadora; además de realizarse las conexiones eléctricas con la unidad. En la siguiente operación se hace el vacío al sistema y durante esta se le coloca a la tubería baja rubatex*. Cuando finaliza la operación anterior el equipo es trasladado para ser cargado con el gas refrigerante (R134-A), con la carga apropiada para cada modelo, y luego de haberse cargado, se le aplica soldadura a los apéndices para de esta forma sellar el sistema.

2.8.3 Línea de vitrinas. Todo inicia cuando el cuerpo (tanque y gabinete) sale de la sección de poliuretano y entra a la línea de refrigeración en donde lo primero que se hace es colocarla boca abajo para remachar la base con ruedas y voltearlo nuevamente para colocarle los soportes para las bandejas y el desagüe del evaporador.

* Espuma sólida utilizada para el recubrimiento de la tubería y absorber así la humedad.

Luego se coloca la placa o placas refrigerantes en el compartimiento inferior y se atornillan, para después colocarle la otra placa refrigerante por encima del compartimiento inferior y atornillarla al tanque.

Después de esto se toma el techo en donde se encuentra ya instalado el evaporador para colocárselo encima del cuerpo, este es sostenido por unas pestañas que posee el tanque, para luego fijarlo a este. Mas tarde se coloca la bandeja superior y el desagüe del evaporador y son remachados a los soportes; cuando finaliza dicha actividad se sigue con la siguiente operación, donde unirán y soldaran las tuberías de las placas refrigerantes con los del evaporador. Luego se procede con el montaje de la unidad, la cual es atornillada a la base con ruedas para que a continuación se hagan las uniones de las tuberías entre la unidad y las del evaporador con placas refrigerantes, se coloque el bulbo de control y se le aplique soldadura a dichas uniones. Antes de colocarle la base con ruedas se hace limpieza al cuerpo removiendo las cintas adhesivas y los restos de poliuretano.

Cuando se terminan de soldar las uniones sigue el procedimiento de vacío (donde se extrae la humedad e impurezas dentro del sistema); mientras se realiza esta operación se le coloca a la tubería rubatex (la cual sirve para absorber la humedad que se produce en el exterior de la tubería), además de colocarle el switch de control de temperatura. Después de finalizado el vacío se procede con la carga del gas refrigerante (R134 –A), para luego sellar los apéndices.

Para la siguiente operación se hace limpieza con un chorro de aire a presión y con una lima para remover manchas, y en ocasiones se le aplica un poco de pintura acrílica para los parches (producidos por la lima). Cuando se termina con la limpieza se coloca la bandeja inferior (sobre la placa refrigerante superior del compartimiento inferior) y se atornilla.

Se sigue con el atornillado de unas plaquetas para cubrir la tubería que va del evaporador a la unidad dentro del tanque y luego se monta el vidrio y se introduce el cableado a través del poliuretano del techo.

Luego de esto se hacen todas las conexiones eléctricas entre el panel de vidrio, la lámpara fluorescente y el compresor; también se le instala un dispositivo para el control automático de la temperatura (temporizador), el cual controla también el flujo de energía dentro del sistema. Cuando se finaliza la actividad anterior se continúa con la colocación de la frentera, pero antes se le hacen unos retoques a los bordes del gabinete; la frentera es ajustada al panel de vidrio para mayor sujeción; luego se remachan los perfiles en los bordes del gabinete y el panel de vidrio; y mas tarde se monta y asegura el mostrador.

Nota: Para tener un mayor entendimiento de estos procesos se realizaron diagramas de flujo los cuales se pueden observar en el CAPITULO V – Etapa de Analizar.

CAPITULO III

ETAPA DEFINIR

Como se hizo referencia en el marco teórico, la metodología del seis sigma consta de cinco pasos a seguir: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar, conocidas por sus siglas en ingles DMAIC. El objetivo de esta primera etapa es identificar el problema mediante una serie de reportes y evidencias que fueron analizadas y que posteriormente permitieron identificar el problema objeto estudio del proyecto. Finalmente se presenta toda la información necesaria del proyecto, la conformación del equipo, las fechas de ejecución de cada etapa, el alcance de este, entre otros, en un cuadro que resume esta primera etapa de la metodología.

3.1 EVIDENCIA DE PROBLEMAS

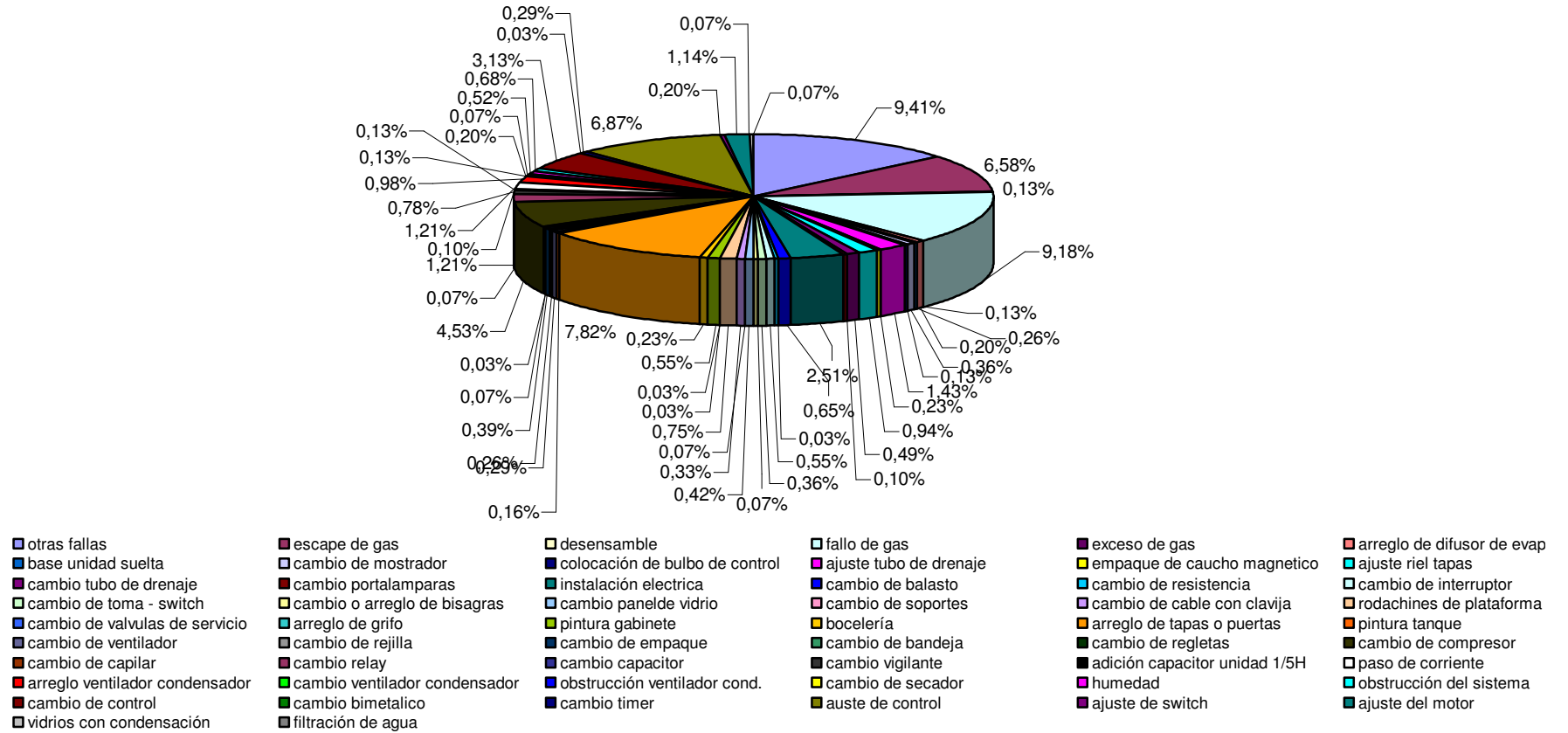
Antes de seleccionar el problema a analizar se realizó un análisis detallado de todos los problemas relacionados con la línea de refrigeración; con base en los registros de quejas y de fallos de la empresa se presenta a continuación la manera como fue elegido el problema más crítico de la sección.

3.2 REPORTE DE FALLAS (CLIENTES EXTERNOS)

Durante el transcurso del año 2005, INDUFRIAL S.A. se recibieron una serie de reportes por fallas de los equipos que se habían entregado durante ese año, en donde se describía una serie de defectos provenientes más que todo de la fábrica y en donde un buen porcentaje de las inconformidades pertenecían a los últimos procesos como se presentarán a continuación.

Grafico 1 – Reporte de fallas durante el año 2005

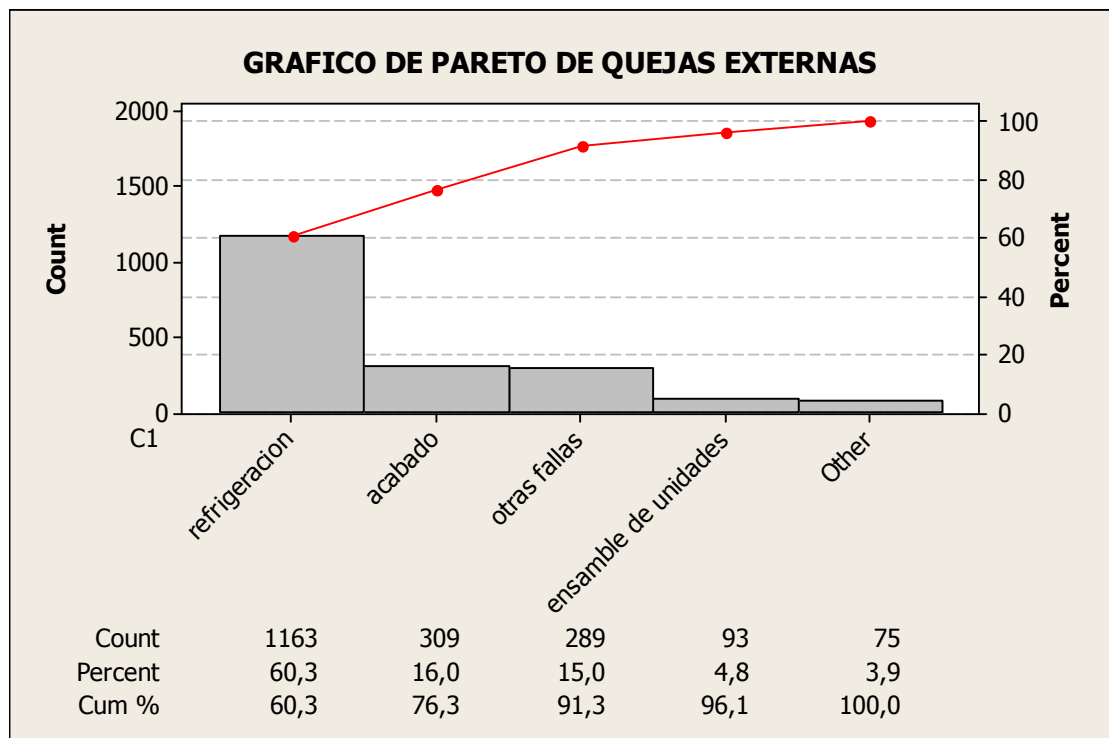
REPORTE DE FALLAS AÑO 2005



Fuente. Reporte acumulado mensual por fallas – año 2005.

En esta grafica podemos observar todas las fallas reportadas por clientes externos en el año 2005. Pese a que este grafica nos muestra que existen algunos problemas que se están presentando con mayor frecuencia que otros, no nos permite determinar cual de estos es más representativo y cual tiene mas impacto en el cliente externo. Es por esto que antes de elegir o decir cual de todos estos problemas es el mas importante se realizó el siguiente gráfico de Pareto con el fin de priorizar los problemas más relevantes o de mayor impacto reportados a la empresa durante el año 2005; utilizando el software Minitab este gráfico nos permitió identificar las secciones que representan la mayor cantidad de problemas en la organización. Estos problemas que se mostraron de forma individual en la gráfica anterior, en el siguiente gráfico se encuentran agrupados con base en la sección de la cual provienen cada uno.

Grafica 2 – Diagrama de Pareto sobre reporte de quejas externas



El gráfico anterior nos muestra que existe un efecto Pareto, el cual nos está indicando que la mayoría de las quejas reportadas por los clientes externos se encuentran localizadas en las dos primeras categorías correspondientes a refrigeración y acabado respectivamente.

Seguidamente de haber conseguido identificar las dos áreas que representan la mayor cantidad de defectos, el siguiente paso es definir e investigar porque se producen tantos defectos en la línea de refrigeración y cual de estos defectos es el más representativo de todos. Para poder determinar esto se continuó con un análisis de la cantidad de fallas reportadas por los clientes internos de la empresa.

3.3 FALLAS INTERNAS (CALIDAD)

Durante el desarrollo de un lote para cualquier modelo se pueden llegar a presentar una serie de no conformidades las cuales afectan el flujo de materiales (en partes del sistema), este tipo de fallas son detectadas cuando el material en proceso entra a un proceso o durante su recorrido en este. En el momento que se presenta una no conformidad se diligencia un formato describiendo esta para ser reportada al departamento de Calidad en donde se analiza el problema en busca de una solución.

A continuación se presentan datos de las no conformidades presentadas en los últimos cinco meses del año 2005 para los lotes producidos en esos mismos meses; para poder interpretar mejor la gráfica se presenta el siguiente cuadro, en donde el código de cada no conformidad hace referencia al defecto y a que sección pertenece, como se muestra a continuación:

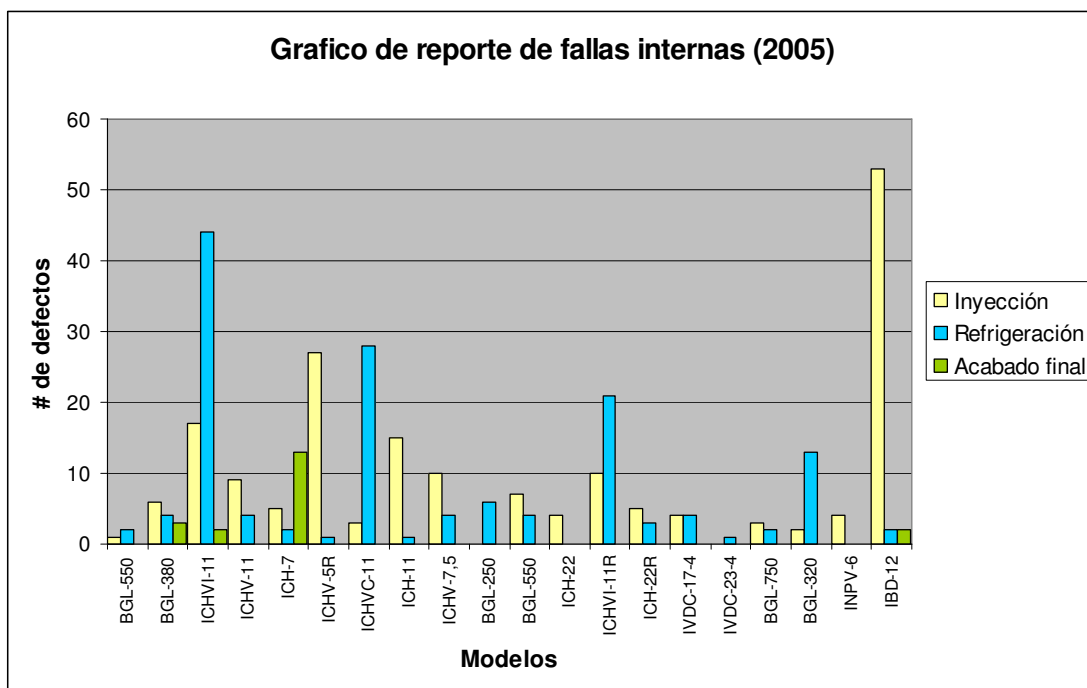
Nota: El código que se muestra a continuación hace referencia a la no conformidad y a la sección que pertenece (cada código es establecido por el departamento de Calidad)

Ejemplo: un equipo que se encuentra a punto de salir de la línea de refrigeración para entrar a acabado final, se le detecta una fuga debido a una mala soldadura entre las tuberías de la unidad con la tubería del cascaron; es entonces cuando el responsable de la sección diligencia el formulario de "No Conformidades", describiendo la situación que se presentó. Posterior a esto un delegado de calidad lee el reporte e identifica la no conformidad en un formato de "Características de No Conformidades", donde se encuentra una codificación para cada caso que se pueda presentar en las secciones.

Cuadro 4. Defectos por sección

2	Golpes	INYECCION	185 53%
74	Manchas y/o derrames de poliuretano		
75	Marcos abiertos o deformes		
79	Apariencia pintura		
82	Apariencia Interna y externa del equipo	REFRIGERACIÓN	146 42%
83	Unión entre tuberías con soldadura		
85	Encendido de luces		
89	Apariencia boceles de aluminio		
92	Verificación acción de control		
95	Ajustes de panel de vidrios		
100	Manual de funcionamiento y tapón		
103	Tapiteros	INSPECCIÓN FINAL	20 6%
106	Rebabas		
108	Vibración del motor		
110	Rejillas abiertas		
116	Perfil levantado		

Grafico 3. Grafico de fallas internas año 2005



En la anterior tabla de defectos por sección y el gráfico de fallas internas del año 2005 se aprecian los defectos que con mayor frecuencia se presentan en los principales modelos producidos en la empresa, se corrobora que el área que más contribuye o que mas problemas esta generando en la empresa es la línea de refrigeración. Con base en esto podemos concluir que el proceso a analizar para la implementación de la metodología DMAIC (SIX SIGMA), es el proceso de refrigeración, debido a que las demás secciones como Poliuretano en ocasiones no se le atribuye la no conformidad a causa de que proviene de la sección anterior (Pintura).

En el grafico de reporte acumulado mensual por fallas durante el año 2005 mostrado al inicio de este capitulo se aprecia cuales son los defectos correspondientes al la línea de refrigeración que se presentan con mayor frecuencia, entre los cuales se encuentran: fallo de gas, escape de gas y ajuste de control. A pesar de que se determinó que el proceso objeto de estudio es la línea

de refrigeración, no nos basta con solo saber esto si se desea encontrar una solución al problema; es por eso que a continuación se realiza un análisis utilizando los registros de reportes acumulados de fallas de la línea de refrigeración en el año 2005 y un gráfico de Pareto para determinar cual de todos los defectos pertenecientes a la línea de refrigeración es el de mayor impacto en el proceso de refrigeración.

