



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
UNIDAD ESTUDIOS DE POSTGRADO**

**TESIS DE GRADO  
PREVIA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:  
MAGÍSTER EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS**

**TEMA:  
“APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA COMO  
HERRAMIENTA DE MEJORA A LOS PRINCIPALES INDICADORES  
DE GESTIÓN EN EL ÁREA DE MANUFACTURA DE LA PLANTA  
ECUADOR BOTTLING COMPANY EN LA CIUDAD DE QUITO”**

**AUTOR: Dr. MARIO GERMÁNICO GUEVARA UVIDIA**

**DIRECTOR: ING. FREDDY ARÉVALO, MBA**

**QUITO - ECUADOR**

**ENERO 2011**

## **AGRADECIMIENTO**

Al finalizar el presente proyecto de Investigación quiero expresar mi sincero reconocimiento al Ing. Freddy Arévalo director de tesis, al Ing. Nelson Cerda como revisor y al Economista Marcelo Montúfar Coordinador de la Maestría quienes aportaron con sus valiosos conocimientos para la ejecución y culminación de éste estudio.

## **DEDICATORIA**

A Dios, por darme la fuerza en los  
momentos más difíciles,  
A mi esposa y mis dos hijas a  
quienes quiero y que son el eje de  
mi vida,  
A mi querida madre y hermanos.

**MARIO G. GUEVARA U.**

<b>ÍNDICE</b>	<b>Página</b>
<b>REPORTE DE INVESTIGACIÓN</b>	
RESUMEN.....	6
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	
1.1 Tema.....	7
1.2 Problema de Investigación Científica.....	7
1.3 Planteamiento del problema.....	9
1.3.1 Objetivos de Investigación.....	9
1.3.1.1 Objetivo General.....	9
1.3.1.2 Objetivos Específicos.....	10
1.3.1.3 Preguntas de Investigación.....	11
1.4 Justificación de la Investigación.....	11
1.5 Viabilidad de la Investigación.....	13
1.6 Delimitación.....	13
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN</b>	
2.1 Reseña Histórica y Descripción de Ecuador Bottling Company.....	14
2.1.2 Estructura Organizacional de la Compañía.....	19
2.1.3 Productos y servicios que ofrece la empresa Ecuador Bottling Company-Quito.....	19
2.2 El Sistema Seis Sigma.....	23
2.2.1 El Seis Sigma: Su Historia.....	27
2.2.2 Qué puede hacer el Seis Sigma por una Compañía.....	30
2.2.3. El Seis Sigma en una Organización y sus Beneficios.....	32
2.2.4 El proceso de resolución de problemas.....	35
2.2.5 Las Tácticas del Seis Sigma.....	36
2.3 Las Herramientas Estadísticas empleadas.....	47
2.4 ¿Que son los Indicadores de Gestión?.....	76
2.5 Los Indicadores de Gestión del Área de Manufactura.....	78
2.6 Marco Legal.....	84

<b>ÍNDICE</b>	<b>Página</b>
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA</b>	
3.1. Hipótesis de la Investigación.....	86
3.1.1 Variables dependientes e independientes.....	86
3.1 Formación de los Equipos de Mejora Continua como instrumentos de Medición.....	87
3.2 Identificación de los Indicadores Claves de Gestión en Manufactura que requieren mejora.....	88
3.3.1 Diagramas de Flujo de los Procesos Clave.....	89
3.4. Los Componentes Claves del Sistema para la recolección de Datos.....	94
3.4.1 Aplicación de la Fase 1: DEFINIR.....	94
3.4.2 Aplicación de la Fase 2: MEDIR.....	96
3.4.3 Aplicación de la fase 3: ANALIZAR.....	109
3.4.4 Aplicación de la Fase 4: IMPROVE (MEJORAR).....	113
3.4.5 Aplicación de la Fase 5: CONTROLAR.....	118
3.5 Análisis de los datos obtenidos.....	121
<b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN</b>	
4.1 Presentación de los resultados obtenidos.....	127
4.2 Cuadro comparativo de la mejora obtenida en los indicadores de Producción establecidos como claves para ésta investigación.....	181
4.3 Evaluación de los Gastos de Fabricación.....	189
4.4 Ahorro de recursos obtenidos al finalizar el estudio.....	199
<b>CAPÍTULO V</b>	
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
5.1 Conclusiones.....	201
5.2 Recomendaciones.....	204
5.3 Referencias Bibliográficas.....	205
5.4 Apéndices.....	206

## RESUMEN EJECUTIVO

En los primeros meses del año 2010 los indicadores de gestión del área de Manufactura de la planta embotelladora Ecuador Bottling Company ubicada al norte de la ciudad de Quito registraban rendimientos inestables que por diversas causas no podían alcanzar los objetivos mensuales planteados por la Dirección y la Gerencia de Operaciones.

Se determinaron dos indicadores claves en ésta área mediante un análisis de ponderación alcanzado a través de un puntaje obtenido con un equipo multidisciplinario utilizando una Matriz de Relación o Selección y se encontraron que los **Rendimientos de Edulcorante y Eficiencia de Líneas** eran los más afectados y constituían a la vez como las principales indicadores de gestión para obtener una oportunidad de mejora.

Para lograr éste objetivo se planteó en éste proyecto utilizar una metodología de mejoramiento conocida como Seis Sigma la misma que presenta diferentes etapas donde se logró identificar las causas que ocasionaban el incumplimiento de los objetivos en los indicadores y determinar las acciones correctivas para optimizar uno de los principales recursos de la compañía como es el edulcorante así como aprovechar la capacidad instalada de los equipos en las líneas de producción (Eficiencia de Línea), evitando pérdidas considerables de materias primas y generando una disminución de desechos sólidos y líquidos permitiendo a la vez alcanzar lo que se conoce como una producción más limpia.

Mediante la aplicación de las cinco etapas de ésta metodología (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) se lograron alcanzar resultados que superaron los objetivos planteados en los indicadores Rendimientos de Edulcorante así como el mejoramiento de Eficiencias de Línea y a través del análisis financiero desarrollado se logró obtener ahorros económicos importantes para el área y a su vez para la compañía, así como establecer una cultura de optimización de recursos relacionados con los indicadores planteados en éste proyecto.

## **CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN**

### **1.1 TEMA**

“Aplicación de la Metodología Seis Sigma como herramienta de mejora a los principales indicadores de gestión en el área de Manufactura de la Planta Ecuador Bottling Company en la ciudad de Quito”.

### **1.2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA**

#### **ANTECEDENTES.**

Ecuador Bottling Company es una empresa embotelladora de la multinacional Coca-Cola Company, actualmente existen en el país tres plantas embotelladoras una de ellas ubicada en la ciudad de Quito y las otras en las ciudades de Santo Domingo de los Tsáchilas y Guayaquil.

La marca fue introducida al país por un grupo de accionistas en la década de los años 60 y desde entonces ha evolucionado constantemente en la línea de bebidas gaseosas introduciendo en los últimos años otro tipo de productos como jugos naturales, bebidas hidratantes, energizantes y agua mineralizada.

La planta de producción ubicada en Quito se encuentra al norte de la ciudad la misma que ha logrado obtener un Sistema de Gestión Integral alcanzado inclusive la certificación de éste sistema mediante el permanente compromiso de la dirección y la participación activa de todos sus colaboradores.- Este sistema integral consiste de un Sistema de Gestión de Calidad que cumple con todos los requerimientos para satisfacer las necesidades de nuestros clientes y consumidores, un Sistema de Seguridad y Salud Ocupacional necesario para mantener un ambiente de trabajo digno, seguro y sano que eleve la capacidad física, mental y social de nuestros colaboradores y un Sistema Ambiental implementado a fin de mantener la sustentabilidad del medioambiente así como el de evitar la contaminación de elementos básicos como el suelo, agua y el aire

convirtiéndolo en una organización responsable con la comunidad y el medio ambiente.

El departamento de Producción o Manufactura, un pilar importante dentro del área de operaciones genera diariamente los requerimientos de producto terminado al departamento de ventas para cubrir la constante demanda del mercado en distintas zonas del país, manteniendo un permanente liderazgo en calidad de productos y servicio al cliente.

A pesar de contar con una certificación muy importante como la indicada, existen otros factores internos como el caso de los Indicadores de Gestión que en ocasiones se han visto afectados ya que una de las principales políticas de la compañía es el de mantener la calidad de sus productos y de ésta forma proteger la marca registrada.

Sin embargo, los indicadores de gestión en el área de Productividad que determinan el control de cada una de sus materias primas utilizadas en planta así como el control de la capacidad instalada de los equipos de procesamiento en las Líneas de embotellado demuestran que los resultados no han alcanzado los objetivos anuales esperados.

Considerando éstos antecedentes nace la idea de investigar las causas que afectan a los indicadores de productividad, encontrando de ésta forma la oportunidad de mejorar la capacidad instalada de los equipos o eficiencia de línea y el rendimiento de materias primas lo que implicaría bajar los costos directos e indirectos de fabricación, mejorar la eficiencia de líneas de procesamiento representando con ello una oportunidad de ahorro para la compañía.

A diferencia de las Normas ISO 9001:2008 como sistema de gestión para la calidad de los productos y servicios, las Normas OHSAS 18001:2007 como sistema de gestión para la Seguridad y Salud Ocupacional y las Normas

ISO14001:2004 para la Gestión Ambiental, se encontró una **Metodología llamada Seis Sigma** que es muy poco conocida y aplicada por las organizaciones empresariales de nuestro país y que nos ayudarán a encontrar el nivel actual en el que se encuentran los indicadores de gestión en el área de Manufactura, identificar las causas que afectan a los mismos, a tomar las acciones correctivas necesarias para mejorarlos así como a mantener su control en el transcurso del tiempo.

En países con alto poder de industrialización éste sistema les ha permitido alcanzar sus objetivos, mejorar su productividad, generar ahorros significativos y cuantificables para las compañías como es el caso de General Motors, Ford, Sony, Motorola, etc.

La investigación planteada se desarrollará en el lapso de cinco meses a partir del mes de febrero de este año en la planta de producción ubicada al norte del Distrito Metropolitano de Quito.

### **1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Que metodología se podría utilizar para mejorar los indicadores claves de gestión del área de Manufactura con el propósito de optimizar los recursos del área, mejorar la capacidad instalada de los equipos y disminuir costos de producción.

#### **1.3.1 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.**

##### **1.3.1.1 OBJETIVO GENERAL**

Analizar e identificar los principales indicadores claves de gestión del área de Manufactura a fin de que sean sometidos a un proceso de mejora aplicando las Herramientas de la Metodología Seis Sigma con el propósito de optimizar recursos y reducir costos de producción.

### **1.3.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Aplicar los elementos claves del Sistema Seis Sigma para el mejoramiento de los indicadores de gestión que requieran mejora en el área de Manufactura.
- Analizar la situación actual de los procesos en el área e identificar los indicadores de gestión que serán sometidos al proceso de mejora.
- Formar equipos de trabajo multidisciplinario con el personal de manufactura a fin de conseguir los objetivos planteados.
- Optimizar las principales materias primas en especial el edulcorante utilizado como principal ingrediente de las bebidas gaseosas y que por su costo representaría un ahorro significativo para la compañía.
- Optimizar la capacidad instalada de los equipos de procesamiento y con esto mejorar la eficiencia de líneas reduciendo con esto los costos de fabricación.
- Al finalizar el proyecto de investigación iniciar una “Cultura Seis Sigma” en el área de manufactura de la compañía con el propósito de mantener y mejorar los indicadores de gestión.

### **1.3.1.3 Preguntas de Investigación.**

Además de definir anteriormente los objetivos, las siguientes son las preguntas que se plantearan para continuar con el proyecto de investigación:

¿Cuáles son los elementos claves del sistema Seis Sigma que se aplicarían para mejorar y fortalecer los indicadores de gestión en el área de Manufactura a fin de alcanzar una mejora con respecto a los obtenidos en meses anteriores?

¿Se podría analizar la situación actual de los procesos de producción en el área de Manufactura con el propósito de identificar los indicadores de gestión que serán sometidos al proceso de mejora?

¿La formación y el aporte de equipos multidisciplinarios de trabajo con el personal de manufactura permitirán alcanzar los objetivos planteados una vez identificados los indicadores claves que se someterán al proceso de mejora mencionado?