3.4 JUSTIFICACION DE LA ELECCION DEL DEFECTO DE MAYOR IMPACTO EN LAS LINEAS DE REFRIGERACION

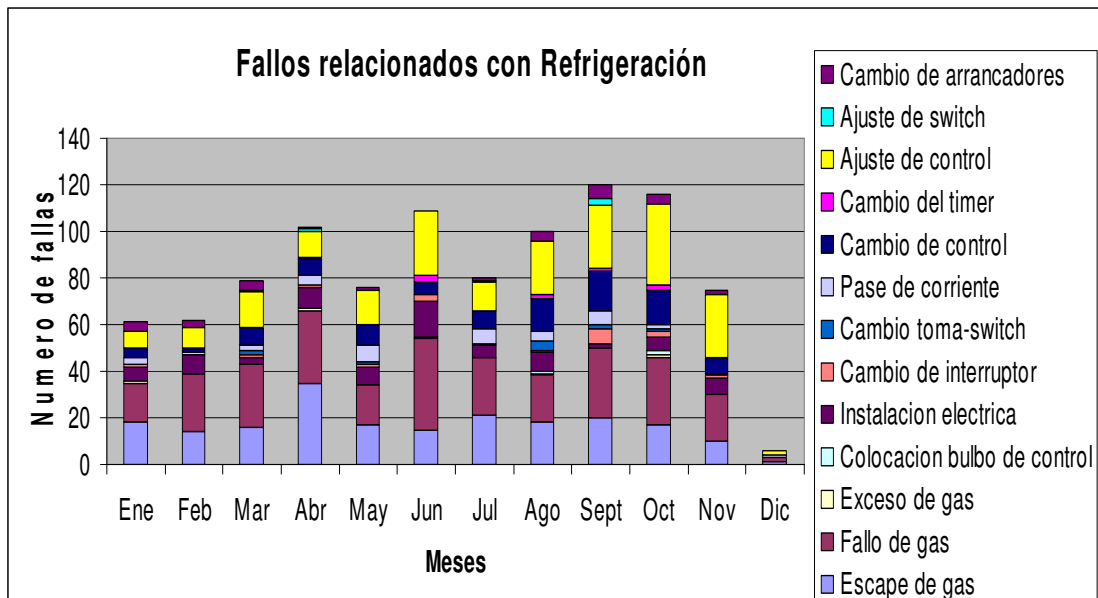
Como se puede apreciar en las graficas mostradas anteriormente, específicamente en la tabla de defectos por sección, a pesar de que la sección de inyección representa el mayor porcentaje por fallas internas; otra razón por la que se ha elegido analizar la sección de refrigeración es por ser en esta sección donde se le da el mayor valor agregado al producto, la inyección del gas refrigerante (R134-a), el cual permite que el producto cumpla con su principal función que es refrigerar. Este proceso es considerado como crítico tanto a nivel interno como externo, ya que si la inyección no se efectúa correctamente puede afectar posteriormente el desempeño del equipo al momento de ser adquirido por el cliente final.

Además de la frecuencia con que se presenta la falla y de la criticidad de esta, la selección de este proceso no estuvo basada solo en estos dos factores, a parte de esto se consideró otro factor importante como lo es el impacto negativo que puede generar un producto defectuoso al cliente final. No solo la mala imagen sino de igual manera la reputación de la empresa se pone en riesgo cuando un producto defectuoso es entregado a un cliente; detrás de esto hay que anexar todos los costos que se generan por un queja o un reclamo de un equipo, los costos de reproceso, de transporte, entre otros; además se debe considerar el hecho de

poseer clientes fuera lo del país, lo cual aumentaría aun mas los costos para reponer un equipo defectuoso.

Con el propósito de determinar cual de todos los fallos relacionados con la línea de refrigeración es el de mayor impacto y cual de estos será elegido como objeto de estudio de este proyecto se presenta la siguiente gráfica donde se muestra la frecuencia con que estos fallos se presentaron durante el año 2005.

Grafica 4. Defectos relacionados con refrigeración



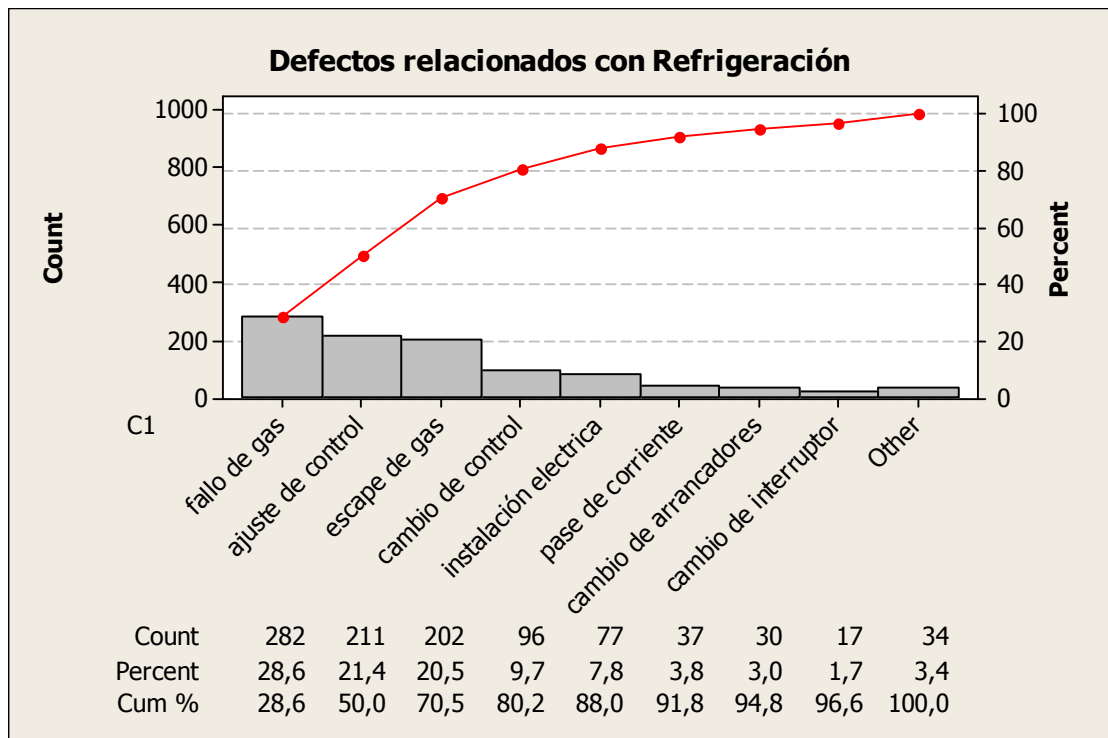
En esta gráfica se aprecia que de todos los diferentes tipos de defectos que se pueden presentar en la línea de refrigeración algunos como fallo de gas, escape de gas y ajuste de control se presentaron con mayor frecuencia en el transcurso del 2005.

Este hecho por si solo realmente no muestra lo que realmente queremos conocer, cual de todos los fallos esta generando el mayor impacto y es la causa de la mayoría de los problemas, es por eso que para poder definir claramente cual de

estos fallos será elegido para ser analizado mas a fondo es necesario continuar con un análisis mas detallado.

Con base en los reportes de fallas del año 2005 y utilizando el software Minitab se realizó el siguiente gráfico de Pareto de los defectos relacionados con el área de refrigeración, con el fin de determinar cual de todos estos es el de mayor impacto y el cual amerita ser analizado con más detalle.

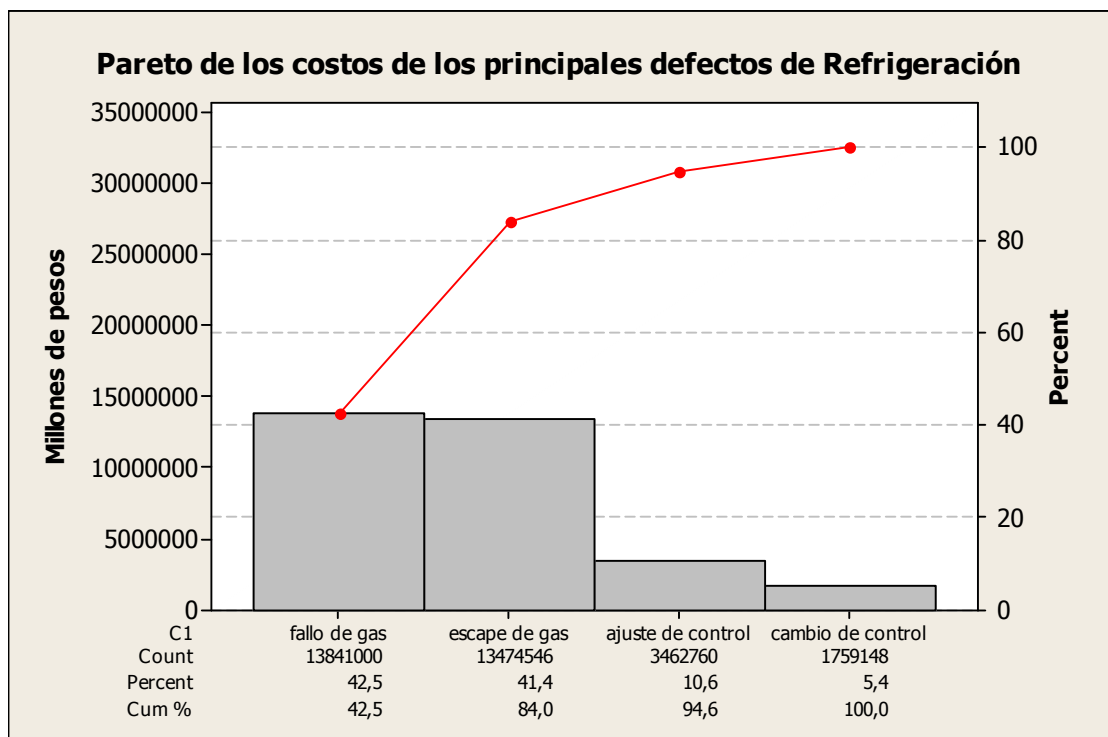
Grafico 5. Diagrama de Pareto de defectos de refrigeración



En este grafico se observa que no es posible determinar un efecto Pareto, es decir, no existen las causas “pocos vitales” que contribuyen en mucho mayor medida al problema, debido a que no se muestra claramente cual de todos los defectos de refrigeración es el que esta generando un mayor impacto; aunque se pueda apreciar que los defectos fallo de gas, ajuste de control y escape de gas son los que se presentan con mayor frecuencia.

Este hecho de no poder determinar con certeza cual de todos los defectos es el de mayor impacto nos llevó a la necesidad de analizar el problema desde otro punto de vista y en vez de representar el número de defectos se decidió representar los costos asociados a las principales categorías de defectos mediante un Pareto.

Grafico 6. Diagrama de Pareto relación de costos por defectos de refrigeración



Al analizar este gráfico se aprecia claramente un efecto Pareto para los defectos fallo de gas y escape de gas, se observa como estudiando el problema desde otro punto de vista, esta vez en relación con los costos, cuales son los defectos de mayor impacto o responsables de la mayor parte del problema. Este gráfico de Pareto también nos permitió aclarar incertidumbres mostrados por el Pareto para la cantidad de defectos, el cual en contraste con este aclara como el defecto ajuste de control que parecía ser uno de los defectos de mayor impacto inicialmente se convierte ahora en uno de menor importancia analizándolo desde

otro punto de vista, y a la vez corrobora que el defecto *fallo de gas* continua siendo uno de los mas importantes y de mayor impacto.

Para concluir este análisis de las diferentes quejas y problemas reportados a la empresa tanto a nivel externo como interno, se decidió elegir específicamente el problema relacionado con el *fallo de gas* como objeto de estudio de este proyecto debido a tres factores de mucha relevancia como lo son la frecuencia con que se ha venido presentado la falla, la criticidad que representa esta falla en el producto final y el impacto que esta generando en la empresa. La razón del porque se decidió analizar el defecto *fallo de gas* en lugar de analizar el *escape de gas*, a pesar de que ambos tienen un impacto similar, se debe a que la frecuencia con que se presenta el fallo de gas sigue siendo mayor, lo cual para la fase de analizar nos dará la oportunidad de recolectar mayor cantidad de datos.

Cabe mencionar que el nombramiento que se le otorgó a cada uno de los defectos, fueron establecidos por el departamento de Servicio al Cliente en conjunto con los técnicos de los talleres de servicio autorizados por la empresa INDUFRIAL S.A.

Algunas veces cuando el técnico de alguno de los talleres autorizados informa al departamento de Servicio al Cliente sobre un servicio prestado, estos reportan el defecto con el código que se le asignó a este; en muchos casos se puede presentar que lo que los técnicos reportan problemas diferentes a los que realmente presentan los equipos, como lo es el caso entre el defecto “fallo de gas” y “escape de gas”, que pueden llegar a ser malinterpretado por el técnico al momento de la revisión.

Cuando se habla de *fallo de gas*, se dice que el equipo no fue cargado con el suficiente gas refrigerante (cada modelo tiene una carga especifica la cual se le debe inyectar, esto depende de su utilización y tamaño del modelo), para que este

funcione de forma óptima en el transcurso de su vida útil, y durante la prueba de refrigeración este no es detectado, pero al estar operando por un tiempo mas prolongado con el cliente final este presenta problemas debido a su baja carga de gas. Por lo general cuando se presenta un reporte de fallo de gas, se hace mención a un posible escape del equipo, el cual puede llegar a ser una pequeña fuga que no es considerada por el técnico que realizó la revisión. En cuanto al fallo *escape de gas*, se debe a posibles defectos de las tuberías o por mala aplicación de la soldadura en las uniones entre tuberías.

Luego de haber determinado mediante una análisis minucioso el defecto a analizar definido como *fallo de gas*, el siguiente paso consiste en investigar cuales son las posibles causas por las que se presentan este problema dentro de la empresa.

Por último, una vez definido el problema a analizar se presenta el cuadro del proyecto mencionado al inicio de este capítulo; en este se describe el proyecto junto con los responsables, el alcance y el objetivo a alcanzar.

CUADRO DE PROYECTO DMAIC

Título del Proyecto: Gestión de la mejora en el proceso de refrigeración

Jefe de Proyecto:

Ing. Diego Valencia – Director Aseguramiento de Calidad.

Miembros de equipo:

Roberto C. Alemán

Jorge E. Morales

Diego Valencia

Freddy Bolaños

Caso de Negocio:

La empresa INDUFRIAL S.A., mensualmente recibe un alto porcentaje de quejas en cuanto a la falta de gas refrigerante en los equipos, por lo que se reciben devoluciones por parte de los clientes, lo cual genera costos adicionales para la empresa.

Declaración del problema:

Con base en el porcentaje de defectos en la sección de refrigeración (ver cuadro 4) y una vez identificado el fallo de gas como el problema mas critico de la sección; se hace necesario analizar el problema y buscar mejoras para este.

Adicionalmente estas fallas que siguen presentándose están generando una mala impresión de los productos y de la empresa a nivel exterior, además de perder mercado ante la competencia.

Declaración del Objetivo:

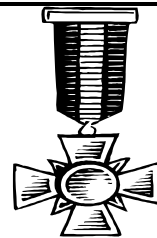
Identificar la causa o causas raíz que generan los problemas de fallo de gas en los equipos; para luego realizar propuestas de mejora que permitan la eliminación de estos y la optimización del proceso de refrigeración.

Alcance:

El equipo de proyecto desarrollará las cuatro primeras etapas de la metodología DMAIC incluida hasta la fase de realización de propuestas. No se dispone de ninguna inversión para la compra de equipos y materiales para el desarrollo de la investigación.

Parte interesadas:

- INDUFRIAL S.A.
- Miembros del equipo



CAPITULO IV

ETAPA DE MEDICION

4.1 DEFINICIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN

El propósito de esta investigación es realizar un análisis para identificar las causas reales de un defecto que se ha sido definido “*equipos con fallo de gas*” y que se ha venido presentando en la línea de refrigeración de Indufrial S.A.. Esta medida se ha considerado como una medida discreta debido a que es un dato binario, es decir solo existen dos valores que la variable puede tomar; en este caso presentar o no presentar fallo de gas.

Para poder determinar la cantidad de equipos con falla de gas se utilizó un manómetro de presión baja el cual posee una carta interna que por medio de una plumilla marca la cantidad de presión que se halla dentro del sistema^{*}. Al indicar una cantidad inferior a la establecida (60 psi), el analista determina que el equipo presenta fallos y es devuelto inmediatamente a la sección de refrigeración para su posterior revisión por un técnico y ser reprocesado. Como se mencionó esta medida se expresa en (psi), y es la variable que nos permitió conocer cuando un equipo presenta problemas por fallo de gas.

En la figura 13 se observa la carta y el equipo utilizado para la medición de la presión de los equipos; esta carta se puede observar con más detalle en el anexo 1.

^{*} El sistema debe alcanzar presiones de 60 psi. según el formato de la carta, para que el equipo se pueda considerar conforme.

Figura 13. Manómetro de presión baja



La restricción de este instrumento es que solo marca hasta 60 psi por el formato de la carta, debido a que los equipos deben mantener presiones en reposo entre 80 psi y 100 psi, se utilizó un manómetro manual (ver figura 14), el cual también mide presiones, y su escala alcanza los 120 psi. Cabe aclarar que se maneja una tolerancia de ± 5 psi, esto quiere decir que los equipos con presiones entre 75 y 105 psi son aceptados como buenos. Previamente de hacer uso del manómetro manual se realizaron comparaciones con el record de presión baja, el cual durante un sondeo de equipos para verificar su confiabilidad y con los datos obtenidos se observó que el mantenía un margen de -2 psi, el cual es algo despreciable para este tipo de proceso.

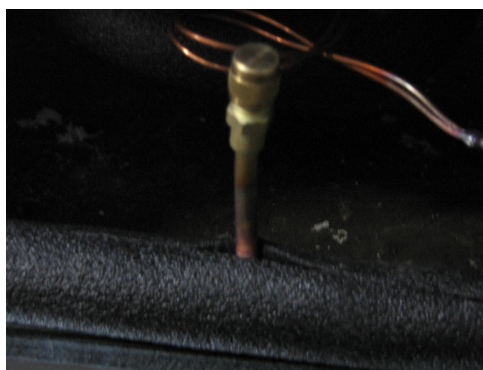
Figura 14. Manómetro manual



Se debe aclarar que en este estudio solo se realizaron mediciones a dos de las cuatro líneas de producción de INDUFRIAL, las cuales fueron las líneas de Vitrinas y Neveras. La razón por la cual únicamente se tomaron mediciones de estas dos líneas se debe a que la herramienta utilizada para la recolección de datos no funciona para los modelos de congeladores y botelleros, debido a que no poseen válvula de carga rápida (ver imagen 15), que es por donde se conecta la herramienta de medición (manómetro o record) para determinar la presión interna de los equipos y además determinar la cantidad de gas refrigerante de este.

Anteriormente cuando se producían los congeladores y los botelleros se les incorporaban dicha válvula de inyección, pero por razones de seguridad y de servicio fueron removidas del diseño original, debido a que los clientes finales manipulaban esta válvula para extraer el gas y de esta forma solicitar la garantía*. Por otro lado, otra razón por la cual para estos modelos no se requiere de la utilización de este instrumento es que con base a los datos obtenidos en los prototipos y lotes pilotos de estos modelos se mantiene una confiabilidad de los equipos producidos; para el caso de las neveras y vitrinas se mantiene el mismo grado de confiabilidad, pero por razones de procesos se requiere de dicha válvula.

Figura 15. Válvula de inyección rápida



* Acción que no debe ser realizada por el usuario, sino por un técnico autorizado de ser necesario

Otra razón por la cual solo se hizo pruebas a las líneas de neveras y vitrinas y que además es consecuente con el nivel de confiabilidad que se genera durante el desarrollo de los prototipos de las otras dos líneas explicados anteriormente, se debe al porcentaje de problemas y quejas de fallas de gas reportadas por los clientes externos. Con base en *registros de consultas de servicios* de los diferentes talleres de INDUFRIAL S.A. en el año 2005 y como se puede apreciar a en la siguiente tabla, las líneas de botelleros y congeladores representaron el 33,25% de las reparaciones por falla de gas; mientras que las líneas de neveras y vitrinas representaron el 66,75% de la reparaciones relacionadas con problemas de fallos de gas, lo cual es una porcentaje bastante significativo y determinante en la decisión de solo muestrear las líneas de neveras y vitrinas.

Tabla 5. Cantidad reportada de equipos por problemas de fallo de gas en el 2005.

Líneas	Cantidad	Porcentaje
Neveras	152	45.5%
Vitrinas	71	21.25%
Botelleros	40	12.0%
Congeladores	71	21.25%

Fuente. Registros de consultas de servicios del año 2005. (Ver anexo 2)

4.2 PLAN DE MUESTREO

Para poder determinar el número de equipos a muestrear y la probabilidad de éxito o fracaso (p y q), inicialmente se realizó una premuestra de 150 equipos durante 3 días (10%) correspondiente a la producción total de neveras y vitrinas del mes de Agosto del 2006 (ver anexo 3). Con base en esta se calculó el número total de equipos a los cuales se efectuaron mediciones.

Por ser una población conocida se utilizó la siguiente fórmula para el cálculo del tamaño de la muestra.

$$n = Z_{\alpha}^2 * \frac{N * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

Donde:

n= Tamaño de la muestra

N= Tamaño de la población: con base en el plan de producción del mes de agosto. 1520 equipos entre neveras y vitrinas.

Z= Valor correspondiente a la distribución Gauss: 1,96 para $\alpha=0,05$

p= Probabilidad de éxito del suceso

q= Probabilidad de fracaso del suceso

Luego de tomada la premuestra de 150 equipos se encontraron 9 defectos por fallo de gas correspondientes a 6 neveras y a 3 vitrinas, dando un total de 141 equipos sin problemas de fallo de gas. Con base en esta información se calculó el valor de "p" y de "q" (probabilidad de éxito y probabilidad de fracaso), utilizados en la fórmula

e= Error que se prevé cometer: Por convención y por ser el más comúnmente usado en este tipo de mediciones ya que otorga una mayor confiabilidad en los resultados, se eligió un porcentaje de error equivalente al 3%.

$Z = 1,96$ $p = 0,94$ $q = 0,06$ $N = 1520$ unidades

- Para $e = 0,03$

$$n = (1,96)^2 * \frac{1520 * 0.94 * 0.06}{(0,03)^2 * (1520 - 1) + (1,96)^2 * 0.94 * 0.06}$$

$n = 208$ unidades (un 13,68% de la producción del mes de Agosto)

- Para $e = 0,05$

$$n = (1,96)^2 * \frac{1520 * 0.94 * 0.06}{(0,05)^2 * (1520 - 1) + (1,96)^2 * 0.94 * 0.06}$$

$n = 82$ unidades (un 5,4% de la producción del mes de Agosto)

- Para $e = 0,1$

$$n = (1,96)^2 * \frac{1520 * 0.94 * 0.06}{(0,1)^2 * (1520 - 1) + (1,96)^2 * 0.94 * 0.06}$$

$n = 22$ unidades (un 1,44% de la producción del mes de Agosto)

Como se puede observar en los cálculos, el resultado mas obvio a escoger es el primero, el cual corresponde a un porcentaje de error del 3%, ya que representa un mayor porcentaje de la población que es objeto de estudio.

Para la repartición de la muestra entre las dos líneas nos basamos en el porcentaje de unidades que estas representan para la producción del mes, obteniendo una repartición de la siguiente manera:

Producción del mes de agosto entre neveras y vitrinas:

- Neveras: 1210 (79,6% con respecto a la producción de neveras y vitrinas del mes de agosto)
- Vitrinas: 310 (20,4% con respecto a la producción de neveras y vitrinas del mes de agosto)

Con base a los porcentajes obtenidos anteriormente, la cantidad proporcional a muestrear nos queda de la siguiente forma:

- Neveras: 166 equipos
- Vitrinas: 42 equipos

Total de equipos a muestrear: 208

Debido a que se cuenta inicialmente con 150 datos correspondientes a la premuestra, es posible complementar el tamaño de la muestra calculado con estos 150 recogidos previamente y solo recoger las muestras restantes. Esto quiere decir que de las 208 unidades calculadas a muestrear solo es necesario recolectar 58 debido a que ya se cuenta con 150 unidades analizadas previamente.

Con el objetivo de tener mas datos que nos puedan ser útiles en la posterior fase de analizar, se decidió anexar los 150 equipos de la premuestra a los 208 calculados, en vez de tomarlos como una parte de la muestra; dando como resultado un tamaño de muestra de 358 equipos. Cabe aclarar también que se tomaron 12 muestras adicionales de a las 358, debido a que se muestrearon 20 equipos diariamente durante once días, dando un total de 370 equipos incluida la premuestra, este es algo que se puede considerar despreciable, pero que vale la pena aclarar.

Todas las muestras recolectadas se pueden observar en el anexo 4.

Para la etapa de medir se utilizó un muestreo estratificado por equipos (líneas de vitrina y neveras) y por categoría de defecto (*ver árbol de evaluación de medidas*). Adicionalmente se decidió llevar a cabo el muestreo de forma aleatoria; esto con el fin de disminuir las posibilidades de incluir sesgos que puedan afectar posteriormente la fase de analizar.

4.3 DEFINICIÓN DE LA MEDIDA

El propósito de realizar una definición de la medida es asegurarse que todos los implicados en la recogida de datos trabajen de la misma forma y se tenga una comprensión completa de lo que se intenta medir, lo que no es la medida, la definición básica de la medida y como tomar estas.

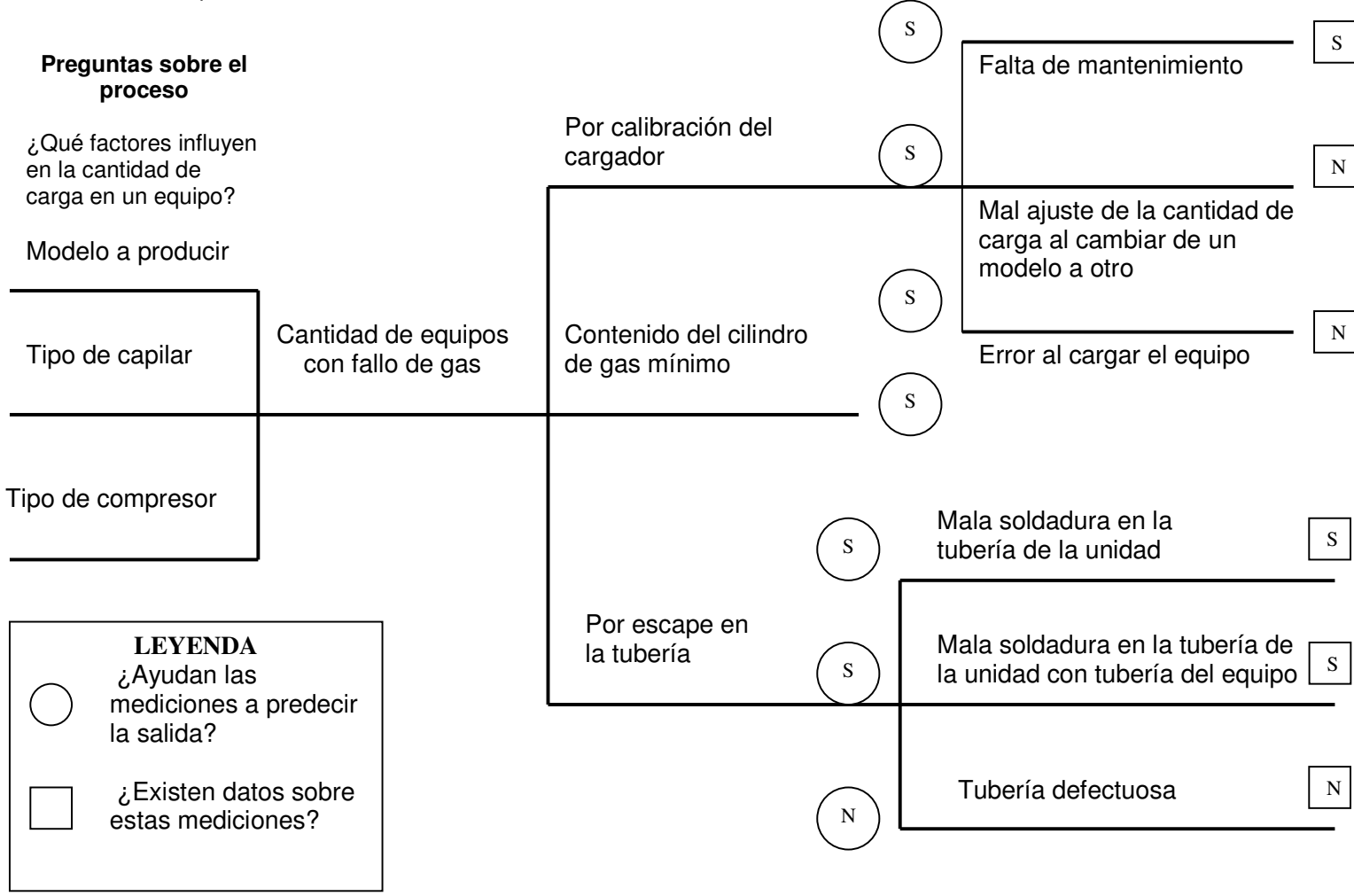
Cuadro 6. Definición operativa

Definición operativa	
Elementos	Definición
Lo que se intenta medir	Numero de equipos con fallo de gas
Lo que no es la medida	<ul style="list-style-type: none"> • Golpes en los equipos • Rayas en los equipos • Derrames y/o manchas de poliuretano • Ver cuadro de características a inspeccionar – Acabado Final (ver Anexo 5)
Definición básica de la medida	<p>Equipos con falta o exceso de gas refrigerante:</p> <p>Se define como un equipo defectuoso todo aquel que este por encima o por debajo de los limites de presión establecidos, que son entre 75 y 105 psi.</p>
Como tomar las medidas (en detalle)	<p>Por medio de un manómetro (o record) que mide la presión de baja del sistema de refrigeración de los equipos y el cual a través de una carta de medida que es colocada dentro del manómetro se determina el comportamiento del sistema de refrigeración del equipo.</p> <p>En el caso a de las neveras y vitrinas (modelos a estudiar), los manómetros son conectados a la válvula de carga rápida del equipo, la cual se encuentra ubicada en la tubería de baja de la unidad condensadora; al ser conectado el manómetro a la válvula este mostrara inmediatamente la presión que este poseen (debe encontrarse entre 80-100 psi como se había mencionado anteriormente), en estado de reposo, es decir, sin encender el equipo.</p>

Otra forma de identificar medidas relacionadas con los requisitos del cliente es el llamado árbol CTQ (características críticas de calidad). Es parecido a un diagrama de árbol, excepto que se centra en la definición de medidas <<criticas para la calidad>>.

Usando esta herramienta para el análisis de nuestro estudio se obtuvo el siguiente árbol CTQ que se muestra a continuación:

Diagrama 1. Árbol CTQ para la evaluación de las medidas



A través de este árbol identificamos las variables determinantes a la hora de trabajar un modelo en las líneas de refrigeración, como se muestra en la parte izquierda del diagrama. Estos los relacionamos con el defecto que es objeto de estudio para analizar las posibles causas que ocasionan este fallo, por lo que surge tres ramas contemplando 3 posibilidades; de esas tres posibilidades se logran obtener otras. Lo importante es la información que se plasma en los círculos y cuadros (según la referencia de la leyenda), la cual nos indica que causa o causas son las que se podrán analizar.

Seguidamente se muestra la hoja de trabajo utilizada para la comprobación de la definición operativa. Esta hoja de trabajo, se presentó a los miembros del equipo para que realizaran observaciones y opiniones sobre esta y presentar propuestas de ser necesario para un mejor planteamiento de la definición de la medida.

Cuadro 7. Hoja de trabajo para la definición operativa

Hoja de trabajo para la definición operativa
Lo que se esta midiendo:
<p>Parte 1. Lista de comprobación</p> <p>La medida se encuentra definida como “Numero de equipos con fallo de gas”. La medida incluye las presiones que se debe manejar en los modelos de neveras y vitrinas que son entre 75 y 105 psi. Más no incluye los defectos físicos del equipo (rayas, manchas y/o derrames de poliuretano, arrancadores, lámparas defectuosas, etc.).</p>
<p>Parte 2. Sugerencia para la lista de comprobación.</p> <p>Ninguna</p>
<p>Parte 3. Definición revisada.</p> <p>La definición operativa de la medida fue revisada por los siguientes miembros del equipo de trabajo: Norma Marrugo (supervisora de calidad y aseguramiento metrológico) y Javier Marrugo (jefe línea de refrigeración)</p>
<p>Parte 4. Utilización de la definición operativa</p> <p>La definición operativa fue usada por: Pedro Julio Narváez(técnico de refrigeración); en donde se noto que durante la realización de las prueba preliminares, hay que identificar cuando puede presentarse micro fugas en la válvula (esto se observaba al momento de remover la tapa de la válvula, ya que se dificultaba un poco retirarla debido a la presión generada por el escape de gas en el interior de la válvula), también se debe tener cuidado al conectar y al desconectar el instrumento de medición ya que se puede presentar una pequeña fuga.</p>

4.4 TIPO DE MUESTREO

Debido a que es poco práctico e innecesario medir todas las salidas que se producen en un determinado tiempo en el proceso de producción, el tipo de muestreo a utilizar será por “proceso” y estratificado por línea de productos. Se

eligió este tipo de muestreo debido a que nos permite tomar muestras continuas de un lote, es decir, se toma la muestra de cada equipo que este saliendo de la línea de refrigeración; a diferencia del muestreo por población, donde se requiere que se encuentre presente todo el lote para mas tarde extraer la muestra.

El objetivo de la estratificación es recoger información que permita precisar los patrones y las causas de los problemas, teniendo en cuenta esto y debido a que se desconocen las causas de la no conformidad se decidió realizar un muestreo estratificado por línea de productos.

4.5 CONFIABILIDAD DE LOS DATOS

Semestralmente, una empresa externa (METROCARIBE) se encarga de la calibración de los instrumentos de medición (manómetros para la medición de presión alta, baja y manómetros que miden la temperatura de los equipos). Como constancia que el instrumento de medición utilizado se encontraba calibrado al momento del muestreo y que los datos recolectados son confiables se anexa el certificado de calibración del instrumento utilizado (ver anexo 6).

Esta calibración que se realiza en la empresa y que se describe a continuación se hace en comparación directa de la indicación de un patrón, con la indicación del instrumento de prueba. Para llevar a cabo la calibración se es necesario de: Un patrón calibrado, el(los) registrador(es) de prueba, un banco de prueba y medio de transmisión de presión –cilindro de nitrógeno- (ver figura 16), un formato F-MC-002 (de uso exclusivo de METROCARIBE), y un juego de llaves y destornilladores de paleta.

Figura 16. Banco de pruebas para calibración



4.5.1 Procedimiento de calibración

- Primero se deben abrir las válvulas de desfogue del banco de pruebas.
- Luego se deben instalar los registradores y el de prueba en el banco, haciendo uso de las herramientas adecuadas.
- Después se deben verificar que la indicación se encuentre en cero, presión del registrador de referencia coincida con la suministrada en el informe de calibración.
- Se deben llenar los aspectos generales (código, fecha, etc.) según se indica el formato F-MC-002. Luego se selecciona el valor de la presión a la cual se realizará la calibración.
- Mas tarde, se suministra presión lentamente hasta cuando el registrador de referencia indique el valor seleccionado.

- Después se debe golpear suavemente los registradores para liberar la fricción del mecanismo interno.
- Luego se registran los datos y se anotan en las casillas correspondientes en el formato F-MC-002.
- Se comparan las desviaciones con una tolerancia (± 2 psi. ó ± 8 psi.) o contra los errores permitidos en norma, y en el caso de ser así efectuar acciones correctivas.
- De salir todo bien, se procede con la despresurización lenta del sistema y desmonte de los registradores.
- Por ultimo marcar el instrumento de prueba según el sistema de rotulación por medio de una calcomanía y se actualiza el registro de resultados de la calibración F-MC-RC.

Nota: Se emite una acción correctiva, si la desviación es mayor a la tolerancia, entonces se debe ajustar la indicación del registrador de prueba en el sentido necesario para hacerlo coincidir con la del patrón.

Se despresuriza y se repite el procedimiento hasta que la desviación este dentro de la tolerancia.

4.6 ESTRATEGIA DE MUESTREO

Para determinar el tamaño de los subgrupos a muestrear se utilizó una hoja de trabajo para muestreo de datos continuos o discretos de un proceso suministrada por la metodología. Antes de calcular los parámetros enunciados anteriormente, es necesario primero obtener la siguiente información.³²

a. *¿Que se esta contando (la unidad)?*

Numero de equipos con fallo de gas refrigerante

b. *¿Cuántas unidades se procesan?*

Debido a la naturaleza del proceso de producción, a la variedad de modelos que se producen, a la disponibilidad de las maquinas y al tiempo de entrega de los pedidos, resulta imposible establecer una cantidad exacta de cuantas unidades se procesan diariamente. Aun así está establecido en la empresa un nivel mínimo de producción diario que se debe manejar para cumplir con el plan de producción de cada mes. Estos valores establecidos con base en la capacidad de producción de la planta se presentan a continuación.

Cuadro 8. Capacidad de producción mínima diaria

Líneas	Neveras	Vitrinas
Diariamente	80 - 90	10 - 20
semanalmente	250	50

c. *¿Cual es la medida?*

Defectos por carga

d. *¿La medida es continua o discreta?*

La medida se ha definido como discreta.

³² Las Claves Prácticas del Seis Sigma, PANDE, S. Peter , p. 163.

e. *¿Que proporción de unidades se estima que contiene la característica que se esta midiendo?*

Con base en los registros las mediciones de la premuestra se estima una proporción de unidades defectuosas del 6%.

Posteriormente de haber obtenido esta información se procedió a determinar la estrategia de muestreo. En este caso debido a que el proceso en cuestión genera más de 10 unidades al día en ambas líneas, se hace necesario utilizar un muestreo diario. Con base en esto y en el *gráfico para la selección del tamaño de la muestra: estrategia diaria**, se determinó que el tamaño mínimo de la muestra diaria corresponde a 12 unidades en la línea de neveras y 10 unidades en la línea de vitrinas, lo cual da un total de 22 equipos analizados diariamente. Con base en estos datos se determinó que para poder cumplir con las 208 muestras calculadas anteriormente y así cumplir con el plan de muestreo es necesario tomar muestras durante 10 días.