¿Se logrará iniciar una “Cultura Seis Sigma” en el área de producción de la compañía con el propósito de mantener los resultados alcanzados al finalizar el proyecto de investigación, así como el de lograr una mejora continua?

¿Se conseguirá disminuir los costos de fabricación y optimizar los recursos utilizados en el área de manufactura principalmente el edulcorante considerado como el ingrediente de más alto costo?

¿Se logrará optimizar la capacidad instalada de los equipos de procesamiento y con esto mejorar la eficiencia de líneas reduciendo con esto los costos de fabricación generando una producción más limpia, es decir; reduciendo los niveles de contaminación por desechos sólidos o líquidos?

#### **1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.**

Los Indicadores de Gestión permiten a la Gerencia de Operaciones disponer de la información cuantitativa necesaria sobre el desempeño obtenido en los diferentes procesos del área de manufactura como es el caso del rendimiento de materias primas en este caso el edulcorante, mejorar la capacidad instalada de los equipos a través de las eficiencias de línea.

Durante los últimos años, la atención se ha centrado a la mejora de los indicadores de áreas como aseguramiento de calidad, mediciones ambientales y

a la salud ocupacional y seguridad industrial logrando inclusive alcanzar certificaciones importantes, manteniendo un verdadero Sistema de Gestión Integral que se ha fortalecido en los últimos años creando en sus colaboradores una verdadera filosofía en sus actividades diarias alcanzando con ello la satisfacción de nuestros clientes y consumidores .

Sin embargo, existen razones suficientes para enfocar el presente estudio al área de la Productividad, en la cual se utilizan activos importantes de la compañía que si bien se utilizan diariamente de una forma adecuada se podrían encontrar mayores oportunidades de optimización de recursos y reducción de costos de producción a través de la aplicación de la Metodología Seis Sigma.

Otra de las razones es que al mejorar los indicadores de gestión se aprovecharán eficientemente materias primas como es el caso del edulcorante considerado como uno de los insumos más costosos y que su rendimiento se ha visto afectado en los últimos años generando pérdidas para la compañía.- La optimización de la capacidad instalada de los equipos de procesamiento en las diferentes líneas de producción permitirán también mejorar los indicadores de gestión permitiendo disminuir costos de producción, reduciendo a la vez la generación de residuos sólidos o líquidos desarrollando de ésta manera lo que se conoce como “Producción más Limpia”, disminuyendo con esto el impacto ambiental que podría ocasionar a la comunidad y al medio ambiente.

Una vez identificadas las causas que afectan a los indicadores se encontrarán las oportunidades de mejora todo esto mediante la aplicación de los elementos de la metodología del Sistema Seis Sigma logrando con esto mejorar los rendimientos de las materias primas, la capacidad instalada de la maquinaria, cumplir con un plan programado de mantenimiento preventivo, optimizar la mano de obra directa, sus recursos, evitando pérdidas innecesarias y lógicamente generando ahorros para la compañía, así como la posibilidad de emprender una filosofía de Seis Sigma para todos sus colaboradores.

Por lo expuesto el presente proyecto de investigación fue propuesto, analizado y aprobado para su ejecución por la Dirección de Talento Humano con el respaldo directo de la Gerencias de Operaciones.

### **1.5 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN**

Para desarrollar el proyecto se cuenta con toda la información necesaria para aplicar la metodología Seis Sigma, los recursos financieros para cubrir los gastos de investigación, el recurso humano disponible a través del personal clave de la planta de producción que se involucrará en el desarrollo del mismo y en especial el compromiso de la Dirección de Operaciones y Talento Humano de Ecuador Bottling Company – Quito de tal forma que se puedan alcanzar los resultados esperados.

### **1.6 DELIMITACIÓN**

El presente proyecto de investigación se desarrollará en la Planta de Ecuador Bottling Company ubicada en las calles Isaac Albeñiz y el Morlán al Norte del Distrito Metropolitano de Quito en un plazo máximo de cinco meses y como se indicó anteriormente se enfoca directamente a los indicadores de gestión del área de Manufactura.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **2.1 RESEÑA HISTÓRICA Y DESCRIPCIÓN DE ECUADOR BOTTLING COMPANY.**

##### **HISTORIA DE COCACOLA**

Hace poco Coca-Cola cumplió 121 años, recordando aquellos tiempos en que sus ventas alcanzaron la modesta cifra de nueve consumos diarios. Actualmente, más de mil millones de productos Coca-Cola se consumen diariamente en todo el mundo.

Todo salió de las manos del inventor y farmacéutico John S. Pemberton, quien empezó a trabajar con la fórmula y dio con la dosis exacta el 5 de mayo de 1886, cuando tenía 54 años.

Pero en ese entonces Coca-Cola era una bebida medicinal que aliviaba las jaquecas y curaba las afecciones de los nervios. Pemberton la elaboró por primera vez en una "botica" de Atlanta (Georgia). Hoy, la fórmula - llamada Merchandise 7X, es conocida sólo por dos personas en el mundo, y permanece muy bien cuidada en el SunTrust Bank Building de Atlanta.

La base de la expansión del refresco fue tratar de posicionar el producto en todos los lugares donde pudiese haber consumidores interesados. Así, en sólo cuatro años de vida consiguió estar presente en todos los estados del país.

Hoy, Coca-Cola es un verdadero ejemplo de marketing que, sin modificar nada, ni el producto, ni el nombre, mantiene su interés desde sus inicios precisamente gracias a su innovación publicitaria.

Entre sus conocidos lemas se pueden recordar frases míticas como "Todo va mejor con Coca-Cola", "Una Coca-Cola y una sonrisa", "Sensación de vivir" , "La chispa de la vida" o "El lado Coca-Cola de la vida". Y es que la publicidad ha sido siempre uno de sus pilares fundamentales.

A lo largo de toda su historia Coca-Cola ha marcado la tendencia publicitaria imperante en cada momento, siempre bajo el concepto de "refrescarse". Coca-Cola es un producto que se distingue, que se encuentra en cualquier parte, que permite vivir un momento de placer, disfrutar y relajarse. Ese es el mensaje que a lo largo de los años ha llevado la compañía a los consumidores de todo el mundo.

## **ECUADOR BOTTLING COMPANY Y EL SISTEMA COCA COLA**

### **Hitos históricos**

Ecuador Bottling Company Corp. (EBC) surgió de la fusión de los embotelladores autorizados de Coca-Cola en las distintas regiones del país. Estos operaban con plantas embotelladoras y centros de distribución desde 1940.

Los Grupos Correa, Noboa y Herrera-Eljuri tuvieron un papel protagónico en el desarrollo del mercado de Coca-Cola en el Ecuador, contribuyeron al crecimiento de la marca y promovieron la generación de trabajo para miles de ecuatorianos.

### **La operación en la Costa**

En la Costa las operaciones empezaron en 1940 y atravesaron un largo proceso hasta que se consolidaron en 1990. En este año, el grupo Noboa consiguió, definitivamente, la franquicia de Coca-Cola a pesar de que estaba al frente de la compañía desde 1988.

Durante este largo período de desarrollo se abastecía del producto a todos los ecuatorianos desde la planta embotelladora. Inicialmente, la compañía se llamaba CEGSA, después cambió su nombre a Ingaseosas y, finalmente, a Congaseosas S.A.

En 1990, la compañía producía Coca-Cola, Fanta y Sprite. Un año más tarde incorporan la marca Fioravanti y en 1993 ampliaron su línea de productos con la marca de agua Bonaqua.

En 1998, el Grupo Noboa contaba con una planta, 1.200 colaboradores, 110 camiones y un 34% de participación en el mercado.

En 1998 se prepararon para realizar una de las fusiones de embotelladores más importantes para el sistema Coca-Cola en el país.

### **La operación en la Sierra**

En 1961, Industrial Embotelladora de Quito S.A. era la empresa embotelladora autorizada de Coca-Cola en Quito, su gerente general era Manuel Correa A.

Tres años más tarde, Manuel Correa adquirió las acciones de Industrial Embotelladora de Quito S.A. y, en pocos años, la marca Coca-Cola se convirtió en el líder del mercado.

En 1987, Juan Carlos Correa Mantilla asume la dirección del grupo Correa. La construcción de una nueva planta embotelladora trajo consigo el nacimiento de Industrial de Gaseosas S.A. (Indega), compañía que constituyó un aporte muy importante a la economía ecuatoriana. Se construyeron dos plantas embotelladoras adicionales en Ambato y Santo Domingo de los Colorados.

En 1998 contaba con un 50% de participación en el mercado, 3 plantas embotelladoras,

1.800 colaboradores y 243 camiones. En agosto de 1998 formó parte de la fusión de las embotelladoras de Coca-Cola en Ecuador.

### **La operación en el Austro**

En 1970, dada la aceptación de la bebida, los grupos Herrera y Eljuri unieron esfuerzos para conformar la Compañía Emprosur.

El éxito en su distribución los llevó, no sólo a distribuir, sino también a producir en Machala, Emproro; Portoviejo, Emprocen, y en Loja, Emproloja.

En 1998, el Grupo Herrera-Eljuri contaba con un 16% de participación en el mercado, 4 plantas embotelladoras, 950 colaboradores y 150 camiones.

En agosto de 1998 formó parte de la fusión de las embotelladoras de Coca-Cola en Ecuador y hoy mantiene el nombre de Ecuador Bottling Company Copr.

### **MISIÓN Y VISIÓN DE LA ORGANIZACIÓN:**

Ecuador Bottling Company, es una organización Líder en la comercialización de bebidas gaseosas.- A continuación se detalla la VISIÓN de la compañía la misma que se difundió para todos los colaboradores de la organización:

#### **VISIÓN:**

Ecuador Bottling Company será reconocida por ser la organización:

- Rentable, modelo de liderazgo, que actúa con éxito en el mercados competitivos.
- Con colaboradores integrados en un solo equipo motivado, comprometido y reconocido por la sociedad.

- Con inversión y tecnologías óptimas.
- Con procesos sustentados en un Sistema de Calidad Integral.
- Con productos innovadores que superen las expectativas de los clientes y consumidores.
- Responsable con la comunidad y el medio ambiente.

## **MISIÓN**

Liderar con excelencia la producción y comercialización de bebidas de calidad para satisfacer a nuestros consumidores, comprometidos con el bienestar de clientes, colaboradores, socios y la comunidad.

## **POLÍTICA DE LA COMPAÑÍA**

Satisfacer a nuestros consumidores y clientes con productos, marcas y servicios de excelencia, en cumplimiento con normas técnicas y legislación vigentes en el país y con los estándares de The Coca-Cola company comprometidos con la seguridad alimentaria, la salud y la seguridad del trabajador y de la comunidad; y con la protección y la preservación del ambiente, enfocados en la mejora continua de nuestros procesos y sistema de gestión integrado para reducir los riesgos de seguridad, prevenir la contaminación y emplear prácticas de control responsables, actualizando y comunicando periódica y oportunamente los objetivos de calidad, ambiente y seguridad establecidos por la organización.

## **VALORES:**

- Lealtad: Todos los colaboradores de la compañía estamos comprometidos con la organización.
- Responsabilidad: Cumplimos nuestras obligaciones con excelencia.
- Honestidad: Hacemos uso correcto de los recursos.
- Constancia: Somos firmes y perseverantes en nuestras acciones.