Por razones propias del sistema de fabricación de la empresa la salida de los equipos es variable por diferentes razones como: falta de materiales, procesos más complejos dependiendo del modelo, personal, entre otros, por lo tanto no es posible cumplir a cabalidad con este plan. Por tal razón se hizo necesario tomar muestras de lo que se producía diariamente de las líneas de neveras y vitrinas dejando un lado un poco el tamaño de los subgrupos pero no ignorándolos por completo. Por esta razón y además con el fin de tener un estudio un poco más prolongado se decidió recoger en vez de 22 muestras durante 10 días, 20 muestras diarias durante 11 días.

Cabe aclarar que por ser la producción de neveras mayor que la de vitrinas se presentaron días en los cuales solo había producción de esta y por lo tanto no era posible tomar mediciones de vitrinas y por ende no se pudo cumplir con el plan

* Las Claves Prácticas del Seis Sigma, Peter S. Pande, p. 164

calculado de muestrear 10 vitrinas diarias. A pesar de esto al final de las mediciones se cumplió con la proporción total de vitrinas y neveras a muestrear que se calculó en la definición del muestreo con tal de que en la posterior fase de análisis este sea representativo para ambas líneas.

Figura 17. Gráfico para la selección del tamaño de la muestra: estrategia diaria



En la siguiente hoja de trabajo se puede observar como se realizó el cálculo de los subgrupos de muestreo para las líneas de neveras y vitrinas respectivamente.

Cuadro 9. Hoja de trabajo para el muestreo de procesos, datos continuos o discretos

Hoja de trabajo para el muestreo de procesos, datos continuos o discretos	
1. perfil inicial de los datos	
A.	¿Qué se esta contando <<la unidad>>? <u>Numero de equipos con fallo de gas refrigerante</u>
B.	¿Cuántas unidades se procesan: al día? <u>80-90 unidades de neveras y 10-20 unidades de vitrinas</u>
C.	¿Cuál es la medida? <u>Defectos por carga</u>
D.	¿Es <input type="checkbox"/> continua? <input checked="" type="checkbox"/> discreta?
E.	¿Qué proporción de las unidades estima que contiene la característica que se esta midiendo? <u>0,06 (6%)</u>
F.	¿Cuántos <<ciclos>> se producen por día o semana? <u>1 turno</u>
2. Determinación de la estrategia de muestreo	
Debido a que se procesan más de 10 unidades al día se hace necesario utilizar un muestreo diario.	
Tamaño de la muestra determinado mediante la formula de calculo de tamaño de la muestra (208 unidades).	
<i>Estrategia de muestreo utilizada:</i> con el propósito de evitar sesgos que pudiesen contener la muestra y afectar posteriormente el análisis de los datos se utilizó un muestreo aleatorio en el cual las unidades muestreadas se tomaron en diferentes instantes de tiempo y al azar.	

Fuente. Las Claves Prácticas del Seis Sigma, Peter S. Pande, p. 163

4.7 Calculo del nivel sigma para el proceso de refrigeración

Para poder determinar el nivel sigma de un proceso es necesario determinar una serie de parámetros como la cantidad de defectos, razones por las cuales se puede presentar el defecto, entre otros, para posteriormente establecer un valor concreto del comportamiento del proceso. El cálculo del nivel sigma, el cual es el indicador de comportamiento del proceso estudiado se muestra a continuación en la siguiente hoja de trabajo.

Tabla 10. Hoja de trabajo para el cálculo del nivel sigma

Hoja de trabajo para el calculo de sigma
<p>Hay varias formas de determinar los niveles Sigma de un proceso. Las etapas que siguen utilizan el método mas simple, basado en el numero de defectos que se producen al final de un proceso (lo que generalmente se llama <<Sigma del proceso>>).</p>
<p>ETAPA 1. Selección del proceso, la unidad y los requisitos</p> <ul style="list-style-type: none">➤ Identificación del proceso a evaluar: <i>proceso de Refrigeración.</i>➤ ¿Qué se genera de proceso? La salida de este proceso es el equipo cargado con el gas refrigerante➤ ¿Cuáles son los requisitos de cliente para evaluar el proceso? Vale la pena aclarar, que cuando se habla de cliente se hace referencia al cliente interno. El equipo debe mantener presiones de reposo entre 80-100 psi (aunque se maneja una tolerancia de +/- 5 psi, lo cual quiere decir que equipos con presiones entre 75 y 105 psi. son aceptados) y presiones de trabajo entre 18-20 psi, efectuar las paradas programadas y no poseer ningún tipo de escape.
<p>ETAPA 2. Definición de los <<defectos>> y el <<numero de oportunidades>></p> <ul style="list-style-type: none">➤ con base en los requisitos señalados anteriormente, se realizó una lista de los posibles <i>defectos</i> que se pueden presentar en una sola unidad, estos son: Escapes de gas, gusanillo defectuoso (válvula de carga rápida), fallo en el proceso de carga del gas refrigerante (exceso ó fallo de gas).➤ ¿Número de defectos que se pueden hallar en una sola unidad? El número de defectos que se pueden presentar son 2: (escape de gas, exceso de gas ó fallo de gas).
<p>ETAPA 3. Recolección de los datos y calculo del índice DPMO (defectos por millón de oportunidades)</p> <ul style="list-style-type: none">➤ Después de finalizar la recolección de los datos del final del proceso, los resultados fueron los siguientes: 370 unidades inspeccionadas, con un total de defectos de 22 unidades, correspondiente a 16 neveras y 6 vitrinas respectivamente.➤ Determinación del total de oportunidades de los datos reunidos: Número de unidades contabilizadas x oportunidades: $370 \times 2 = 740$ total de oportunidades.➤ Calculo de los defectos por millón de oportunidades: (numero de defectos contabilizados / total de oportunidades) x 10^6: $(22 / 740) \times 10^6 = 29730$ (DPMO)
<p>ETAPA 4. Conversión de los DPMO en el nivel Sigma</p> <ul style="list-style-type: none">➤ Utilizando la tabla de conversión (ver anexo 7) e interpolando los valores se obtuvo el siguiente resultado: 3,338 σ

Fuente. Las Claves Prácticas del Seis Sigma, Peter S. Pande, p. 167

Este nivel sigma calculado refleja el número de defectos esperados si se tuviera un millón de oportunidades de defecto (DPMO). Como se puede apreciar el nivel sigma hallado nos muestra un valor de 3,338 sigma, lo cual basándonos en la misma tabla de de conversión sigma significa que el proceso que se esta analizando tiene un rendimiento aproximado del 97%, un porcentaje bastante alto para cualquier compañía conformista, ya que como se mencionó al inicio de este proyecto la filosofía Seis Sigma es la búsqueda de la perfección de los procesos. Este rendimiento calculado el cual dista un poco del objetivo de la filosofía nos demuestra además que no es tan bueno si lo comparamos con la cantidad de defectos y quejas que se reportan a la empresa anualmente.

El propósito de calcular el nivel sigma inicial del proceso es tener un punto de referencia para comparar el antes con el después, una vez implementado las mejoras. Por razones del alcance y el tipo de estudio esta comparación no se pudo realizar, pero si le permitirá a la empresa tener un punto de comparación si desea implementar las mejoras que surjan de este estudio.

4.8 Calculo de los Costos de la Mala Calidad (CMC)

Con base en los registros de consultas de servicios de la empresa en los cuales se encuentran consignados mes a mes los costos relacionados con mano de obra, materiales, fecha del servicio, entre otros, de los diferentes equipos que presentan problemas y que son enviados a los diferentes talleres que posee la empresa para ser reparados, se realizará el cálculo de los costos de la mala calidad correspondientes al defecto específico "*fallo de gas*" seleccionado previamente, esto con el objetivo de asignar un valor económico a la cantidad de defectos que se producen en el proceso y de ratificar la escogencia de este defecto específicamente.

De un total de 370 unidades analizadas repartidas entre neveras y vitrinas durante un periodo de tiempo de 14 días, se encontraron 22 unidades defectuosas correspondientes a 16 neveras y 6 vitrinas respectivamente. Con base en estos datos y en los costos establecidos en los reportes de consultas de servicios del año 2005 se determinó que el costo relacionado con la mala calidad del proceso de refrigeración para las líneas de neveras y vitrinas de ese año fue el siguiente:

\$8.510.507 según reporte de consulta de servicios del año 2005 (ver anexo 8)

Este valor corresponde a la suma de la mano de obra más el costo de los materiales utilizados para los diferentes modelos de neveras y vitrinas que se reportaron como defectuosos durante el año 2005. A pesar de no ser una suma alarmante debe ser tenida muy en cuenta, ya que solo estamos mencionando los costos de la mala calidad relacionados con un solo defecto denominado “fallo de gas” sin tener en cuenta la gran cantidad de defectos adicionales que se pueden presentar dentro en cada una de las cuatro líneas de producción.

CAPITULO V

ETAPA DE ANALIZAR

El objetivo principal de la etapa Analizar de la metodología DMAIC consiste en el uso de diferentes herramientas estadísticas para el análisis de datos y de procesos como lo son los gráficos de Pareto, gráficos de tendencia, histogramas, diagramas de causa efecto, diagramas de flujo, mapas de procesos entre otros; esto con el fin de estudiar los datos recolectados en la etapa de Medir y de esta manera poder seleccionar y verificar la causa o causas raíz del problema.

5.1 HIPOTESIS INICIAL

Antes de iniciar el análisis de datos se mencionarán cuales son las hipótesis que el equipo de trabajo de la organización considera que son las causantes de los problemas de fallo de gas. Las hipótesis que se tienen son las siguientes:

- *Hipótesis 1:* para las uniones de los diferentes componentes que forman parte del sistema de refrigeración (condensador, compresor y evaporador), se realizan empalmes en la tubería por medio de soldadura oxiacetilénica para sellar las uniones y no se escape el gas. Debido a que la rotación de personal es muy baja y los operarios están sometidos a largas jornadas de trabajo, la fatiga y el cansancio que se genera de esto puede ser una causante de errores en el sellado de las tuberías que posteriormente generan los problemas de fallo de gas.

- *Hipótesis 2:* Al momento que el operario suelda la tubería que hace parte del gusanillo (conocida como válvula de inyección rápida) en la tubería de presión baja, estos no remueven los sellos de caucho del gusanillo, los cuales al momento de la soldadura se derriten por el calor, eliminando así la única protección que se tiene al momento de abrir la válvula ya sea para recargar o medir la presión del equipo por medio de un manómetro. La ausencia de este sello de caucho genera una microfuga que con el paso del tiempo produce un problema de fallo de gas en el equipo.
- *Hipótesis 3:* Otra opción que se está presentando es el fallo de los equipos de carga del gas refrigerante. Esto se debe a que ya han superado el tiempo de vida útil al cual trabajan normalmente uno de estos aparatos, además de trabajar constantemente en días de producción (que por lo general son 6 días a la semana, cargando un sin número de refrigeradores). De los tres equipos con los que cuenta la sección de refrigeración, 2 de ellos frecuentemente presentan problemas en cuanto a la cantidad de refrigerante que está cargando.

5.2 ANALISIS DE DATOS Y PROCESOS

Para poder llegar a una conclusión certera acerca de la causa o causas raíz del problema, en esta fase de analizar tanto los datos recolectados como el proceso en general serán abordados en las siguientes tres etapas:

- **Exploración.** En esta etapa se examinaron todos los datos recolectados en la fase de medir para descubrir pistas ocultas de los problemas; de igual manera se elaboraron mapas del proceso que reflejan lo que realmente sucede en este.

- **Generación de hipótesis.** Con base en las conclusiones obtenidas de la etapa de exploración y mediante el uso de herramientas estadísticas se generaron ideas sobre las causas de los defectos.
- **Selección y verificación de la(s) causa(s).** Mediante registros e investigaciones a fondo que validen las causas seleccionadas en la etapa anterior se llegó a la causa o causas raíz del problema.

5.2.1 ANALISIS DE PROCESOS

5.2.1.1 Fase de Exploración. En esta etapa de la metodología se hizo uso de los diagramas de flujo, mapas de proceso, diagrama SIPOC y diagrama causa efecto con el propósito de realizar un análisis más detallado del proceso y poder tener certeza de la causa o causas que sean elegidas como mas representativas o mas vitales en la generación del defecto de fallo de gas; asimismo se determina si las hipótesis manejadas por el personal de la empresa y que se mencionaron al inicio de esta etapa son ciertas o falsas.

Por ultimo con la ayuda de todas las herramientas mencionadas anteriormente y mediante un proceso de análisis detallado de todas las causas o efectos que puedan afectar en mayor o menor medida al problema, se realiza la selección de la causa o causas raíz que contribuyen de manera mas significativa al problema específico “ *fallo de gas*”. Como punto de partida para la selección de la causa o causas del problema se inicia esta fase mediante un análisis general del proceso para las líneas de neveras y vitrinas respectivamente. Los diagramas de flujo mostrados a continuación nos permitieron analizar de manera general el proceso e identificar problemas que puedan contribuir al defecto en que nos hemos centrado, así como oportunidades de mejora para este.

Diagrama 1. Diagrama de flujo de la Línea de Neveras

Responsable

Actividad

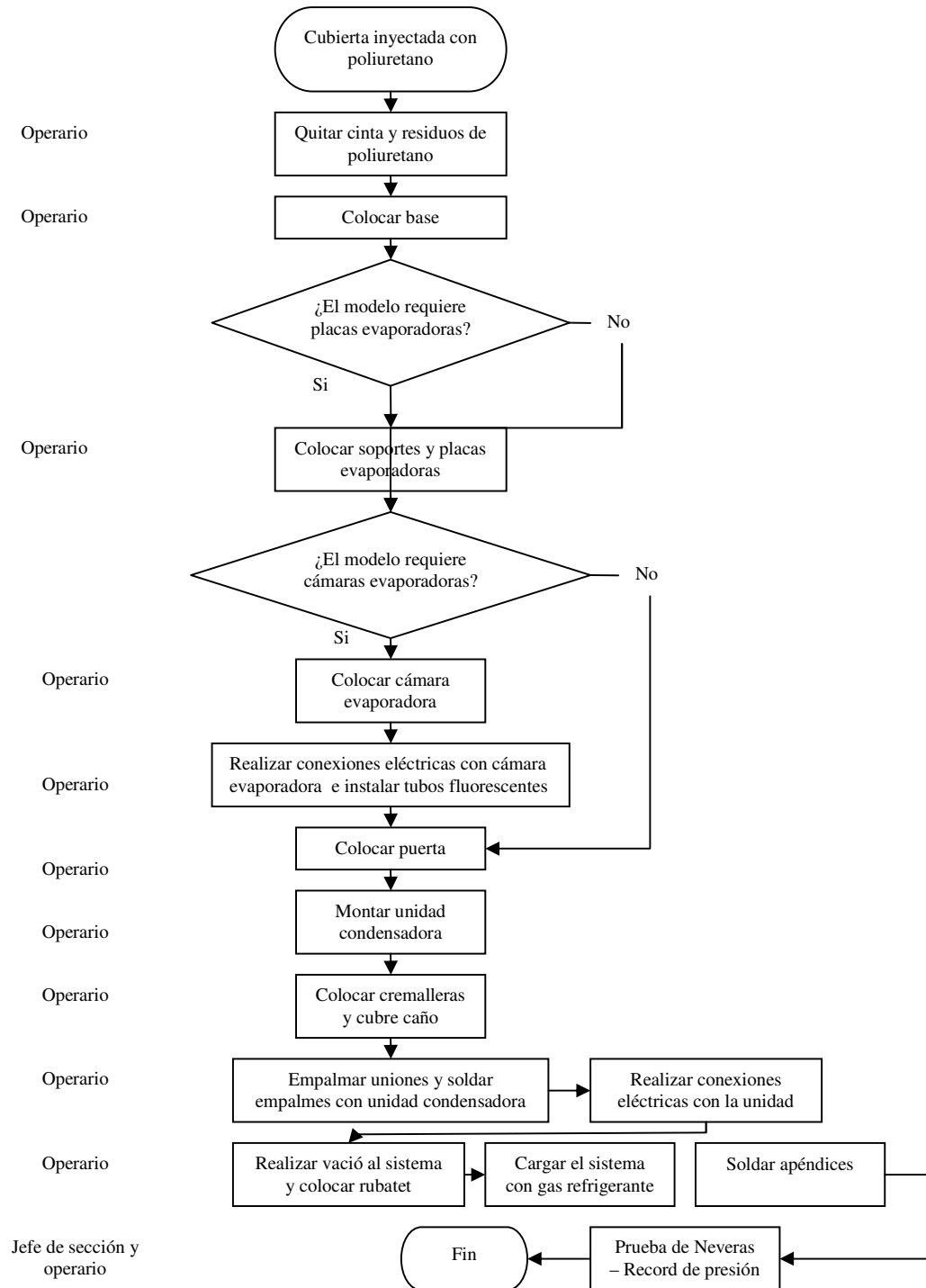
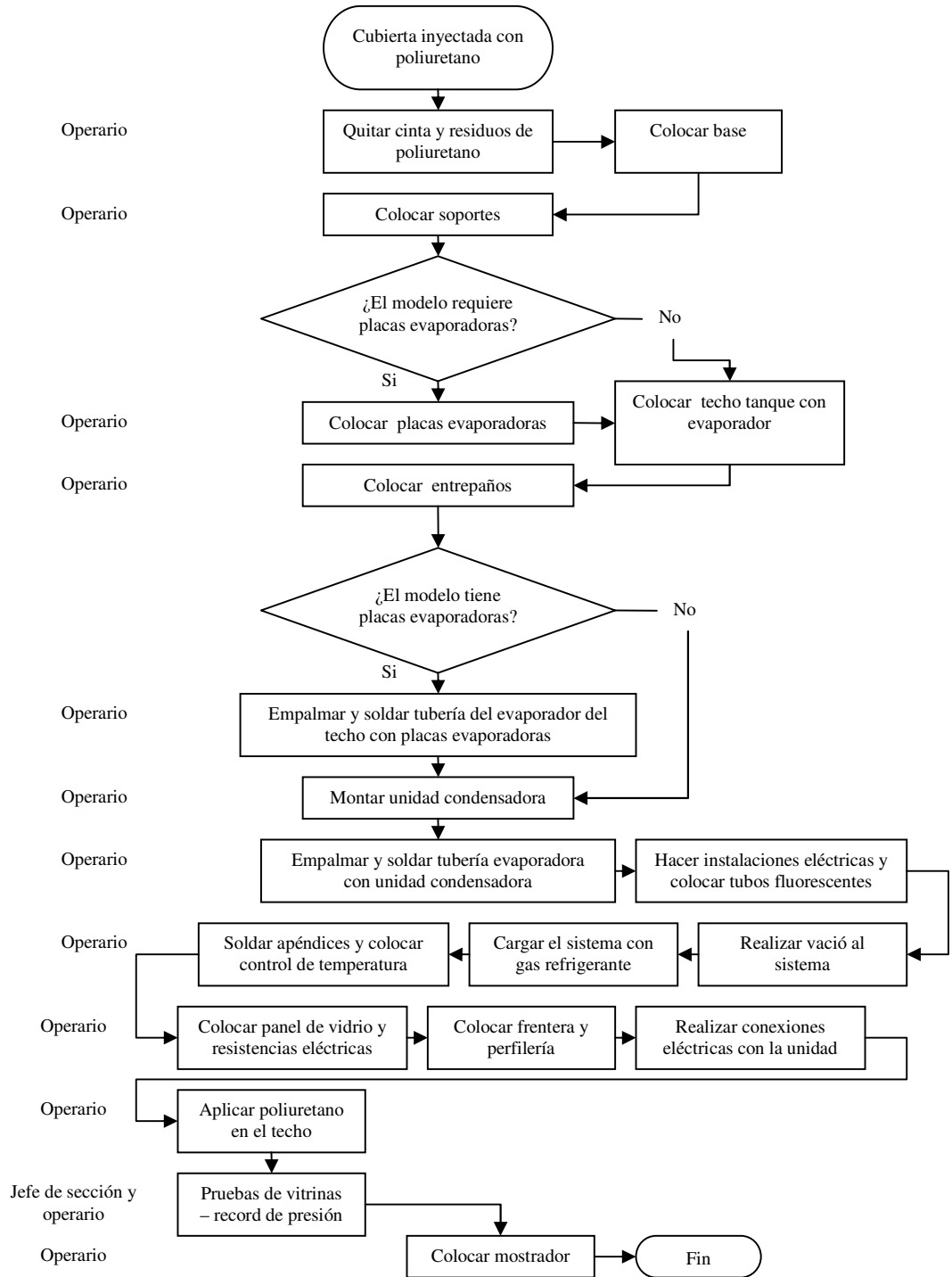


Diagrama 2. Diagrama de flujo de la Línea de Vitrinas

Responsable

Actividad



5.2.1.2 Resultado del Análisis de los Diagramas De Flujo

A manera general después de haber analizado cada una de las actividades de ambos diagramas de flujo nos podemos dar cuenta que estas dos líneas solo se diferencian en pequeños detalles como accesorios o aditamentos extras que se colocan en los equipos, como lo son el techo tanque con evaporador que solo llevan las vitrinas, los entrepaños, las cámaras evaporadoras que solo tienen las neveras y los paneles de vidrio que se le coloca solo a las vitrinas. En términos generales se puede decir que el proceso en ambas líneas es muy similar y que las actividades críticas que pueden llegar a causar problemas por fallo de gas se dan en ambas líneas.

Analizando más a fondo estos diagramas y consultando con el personal de refrigeración se encontró que existen ciertos problemas no solo a nivel de la línea de refrigeración sino a nivel de toda la empresa que ocasionan dificultades en el proceso de refrigeración; estos problemas han sido catalogados de la siguiente manera:

- *Desconexiones:* En ocasiones la falta de comunicación entre las diferentes secciones llega a generar un retraso o una mala interpretación de lo que se debe de hacer. Este caso se presenta por lo general en ocasiones donde la sección de refrigeración no es informada de los cambios en la producción lo cual afecta todas las actividades que se realizan en el proceso, ya que al momento de ser informados se hace necesario parar la producción para cambiar la configuración y continuar así con la producción.
- *Cuellos de botella:* Generalmente la falta de material generada por otras secciones ocasiona retrasos no solo en la línea de refrigeración, sino en otras secciones del proceso ralentizando así todo el flujo del trabajo. En cuanto al

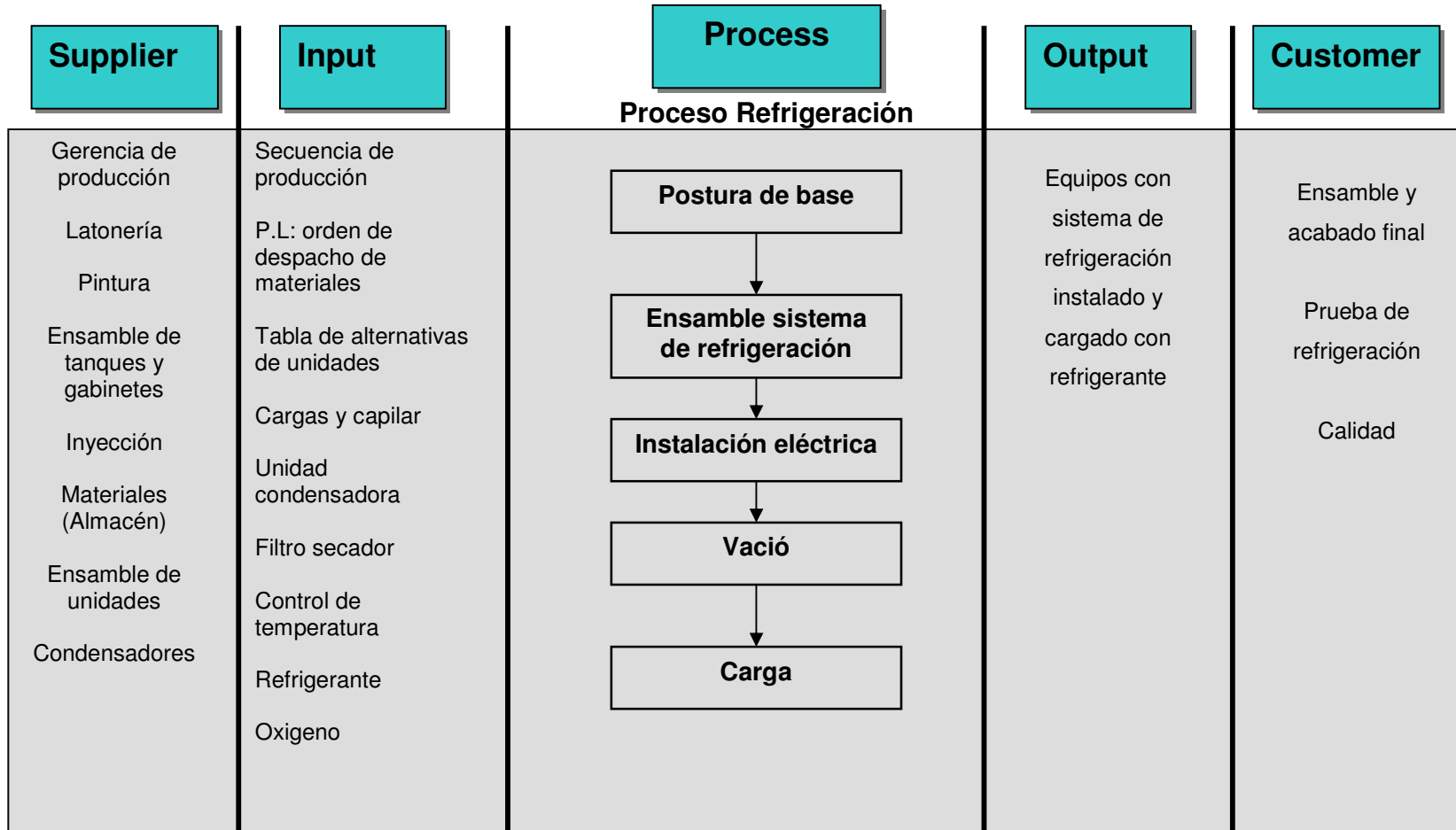
proceso de refrigeración no se determinó ningún cuello de botella que afecte significativamente al proceso.

- *Puntos de inspección:* Aquí se encuentra lo que es la prueba de refrigeración, en la cual se verifica con base en unas especificaciones y unos patrones si el equipo trabaja de forma normal. Esta inspección genera un retraso por el tiempo de prueba que requieren los diferentes modelos (congeladores y botelleros-5hr-, neveras -3hr- y las vitrinas entre -10 y 12hr-), pero debido a que es considerada una actividad crítica para el proceso no es posible decir que se puede omitir del proceso. A pesar de esto, se sabe que es una actividad que con el tiempo se ha ido convirtiendo en improductiva, es decir, años atrás si se justificaría el tiempo asignado (horas) para este tipo de actividad se puede apreciar que es demasiado grande; ya que con los nuevos avances en la tecnología se logra hacer esta prueba en cuestión de minutos, convirtiendo el método actual en una pérdida significativa del tiempo usado para terminar con el producto, lo cual además afecta el tiempo de respuesta de la empresa hacia al cliente final.
- *Bucles o reprocesos:* En la línea de refrigeración se pueden presentar un reprocesos en la actividad “prueba de refrigeración” cuando un equipo no pasa esta prueba debido a que no logro cumplir alguno de los requisitos o parámetros establecidos, es enviado inmediatamente de vuelta a la línea para ser revisado por un técnico y ser reprocesado.

5.2.2 Generación De Hipótesis. Para continuar con el análisis del proceso se presenta el siguiente diagrama de alto nivel o también denominado diagrama SIPOC por sus siglas en ingles (**Supplier- Input – Process – Output – Customer**) comprende cinco categorías principales de trabajo; en este se identifican los proveedores del proceso, los insumos que recibe de los proveedores, el nombre del proceso, su producto y sus clientes. Este se denomina diagrama de alto nivel porque en el solo se encuentran definidos los pasos de más alto nivel del proceso actual.

Mediante este diagrama se podrán identificar aquellas etapas del proceso donde se realizan las actividades consideradas como críticas para el problema o que más contribuyen a la generación de este. Luego de seleccionadas estas se elaborará posteriormente un diagrama de subproceso de la etapa o etapas elegidas en donde se pueda analizar con más detalle el proceso y poder descubrir donde se encuentran las mayores ineficiencias.

Diagrama 4. Diagrama SIPOC – Proceso de refrigeración



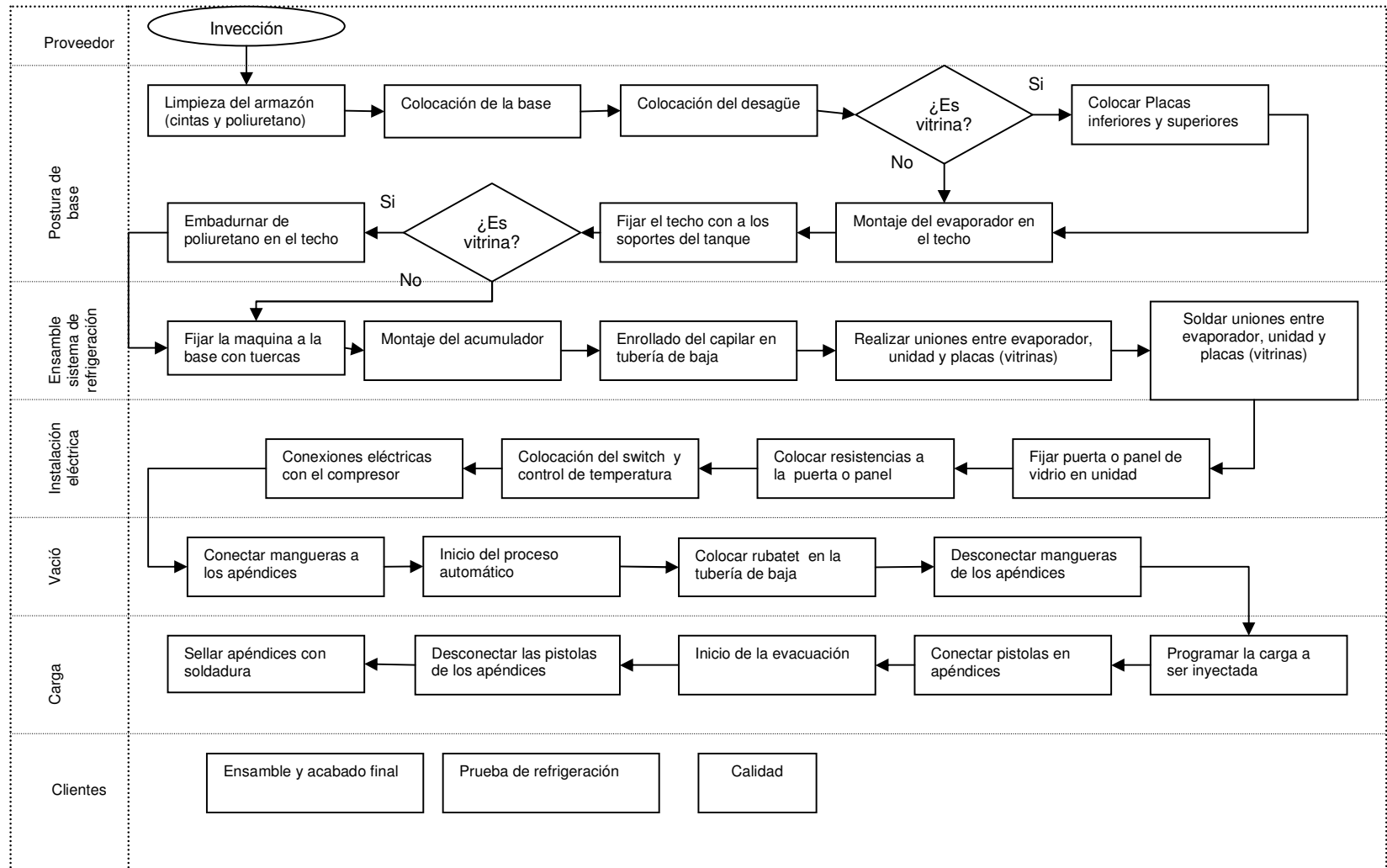
En el anterior diagrama SIPOC se observan cada uno de los proveedores, los insumos, las diferentes etapas del proceso, la salida y los clientes del proceso de refrigeración; en este además se observan las principales etapas del proceso de refrigeración, las cuales se clasificaron en cinco subprocesos.

Con base en este diagrama de alto nivel no es posible determinar aún que subproceso o subprocesos deben ser analizados con más detalle en la búsqueda de la causas raíz del problema. Para poder elegir cual subproceso o subproceso deben ser analizados con mas detalle es necesario conocer cada una de las actividades o tareas que se realizan en estos; para esto se hará uso del mapa de proceso de despliegue, herramienta mostrada a continuación.

Similar al diagrama SIPOC esta herramienta tiene como objetivo documentar y representar gráficamente cada una de las etapas o tareas que se realizan en el proceso, así como analizar la secuencia que se sigue en este. El uso de este diagrama nos permitirá analizar con detalle cada una de los subprocesos de refrigeración, los cuales se encuentran definido en el diagrama SIPOC mostrado anteriormente.

A través del mapa de proceso de despliegue se definirá el alcance y los responsables de cada una de las actividades realizadas en cada una de las etapas del proceso y se podrán identificar donde pueden existir oportunidades de mejora para este.

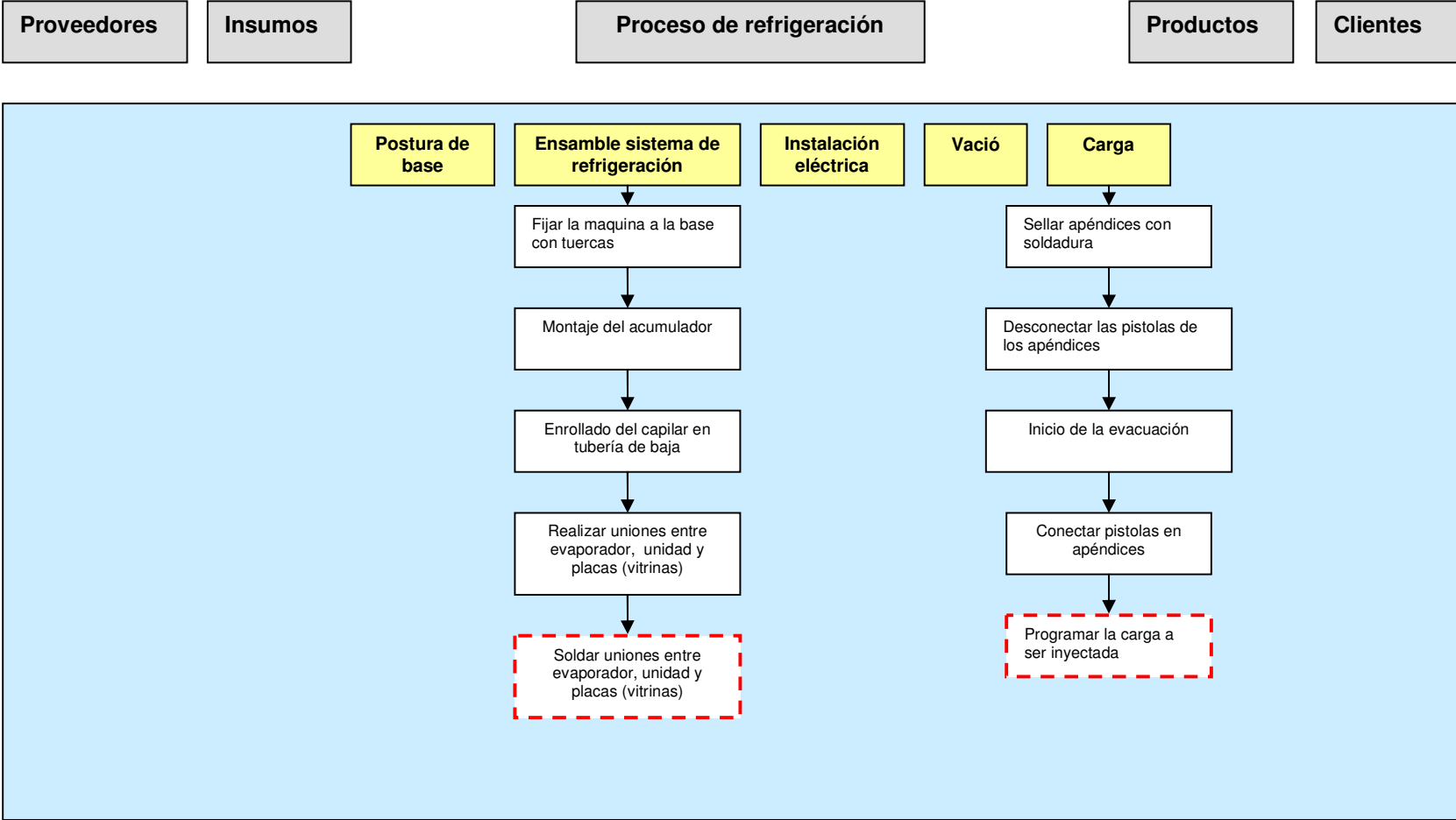
Diagrama 5. Mapa de proceso de despliegue



Con base en el diagrama SIPOC y en el mapa de proceso de despliegue presentados previamente se eligieron analizar mas a fondo los subprocesos de carga y de ensamble de sistema de refrigeración, por ser en estos donde se encuentran actividades que son consideradas posibles contribuyentes a la generación del problema, estas actividades que se presentan mas claramente en el diagrama de subproceso se encuentran resaltadas con rojo para distinguirlas del resto.

Para analizar mas a fondo el subproceso de carga como se acaba de mencionar se utilizó un diagrama de subprocesos, el cual consiste en tomar un paso del diagrama de alto nivel del proceso y profundizar en cada una de las operaciones o tareas de este, esto con el propósito de confirmar o descartar aquellas actividades que hasta ahora se han considerado como posibles fuentes del problema.