## MATRIZ FODA

<b>FORTALEZAS</b>	<b>DEBILIDADES</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Cuenta con personal capacitado en todas las áreas de la organización, el Talento Humano es una fortaleza importante ya que un personal capacitado</li> <li>➤ Disponen de un plan de marketing que le permite mantener su liderazgo en la línea de bebidas gaseosas permitiéndole alcanzar un importante porcentaje de participación en el mercado.</li> <li>➤ La calidad de sus productos y su tecnología permiten alcanzar los estándares establecidos lo que se refleja en la aceptación en los consumidores de todo el país.</li> <li>➤ Cuenta con un Sistema de distribución organizado, propio y planificado lo que le permite entregar el producto oportunamente a sus clientes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Su publicidad a través de los medios de comunicación ha disminuido en los últimos años.</li> <li>➤ Alto costo de materias primas como concentrados, bases de bebidas y otros ingredientes.</li> <li>➤ A pesar de que en los últimos años se ha renovado su tecnología en el área de procesos, todavía se dispone de algunos equipos obsoletos que necesitan actualización, esto permitiría incrementar el volumen de producción.</li> <li>➤ La flota de camiones no cuenta en su totalidad con un sistema cerrado que evite la exposición de la luz ocasionando una posible alteración a la calidad del producto.</li> </ul>

<b>OPORTUNIDADES</b>	<b>AMENAZAS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Desarrollar productos nuevos como el caso de bebidas hidratantes o energizantes.</li> <li>✓ Fortalecer la distribución de bebidas enlatadas que no se producen actualmente en el país.</li> <li>✓ Renovación de equipos en las áreas que se consideren necesarias para incrementar la producción y por lo tanto el abastecimiento al mercado.</li> <li>✓ Disminuir los costos del producto seleccionando proveedores que distribuyan materias primas a menor costo.</li> <li>✓ Impulsar los nuevos productos lanzados al mercado a través de una campaña masiva de publicidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Introducción de bebidas gaseosas de baja calidad y a menor precio por parte de la competencia.</li> <li>✓ Poca publicidad en los diferentes medios de comunicación, esto especialmente de las nuevas marcas, o que ocasiona que la competencia penetre en la mente del consumidor utilizando ésta estrategia.</li> <li>✓ Introducción de nuevos productos por parte de la competencia como bebidas no carbonatadas (ejemplo jugos naturales).</li> <li>✓ Falta de abastecimiento de producto al mercado si no se introducen equipos de mayor capacidad productiva.</li> </ul>

## 2.1.2 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DE LA COMPAÑÍA

### ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA



ORGANIGRAMA ECUADOR BOTTLING COMPANY - QUITO

## 2.1.3 PRODUCTOS Y SERVICIOS QUE OFRECE LA EMPRESA ECUADOR BOTTLING COMPANY- QUITO.

Ecuador Bottling Company es una empresa de bebidas gaseosas que forma parte de la multinacional The Coca-Cola Company que en el transcurso del tiempo ha aplicado diferentes estrategias de marketing permitiéndole obtener un posicionamiento muy importante en el mercado y en la mente del consumidor con sus diferentes marcas, su principal a nivel mundial la bebida Coca-Cola.

Esto nos ha permitido desarrollar nuevos productos, presentaciones y ofrecer nuevos servicios satisfaciendo las necesidades exigentes de nuestros clientes

que cada vez miran a nuestros productos como las marcas líderes del mercado, entre éstos tenemos:

Coca Cola como el producto estrella, con más de cien años de vida en el mercado de gaseosas, Fanta, Sprite, Fioravanti, Inca Kola entre las bebidas enfocadas a los consumidores que prefieren disfrutar de sabores diferentes.

Agua Saborizada Dasani o Natural para las personas que gustan de bebidas bajas en calorías, los productos Hidratantes como son Powerade y los jugos naturales bajo la marca de Jugos del Valle.

Cada vez, nuestros consumidores disfrutan de los diferentes productos pero que también de los servicios que ofrece la compañía a través de las estrategias de marketing aplicadas para que los detallistas que distribuyen los productos tengan un margen de rentabilidad mediante la comercialización de los mismos, así como de la instalación de enfriadores, exhibidores y publicidad en sus negocios.

Estas estrategias le han permitido alcanzar muchas Ventajas Competitivas respecto a sus competidores en su línea, entre las cuales se puede mencionar:

## **VENTAJAS COMPETITIVAS**

### **DISEÑO INNOVADOR:**

Sus envases son fabricados con un diseño muy llamativo y de acuerdo a las necesidades del cliente, como en el caso de la botella de vidrio retornable Coca-Cola que de acuerdo a la historia fue inspirado en el año 1926 y que tiene forma de mujer.

En la actualidad se dispone de envases Pet no retornables, los cuales disponen de un material especial (Polietilén Terftalato) el mismo que permite preservar el sabor de la bebida sin alterar sus propiedades en el transcurso del tiempo.

### **CALIDAD DEL PRODUCTO:**

Los productos de la compañía son elaborados cumplimiento con las especificaciones de calidad establecidas por el Sistema de Gestión de The Coca-Cola Company certificado el mismo que forma parte de un Sistema de Gestión Integral.

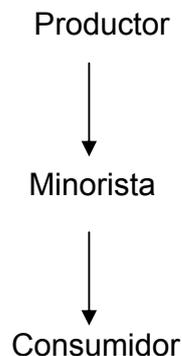
Este sistema garantiza no solamente la calidad del producto sino también la inocuidad del mismo de tal forma que nuestros consumidores tengan confianza en degustar un producto que satisfaga sus requerimientos.

### **EL VALOR DE LA MARCA DEL PRODUCTO:**

Una marca también puede representar una ventaja competitiva con respecto a la competencia ya que se convierte en un valor que el mercado percibe y crea confianza.- Es por esa razón que muchos productos que no precisamente son innovadores o diferentes al lanzarse al mercado se benefician de la ventaja competitiva al presentar la marca de la compañía.

### **CANALES DE DISTRIBUCIÓN:**

Cuenta con un Sistema de distribución organizado, propio y planificado lo que le permite entregar el producto oportunamente a sus clientes. El Sistema de distribución intensivo permite el desarrollo de una venta masiva utilizando intermediarios en el área comercial. Uno de sus principales canales de distribución establecido es el siguiente:



### **PRECIOS DEL PRODUCTO:**

La política de la compañía es seleccionar a proveedores de materias primas que cumplan con los requerimientos de calidad determinados por la Compañía Coca-Cola de tal forma que su procesamiento permita desarrollar un producto de alta calidad, esto influye en la determinación del precio final del producto.

**PERSONAL CAPACITADO:**

El departamento de Talento Humano desarrolla constantemente un cronograma de capacitación de acuerdo a los requerimientos de cada área con el fin de fortalecer los conocimientos de los colaboradores y mejorar sus competencias lo que permite a la vez mejorar su desempeño laboral que se ve reflejado en el cumplimiento de sus metas y en el campo de marketing mayor participación del producto en el mercado.

**PRESTIGIO:**

La compañía cuenta con un historial de mercadeo exitoso lo que le ha permitido posicionar el producto en la mente del consumidor a través del tiempo. Su producto estrella Coca-Cola, fue creado a finales del siglo XIX por el Dr. John Pemberton, un farmacéutico que creó la bebida inicialmente como jarabe y que luego modificó la formula para convertirla en la bebida gaseosa de mayor éxito en la actualidad, logrando posicionar éste y sus diferentes marcas en el mercado ganando cada vez la fidelidad de nuestros consumidores.

**LA IMÁGEN DE LA MARCA:** Promocionar la imagen de sus marcas a través de medios de comunicación (radio, televisión, cines, vallas publicitarias, etc), esto reforzará la imagen e impulsará las ventas.

**PROTECCIÓN AMBIENTAL:** Preservar el medio ambiente es una de las políticas de la compañía y de todas sus plantas embotelladoras. Proteger la calidad del agua, suelo y aire son elementos importantes para desarrollar un medio ambiente sostenible. Este factor disponen muy pocas empresas de alimentos y muy pocos de sus consumidores tienen conocimiento de lo que la compañía hace por un medio ambiente que necesita la protección de todos.

**TECNOLOGÍA Y PROCESOS DE PRODUCCIÓN:** Su tecnología permite un adecuado control para alcanzar las normas de calidad establecidas garantizando la calidad e inocuidad del producto.

Todos los aspectos anteriormente mencionados son características que le distinguen de su competencia y a través de un adecuado plan de comunicación podrían darse a conocer para que se conozca de los cambios que se realizan con el propósito de desarrollar un producto y un servicio que permita satisfacer las necesidades del mercado y en especial de sus consumidores.

## **2.2 EL SISTEMA SEIS SIGMA.**

Hace ya varios años que el Six Sigma es una popular filosofía de gerencia. La primera empresa que la popularizó fue Motorola, en la década de 1980, la adoptó hacia AlliedSignal a principios de la década siguiente y luego General Electric hizo de ella la filosofía gerencial más popular de la historia.<sup>1</sup>

Como sucede con todo lo que se vuelve popular, abundan muchos malentendidos en torno a la manera de llevar el Six Sigma a la práctica. En particular, como esta filosofía gerencial se basa en los hechos y los datos que se usen para tomar decisiones en la organización, muchos especialistas en estadísticas han descubierto nuevas carreras como instructores y consultores sobre la materia.

La mayoría de los estadísticos son expertos en la teoría del six sigma, pero para que éste tenga éxito en una empresa, es preciso que afecte a todos sus miembros. Todos los integrantes de la organización tienen que tomar parte en el six sigma y ser afectados por el, cualquiera que sea la posición que ocupe una Compañía.

A diferencia de la idea que muchas personas se han formado de que el six sigma es un misterioso conjunto de destrezas que sólo está al alcance de quienes hayan obtenido un título universitario de posgrado, el six sigma tienen que ser accesible a todos los miembros de la empresa.

---

<sup>1</sup> George Eches, "El Six Sigma para todos", Editorial Norma 2008.

Básicamente, el six sigma les está enseñando a todos a ser más eficaces y eficientes. Por desgracia, la mayoría de las organizaciones son sumamente ineficientes e ineficaces, lo cual significa que tienen clientes descontentos y que desperdician el dinero porque sus procesos no operan en condiciones óptimas.

El camino para llegar a ser más eficaces y eficientes mediante el empleo del six Sigma tiene tres componentes: el primero es la estrategia, que se denomina administración del proceso empresarial. La responsabilidad por este componente estratégico recae sobre la gerencia, de manera que si uno oye decir que la compañía ha adoptado el six sigma, pueden transcurrir varios meses antes de que vea los resultados del trabajo inicial. Para que usted se entere de lo que la gerencia ha hecho para crear el sistema de administración del proceso empresarial, pasaremos revista a los elementos claves de este sistema y compartiremos un ejemplo.

El segundo componente del six sigma tiene que ver con las tácticas de que se sirven los miembros de un equipo de proyectos para mejorar un proceso deteriorado. Se utiliza una metodología parecida al método científico que todos aprendimos. El método científico empieza por definir y medir un problema, analiza sus causas raíces y prueba teoría de mejoramiento para solucionarlo, en ésta; en su esencia, la misma metodología que emplea el six sigma para mejorar la eficacia y la eficiencia.

La compañía en la que se trabaja está decidida a implementar el sistema, empieza pertenecer a una organización vanguardista, y cuando la implementación tenga éxito encontrará que tomar parte en esta iniciativa es una experiencia exigente, emocionante y divertida.

### **¿QUÉ ES SEIS SIGMA?**

Seis Sigma implica tanto un sistema estadístico como una filosofía de gestión.

Seis Sigma es una forma más inteligente de dirigir un negocio o un departamento.

Seis Sigma pone primero al cliente y usa hechos y datos para impulsar mejores resultados. Los esfuerzos de Seis Sigma se dirigen a tres áreas principales:

- Mejorar la satisfacción del cliente

- Reducir el tiempo del ciclo: Es la cantidad total de tiempo que toma para terminar los pasos de un Proceso, incluye el tiempo con valor y sin valor agregado.<sup>2</sup>
- Reducir los defectos

Las mejoras en estas áreas representan importantes ahorros de costes, oportunidades para retener a los clientes, capturar nuevos mercados y construirse una reputación de empresa de excelencia.

Podemos definir Seis Sigma como:

Una medida estadística del nivel de desempeño de un proceso o producto.

Un objetivo de lograr casi la perfección mediante la mejora del desempeño.

Un sistema de dirección para lograr un liderazgo duradero en el negocio y un desempeño de primer nivel en un ámbito global.

La letra griega minúscula sigma se usa como símbolo de la desviación estándar, siendo ésta una forma estadística de describir cuánta variación existe en un conjunto de datos.

La medida en sigma se desarrolló para ayudarnos a:

Enfocar las medidas en los clientes que pagan por los bienes y servicios. Muchas medidas sólo se concentran en los costes, horas laborales y volúmenes de ventas, siendo éstas medidas que no están relacionadas directamente con las necesidades de los clientes.

Proveer un modo consistente de medir y comparar procesos distintos.

El primer paso para calcular el nivel sigma o comprender su significado es entender qué esperan sus clientes. En la terminología de Seis Sigma, los requerimientos y expectativas de los clientes se llaman CTQs (Críticos para la Calidad).

Se usa la medida en sigma para observar que tan bien o mal operan los procesos y darles a todos una manera común de expresar dicha medida.

---

<sup>2</sup> Humberto Gutiérrez Pulido y Román de la Vara, *Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma*, Editorial McGrawHill 2009.

## **NIVELES DE DESEMPEÑO EN SIGMA**

Cuando una empresa viola requerimientos importantes del cliente, genera defectos, quejas y costes. Cuanto mayor sea el número de defectos que ocurran mayor será el coste de corregirlos, como así también el riesgo de perder al cliente.

La meta de Seis Sigma es ayudar a la gente y a los procesos a que aspiren a lograr entregar productos y servicios libres de defectos. Si bien Seis Sigma reconoce que hay lugar para los defectos pues estos son atinentes a los procesos mismos, un nivel de funcionamiento correcto del 99,9997 por 100 implica un objetivo donde los defectos en muchos procesos y productos son prácticamente inexistentes.

La meta de Seis Sigma es especialmente ambiciosa cuando se tiene en cuenta que antes de empezar con una iniciativa de Seis Sigma, muchos procesos operan en niveles de 1, 2 y 3 sigma, especialmente en áreas de servicio y administrativas.

Debemos tener en cuenta que un cliente insatisfecho lo contará su desafortunada experiencia a entre nueve y diez personas, o incluso más si el problema es serio. Y por otro lado el mismo cliente sólo se lo dirá a tres personas si el producto o servicio lo ha satisfecho.

Ello implica que un alto nivel de fallos y errores son una fácil ruta a la pérdida de clientes actuales y potenciales.

Como sistema de dirección, Seis Sigma no es propiedad de la alta dirección más allá del papel crítico que esta desempeña, ni impulsado por los mandos intermedios (a pesar de su participación clave). Las ideas, soluciones, descubrimientos en procesos y mejoras que surgen de Seis Sigma están poniendo más responsabilidad a través del empowerment y la participación, en las manos de la gente que está en las líneas de producción y/o que trabajan directamente con los clientes.

"Seis Sigma es pues, un sistema que combina un fuerte liderazgo con el compromiso y energía de la base".

### 2.2.1 EL SEIS SIGMA: SU HISTORIA

En Motorola fue donde empezó el six sigma, Mikel Harry ingeniero muy hábil, experto, lleno de confianza y conocedor de la estadística, se propuso estudiar las variaciones de los diversos procesos dentro de su organización. Pronto descubrió que las variaciones excesivas en un proceso causaban poca satisfacción ante los clientes y falta de efectividad para satisfacer sus requisitos.

Si bien el concepto de variación se puede expresar en forma estadística, no tiene por qué ser complicado. Si ponemos como experiencia del hecho de comprar alimentos en un puesto de comidas rápidas, supongamos que quien va a ese lugar durante cinco días seguidos y experimenta la siguiente esperas medidas en minutos desde el momento en el cual se pone en la fila de automóviles hasta el momento en que le despacharon su pedido:

- lunes (14 minutos),
- Martes (12 minutos),
- miércoles (2 minutos),
- jueves (24 minutos) y
- viernes (8 minutos).

El promedio de espera en la fila esta semana fue grabado 12 minutos, sin embargo; decir que uno tiene que esperar 12 minutos en la fila no describe la realidad de la situación, pues el miércoles sólo espero 2 y al día siguiente tuvo que esperar 24 minutos, pero cabe indicar que los clientes sienten variaciones, no promedios.

Si no tiene control sobre las variaciones el restaurante de comidas rápidas perderá clientes, porque a nadie le gusta la incertidumbre de no saber si va a tener que esperar 2 minutos con 24.

Mikel Harry<sup>3</sup> reconoció la importancia de medir las variaciones en los diversos procesos de Motorola, sin embargo; Harry y sus colegas actuaron sobre los procesos que producían la mayor variación.

---

<sup>3</sup> George Eches, "El Six Sigma para todos", Editorial Norma 2008.

Aplicaron una serie de herramientas para reducir y controlar la variación en los procesos de más bajo rendimiento y mejoraron mucho la efectividad y eficiencia de dichos procesos.

No sólo los mejoraron sino que comprometieron la participación activa del director ejecutivo de la Compañía en su trabajo. El director empezó pronto a manejar las variaciones en todos los procesos de Motorola e hizo del seis Sigma la filosofía gerencial de todo lo que emprendía.

En el año de 1991, un hombre de negocios llamado Lawrence Bossidy quien se había retirado de General Electric para dirigir una enorme Compañía, Allied Signal (Allied Signal es una Compañía diversificadas en áreas como la aeroespacial, automotriz y materiales. Tiene más de 70,000 empleados y sus ingresos anuales rondan los 15 millones de dólares). Impaciente pero brillante sabía muy bien que quería efectuar un gran cambio en la Compañía que fue progresista en un tiempo que estaba pasando por una época de dificultades. Discípulo de Jack Welch en General Electric , quería imprimir su sello personal a la administración de Allied Signal y pronto entró en discusiones con Galvin sobre la manera como éste último había contribuido a mejorar el desempeño del negocio en Motorola.

En el curso de pocos meses, Bossidy generó mejoras importantes con seis Sigma, tanto en efectividad como en eficiencia, concentrados en medidas de efectividad con los clientes y generando mayor eficiencia por medio de la administración de procesos empresariales y la formación de equipos de mejora para incrementar el rendimiento. A la vuelta de tres años, la compañía economizaba millones de dólares al mismo tiempo aumentaba su reputación entre los clientes sin recurrir a la reducción de costos mediante despidos masivos.

Bossidy continuó sus estrechas relaciones con su antiguo mentor Jack Welch, y fue durante una reunión a principios de 1995 cuando Welch felicitó a Bossidy lo interrogó sobre la manera como había revitalizado a su Compañía.

Welch tenía curiosidad por enterarse de la adopción del seis Sigma por parte de Bossidy y al fin le pidió que fuera ser un esbozo de su filosofía gerencial en su centro de entrenamiento de ejecutivos en Crotonville. Bossidy accedió de buen

agrado, muy contento de volver a General Electric a hablar de como había el cambiado una organización.

La reunión en Crotonville salió muy bien, el personal de General Electric lo aplaudió y se interesó mucho en el método que Allied Signal venía aplicando desde principios de los años 90.

Para fines de 1995, General Electric había resultado adoptar el seis Sigma en toda la corporación. Welch afirma que en sus 20 años al timón de esta empresa sólo tuvo tres iniciativas corporativas. General Electric convirtió al seis Sigma en un programa distinto de otros que se asocian con calidad, pues tuvo el apoyo formal y la participación activa de la gerencia.

Sería la manera como la Compañía manejaría su negocio, no una cosa que se les impone a los trabajadores como un extra que tienen que hacer después de largas horas de trabajo, para compensar lo que dejaron sin hacer los que quedaron cesantes a causa de los despidos masivos.

A pesar del éxito que tuvieron Motorola y Allied Signal en la implementación del seis Sigma, fue General Electric la que empleó este sistema de una manera más impresionante para mejorar la eficacia y la eficiencia. En su autobiografía, Welch describe los múltiples éxitos que se generaron tras la aplicación del seis Sigma. La división GE Plastics había querido vender a Sony los policarbonatos Lexan se usa en la fábrica de discos compactos, pero las normas de pureza eran demasiado elevadas y General Electric operaba sólo a un nivel 3.8sigma. Después de aplicar los métodos de mejoramiento seis Sigma, subió a nivel 5.7sigma y obtuvo el contrato con Sony.

En General Electric Power System, los rotores se estaban rompiendo debido al exceso de vibraciones. Una tercera parte de las 37 unidades operativas tenían que reemplazar rotores debido al mal desempeño. Gracias a la aplicación de la metodología Sigma, las vibraciones se redujeron en un 300%, y para la época de la publicación del libro de Welch no había habido ningún reemplazo de rotores.

En General Electric Capital, el tiempo que se tardaba para atender a los clientes se mejoró dramáticamente en negocio de las hipotecas. Hubo un tiempo en que hablar por teléfono, con un representante de la Compañía sólo tenía éxito en un

75% de las oportunidades. Después de aplicar los métodos seis Sigma esto mejoró a más de 99%.

Menos de los años después de la aplicación inicial del sistema, General Electric había obtenido ahorros en costos por valor de 320 millones dólares. Para 1998 había generado 750 millones de dólares en el mismo rubro y se esperaba llegar a los mil millones en un año más tarde.

Desde que se desarrolló esta metodología, numerosas empresas la han aplicado consiguiendo resultados espectaculares en sus cuentas. Seis Sigma es una metodología que permite eliminar los errores, aumentar la satisfacción de los clientes y mejorar los procesos para obtener mejoras medibles en los resultados financieros. Todas las empresas tratan de reducir sus errores, esto no es algo nuevo en Seis Sigma, lo nuevo es que Seis Sigma es una metodología de gestión que involucra a todos los empleados para trabajar de forma sistemática en la consecución de la mejora apoyándose en herramientas estadísticas y en datos.

### **2.2.2 QUÉ PUEDE HACER EL SEIS SIGMA POR UNA COMPAÑÍA**

En los últimos años, centenares de empresas han indicado su intención de hacer del seis Sigma su filosofía gerencial. Naturalmente, cuando algo se hace tan popular se presentan problemas.

En muchas compañías, ejecutivos que tienen la mentalidad de corte y quema (es decir, generaron rápidas utilidades mediante la supresión de empleados) quizá traten de utilizar el Six Sigma en la misma manera. The Wall Street Journal publicado dos o tres artículos por semana sobre el seis Sigma. Muchos de quienes tratan de implementar este sistema tienen buenas intenciones y quieren hacerlo debidamente, como lo hizo General Electric; pero también hay otros ejecutivos impacientes que ven al Six Sigma como ven los despidos en masa.

El enfoque oportunista del seis Sigma es un camino seguro para lograr resultados a corto plazo que perjudican a las empresas a la larga.

Muchos estadísticos tienen tarjetas de presentación que dicen que son consultores del seis Sigma, infortunadamente; muchas veces tales consultores sólo contribuyen a inflar la burocracia que tiene una influencia negativa en la

efectividad y eficiencia. Es de esperar que en su Compañía los ejecutivos hayan tomado decisiones acertadas en cuanto a consultores que ayuden a implementar esta avanzada filosofía gerencial. Al optar por el seis Sigma han demostrado tener la mentalidad de vanguardia.<sup>4</sup>

Sí es así, hay que felicitarlos, pues comprometiéndose con el seis Sigma han tratado de hacer varias cosas. Primero que todo, su acertada implementación producido un mejoramiento de la efectividad y la eficiencia en la ola inicial de proyectos durante los primeros seis a nueve meses. De los 20 a 30 procesos de una Compañía, por lo general entre 7 y 10 formarán parte de los primeros esfuerzos de implementación, de éstos, entre 4 y 7 tendrán éxito.

Estos primeros proyectos deben generar entusiasmo y dar impulso a las futuras actividades del seis Sigma en la Compañía. En los siguientes meses y años ejecución del seis Sigma se observarán otros cambios. Primero, aunque las relaciones de dependencia de una y otras personas no se hayan modificado, el empleado conocerá a un nuevo grupo de individuos llamados los dueños del proceso, a quienes les incumbe la responsabilidad en manejar los procesos dentro de la organización.

El organigrama de la Compañía no cambia pero los dueños del proceso asumen la responsabilidad informal de dirigir aquellos que son transfuncionales e ínter departamentales. Pueden patrocinar un equipo encargado de mejorar la efectividad y la eficiencia y por hacer eso se les denomina campeones del proyecto.

Una Compañía implanta el sistemas seis Sigma para cambiar su manera de hacer negocios. El personal gerencial se esfuerza por modificar su manera de administrar, probablemente reconoce la necesidad de anteriores tentativas de aumento de la rentabilidad mediante despidos masivos y cree que el aumento de efectividad y eficiencia contribuirá a un mayor retorno de la inversión.

---

<sup>4</sup> MAGNUSSON, Kjell. *El Seis Sigma – Una Estrategia Pragmática.*- Editorial Gestión 2000, España 2008.

Esta última significa crecimiento del negocio y éste, a su vez; significa más empleos, no menos.

Mayor crecimiento puede significar más alto precio de las acciones, lo cual beneficiará a los ejecutivos y a quienes dependen de ellos, lo mismo que a todas las demás personas que tienen intereses en la Compañía.