Diagrama 6. Diagrama de subproceso



5.2.2.1 Análisis Diagrama De Subprocesos. En el diagrama de subprocesos presentado anteriormente se identificaron dos actividades que son considerada potenciales fuentes del problema, estas dos actividades que son la soldadura de uniones entre evaporadores, unidad y placas, y la carga del gas refrigerante que se dan en los subprocesos de ensamble del sistema de refrigeración y el de carga respectivamente, se han seleccionado con base en la experiencia y las apreciaciones de los operarios de la línea de refrigeración, además de ser consideradas actividades críticas y por ser en estas donde se presenta el mayor riesgo de que ocurra un defecto si no se hacen cuidadosamente.

Estas dos causas potenciales determinadas hasta el momento mediante este análisis del proceso serán analizadas con más detalle aún en el análisis de los datos para la selección de la causa o causas raíces que se presenta a continuación; en este se considerarán no solo estas causas sino otras causas provenientes de otras secciones, como lo es el caso de la soldadura del gusanillo de la válvula de inyección rápida que se da en la línea de ensamble, entro otras.

5.3 ANALISIS DE DATOS

5.3.1 Exploración. En esta fase se examinaron todos los datos recogidos en la etapa de medir. Inicialmente se realizó un gráfico de control del proceso en general para un periodo de tiempo de 14 días, en el cual se encuentra incluida la premuestra, para analizar el comportamiento del proceso durante este tiempo y para determinar si el proceso estaba o no bajo control.

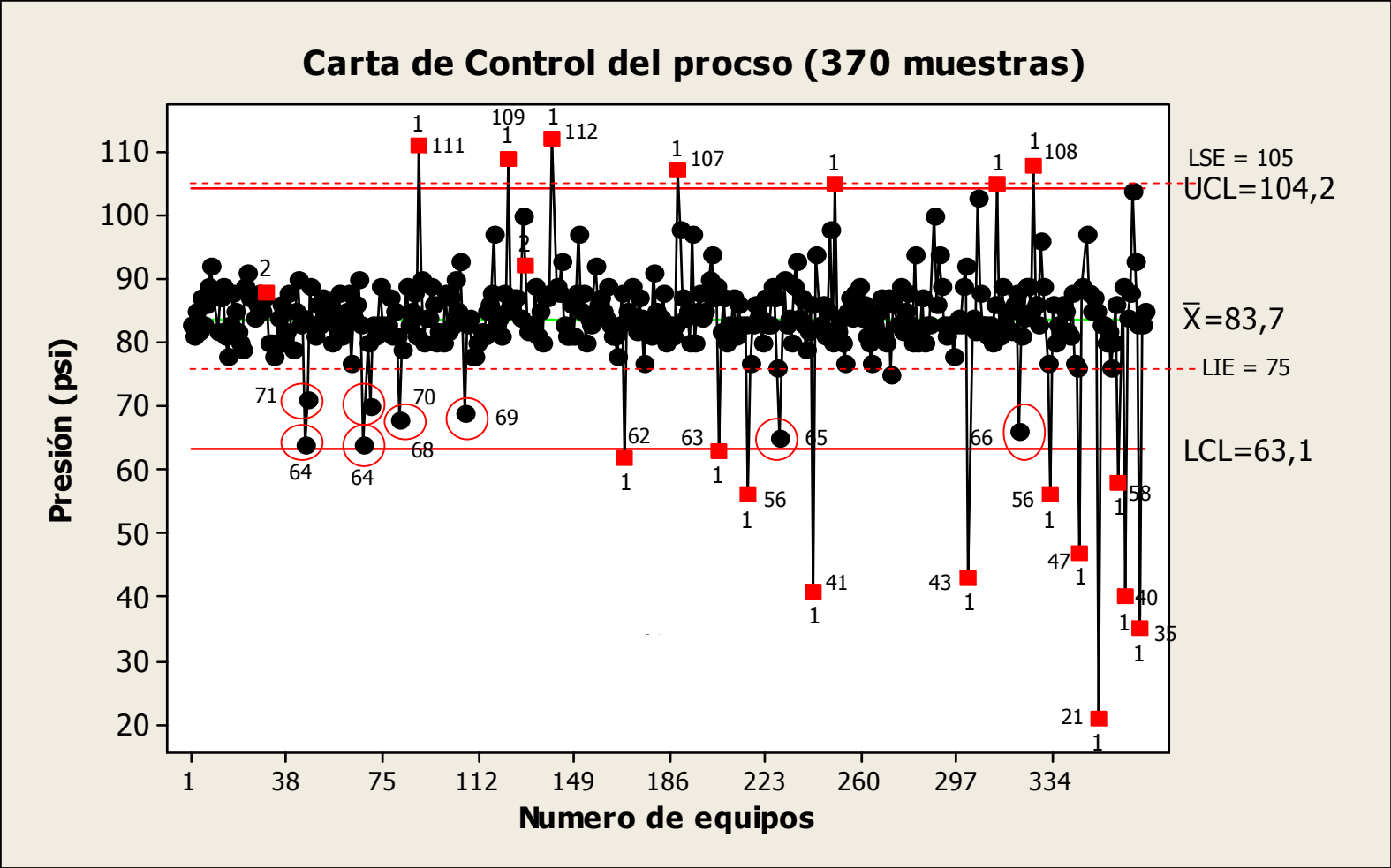
Debido a que el proceso de refrigeración en el cual se lleva a cabo el subproceso de carga de los equipos, objeto de estudio de esta investigación, es igual tanto para neveras como para vitrinas (estos solo difieren en el acabado del equipo,

como placas refrigeradoras, entrepaños, soportes para rejillas, etc.); el análisis de los datos recolectados se realizó de forma combinada, esto quiere decir que en el gráfico de control que se presenta a continuación se encuentran datos de presiones tanto de neveras como vitrinas. Cabe aclarar que con el fin de que la muestra fuera representativa del total de la población se calculo una muestra de 208 unidades sobre la producción del mes de Agosto mas la premuestra de 150 unidades (entre neveras y vitrinas) tomadas inicialmente, dando un total de 358 equipos. La proporción de neveras es de 285 unidades y 73 unidades para vitrinas (adicionándole a la muestra la premuestra realizada inicialmente).

El objetivo del análisis de los gráficos de control además de analizar el comportamiento del proceso es detectar variaciones y patrones que se puedan presentar por causas especiales en el proceso así como determinar si el proceso esta o no bajo control. Para poder determinar si existían problemas por causas especiales dentro del proceso se realizó un gráfico de control de este para los 370 datos analizados durante 14 días de muestreo lo cual corresponde a 11 días de muestreo mas la premuestra de 3 días.

Cabe agregar que simultáneamente con las mediciones de presión se tomaron mediciones de la temperatura ambiente y del porcentaje de humedad relativa; esto con el fin de tener datos que puedan posteriormente respaldar o rechazar las hipótesis iniciales del equipo de trabajo. A continuación se presentan el gráfico de control del proceso realizado utilizando el software Minitab con su respectivo análisis.

Grafico 7. Carta de control del proceso de refrigeración (370 muestras)



Resultados arrojados por el software Minitab de la grafica anterior

TEST 1. One point more than 3, 00 standard deviations from center line. Test Failed at points: 89; 124; 141; 169; 189; 205; 216; 242; 250; 302; 313; 327; 333; 345; 352; 360; 362; 36. (26 en total incluyendo los que están por fuera de los límites de especificación)

TEST 2. 9 points in a row on same side of center line. Test Failed at points: 30; 130

5.3.1.1 Análisis De La Carta De Control Del Proceso

Es importante al analizar los gráficos de control no confundir los límites de control con los límites de especificaciones; ya que estos últimos representan el mínimo aceptable para el cliente, mientras que los límites de control son los que se esperan de la variación y los determina el proceso mismo.

En este gráfico de control se presentaron puntos por fuera de los límites de especificación y de los límites de control, lo cual nos indica que se presentaron variaciones anormales en alguno de los factores de producción; por esta razón se dice que el proceso no estuvo bajo control durante el periodo de tiempo correspondiente a 14 días. En total la gráfica muestra 26 puntos por fuera de los límites de especificación como de los límites de control, de estos 26 hay 2 que están fuera del *limite de control superior* pero se encuentran exactamente sobre el límite de especificación por lo tanto no se tomaron en cuenta, y otros 2 datos que se descartaron por razones que serán explicadas posteriormente; quedando en realidad solo 22 puntos fuera de control de un total de 370 datos, lo cual corresponde a un 5,94% de equipos con fallo de gas, lo cual es considerado como un porcentaje de error alto para el proceso. Se observaron puntos por fuera de los límites de especificación y de control inferiores respectivamente, indicando que el proceso no es capaz de cumplir tanto teóricamente ni realmente con los requisitos del proceso. Aquellos puntos que se encuentran fueran de control se presentaron en las siguientes observaciones: 45; 46; 68; 70; 82; 89; 107; 124; 141; 169; 189; 205; 216; 229; 242; 250; 302; 313; 321 327; 333; 345; 352; 360; 362; 368

Por otro lado se pudo notar un patrón de variación especial conocido como *desplazamiento* (identificado en la gráfica con un número 2 por encima del punto rojo), el cual se caracteriza por presentar nueve puntos (o más) consecutivos en el mismo lado del valor central. Este patrón se puede observar desde el punto 22 hasta el 30 y desde el punto 122 hasta el punto 130. La explicación teórica de este patrón señala a que había algo en el proceso cuando se tomaron estos datos que no estaba presente en otros momentos.

Con el fin de descubrir las causas de esta variación especial se examinó la temperatura ambiente de la planta registrada en el momento de dichas mediciones, ya que como se explicó anteriormente esta se relaciona de manera directamente proporcional con la presión del gas refrigerante; una vez revisados los datos de temperatura en el momento en que se presentaron ambos patrones se encontró que en el periodo de tiempo del punto 22 al 30 se encuentra registrada una temperatura promedio de 30°C.,(ver formato de recolección de datos, anexo 4) lo cual como se puede apreciar en la grafica de control pudo afectar las mediciones generando unos valores de presión muy similares en ese momento que estuvieron por encima de la línea de valor central. Aparte de la temperatura no se pudo determinar que alguno de los otros factores de producción del proceso hubiese ejercido una influencia indebida o hubiese tenido un comportamiento anormal durante ese periodo de tiempo; por tal razón solo la temperatura ambiente se considero como el único factor influyente en las mediciones.

En el segundo patrón de variación presentado desde el punto 122 al 130 se aprecia que los datos nuevamente se encuentran por encima del valor central; al examinar los registros de temperatura de esa día se encontró que la temperatura ambiente registrada en ese momento estuvo entre los 33°C y 34°C., un valor de temperatura alto que sin duda afectó las mediciones generando dicho comportamiento anormal, debido a que adicional a este no se presentaron

anormalidades en el proceso que se pudiesen considerar influyentes para tal comportamiento en ese momento.

Con respecto a los puntos que se encuentran por fuera de los límites de control al analizarlos de manera independiente con el fin de determinar las causas de dicho comportamiento se llegó a las siguientes conclusiones:

A pesar de no ser considerada la temperatura ambiente un factor causante del problema se sabe que esta afecta la presión interna de los equipos y por lo tanto las mediciones; por tal razón fue este el primer factor analizado en búsqueda de respuestas a los diferentes puntos que se presentaron por fuera de la grafica de control. Con base en los registros de temperatura tomados simultáneamente con los datos de presión se encontró que en los puntos 45 y 46 correspondientes a 64 psi y 71 psi respectivamente, los cuales estuvieron por debajo del límite de especificación inferior, la temperatura registró en ambos casos un valor de 33°C. Debido al comportamiento de la temperatura en ese momento no es posible afirmar que este factor haya sido el causante de este comportamiento. Adicional a los puntos 45 y 46 se encontró que las observaciones 242, 321 y 368 presentaron este mismo comportamiento en el cual la temperatura ambiente estuvo elevada pero sin embargo los valores de presión estuvieron por debajo del límite inferior; para estos últimos puntos en donde la presión de los equipos fue de 41, 66 y 35 psi respectivamente los registros de temperatura fueron de 33°C., para cada uno (ver formato de recolección de datos, anexo 4).

A parte al factor temperatura no se registró en ese momento ningún comportamiento anormal en el proceso que se considerará especial y que hubiese podido causar estos defectos; En este caso es posible que el defecto se haya originado sin ser percibido por problemas en el cargador de gas o por ineficiencias en la línea de refrigeración, los cuales son factores que se consideran generan este defecto. Aun así, debido a que no se tiene certeza de la causa de los fallos es

posible que el proceso pueda estar sujeto a causas de variaciones que no se han tenido en cuenta aún.

Con respecto a los puntos 68, 70, 82, donde la presión de los equipos estuvo por debajo del límite de especificación inferior y que corresponden a 64, 70 y 68 psi respectivamente se pudo notar que la temperatura presentó valores de 28; 29 y 31°C., para cada uno de estas mediciones, (ver anexo formato de recolección de datos, anexo 4). Este comportamiento se presentó en 11 de los 27 puntos que se encontraron por fuera en la carta de control, siendo este el comportamiento mas frecuente en las mediciones (equipos con presiones por debajo de los límites); los 8 puntos restantes corresponden a las siguientes observaciones: 107, 169, 205, 216, 229, 302, 333 y 345 que corresponden a 69, 62, 63, 56, 65, 43, 56 y 47 psi respectivamente en las cuales la temperatura tuvo valores de 29, 28, 29, 28, 28, 30, 27 y 29°C para cada uno de estos. Indudablemente la temperatura influyó en los valores de presión registrados en ese instante, ya que como se puede apreciar durante el periodo en que se encontraron todos estos puntos el comportamiento de la temperatura fue baja, oscilando entre los 27°C y 31°C.

A pesar de tener esta información y de no registrarse ningún comportamiento especial en el proceso en este periodo, es posible que de los equipos enunciados anteriormente algunos pudieran presentar fallos a causa de problemas en la línea de refrigeración que no fueron detectados en ese momento o que se pasaron por alto. Por ser esta una primera fase de exploración de los datos no es posible determinar exactamente la causa generadora de cada uno de los puntos.

En el punto 89 se halló que el valor de la presión del equipo estuvo por encima del límite superior de especificación, registrando un valor de 111 psi; durante este periodo no se encontró ningún comportamiento anormal o especial en el proceso a parte de la temperatura ambiente, la cual se encontraba a 34°C (ver anexo formato de recolección de datos, anexo 4). Es muy probable que este factor haya

influido indebidamente en las mediciones de presión, pero como no es posible que la temperatura genere problemas de fallos de gas, la causa mas sospechosa es que se haya inyectado mas cantidad de gas de lo normal al equipo y el cual a su vez se vio afectado de esa manera por la temperatura de ese momento.

Este comportamiento se presentó igualmente en los puntos 124 y 141 de la gráfica, en estos la presión estuvo por encima de límite superior de especificación registrando valores de 109 y 112 psi respectivamente, mientras que la temperatura ambiente fue de 34°C para cada uno de las mediciones; para estos dos puntos se puede decir que el la temperatura nuevamente pudo afectar las mediciones probablemente debido a un exceso de gas en los equipos.

En cuanto a los puntos 250 y 313 se observa en la gráfica que estuvieron por fuera del límite de control superior y exactamente sobre el límite de especificación; estos dos puntos cuyos valores corresponden a 105 psi cada uno no se contaron como defectuosos debido a que se encontraban dentro del rango establecido.

En los puntos 189 y 327 se halló que los valores de presión de los equipos estuvieron por encima del límite superior de especificación, registrando valores de 107 psi y 108 psi respectivamente, indicando así que aparentemente los equipos presentaban problemas por fallo de gas. A pesar de que la gráfica muestra que ambos puntos están fuera de control, este tipo de datos es ignorado por el personal de refrigeración cuando la temperatura ambiente de la planta es muy elevada, lo cual es exactamente el caso de estos dos puntos donde esta registró valores de 33°C y 34°C respectivamente (ver anexo formato de recolección de datos, anexo 4); cuando esto sucede se pasa por alto el hecho de que la presión este por encima de los limites, simplemente por el hecho de saber que esta afecta las lecturas de presión.

Por esta razón estas dos mediciones no se consideraron en el conteo total de los defectos, a pesar de estar por fuera de los límites de especificación. Vale la pena aclarar que esta decisión es tomada por el equipo de refrigeración solo cuando se presenta dicha situación.

Luego de descartar estos dos datos es importante aclarar que aunque se muestren 26 puntos por fuera de los límites de control en la gráfica, solo 22 se consideraron realmente como defectuosos y fue con base en esta cantidad que se calculó el valor sigma mostrado previamente. Aquí se observa que el factor temperatura debido a su influencia en las mediciones, ambos puntos no ameritan ser analizados a fondo para encontrar otros factores causantes del problema.

Durante los últimos de muestreo, exactamente desde el punto 321 en adelante se puede apreciar claramente que se presentaron una cantidad de defectos considerable en un periodo de tiempo corto, un total de 8, correspondientes a los puntos: 321 327; 333; 345; 352; 360; 362; 368.

Una de las razones del porque se presentaron esta cantidad de puntos por fuera se debió a que el cargador del gas refrigerante se encontraba fallando al momento de inyectar la carga a los equipos, este hecho fue verificado por los operarios luego de darse cuenta de la cantidad de equipos con problemas de fallo de gas que estaban saliendo de la línea. La otra situación que se presentó fue que debido a los últimos lotes de Agosto sufrieron retrasos por falta de material se hizo necesario acelerar el ritmo de producción para poder cumplir con la producción de esos lotes y poder continuar con la secuencia de producción del mes siguiente (Septiembre). Este hecho sin duda perturbó el ritmo normal de trabajo de los operarios de la línea, los cuales con tal de cumplir con el plan de producción aumentaron la velocidad de la línea y obviamente sacrificaron la calidad de los equipos con tal de cumplir con la producción.