Mayor efectividad y eficiencia significará muchas cosas para usted. En primer lugar, mayor seguridad en el empleo, en segundo lugar; aprender nuevas destrezas, las cuales le abrirán nuevas oportunidades, como promoción dentro de su misma Compañía o el ofrecimiento de sus conocimientos a otras compañías.

Aún cuanto permanezca en su empleo actual, encontrará que sus nuevas destrezas le resultan útiles y que usar las técnicas del seis Sigma le facilita el trabajo. Por otra parte de trabajar en procesos eficaces y eficientes significa la reducción de las tensiones y un mayor disfrute del trabajo.

El seis Sigma es una filosofía popular de gerencia que se está extendiendo por el mundo entero. Su meta es hacer a la Compañía más eficaz y eficiente. Eficacia es el grado en la cual una organización satisface o supera los requisitos de sus clientes, la eficiencia se refiere a los recursos que consume para alcanzar esa eficacia.

El seis Sigma equivale a no más de 3.4 malas experiencias por cada millón de oportunidades de servir a los clientes. La mayor parte de las empresas opera con rendimientos entre 2 y 3 Sigma lo que en el mejorar de los casos significa 70,000 malas experiencias por millón de oportunidades.

### **2.2.3. EL SEIS SIGMA EN UNA ORGANIZACIÓN Y SUS BENEFICIOS**

El costo-beneficio para la aplicación de Seis Sigma se tiene la premisa de que parte de los beneficios consisten en la reducción de más del 50% en los costos de proceso, mejoras en el tiempo de ejecución, abatimiento del desperdicio de materiales, un mejor entendimiento de los requisitos de los clientes, incremento en su satisfacción y mayor confiabilidad en sus productos y servicios.

Sin embargo, una vez que se cuenta con el personal entrenado y con experiencia,

Se pueden llevar a cabo proyectos Seis Sigma con duración de cinco a ocho meses cada uno, dependiendo de la aplicación.

La adopción de Seis Sigma en grandes empresas es bastante conocida, pero eso no quiere decir que sea exclusiva de ellas, también las empresas medianas y pequeñas la pueden utilizar, así como otros sectores.

Llevar a cabo proyectos con Seis Sigma, ciertamente requiere un análisis para su aplicación ya que, como se ha visto, implica un esfuerzo considerable y ello debe de redituarse beneficios o ganancias cuantificables.<sup>5</sup>

En las organizaciones ya se tienen métodos para el monitoreo de proyectos durante su ejecución, se propone que se determinen parámetros como las desviaciones ya mencionadas, no solamente en relación a lo físico y financiero, también

Al cumplimiento de objetivos y otros acuerdos con los clientes, si es que aplica.

La aplicación de Seis Sigma estaría centrada en dos casos: a) en el proyecto como un todo que tiene que ver con los cumplimientos del proyecto a su término y b) en elementos o actividades del proyecto que tiene que ver con cumplimientos durante su desarrollo.

Para el primer caso, el lenguaje Seis Sigma diría que no se permiten incumplimientos mayores a 3.4 por cada millón de compromisos, en forma proporcional, es decir, si el proyecto tiene diez compromisos a cumplir al finalizar y que éstos se tomen como las oportunidades del Seis Sigma. Los compromisos pueden ser que al terminar se encuentre dentro del rango más menos 10% con respecto al presupuesto o un rango también con respecto al avance físico.

Si los compromisos consisten en que el proyecto termine dentro de rangos y estos son convenidos, se daría un incumplimiento al estar fuera del rango y es ahí en donde se aplicaría no más de  $4.3008 \times 10^{-5}$  incumplimientos para diez compromisos; si se acordaran un millón de compromisos, entonces se permitirían 3.4 incumplimientos

---

<sup>5</sup> [www.seis\\_sigma.com](http://www.seis_sigma.com)

## **LOGROS CON EL SEIS SIGMA**

"6 sigma ha cambiado GE para siempre....".las ganancias en esta empresa, gracias al programa, fueron de 300 millones en 1997 y mas de 600 millones en 1998.

Una importante entidad de créditos hipotecarios sufría una ola de reprocesos. A pesar del fuerte mercado hipotecario, la compañía estaba afectada por un gran numero de prestamos cerrados con errores- en los documentos, en los términos de referencia, en la condiciones, y otros- los que los hacia invendibles. Un numero grande de hipotecas con errores, y por tanto, invendibles, significaba que el dinero de la empresa quedaba atado y no podría usarse para prestarse a mas gente. Un BB y varios GB seis sigma examinaron primero las razones por las cuales las hipotecas estaban "en el limbo". El equipo identifico ocho causas principales por las que las hipotecas eran invendibles, ahorrándola a la empresa casi "150 millones de dólares". Proyectos adicionales, incluyendo algunas iniciativas de reprocesos, ayudaron a eliminar otras causas de prestamos con errores, de modo que la compañía podía usar su capital de modo mas eficiente y mantener o a sus clientes.

Podríamos seguir dando ejemplos, que como el anterior y otros que se han presentado en congresos internacionales de calidad (Allied Signal, U\$ 2 billones en reducción de costos directos entre 1994 y 1999; Asea Brown Boveri, U\$ 775.000 de reducción de costos anuales en una planta; Polaroid, 6% anual en mejora de resultados; etc). Todos estos datos no hacen mas que confirmar que estamos en presencia de un método exitoso para mejorar la competencia, los resultados y consecuentemente la subsistencia en el mercado globalizado.

Para aquellos que quieran imaginar los réditos posibles en su organización, les diremos que, de acuerdo a los estudios e investigaciones realizados, las pérdidas por ineficiencias de todo tipo en una empresa (normalmente llamadas costo de la no calidad), son del orden de 20 a 30% de la facturación. Alcanzar un nivel "6 sigma", significa bajar ese valor a 1% o menos.

#### **2.2.4 EL PROCESO DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS.**

Cualquier proceso dentro de una organización puede comprenderse como una función que aplicada sobre ciertas variables de entrada, proporciona un conjunto de variables de resultado. Los métodos Seis Sigma proponen trabajar para mejorar los procesos, sobre aquellas variables de entrada que influyan significativamente sobre las variables de resultados.

Para decidir sobre estas cuestiones, se recomienda no basarse en criterios subjetivos, sino en hechos objetivos deducidos a partir del análisis de información existente o recogida para ese fin.

El desarrollo de un proyecto de mejora continua Seis Sigma se plantea a partir de cinco etapas básicas y bien diferenciadas llamadas DMAIC (por las siglas en inglés de: Define, Measure, Analyze, Improve y Control).

La fase identificada como DEFINIR, consiste en realizar un diagnóstico, identificando cuáles son los elementos que participan en el proceso. Para ello Seis Sigma considera distintos instrumentos, como por ejemplo, identificar los requisitos de los clientes, las variables resultantes del proceso que son de principal interés y los puntos críticos para la mejora. En esta fase se deberá elaborar un documento básico del proyecto.

En la fase MEDIR se deben determinar cuáles son las características críticas que influyen sobre las variables resultantes del proceso y medirlas. Se debe preparar un plan de recolección de datos. Esta fase permite al Black Belt tener toda la información del proceso y poder desarrollar alguna teoría acerca del funcionamiento del mismo y empezar a encontrar relaciones causa-efecto que le permitan descubrir cuáles son las causas raíces del problema.

En la fase ANALIZAR, se realiza un estudio exhaustivo de toda la información recolectada en la etapa anterior, identificando las causas vitales de variación del proceso. Esta etapa es la de mayor contenido técnico ya que en la comprobación de teorías o hipótesis sobre el funcionamiento del proceso es muy frecuente tener que acudir a herramientas estadísticas avanzadas. En esta fase se deducen las relaciones existentes entre las variables de entrada y salida del proceso.

La fase MEJORAR comienza una vez que se han identificado las citadas causas vitales, es en esta fase donde se desarrolla un plan de implantación de mejoras que aporte soluciones sólidas para eliminar los defectos en los que incurre el proceso. Además se realiza un análisis costo- beneficio de las citadas soluciones, de forma que puedan ser una ayuda a la toma de decisiones de la Dirección de la Empresa. A veces, antes de ser implantadas las mejoras, es recomendable hacer una prueba piloto de las mismas para determinar su alcance.

Por último, en la fase CONTROLAR se comprueba la validez de las soluciones propuestas y probadas en escala piloto. Se deben establecer controles, no sólo sobre las salidas del proceso sino también sobre las causas vitales que inciden en su consecución. A veces los procesos pasados un cierto tiempo, pierden regularidad en su comportamiento. Para evitarlo, la metodología Seis Sigma impone controles que monitorizan permanentemente los procesos con el fin de mantener las ganancias conseguidas.

### **2.2.5 LAS TÁCTICAS DEL SEIS SIGMA**

Es probable que los empleados no noten ninguna diferencia en su compañía en los primeros meses de la adopción del Six Sigma como filosofía gerencial. Eso se debe a que, como se vio anteriormente los ejecutivos están creando la estrategia para que el Six Sigma se convierten algo más que una serie de herramientas y técnicas.

Como dijimos, los gerentes deben empezar por identificar los procesos clave de la empresa y recoger datos sobre sus niveles de eficacia y eficiencia, medidos en términos del desempeño Sigma vigente. A través de estas actividades se identifican los procesos de más bajo rendimiento y más fuerte impacto en los objetivos del negocio. Estos primeros proyectos son críticos para la compañía, para que el seis Sigma tenga éxito en la empresa, la primera ola de proyectos tiene que tener éxito, pues eso permite que el personal de toda la compañía vea que en su caso el Six Sigma si funciona. Al principio abra alguno de escépticos, que no se convencerán de su importancia por las referencias que se den de otros casos de éxito, sino sólo si ven los resultados con sus propios ojos. Por

consiguiente, quienes se escojan para formar parte de la primera ola de proyectos tiene una expectativa adicional: ayudar a convencer a los demás de que el Six Sigma si funciona.

Es típico de la primera ola de proyectos que la compañía escojan los que más necesitan para hacerlos sujetos de mejoramiento, en vista del impacto que su mal desempeño tiene sobre el negocio. Como ejemplo nos concentraremos en dos de los proyectos que eligió Fast Food Is Us en su primera ola: el proyecto de entrega de víveres y el de línea de espera para el servicio al automóvil.

Los conceptos detrás de las tácticas del Six Sigma: Trabaja en un ambiente de negocios puede ser una experiencia muy exigente, en la mayor parte de esos ambientes el ritmo es rápido, se gastan muchas energías y todo hay que hacer al mismo tiempo. Infortunadamente esos ambientes acaban por parecerse al pato que va atravesando una laguna. Parece que fuera deslizándose muy tranquilo sobre el agua, pero bajo la superficie está remando furiosamente con las patas.

Lo que tratan de hacer las tácticas del Six Sigma en un proyecto<sup>6</sup> es lograr mayor eficacia y eficiencia. Ya se trate del proceso de pedir víveres o de mejorar la rapidez con la cual se mueve la fila de autos y la exactitud de los pedidos, lo que buscan quienes integran un grupo promedio de cinco personas es el mejoramiento del proceso en cual se encuentran involucrados.

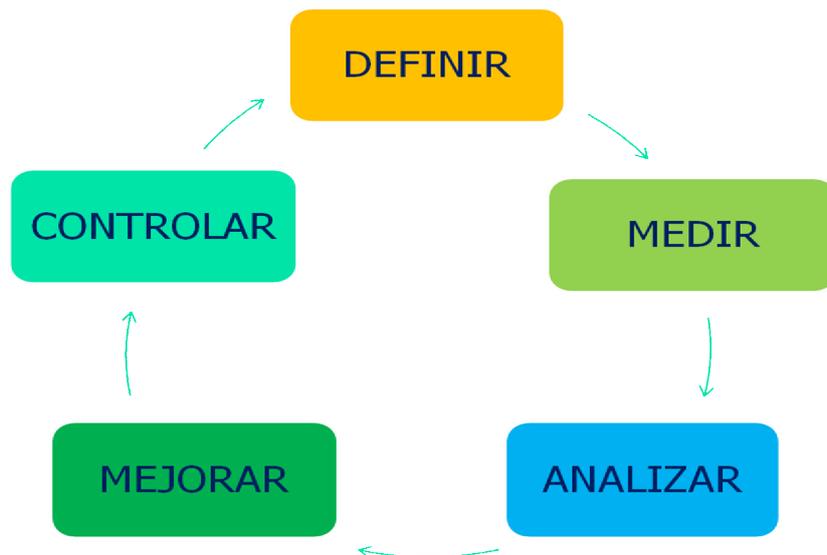
Las tácticas del Six Sigma requieren que uno participe en un equipo y que dedique más o menos un 70% de su tiempo a trabajar en el proyecto, sin dejar por ello de seguir haciendo su trabajo normal. Pero no se debe quejar del aparente aumento del trabajo que tiene que hacer, porque se les ha elegido para mejorar un proceso que está errado, es decir; en el cual que experimentan las dificultades propias de la ineficacia y la ineficiencia.

---

<sup>6</sup> LOWENTHAL Joffey N. *Administración de Proyectos Seis Sigma.- Editorial Panorama, México 2009.*

La gerencia ha dedicado muchos recursos al mejoramiento del su área de trabajo y esto debe verlo usted como una oportunidad de hacer las cosas mejor en su oficio, no como algo extra.

Para entender conceptualmente las tácticas, piense está otra vez en la escuela, en clase de ciencias. Recordara haber aprendido lo que el método científico: un método que identifica algún problema, mide su magnitud, determina por qué ocurrió y genera una serie de soluciones para asegurar que desaparezca. Las tácticas Six Sigma y el equipo de proyecto en cual uno está, ponen en juego una serie de herramientas y técnicas que siguen el método científico. La siguiente figura muestra los pasos asociados con el método científico:



### **LOS CINCO PASOS DE LAS TÁCTICAS SIX SIGMA.**

En aplicaciones de las tácticas Six Sigma hay cinco pasos de alto nivel: definir, medir, analizar, mejorar y controlar conocidas como las siglas DMAMC.

Como se ve en la figura anterior, el primero de ellos es el definir, en este paso se organiza el equipo de 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.

El segundo paso es medir, en este paso se calcula el actual desempeño Sigma del proceso, a veces con más detalles de los presentados en el nivel estratégico del Six Sigma.

El tercer paso es 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.

El cuarto paso es mejorar, en él, el equipo general y seleccionó una serie de soluciones encaminadas a mejorar el desempeño Sigma.

El quinto y último paso es controlar, aquí se aplica una serie de herramientas y técnicas al proceso mejorado a fin de que el mejoramiento del desempeño Sigma no decaiga con el tiempo.

Como se vio en la figura anterior, el paso de definir comprende tres subdivisiones llamadas peajes, cada una de las cuales indica un trabajo específico que debe realizar un equipo de proyecto a medida que progresa en los distintos pasos. El concepto de peajes es relativamente simple, todo el que haya viajado por una autopista sabe que tiene que pasar por peajes o puestos donde se el derecho de tránsito. Se puede pensar en los dos de los pasos DMAMC de manera parecida. Cada peaje se debe ver como una demarcación formal de la carretera de calidad que conduce a un mejor desempeño Sigma.

## **ETAPAS DE UN PROYECTO SIX SIGMA.**

### **FASE 1: DEFINIR EL PROYECTO**

En la etapa de definición se enfoca el proyecto, se delimita y se sientan las bases para su éxito. Por ello, al finalizar esta fase se debe tener claro el objetivo del proyecto, la forma de medir su éxito, su alcance, los beneficios potenciales y las personas que intervienen en éste. Todo lo anterior se resumirá en el marco del proyecto. El primer paso para lograr un proyecto exitoso será su selección adecuada, que por lo general es responsabilidad de los champions o black belts.<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> PANDE Metter, Neuman Robert, Cavanagh Roland. *Las Claves del Seis Sigma*. Editorial McGraw Hill, Edición 2008.

Los siguientes son los aspectos a considerar las elecciones definición en proyecto:

**\* Aborda áreas de mejorar de alto impacto:**

- Reducir defectos o desperdicios en las etapas más críticas de un proceso.
- Ligado directamente a la satisfacción del cliente (quejas, reclamos, tiempos largos de atención, burocracia).
- Mejorar la capacidad de los procesos.
- Incrementar el flujo del trabajo en los procesos (organización del proceso, reducción del tiempo de ciclo, eliminar actividades que no agregan valor).

**\* Apoyo y comprensión de la alta dirección:**

- La importancia de proyecto es clara para la organización y se percibe como algo importante.
- El proyecto tiene el apoyo y la aprobación de la dirección (o gerencia) de la empresa.

**\* Efectos fundamentales:**

- Se espera que proyecto tenga beneficios monetarios (medibles), que se reflejen un corto tiempo.
- Factible de realizarse en pocos meses.
- Para medir el éxito de proyecto se tienen métricas cuantitativas claras, por lo que es fácil medir al punto de partida y los resultados.

**\* Aspectos a evitar en el proyecto:**

- Objetivos vagos e imprecisos.
- Pobres métricas para medir impacto.
- No ligado a lo financiero.
- Alcance demasiado amplio.
- No ligado a los planes estratégicos anuales.
- Soluciones indefinidas.
- Demasiados objetivos.

Una vez que se tiene identificado un proyecto tentativo por parte de un campeón, el siguiente paso les designar un líder o responsable del proyecto. Puede ser un green belt o un candidato a estas categorías, o alguien que deba tener un buen

conocimiento operativo de problema, pero que no se sospeche que sea parte del mismo. Además, se debe buscar que líder cuente con la motivación de liderazgo que le permitan guiar a los miembros del equipo.

El resto de los integrantes del equipo se asignan con base en lo que pueden aportar y la necesidad de contar con diferentes puntos de vista, experiencia y especialidades. El propio líder del equipo es copartícipe de la formación del mismo. Quizás la formación quede definida después de iniciado el proyecto, una vez que se haya definido el problema y se tenga una primera idea del reto y de los recursos que implica su solución.

### **Establecer el marco del proyecto**

Con el bosquejo de definición de proyecto que el champion le entrega al líder del equipo, éste debe completar la definición especificando los diferentes elementos del marco del proyecto. De tal forma que a través de éste quede claro de que trata del proyecto, los involucrados, los beneficios esperados, etc.

A continuación se muestra los elementos típicos que debe reunir el marco del proyecto junto con una breve definición:

#### **Marco del proyecto Seis Sigma:**

Título/propósito: es la declaración breve de la intención del proyecto (usar métricas, financieras, calidad, tiempo de ciclo).

Necesidades del negocios a ser atendidas: indicar los argumentos (desde la óptica de la empresa) para llevar a cabo el proyecto. ¿Porque se debe apoyar el proyecto?

Declaración de problema: resume los problemas que serán abordados, debe incluir condiciones actuales o históricas, tales como índice de defectos y/o costos por el pobre desempeño, en términos de variables críticas para la calidad.

Objetivo: es la declaración más específica del resultado deseado.

Alcance: establecer el aspecto específico del problema que será abordados.

Roles y responsabilidades: los que intervienen en el proyecto.

Propietarios: se refiere a los departamentos, clientes o proveedores que serán afectados por las actividades del proyecto o por sus resultados.

Patrocinador o champion: directivo que apoya el proyecto y le da seguimiento.

Equipo: miembros específicos de los grupos de propietarios que juegan un papel activo en el proyecto contra

Recursos: son los procesos, equipos, bancos de datos o gente que no es miembro del equipo, y que se pueden requerir para la realización del proyecto.

Métricas: variables a través de las cuales se medirá el éxito del proyecto.

Fecha de inicio de proyecto.

Fecha planeada para finalizar el proyecto.

Entregable del proyecto: incluye todos los beneficios medibles y tangibles que se espera tener si se concluye en forma exitosa el proyecto.

### **Medir la situación actual ( M ).**

El objetivo general de esta segunda fase es entender y cuantificar mejor la magnitud del problema o situación que se aborda con el proyecto. Por ello, el proceso se define a un nivel más detallado para entender el flujo del trabajo, los puntos de decisión y los detalles de su funcionamiento; asimismo, se establecen con mayor detalle las métricas con las que se evaluará el éxito del proyecto.

Además se analiza y valida el sistema de medición para garantizar que las métricas pueden medirse en forma consistente. Además, con el sistema de medición validado se mide la situación actual o línea de base para clarificar el punto de arranque del proyecto con respecto a las métricas.

Hay varios métodos para realizar el cálculo de la línea de base Sigma, el más fácil es determinar que es una unidad, un defecto y una oportunidad para su proyecto.

Desarrollamos un ejemplo, a través de un proyecto de pedidos alimentos, una unidad es una entrega del pedido y un defecto puede originarse en una entrega demasiado temprano o demasiado tarde. Sin embargo, a nivel del proyecto necesitamos ir más a fondo y calcular desempeño Sigma. El equipo de pedidos de alimentos debe también determinar el desempeño Sigma para otros dos requisitos de los clientes: exactitud en las cantidades pedidas y frescura de los alimentos.

El equipo está en libertad para hacer estos cálculos por separado o combinarlos en uno solo. Si decide hacer un solo cálculo, debe calcular lo que se llama

defectos por millón de oportunidades (medición llamada por algunos Sigma madre). Procedería a determinar cuántas entregas demasiado tempranas o tardías ocurren, cuántos problemas se presentan con la frescura y cuántas veces hubo inexactitud en las cantidades pedidas. Para calcular los defectos por millón oportunidades se plantea la simple ecuación:

$(\text{Número de defectos/número de oportunidades} \times \text{número de unidades}) \times 100000$

Las herramientas de mayor utilidad en esta etapa son: mapeo de procesos a un nivel detallado, métodos para realizar estudios de repetibilidad y de reproducibilidad, y otras técnicas estadísticas básicas como herramientas básicas, capacidad proceso y métricas seis Sigma.

### **Analizar las causas raíz ( A )**

La meta de ésta fase es identificar las causas raíz del problema, entender cómo es que éstas generen el problema y confirmar las causas con datos. Entonces, se trata de entender cómo y porque se generen el problema, buscando llegar hasta las causas más profundas y confirmarlas con datos. Obviamente para encontrar las causas raíz de problema primero es necesario identificar todas variables de entrada y posibles causas del problema. Una muestra del tipo de profundidad en el análisis que se debe procurar en esta etapa se muestra en la figura donde se aplica la técnica de los cinco porque para encontrar la causa de que el mármol de un monumento se esté deteriorando. En ese caso, si el análisis uno hubiera llegado hasta el segundo o tercer porque entonces se trataría de resolver el problema buscan otro tipo de este gente o ahuyentando a los gorriones del lugar. Pero la verdadera causa es la forma de iluminación de sitio, por lo que el hacer un cambio para que ésta no atrajera a los insectos se logra un efecto en toda la cadena de causas-efectos.

Las herramientas de utilidad en esta fase son muy variadas, por ejemplo lluvia de ideas, diagrama de espina de pescado, gráfica de Apretó, cartas de control, mapeo de procesos, los cinco porque, despliegue de la función de calidad para

relacionar variables de entrada con variables de salida, diseño de experimentos, prueba de hipótesis, diagrama de dispersión, entre otras.

### **Mejorar ( M )**

El objetivo de esta etapa es proponer e implementar soluciones que atiendan las causas raíz; es decir, asegurarse de que se corrige o reduce el problema. Es recomendable generar diferentes alternativas de solución que atiendan las diversas causas, apoyándose en algunas de las siguientes herramientas: lluvia de ideas, técnicas de creatividad, hojas de verificación, diseño de experimentos, etc.. La clave es pensar en soluciones que ataquen la fuente del problema (causas) y no el efecto.

Una vez que se generen diferentes alternativas de solución es importante evaluarlas mediante una matriz que refleja los diferentes criterios o prioridades sobre los que se debe tomar la solución.

Si el equipo hace un buen trabajo en la fase de analizar las causas raíz, la fase de mejorar resulta rápida, fácil y satisfactoria. Generalmente en esta fase se deben encontrar o generar soluciones y escogerlas.

Se recomienda que al implementar soluciones el equipo señale la prioridad que debe dar a cada una, y que las va implementando una por una o en grupos, y que inmediatamente después de la implementación efectúe un nuevo cálculo del nivel de desempeño Sigma. Esto se debe hacer porque muchas veces las metas y objetivos del equipo se pueden alcanzar sin necesidad de ejecutar todas las soluciones que se han propuesto.