5.3.1.2 Conclusiones Del Análisis De Los Gráficos De Control

De la carta de control presentada anteriormente se llegó a la siguiente conclusión:

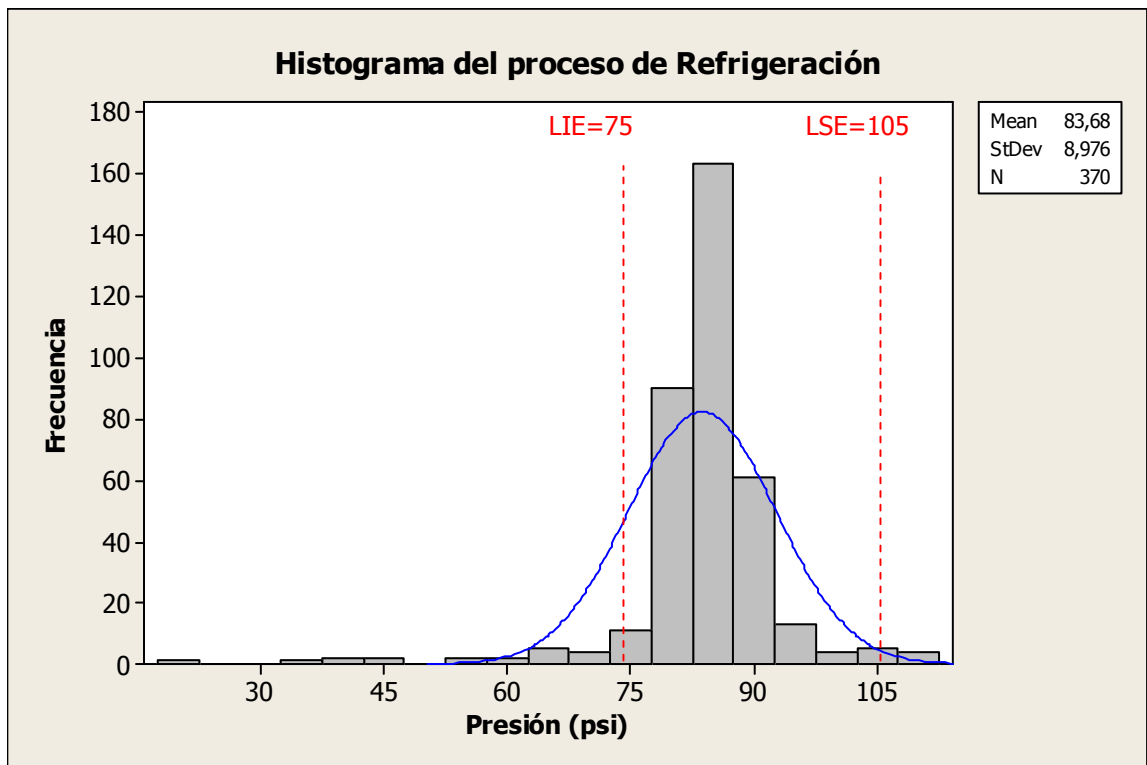
El patrón de desplazamiento caracterizado por una agrupación de puntos consecutivos al mismo lado de la mediana y que se presentó en dos etapas de la cartas mostrada, se da cuando ocurren cambios en el proceso; es decir un cambio en alguno de los factores de producción; el factor ambiente es en este caso el posible causante que pudo afectar el proceso, debido a que durante en el momento en que se presentó este patrón no se registró ninguna anomalía en los otros factores de producción que pudieron haber afectado el proceso.

Con el análisis realizado hasta el momento se ha llegado a la conclusión de que los defectos por fallo de gas tienen un comportamiento impredecible, por lo cual no es posible establecer exactamente cuando ocurre el defecto y que pasa en el proceso cuando este sucede; se sabe que la temperatura ambiente de la planta donde se ensamblan los equipos es un factor que afecta las lecturas de presión realizadas a los equipos, que en muchas ocasiones permite ignorar y dejar continuar en el proceso equipos que aparentemente presentan problemas por fallo de gas; por otro lado se maneja la hipótesis inicial de que la ineficiencia de los operarios y la maquina cargadora del gas refrigerante son posibles factores causantes de defectos por fallo de gas.

Debido a que no es posible mediante las gráficas de control mostradas anteriormente rechazar o afirmar las hipótesis planteadas por el equipo y mucho menos determinar la causa raíz del problema, posteriormente se continúa con un análisis más detallado que nos permita llegar a esta.

Seguidamente del análisis de los gráficos de control y utilizando los mismos datos, se realizó un análisis para determinar el comportamiento de los datos, su distribución y determinar cuanta variación existe en estos mediante un histograma de frecuencia.

Grafico 8. Histograma del proceso de refrigeración.



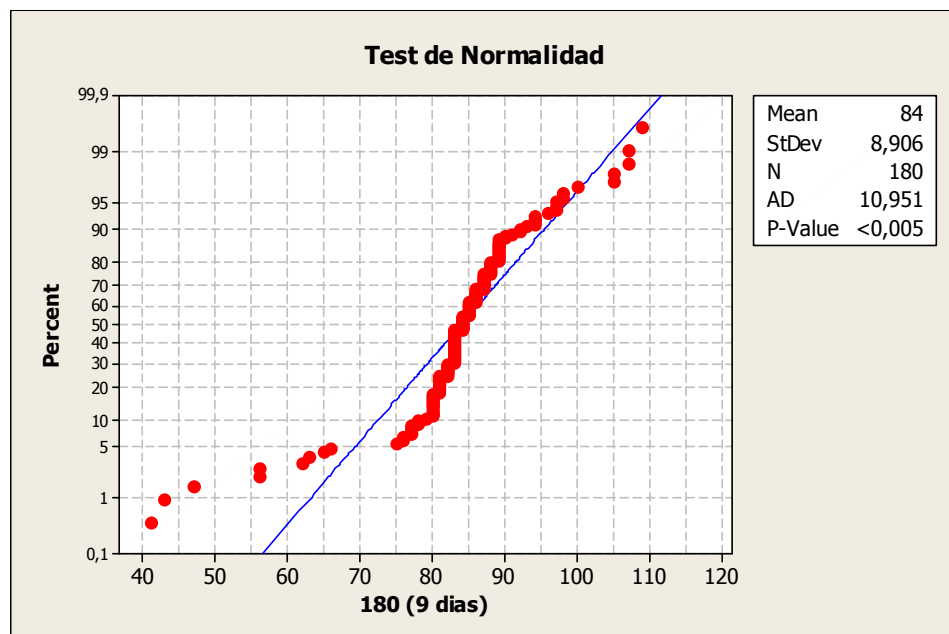
En este histograma correspondiente a 370 datos del proceso de refrigeración repartidos entre neveras y vitrinas, recolectados durante 14 días se determinó que la variación del proceso fue de 8, 976 psi y que el promedio de presión que mantuvieron los equipos fue de 83 psi y 68 psi. Realizando un análisis mas detallado del comportamiento del proceso se concluyo lo siguiente:

- A pesar de que la mayor agrupación de datos esta en el rango entre los 80 y los 90 psi, existe una pequeña cantidad que se extiende en ambas direcciones, con mayor tendencia hacia el lado izquierdo del histograma, generando una variación considerable en el proceso.
- El comportamiento del proceso se observa que no se distribuye de manera simétrica alrededor del valor central a pesar de que la mayoría de los datos se encuentran en el centro; por lo tanto se puede afirmar que los datos no tienen un comportamiento normal. Por otro lado la extensión de datos que se presenta hacia el extremo izquierdo puede ser un indicador de que el proceso presenta una variación de causas especiales, lo cual significa que alguno de los factores de producción puede estar ejerciendo una influencia indebida en el proceso.
- Como se señaló en el primer enunciado existe una mayor tendencia de los datos hacia el extremo izquierdo, más que hacia el extremo derecho del histograma, indicando que se presentan más defectos en cuanto a presión, por debajo de lo normal que por presiones por encima del límite. Para poder determinar que ocasiona este fenómeno se debe investigar todos los factores que intervienen en el proceso; etapa que será abordada posteriormente.
- Al trazar los límites de especificación se observa claramente que el proceso no es capaz de cumplir con las especificaciones, tal y como se mostró anteriormente en este histograma se aprecia que de todos los puntos que se encuentran por fuera de los límites de especificaciones, existe una mayor tendencia de estos hacia el límite inferior de especificación. Asimismo se pudo apreciar que el proceso se encuentra descentrado hacia el límite inferior de especificación, lo cual indica que existe un factor o

factores importantes que están afectando el proceso y generan ese comportamiento.

A pesar de que el histograma anterior nos muestra un comportamiento de los datos que parece no ser normal se realizó un test de normalidad con el fin de tener la completa certeza que los datos recolectados del proceso de refrigeración no se distribuyen de manera normal.

Grafica 9. Test De Normalidad



Se puede apreciar en el test de normalidad que los datos no tienen un comportamiento lineal, por lo tanto se dice que no se distribuyen de manera normal; en esta se observa el mismo comportamiento del histograma, una tendencia de los datos hacia el extremo izquierdo, es decir, hacia los valores de presiones bajas.

Por otro lado el “*p – value*” que aparece en el recuadro del test de normalidad nos confirma la no normalidad de los datos, vemos que este tiene un valor de 0,005. Al momento de realizar el test de normalidad el software Minitab automáticamente se encarga de evaluar la hipótesis nula planteada por este mismo, la cual se encuentra definida de la siguiente manera: H_0 : *los datos siguen una distribución normal*. Si el “*p – value*” es menor que el valor α (nivel de significancia o probabilidad de error), entonces se debe rechazar la hipótesis nula y concluir que los datos no siguen una distribución normal.

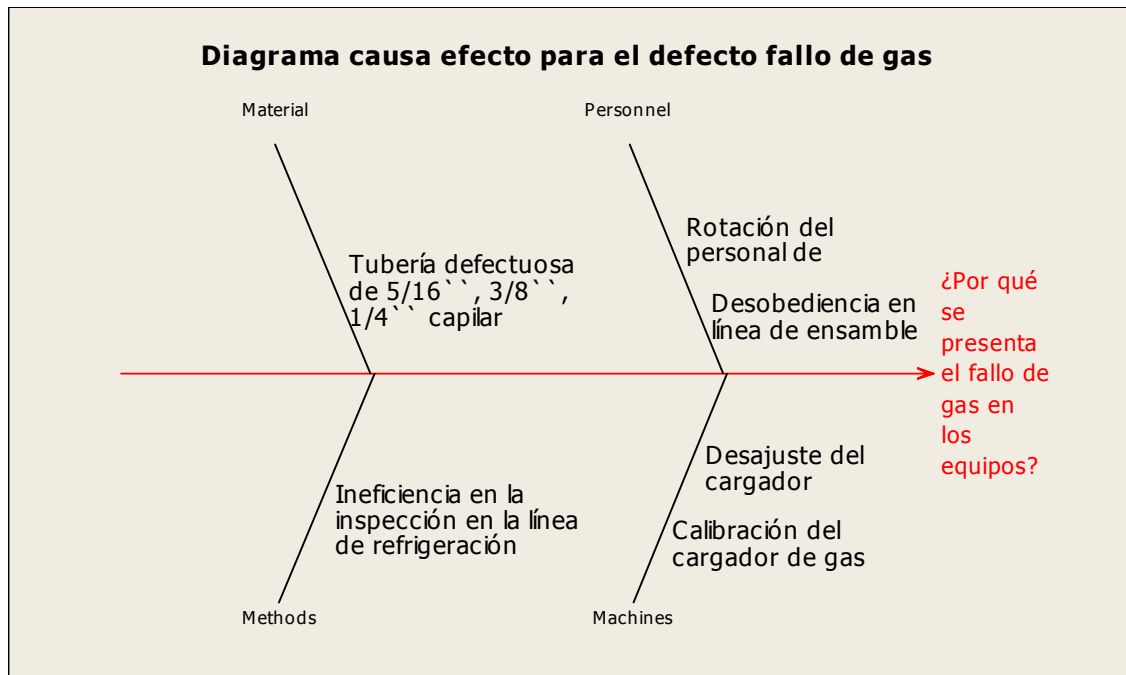
Por convención y por ser el más comúnmente usado se escogió un nivel α igual a 0,05. Este nivel α determina la probabilidad de que ocurra un error tipo I; es decir la probabilidad de encontrar un defecto que no existe es solo del 5%. En este caso se observa que el “*p – value*” calculado fue de 0,005; por lo tanto se rechaza la hipótesis inicial o nula y se puede afirmar que los datos no siguen una distribución normal.

A manera de conclusión se puede decir que en esta primera etapa de exploración del análisis de los datos se encontraron una serie de sucesos no normales o no comunes al proceso que hacen que este presente una variación de causas especiales. Con base en la carta de control del proceso se pudo establecer que la temperatura influye al momento de realizar las mediciones, pero no se puede considerar como un factor causante de problemas de fallo de gas en los equipos. Mediante estos también se pudo determinar que la ineficiencia de los operarios de la línea de producción y la maquina cargadora del gas refrigerante son dos factores inciertos pero muy factibles al momento en que se generan problemas por fallo de gas. Con base en el histograma se notó también que el proceso no es capaz de cumplir con las especificaciones y que existe una tendencia de los datos hacia el límite inferior de especificación que es generada por factores de producción aún desconocidos.

Para poder descubrir cual es en realidad la causas o causas raíz del problema de los fallos de gas es necesario analizar mas fondo el proceso y poder descubrir diferencias en este que permitan encontrarlas estas causas raíces.

5.3.2 Generación de hipótesis. En esta fase se hizo uso de la herramienta “Diagrama de Ishikawa” o “Diagrama de causa efecto” para generar ideas sobre la causa de los defectos. Este diagrama se elaboró mediante una tormenta de ideas que realizó el equipo de trabajo conformado por el jefe de refrigeración (Ingeniero Javier Marrugo), el director de producción (Ingeniero Jairo Olier) y el director de calidad (Ingeniero Diego Valencia) el día 07- 09 - 06 Para la elaboración del Diagrama causa – efecto se declaró el efecto que se esta analizando en este proyecto a manera de pregunta como se puede observar en el diagrama, “¿Por qué se presenta el fallo de gas en los equipos?”, y en cada una de las ramificaciones se colocaron las posibles causas que pueden contribuir a que se presenten fallo de gas

Diagrama 7. Diagrama Ishikawa o espina de pescado



Luego de que el equipo definiera y resumiera las principales causas potenciales, se analizaron con más detalle cada una de estas con el propósito de descartar aquellas causas o efectos que no contribuyen realmente al problema y seleccionar los efectos de mayor relevancia en el problema de fallo de gas. Luego de este análisis las conclusiones a las que se llegaron fueron las siguientes:

- ✓ *Defecto de la tubería (5/16", 3/8", 1/4", y los capilares):* El defecto por tubería es un caso poco frecuente, ya que al momento de esta ser solicitada al proveedor este se encarga de que llegue presurizada a la fabrica; adicionalmente para que la tubería pueda entrar al proceso es revisada por el departamento de calidad para comprobar que en realidad tenga presión (según lo solicitado al proveedor ya que no hay ficha técnica para estos materiales en INDUFRIAL). En caso de que la tubería no tenga la presión adecuada el departamento de calidad se encarga de hacer la devolución al proveedor; además de la presión se revisan otras características exteriores como dimensiones, golpes, manchas, aberturas en puntas, cajas húmedas y suciedad dentro de la tubería, para su posterior aprobación y poder darle entrada a la fábrica. Para la entrada de cualquier material se debe de diligenciar un formato de recepción de materiales, en donde se colocan las especificaciones del material y el código de la característica que se esta inspeccionando (ver tabla de características a inspeccionar -anexo 5-) y el formato de recepción de materiales (anexo 9) de ese material. Con el fin de soportar lo anteriormente mencionado se anexa el procedimiento de "Inspección y ensayo en Recepción" realizado para las tuberías de cobre y los capilares (ver anexo 10); Es por esta razón que esta causa no se consideró como un efecto que pueda contribuir a la generación del problema y fue descartada de la selección realizada inicialmente.

- ✓ *Ineficiencia en la inspección en la línea de refrigeración:* Este caso se puede presentar en dos instantes del proceso, uno es en el momento en que el operario aplica la soldadura para empalmar las tuberías entre el evaporador, placas refrigeradoras (en el caso de las vitrinas) y la maquina (unidad condensadora); y el otro al momento de revisar dichos empalmes se pasa desapercibido alguna grieta por sellar, lo cual puede ser por falta de iluminación del puesto de trabajo, fatiga del operario o por salir del paso. Desde hace algún tiempo (4 meses para ser exactos -ver anexo 11-), no se ha levantado ninguna acción correctiva relacionada con este problema que nos puedan dar indicio de que este factor pueda estar generando fallos de gas; igualmente debido al entrenamiento, experiencia y conciencia que han desarrollado los operarios en estos últimos meses, se excluyó esta causa como posible generadora de problemas de fallo de gas en los equipos debido a la falta de evidencias que demuestre lo contrario y gracias al entrenamiento de estos para la detección de estos fallos.

- ✓ *Desobediencia en la línea de ensamble:* Al momento de soldar el tubo de la válvula de carga rápida (junto con el dispositivo del gusanillo) a la tubería de baja el protector de plástico que protege el gusanillo regularmente es eliminado por el calor de la soldadura, lo cual genera una microfuga en el equipo que a largo plazo se ve reflejada en problemas de fallo de gas en estos. Esta actividad irregular que ocurre solo en los lotes de neveras y vitrinas (para los modelos de congeladores y botelleros no se da este problema por lo que no tienen dicho sistema, como ya se ha explicado en capítulos anteriores) en la cual a pesar de que los operarios conocen los efectos que genera esta aún así siguen realizándola hace que se considere dentro de los efectos causantes del problema de fallo de gas. En el anexo 12 se puede observar las acciones correctivas realizadas al personal de la línea de ensamble en la cual se evidencia la renuente ocurrencia de este problema. Cabe mencionar que esta actividad es realizada en otra sección

de la planta, específicamente en la sección de ensamble de unidades, en la cual se encargan de ensamblar todas las unidades para luego enviarlas a la línea de refrigeración donde posteriormente son montadas en los equipos.

- ✓ *Agotamiento del personal de soldadura:* El sistema usado por la empresa para la mayoría de los puestos de trabajo dentro de la planta son de tipo especializados, en especial los soldadores. Durante toda la jornada de trabajo (7a.m. – 5p.m.) y en muchos casos más los horarios adicionales que por lo general son de 5p.m. – 7p.m. estos laboran como soldadores sin tener la posibilidad de ser rotados para realizar una tarea distinta a la que realizan. Indudablemente que la monotonía y la fatiga que esto les origina aumenta la posibilidad de que los operarios cometan un error al momento de aplicar la soldadura en las tuberías de los equipos, generando así posteriores problema por fallo de gas.

Últimamente se ha empezado a rotar algunos de estos operarios a nivel de secciones, lo que ha ido generando un cambio en la condición y en el panorama del estos mediante el desarrollo de otro tipo de actividades diferentes a las habitualmente realizadas, lo cual ha contribuido en la disminución de la fatiga y la monotonía de estos operarios, disminuyendo así la probabilidad de cometer errores; es por esta razón que esta causa no se consideró como relevante para el problema y se descartó de las causas potenciales.

- ✓ *Calibración del cargador de gas refrigerante:* La empresa INDUFRIAL S.A. trabaja por lotes de producción, por lo que en ocasiones una de las 3 líneas de refrigeración trabaja con diferentes modelos, es decir, al finalizar con un lote de un modelo, detrás de este puede venir otro lote de esta misma línea (Ej.: se esta trabajando con el congelador ICH-11 y en cola viene otro congelador como el ICHV-5R); es entonces cuando el operario encargado

de calibrar la cantidad de refrigerante a inyectar para el modelo posiblemente pueda pasar por desapercibido esta operación y no calibrar correctamente la cantidad de refrigerante a inyectar. La probabilidad de que esto es suceda es mínima por ser algo que no es muy frecuente y de lo cual no existen evidencias que demuestren que se ha presentado frecuentemente; es por esta razón que se ha descartado esta causa de las posibles causas raíz del problema.