### **Controlar para mantener la mejora ( C )**

Una vez que las mejoras deseadas han sido alcanzadas, en esta etapa se diseña un sistema que mantenga las mejoras logradas y se cierra el proyecto. Muchas veces esta etapa es la más doloroso o difícil, puesto que se trata de que los cambios realizados por evaluar las acciones de mejoras se vuelvan permanentes,

se institucionalicen y generalicen. Esto implica la participación y adaptación a los cambios de toda la gente involucrada en el proceso, por lo que se puede presentar resistencias y complicaciones. Al final de cuentas, el resto de la etapa de control es que las mejoras soportan la prueba del tiempo. En este sentido es necesario establecer un sistema de control para:

- Prevenir que los problemas que tenía el proceso no se vuelvan a repetir (mantener las ganancias).
- Impedir que las mejoras y conocimiento obtenido se olviden.
- Mantener el desempeño del proceso.
- Alentar la mejora continua.

De acuerdo con lo anterior se debe acordar acciones de control en tres niveles: proceso, documentación y monitoreo, cómo se explica en seguida:

a) Estandarizar el proceso.

En este nivel se deciden acciones para asegurar las mejoras a través de cambios en los sistemas y estructuras que forman el proceso, tratando de no depender de controles manuales y vigilancias sobre el desempeño. En otras palabras, se deben buscar cambios permanentes en los procesos y en sus métodos de operación.

#### **b) Documentar el plan de control.**

Se busca trabajar para mejorar o desarrollar nuevos documentos que faciliten el apego a los procedimientos estándar de operación del proceso. La estandarización vía documentación contempla procedimientos bien escritos, videos hojas de trabajo ilustradas. Otras alternativas para lograr la estandarización de los métodos son: la capacitación, tanto para nuevos trabajadores como para los actuales, así como los sistemas a prueba de errores.

Algunos consejos para documentar procedimientos son los siguientes:

- Involucrar a la gente que supervisa y aplica los métodos.
- Probar el procedimiento tal como se documentó.
- Ser completo, pero conciso.
- Colocar el procedimiento donde esté disponible fácilmente.

- Bosquejar un método para actualizar los procedimientos (mejora continua).
- Poner fecha los a LOS procedimientos.
- Destruir los procedimientos obsoletos.

### **c) Monitorear el proceso.**

Se deciden las mejoras al monitoreo del proceso para que mediante este se tenga evidencia de que el nivel de mejoras logrado se siga manteniendo. Los monitoreos deben realizarse sobre entradas clave del proceso, así como sobre variables de salida crítica. Recordemos que por excelencia, las herramientas para analizar y monitorear el desempeño de un proceso son las cartas de control, pero debe asegurarse una elección y operación adecuada. Se debe tener cuidado especial de no confundir los conceptos de capacidad y estabilidad. Algunas preguntas de evaluación acerca del monitoreo de un proceso con respecto a sus entradas y salidas clave, son las siguientes:

- ¿Cómo se monitorean?
- ¿Con qué frecuencia se verifican?
- ¿Se conocen las especificaciones y valores meta óptimos?
- ¿Cuál es su capacidad y estabilidad?
- ¿Cuáles deben tener cartas de control?

### **d) Cerrar y difundir el proyecto.**

El objetivo de esta última actividad es asegurarse de que el proyecto 6 Sigma sea fuente de evidencia de logros, de aprendizaje y que sirva como herramienta de difusión para fortalecer la estrategia 6 Sigma. Esta difusión ayudará a elevar el nivel de compromiso de los involucrados para mantener el éxito del proyecto, así como a fortalecer el aprendizaje y la mejora continua en la organización. Por ello, el equipo de caracterización debe desarrollar las siguientes actividades:

- Documentar el proyecto a través de la carpeta del historial del proyecto, en la que típicamente se agregan los siguientes elementos:

- \* Los elementos considerados para seleccionar y definir el proyecto:
  - datos iniciales de línea base.
  - Evidencia de cómo se validó el sistema de medición.

- Análisis del estado inicial del proceso.
  - evidencias de lo realizado y herramientas aplicadas en las fases de análisis y mejora.
- \* Datos del análisis o corrida confirmatoria.
  - \* Datos financieros (costos y beneficios).
  - \* Decisión final sobre la mejora y conclusiones.
- Elaborar un resumen de los principales cambios o soluciones dados para el problema, el impacto del proyecto y resumir los aprendizajes alcanzados con el proyecto.
  - Elaborar un resumen de los principales cambios o soluciones dados para el problema, el impacto del proyecto y resumir los aprendizajes alcanzados con el proyecto.
  - Difundir lo realizado, así como los logros alcanzados, que puede incluir: elaboración de reporte técnico, presentación ante colegas y directivos, y difusión interna por los canales adecuados.

### **2.3 LAS HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS EMPLEADAS EN EL SISTEMA SEIS SIGMA.**

Los equipos Seis Sigma deben aprender el manejo no solo de las herramientas técnicas que mejoran el desempeño sigma sino también de las que ayudan a obtener que los interesados acepten soluciones que impulsan el mejoramiento sigma.<sup>8</sup>

A continuación se detallan las principales herramientas que podrían utilizarse para éste proyecto en el trabajo de la aplicación de la metodología seis sigma.

#### **DIAGRAMA DE PARETO.**

Se conoce que más del 80% de la problemática en una organización es por causas comunes, es decir; se debe a problemas o situaciones que actúan de manera permanente sobre los procesos.

---

<sup>8</sup> Humberto Gutiérrez Pulido y Román de la Vara, *Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma*, Editorial McGrawHill 2009.

Pero además, en todo proceso son pocos los problemas o situaciones vitales que contribuyen en gran medida a la problemática global de un proceso o una empresa. Lo anterior es la premisa del diagrama de Pareto,<sup>9</sup> el cual es un gráfico especial de barras cuyo campo de análisis o aplicación son los datos categóricos, y que tiene como objetivo ayudar a localizar el o los problemas vitales, así como sus principales causas. La idea es que cuando se quiere mejorar un proceso o atender sus problemas, no se den “palos de ciego” y se trabaje en todos los problemas al mismo tiempo acatando todas sus causas a la vez, sino que; con base en los datos e información aportados por un análisis estadístico, se establezca prioridades y se enfoque los esfuerzos donde éstos tengan mayor impacto.

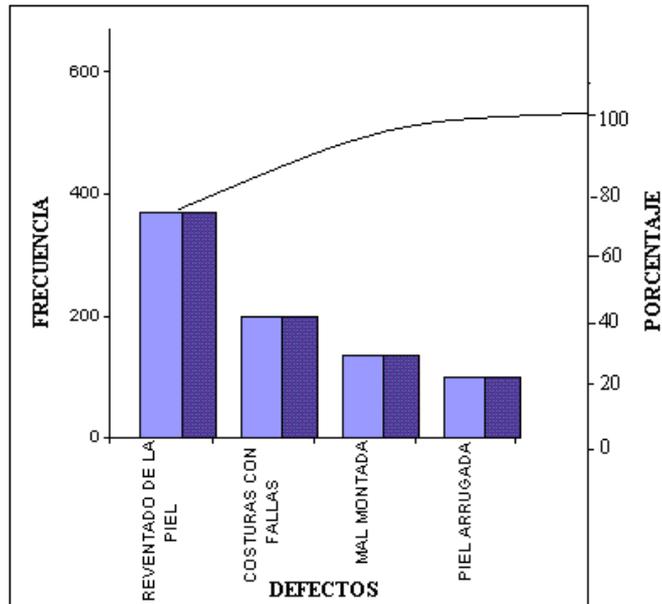
La viabilidad y utilidad general del diagrama está respaldada por el llamado principio de Pareto, conocido como “Ley 80-20”, en el cual se reconoce que pocos elementos (20%) generan la mayor parte del efecto (80%), y el resto de los elementos propician muy poco del efecto total.

El nombre del principio se determinó en honor al economista italiano Wilfrido Pareto (1843- 1923).

<b>Razón de defecto</b>	<b>Total</b>	<b>Porcentaje</b>
Piel arrugada	99	13.4
Costuras con fallas	135	18.3
Reventado de la piel	369	50.0
Mal montada	135	18.3
<b>Total</b>	<b>738</b>	<b>100.0</b>

---

<sup>9</sup> Humberto Gutiérrez Pulido y Román de la Vara, *Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma*, Editorial McGrawHill 2009.



### **Pasos para la construcción de un diagrama de Pareto.**

1. Es necesario decidir y determinar el problema o área de mejora que se va a atender, así como tener claro que objetivos se persigue. A partir del anterior, se procede a visualizar o imaginar que tipo de diagrama de pareto puede ser útil para localizar prioridades o entender mejor el problema.
2. Con base en lo anterior se discute y decide el tipo de datos que se van a necesitar, así como los posibles factores que se importante estratificar. Entonces, se construye una hoja de verificación bien diseñada para la colección de datos que identifiquen tales factores.
3. Si la información se va tomar de reportes anteriores o si se va a coleccionar, es preciso definir el período del que se tomarán los datos y determinar a la persona responsable de ello.
4. Al terminar de obtener los datos se construye una tabla donde se cuantifique la frecuencia de cada defecto, su porcentaje y demás información.
5. Se decide si el criterio con el que se van a jerarquizar las diferentes categorías será directamente la frecuencia o si será necesario multiplicarla por su costo o intensidad correspondiente. De ser así, es preciso multiplicarla. Después de esto, se procede a realizar la gráfica.

6. Documentación de referencias del diagrama de Pareto como son títulos, período, área de trabajo, etc.

7. Se realiza la interpretación del diagrama y si existe una categoría que predomine, se hace un análisis de Pareto de segundo nivel para localizar los factores que más influyen en el mismo.

### **HOJA DE VERIFICACIÓN.**

La hoja de verificación es un formato construido para coleccionar datos, de forma que su registro sea sencillo, sistemático y que sea fácil canalizarlos. Una buena hoja de verificación debe reunir las características de que, visualmente, permita hacer un primer análisis para apreciar las principales características de la información buscada. Algunas de las situaciones en las que resulta de utilidad obtener datos a través de las hojas de verificación son las siguientes:

- Describir el desempeño o resultados de un proceso.
- Clasificar las fallas, quejas o defectos detectados, con el propósito de identificar sus magnitudes, razones, tipos de fallas, áreas de donde proceden, etc.
- Confirmar posibles causas de problemas de calidad.
- Analizar o verificar operaciones y evaluar el efecto de los planes de mejora.

La finalidad de la hoja de verificación<sup>10</sup> es fortalecer el análisis y la medición del desempeño de los diferentes procesos de la empresa, a fin de contar con información que permita orientar esfuerzos, actuar y decidir objetivamente. Esto es de suma importancia, ya que en ocasiones algunas áreas o empresas no cuentan con datos ni información de nada. En otros casos, el problema no es la escasez de datos, por el contrario; en ocasiones algunas (reportes, informes, registros); el problema más bien es que tales datos están archivados, se registraron demasiado tarde, se coleccionaron de manera inadecuada, o no existe el hábito de analizarlos.

---

<sup>10</sup> MONTGOMERY Douglas C. *Control Estadístico de Proceso*. Grupo Editorial Iberoamericana. México 2008.

Utilizarlos de manera sistemática para tomar decisiones, por lo que en ambos casos el problema es el mismo: no se tiene información para direccionar de forma objetiva y adecuada los esfuerzos y actividades en una organización. En una empresa en particular se tienen como especificaciones para cierto producto que su color debe estar entre el 61 y 65% de transmisión. Para analizar el color, además de llevar una carta de control se diseñó la hoja de verificación como en la siguiente tabla, como una forma de analizar la capacidad del proceso. De esta forma, al medir el color se hace una marca sobre la columna cuyo valor este más cercano al de la medición. En particular, en la tabla se observa que el proceso cae justo dentro de especificaciones, porque se puede evaluar la posibilidad y prioridad de generar un proyecto de mejora para reducir la variabilidad del color. Las hojas de verificación como en esta tabla son una especie del histograma “andante” que eso obtiene en el momento y lugar de los hechos por la gente que realiza la medición. En esta hoja, que es utilizada para datos continuos, se hace énfasis en el comportamiento del proceso más que en las observaciones individuales. Además se pueden apreciar comportamientos especiales, como datos raros, acantilados, distribuciones bimodales, capacidad, entre otros aspectos.