- ✓ *Desajuste del cargador:* Los cargadores para la inyección del gas refrigerante (R-134a) que se encuentran actualmente en la empresa, tienen más de diez (10) años de haberse adquirido, por lo que han sido utilizados más allá de su vida útil. Aparte de que estos aparatos han trabajado durante este tiempo, estos son usados 6 días a la semana entre 9 y 10 horas al día, como consecuencia de esto los cargadores pueden llegar a inyectar más o menos gas refrigerante de lo que el operario programa. Por otro lado, estos poseen un sensor interno que indica la cantidad de refrigerante que hay dentro del cilindro de gas, el cual se ha detectado por el personal de refrigeración que han comenzado a fallar, ya que en ocasiones el cilindro de gas no tiene el suficiente refrigerante que requiere de un equipo en específico, este inyecta lo que queda de refrigerante en el cilindro y complementa con aire sobrante dentro de este.

Una forma en que el encargado de la sección de refrigeración mantiene un control en cuanto a la cantidad de carga de refrigerante es mediante el siguiente método: 1) Se toma un cilindro de gas, que se encuentre totalmente vacío, este es pesado en una báscula y se registra su peso bruto. 2) Luego se programa en el cargador una cantidad a inyectar cualquiera (esta debe ser significativa para que la prueba sea relevante), se toma el cilindro y se le inyecta la cantidad programada. 3) Después el cilindro es llevado nuevamente a la bascula para se pesado, se registra el

peso neto y se saca la diferencia entre el bruto y el neto, y se obtiene lo que en realidad el cargador llegó a inyectar del gas refrigerante en el cilindro. El porque se eligió esta causa se explica en la siguiente fase de verificación.

Por esta razón la causa explicada anteriormente y denominada desajuste del cargador se consideró como uno de las causas que contribuyen a la generación del problema del fallo de gas.

Nota: El modelo de los cargadores ha sido descontinuado por la empresa que los fabrica, por lo que si se necesita una pieza de repuesto para este, debe ser fabricada por la planta matriz, acción que puede demorar hasta 2 meses hasta llegar al destino final (planta de INDUFRIAL).

5.3.3 Selección de la Causa (s) Raíz Del Problema. Todas las causas mencionadas anteriormente fueron seleccionadas inicialmente mediante una tormenta de ideas realizada con el personal de la línea de refrigeración, en donde similar al gráfico de espina de pescado mostrado anteriormente se identificaron todas las posibles causas o efectos que contribuían al problema.

A pesar de que en el diagrama de espina de pescado solo se mostraron un total de 6 causas principales; existían otros dos factores que inicialmente fueron contemplados como causas pero luego de consultar con el personal de refrigeración y mediante un análisis detallado se descartaron, las dos causas que inicialmente se contemplaron fueron:

1. Temperatura Ambiente
2. Manómetro de presión manual con un desfase de -2 psi

Inicialmente se analizó el factor temperatura ambiente; el motivo por el cual se descartó este factor se debe a que pesar de que es sabido que la temperatura afecta de forma proporcional a la presión, no hay posibilidad alguna de que esta

pueda llegar a producir un fallo de gas en un equipo. Como se mostró en la fase de exploración de los datos la temperatura ambiente se considera en la empresa como un factor que afecta las mediciones de presión en los equipos más no un causante de fallo en estos; debido a que ya el personal conoce este efecto producido por la temperatura, en muchos casos en que esta es muy alta y hay equipos que presentan variaciones de dos o tres puntos por encima del límite de tolerancia permitida, son pasados por alto y aceptados debido a esta razón. Es por esto que este factor no se consideró como una causa que pudiese influir en el problema.

Por otro lado tampoco se contempló la posibilidad de que el manómetro de presión manual utilizado para las mediciones pudiera ser un causante de problemas; este fue descartado de las potenciales causas en la aparición de problemas de fallo de gas debido a que los resultados arrojados por este eran muy mínimos, unos valores que se consideraron tolerables (-2 psi de diferencia con respecto a la carta usada en la prueba de refrigeración); por esta razón este hecho de usar un manómetro diferente al comúnmente utilizado no se consideró como una causa significativa en la aparición del problema.

Luego de haber analizado cada una de las causas potenciales del problema mediante el análisis de datos y el análisis del proceso se han descartado aquellas causas que no afectan de manera significativa el proceso. Con base en las justificaciones y evidencias mostradas anteriormente finalmente se llegó a la selección de las dos causas raíz de mayor relevancia en el problema del *fallo de gas*. Estas causas se definieron como:

1. *Desobediencia en línea de ensamble*
2. *Desajuste del cargador*

5.3.4 Verificación de las Causas Seleccionadas. Con el fin de corroborar el porque de la selección de las causas seleccionadas anteriormente decidimos anexar una serie de documentos en donde se ve soportada nuestra decisión y como se ha venido viendo con la ayuda de la metodología que hemos estado siguiendo, vemos que estas causas se encuentran directamente relacionada con el defecto objeto de estudio. A continuación se describirán dichos documentos explicando que indica cada uno.

DOCUMENTO 1: (ver anexo 13)

En este documento se muestra una acción correctiva que fue levantada por el Departamento de Calidad y el jefe de la línea de refrigeración, en donde se plantea un defecto que se ha venido presentando en los modelos de neveras y vitrinas, conocido como “Escape de gas en el gusanillo de carga rápida”, y que la cual fue descrita por nosotros en el diagrama de Ishikawa como “Desobediencia en la línea de ensamble” debido a la naturaleza del problema.

En este documento se realiza una descripción del problema al momento de ser detectado, se plantean una serie de mejoras a implementar para mas tarde hacerle el respectivo seguimiento a los lotes consiguientes de esos modelos, hasta que se evidencie una reducción del número de defectos o simplemente este desaparezca. Cabe mencionar que en algún momento se llegara a presentar nuevamente este defecto; todo depende de las acciones preventivas que se tomen para que no vuelva a suceder.

DOCUMENTO 2: (ver anexo 12)

Para la elección definitiva de la segunda causa (desajuste del cargador), nos apoyamos en los registro de calibración que se le realizaban a los cargadores (cada 15 días) y en donde se puede apreciar la trazabilidad de estas maquinas y

el comportamiento que están han ido presentado tiempo atrás; es por esto que se anexan los siguientes registros de calibración para la validación de la elección. Cabe mencionar que estos registros se han dejado de manejar desde hace 4 meses.

Los cargadores trabajan con base a una escala que comprende del 1 al 8; cada una de esas escalas maneja una cantidad diferente de carga, es decir, una escala trabaja con una carga entre 200gr y los 350gr, la siguiente escala iniciaría desde los 350gr a la cantidad a la cual a sido ajustada. Las escalas mas utilizadas por los operarios son la 2,3 y 7, debido a que estas escalas manejan las cargas que se requieren para los equipos producidos en la planta.

Por otro lado, para las calibraciones se maneja un porcentaje de diferencia menor o igual (\leq) al 3%, por lo que un valor superior a este se considera que la escala que se esta midiendo es rechazada. Cabe mencionar que las lecturas que arroja la báscula (usada para las calibraciones) son valores de cinco en cinco, es decir, que durante una calibración arrojé un valor de 1970gr, lo que dio una diferencia del 3.4%, valor que causa duda en la persona que se encuentra calibrando, ya que la escala utilizada no presentaba tal diferencia en la anterior prueba, por lo que este vuelve a cargar el cilindro con la misma escala pero con diferente carga; cuando lo coloca en la bascula se observa que proporciona una diferencia por debajo del 3%. Es por esto que se debe tener cuidado con estas pruebas para no llegar a descartar una escala que se encuentra bien.

Como se observara en el formato de calibración, el cargador #1 se encuentra fuera de los parámetros de aceptación, lo cual nos da un indicio fuerte de que esta es una causa que genera gran impacto.

CAPITULO VI

ETAPA DE MEJORA

Durante esta etapa se asume una preponderancia importante por parte de todos los participantes del proceso objeto de estudio, así como la capacidad creativa de todos los involucrados en el proyecto, ya sea haciendo uso de herramientas técnicas, métodos de trabajo, entre otros, con el fin de llegar a la opción de mejora más óptima o acertada para su posterior implementación.

La fase de mejora implica tanto el diseño como la implementación. Pero a causa de que el trabajo de investigación es de tipo monografía solo se trabajaran las tres (3) primeras etapas (definir, medir y analizar) y la etapa de mejora (donde se realizaran unas recomendaciones) del DMAIC de la filosofía del seis (6) sigma debido al alcance; mientras que las dos (2) ultimas etapas, tanto la etapa de mejora (en la parte de implementación) como la de controlar, no se incluirán debido a que implicarían al desarrollo de una tesis.

Para este capitulo se realizaran una serie de propuestas encaminadas al mejoramiento de las causas que resultaron del estudio a través de la metodología DMAMC de la filosofía del seis (6) sigma, y que no se llevaran a cabo y no se le realizara el respectivo control de estas mejoras por las limitantes del proyecto como tal. Con base al análisis realizado previamente en cada una de las etapas sobre el proceso que fue objeto de estudio se plantean las siguientes recomendaciones para la posterior implementación:

1. Revisar con más detenimiento la aplicación de la soldadura en las tuberías con el fin de verificar que no existan grietas después de haberse realizada la operación; para esto es recomendable que los puestos de trabajo

mantengan una buena iluminación para el chequeo de la soldadura; además de verificar las herramientas y el método utilizado por el operario; esto con el fin de asegurar la calidad de los trabajos y evitar que se presenten equipos defectuosos por *fallo de gas* los cuales tengan que volver a ser reprocesados. Un método de verificación que puede ser usado en la líneas de refrigeración es la de inyectar aire a presión a uno de los apéndices y mientras que el otro es sellado con una llave que su extremo posee un pequeño manómetro, con el fin de verificar cual es la presión en toda la tubería y observar si hay variación de esta; este procedimiento requiere de mas tiempo en el procesamiento de los equipos en la línea, pero lo que se esta buscando es asegurar que los equipos mantengan un buen sistema de refrigeración, luego que salgan de fabrica.

Por otro lado, el personal de las líneas encargado de recibir las maquinas condensadoras provenientes de la sección de Ensamble de Unidades, chequen que estos vienen con presión en la tubería, ya que esto indica que no hay fugas.

2. Durante el ensamble de unidades, evitar soldar el tubo de la válvula de carga rápida a la tubería de baja, ya que este incluye al gusanillo, y el calor producido al momento de soldar puede derretir los protectores de caucho que evitan el escape del gas refrigerante, el cual puede generar posteriormente micro fugas, que solo pueden llegar a ser detectadas después de un tiempo (se puede hablar de semanas, incluso meses). Esto se puede lograr creando conciencia colectiva en los operarios a través de charlas especializadas que sean programadas por el departamento de Personal de la empresa.
3. Desarrollar e implementar alternativas de inspección para el caso de los gusanillos (en la recepción de materiales en el almacén), es decir, verificar que los empaques protectores que estos poseen se encuentren en optimas

condiciones, y así evitar que estos lleguen defectuosos a su destino (sección de Ensamble de Unidades); pero es recomendable que antes de ser usados el operario encargado de instalarlos verifique su condición. Esto requiere de una inspección minuciosa por parte de una persona, además, de que estos lleguen al almacén en grandes cantidades que serán usados para los lotes del mes y para mantener un inventario, por lo que es necesario la asignación de una persona que dentro de sus funciones realice esta actividad.

4. Para cada uno de los lotes de neveras y vitrinas (en especial aquellos modelos que presentan en gran proporción el defecto que es objeto de estudio), tomar una muestra significativa para verificar las presiones de los equipos y por ende conocer la cantidad de carga que estos poseen, teniendo en cuenta mantener un tiempo prolongado (de al menos unas 12 horas) entre la prueba de refrigeración y la realización del muestreo para una verificación antes de ser despachados; para esto se requiere de un inspector que se dedique únicamente a este procedimiento y se encuentre equipado con un manómetro de presión igual o equivalente al mostrado en la imagen 2), para la recolección de las presiones de los equipos, esto es necesario ya que en algunas ocasiones los equipos no duran mucho tiempo antes de ser despachados por lo que se debe hacer la verificación oportunamente; es preferible la elección de este instrumento debido a que maneja una mayor escala en comparación al manómetro que se muestra en la imagen 1.
5. Continuar con los registros de calibración de los cargadores de gas refrigerante, con el fin de mantener un archivo de estos y tener su trazabilidad para posteriores estudios o al momento de la compra de un nuevo equipo, ya que este puede contribuir de alguna forma para comparar el comportamiento que han venido llevando los equipos viejos durante su

vida útil con respecto a los nuevos. Es recomendable que las escalas que presenten problemas, que poseen una mayor diferencia colocarles una identificación para que el operario no cometa el error de usarla en algún lote. Además, es recomendable la adquisición de una nueva balanza, que sirva para las actividades de calibración de los equipos y se registren datos más precisos de estas calibraciones, la cual le será de gran utilidad para el cumplimiento de ciertos parámetros del Sistema de Calidad.

6. Se recomienda el uso de nuevas tecnologías para la detección de fugas para gas refrigerante en las tuberías. Entre esas tecnologías se encuentran: detectores manuales para fugas, máquinas más complejas y precisas para la detección de las fugas (e.j. existe una máquina que inyecta nitrógeno (N_2) al equipo y después de un tiempo la misma máquina realiza una recuperación de nitrógeno inyectado analizando si existe una diferencia entre lo que entro y lo que salio determinado si existen fugas). Instrumentos para las pruebas de refrigeración que determinan de una mejor forma si el equipo presenta problemas en cuanto se refiere a refrigeración.
7. Diseñar y montar una cabina presurizada al final de la Línea de acabado Final con el fin de aislar al equipo del ambiente de la planta el cual posee en su atmósfera partículas del gas refrigerante 134-a, el cual afectaría las mediciones que se hagan con un detector de fugas; las paredes y el techo pueden ser construida con polietileno, la entrada de la cabina se puede colocar una cortina de lona, en la parte superior de la cabina complementarla con una tubería (ya sea en PVC) que de al techo de la fábrica y a la vez colocar uno o varios ventiladores dirigidos hacia adentro de la cabina para que circule el aire no contaminado (por el gas refrigerante) desde el exterior de la planta a través de la tubería y limpie el ambiente dentro de la cabina, de esta forma presurizarla y realizar de una

mejor forma el sondeo de los equipos con un detector de fugas manteniendo una precisión de los datos arrojador por el aparato.

8. Crear en el operario una “Cultura de Mejora” enfocada hacia los procesos, con el fin de que aflore en el un sentido de pertenencia para con su labor y con la empresa y de esta forma evitar barreras que algunas veces emergen al presentarse cambios y llegan a considerarse como algo desfavorables para ellos. Esto se puede lograr por medio de un programa de capacitaciones enfocadas hacia este objetivo, y que estas actividades no estén dirigidas a la parte técnica de los trabajadores. Entre las capacitaciones se les pueden enseñar algunas herramientas estadísticas, estrategias de mejoramiento, metodologías de mejora para que sean aplicadas por ellos mismos, etc.

9. Como se había mencionado anteriormente, para este proyecto solo se ejecutaron las primeras cuatro etapas de la metodología (*definir, medir, analizar y mejora* -planteamiento-). Por lo que se le recomienda a la empresa INDUFRIAL S.A., para que continúe con las últimas etapas del ciclo DMAIC (la implementación de las *mejoras* y la realización del *control* del proceso una vez puestas en marcha dichas mejoras), que a la vez puede ser la puerta para la realización de otro trabajo de investigación de tipo monografía y de esta forma concluir con el proyecto.

6.1 Selección de la mejora

Con base a lo planteado anteriormente, de las mejoras que la empresa puede optar a implementar consideramos que, lo mejor que pueden hacer es ejecutar inicialmente aquellas mejoras de fácil implementación o que no requieren de una gran inversión, es por esto que presentamos a estas como las mas adecuadas para iniciar con el proceso de mejora al defecto que fue objeto de estudio.

- Cumplir con los procedimientos requeridos para las operaciones de soldadura de la válvula de inyección rápida, en la sección de Ensamble de Unidades.
- Realización de muestreos en los lotes de producción, para la verificación de la presión de baja en los equipos.
- Continuar con los registros de calibración de los cargadores de gas refrigerante

CAPITULO VII

CONCLUSIONES

Una vez que se conoció el proceso de refrigeración como tal, se procedió a la implementación de de la metodología DMAIC, con el inicio de la primera etapa la cual consistió en la definición del problema. Para esto usamos los datos históricos que recolecto el departamento de Servicio al Cliente, en donde se mostraban el reporte de quejas durante el año 2005. Además, de utilizar información interna de la empresa como es el caso de los reporte de no conformidades arrojadas por las diferentes secciones de la planta.

Con base a una serie de herramientas estadísticas (diagrama de pastel, diagrama de Pareto, histogramas, entre otros), se escogió uno de los defectos de mayor impacto tanto para la empresa como para el cliente final, conocido como “fallo de gas”.

Para la siguiente etapa (medir), se utilizo la formula para poblaciones finitas para el calculo del muestreo y se procedió a la recolección de una premuestra para determinar los valores **p** y **q**, luego se usaron varias herramientas para determinar la muestra que se tomaría diariamente, la definición de lo que se iba a medir, y se determino el instrumento con el que se recogerían los datos.

Para la tercera etapa de analizar, se observo que los datos obtenidos presentaban mucha variación, a causa de un factor que influenciaba a las mediciones (temperatura), es por esto que se hizo uso de otras herramientas para el análisis de estos datos y ver como era su comportamiento a través del tiempo. Para hacer todo lo mencionado anteriormente se necesitaba un análisis del proceso, para determinar de forma precisa las causas potenciales que generaban el defecto el cual es objeto de estudio. Finalizada con esta etapa se obtuvo dos causas

altamente influyentes en el proceso de refrigeración y que concebían al desarrollo del defecto del *fallo de gas*.

Finalmente en la etapa de mejora, se realiza una serie de recomendaciones donde se plantean alternativas para contrarrestar el defecto que es objeto de estudio, y que es contribuyente a la mala imagen que la empresa se ha ido forjando. Dentro de estas recomendaciones se citan el uso de nuevas tecnologías, las cuales no sean consideradas por la empresa de forma inmediata, pero a la vez hay recomendaciones que son más viables para ella, que son de fácil y a un bajo costo su implementación.

BIBLIOGRAFIA

- CHASE, Richard; AQUILANO, Nicholas; JACOBS, Robert. Administración de producción y operaciones: Manufactura y Servicios. 8ª edición; Editorial Irwin Mc. Graw Hill
- JAMES, Paul; TQM: La Gestión de la Calidad Total; Editorial Prentice Hall
- ECKES, George; El Six Sigma para todos; Editorial Norma. 2004
- REVISTA GESTION. Volumen 6. Edición Abril – mayo 2003
- KUME, Hitoshi. Herramientas Estadísticas Básicas Para el Mejoramiento de la Calidad; Editorial Norma.
- PANDE, Peter S.; Las Claves Prácticas de Seis Sigma; Ed. Mac Graw Hill
- FEIGENBAUM Armand; Control Total de la Calidad; 3ª edición; Editorial CECSA
- KOTLER, Philip; Fundamentos de Mercadotecnia; 6ª edición; p. 30
- CHIAVENATO, Idalberto; Administración en los nuevos tiempos: Mc. Graw-Hill, 2002. p .254
- Documento: ISO/TC 176/SC 2/N 544R2, Diciembre 2003

ANEXOS