### **DIAGRAMA DE ISHIKAWA O DE CAUSA – EFECTO.**

El diagrama de causa efecto es un método gráfico que relaciona un problema o efecto con los factores o causas que posiblemente lo generan.<sup>11</sup> La importancia de este diagrama radica en que obliga a buscar las diferentes causas que afectan el problema bajo análisis y de esta forma, se evita el error de buscar de manera directa las soluciones sin cuestionar cuáles son las verdaderas causas.

El uso del diagrama de Ishikawa, con las herramientas que hemos visto anteriormente, ayudará a no dar por obvias las causas, sino que se trate de ver el problema desde diferentes perspectivas.

---

<sup>11</sup> Humberto Gutiérrez Pulido y Román de la Vara, *Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma*, Editorial McGrawHill 2009

Existen tres tipos básicos de diagrama de Ishikawa, los cuales dependen de cómo se buscan y se organiza las causas en la gráfica.

### **Método de las 6M.**

El método de las 6M es el más común y consiste en agrupar las causas potenciales en seis ramas principales: método de trabajo, mano de obra, materiales, maquinaria, medición y medio ambiente. Estos seis elementos definen de manera global todo proceso y cada uno aporta parte de la variabilidad del producto final, por lo que es natural esperar que las causas de un problema estén relacionadas con alguna de las 6M. La pregunta básica para este tipo de construcción es: ¿qué aspecto de esta M se refleja en el problema bajo análisis? Más adelante se da una lista desde posibles aspectos para cada una de las 6M que pueden ser causas potenciales de problemas en manufactura.

### **ASPECTOS O FACTORES A CONSIDERAR EN LAS 6M.**

#### **Mano de obra:**

- Conocimiento (¿la gente conoce su trabajo?)
- Entrenamiento (¿los operadores están entrenados?).
- Habilidad (¿los operadores han demostrado tener habilidad para el trabajo que realizan?).
- Capacidad (¿se espera que cualquier trabajador lleve a cabo su labor de manera eficiente?).
- ¿La gente está motivada? ¿Conoce la importancia de su trabajo por la calidad?

#### **Métodos:**

- Definición de operaciones (¿están definidas las operaciones que constituyen los procedimientos?, ¿cómo se decide si la operación fue realizada manera correcta?).

La contribución a la calidad por parte de esta rama es fundamental, ya que por un lado cuestiona si están definidos los métodos de trabajo, las operaciones y las

responsabilidades; por el otro, en caso de que si estén definidas, cuestiona si son adecuados.

**Máquinas o equipos:**

- Capacidad (¿las máquinas han demostrado ser capaces de dar la calidad que se requiere?).
- Condiciones de operación (¿las condiciones operación en términos de las variables de entrada son las adecuadas?, ¿se han realizado un estudio que lo respalde?).
- Herramientas (¿hay cambios de herramientas periódicamente, son las adecuadas?).
- Ajustes (¿los criterios para ajustar las máquinas son claros y han sido determinados de forma adecuada?).
- Mantenimiento (¿hay programas de mantenimiento preventivo?, ¿son adecuados?).

**Materiales:**

- Cambios (¿ha habido algún cambio reciente en los materiales?).
- Proveedores (¿cuál es la influencia de múltiples proveedores?, ¿se sabe si hay diferencias significativas y como influyen éstas?).

**Mediciones:**

- Disponibilidad (¿se disponen de las mediciones requeridas para detectar o prevenir el problema?).
- Definiciones (¿están definidas de manera operacional las características que son medidas?).
- Tamaño de la muestra (¿han sido medidas suficientes piezas?, ¿son representativas de tal forma que las decisiones tengan sustento?).
- Reproducibilidad (¿se tiene evidencia de que los métodos y criterios usados por los operadores para tomar mediciones son adecuados?).
- Calibración o sesgo (¿existe algún sesgo en las medidas generales por el sistema de medición?).

**Medio ambiente:**

- Temperaturas (¿la temperatura ambiental influye en las operaciones?).

**Ventajas del Método 6M:**

- Obliga a considerar una gran cantidad de elementos asociados con el problema.
- Es posible usarlo cuando el proceso no se conoce a detalle.
- Se concentra en el proceso y no en el producto.

**Desventajas del método 6M:**

- En una sola rama se identifican demasiadas causas potenciales.
- Se tiende a concentrar en pequeños detalles del proceso.
- No es ilustrativo para quienes desconocen el proceso.

**LLUVIA DE IDEAS**

Las sesiones de lluvia o tormenta de ideas son una forma de pensamiento creativo encaminada a que todos los miembros de un grupo participen libremente y aporten ideas sobre determinado tema o problema. Esta técnica es de gran utilidad para el trabajo en equipo, ya que permite la reflexión y el diálogo con respecto a un problema y en términos de igualdad. Se recomienda que las sesiones de lluvia de ideas sea un proceso disciplinado a través de los siguientes pasos:

1. Definir con claridad y precisión el tema o problema sobre el que se aportan ideas. Esto permitirá que el resto de la sesión sólo esté enfocada a ese punto y no se dé pie a la divagación en otros temas.
2. Se nombra un moderador de la sesión, quien se encargará de coordinar la participación de los demás miembros del equipo.
3. Cada participante en la sesión debe hacer una lista por escrito de ideas sobre el tema (una lista de posibles causas si se analiza un problema). La razón de que esta lista sea por escrito y no de manera oral es que así todos los miembros del grupo participan y se logra concentrar más la atención

de los participantes en el objetivo. Incluso, esta lista puede encargarse de manera previa a la sesión.

4. Los participantes se acomodan de preferencia en forma circular y se turnan para leer una idea de su lista cada vez. A medida que se leen las ideas, ésta se presentan visualmente a fin de que todos lo vean. El proceso continúa hasta que se hayan leído todas las ideas de todas listas. Ninguna idea debe tratarse como absurda o imposible, aún cuando se considere que unas sea causas de otras; la crítica y la anticipación de juicios tienden a limitar la creatividad grupo, es el objetivo esta etapa. Es preciso fomentar la informalidad y la risa instantánea, pero la burla debe prohibirse.
5. Una vez leído todos los puntos, el moderador le pregunta a cada persona, por turnos, si tiene comentarios adicionales. Éste proceso continúa hasta que se agoten las ideas.
6. Agrupar las causas por su similitud y representarlas en un diagrama de Ishikawa, considerando que para cada grupo corresponderá una rama principal del diagrama, a la cual se le asigna un título representativo del tipo de causas en tal grupo.
7. Elegir las causas o ideas más importantes de entre las que el grupo ha destacado previamente. Parece ello se tienen tres opciones: datos, consenso o por votación. Se recomienda esta última cuando no es posible recurrir a datos y en la sesión participan personas de distintos niveles jerárquicos, o cuando hay alguien de opiniones dominantes.
8. Si la sesión está encaminada a resolver un problema, se debe buscar que en las futuras reuniones o sesiones se llegue a las acciones concretas que es necesario realizar, para lo cual se puede utilizar de nuevo la lluvia de ideas y el diagrama de Ishikawa.

### **DIAGRAMA DE DISPERSIÓN.**

Dada dos variables numéricas X y Y, medidas usualmente sobre el mismo elemento de la muestra de una población o proceso, el diagrama de dispersión es un gráfico del tipo X –Y donde cada elemento de la muestra es representado

mediante un par de valores  $(x_i, y_i)$  y el punto correspondiente en el plano cartesiano  $X - Y$ .

El objetivo de esta gráfica es analizar la forma en que estas dos variables están relacionadas con por ejemplo, estudiar en un grupo de estudiantes, la relación entre su estatura ( $X$ ) y su peso ( $Y$ ); o podría ser de interés investigar la relación entre una variable entrada ( $X$ ) de un proceso con el valor de alguna característica de calidad ( $Y$ ) del producto final. Al graficar todos los puntos, es decir; todas las parejas de valores  $(x_i, y_i)$ , si se observa que los puntos siguen algún patrón definido, esto será evidencia de una posible relación entre las dos variables.<sup>12</sup>

Por ejemplo, si disponemos de los datos de una fábrica de pintura donde se desea investigar la relación que existe entre la velocidad de agitación en el proceso de mezclado y el porcentaje de impurezas en la pintura. Mediante pruebas experimentales se obtienen los siguientes datos:

<b>VELOCIDAD (RPM)</b>	<b>IMPUREZAS (%)</b>	<b>VELOCIDAD (RPM)</b>	<b>IMPUREZAS (%)</b>
20	8.4	32	13.2
22	9.5	34	14.7
24	11.8	36	16.4
26	10.4	39	16.5
28	13.3	40	18.9
30	14.8	42	18.5

Mientras que la gráfica se muestra el diagrama de dispersión para estos datos, en donde se ve que hay una relación o correlación lineal positiva, ya que medida que aumenta la velocidad agitación se incrementa el porcentaje de impurezas.

---

<sup>12</sup> MONTGOMERY Douglas C. *Control Estadístico de Proceso*. Grupo Editorial Iberoamericana. México 2008.

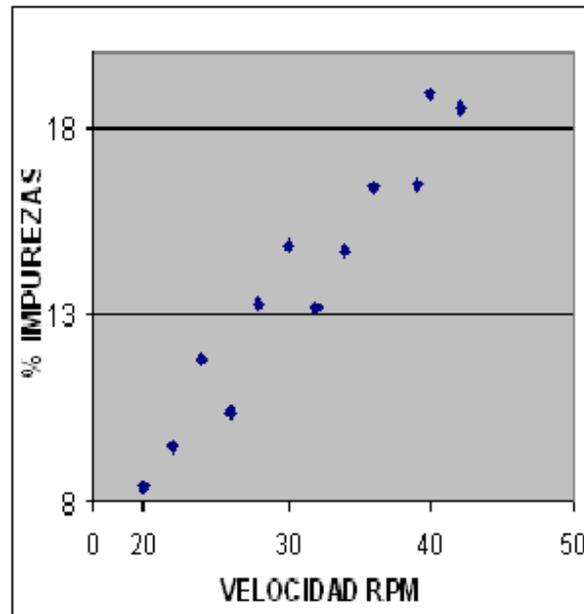


FIGURA A

### Interpretación de un Diagrama de Dispersión.

En las siguientes figuras se muestran los patrones más comunes que pueden seguir un conjunto de puntos en un diagrama de dispersión. En la figura C, los puntos están dispersos dentro de una banda horizontal sin ningún orden aparente, lo cual sugiere una no correlación entre las dos variables. Por el contrario, en las figuras A y B los puntos siguen un patrón bien definido, lo cual indica una relación entre las dos variables correspondientes. En tanto, la figura A corresponde a una correlación positiva, en la que cuando X crece, también lo hace Y en forma lineal, por lo tanto se habla de una correlación lineal positiva.

La correlación negativa se muestran figura B, donde se ve que cuando X crece, Y disminuye en forma lineal, y viceversa. Cuando se sospecha que si hay relación y en la gráfica se muestran contrario, es preciso asegurarse de que los datos fueron obtenidos correctamente.

En ocasiones en los diagramas de dispersión se muestran relaciones con un patrón más débil, es decir, menos definido. En estos casos se habla de una correlación débil, y habrá que corroborarla calculando el coeficiente de correlación. Por otro lado puede haber otro tipo de relación que no son lineales

donde se muestra una relación curvilínea en forma de parábola, de tal forma que conforme X crece Y también lo hace hasta cierto punto, y después empieza a disminuir.

Acerca de la posible relación causa efecto, es preciso tener en cuenta que cuando dos variables están relacionadas no necesariamente implica que la una es causa de la otra. Lo único que indica el diagrama de dispersión es que existe una relación. El investigador es quien debe tomar esa pista para investigar a que se debe tal relación. Para verificar si efectivamente X influye sobre Y se debe recurrir tanto al conocimiento del proceso como a la comprobación.

De cualquier forma, quien interprete el diagrama de dispersión debe tomar en cuenta que algunas de razones por las que las variables X. y Y aparecen relacionados de manera significativa son:

X influye sobre Y (este del caso que suele interesar más).

Y influye sobre X.

X y Y interactúan entre sí.

X y Y actúan en forma similar debido al azar.

X y Y aparecen relacionadas debido a que la muestra no es representativa.

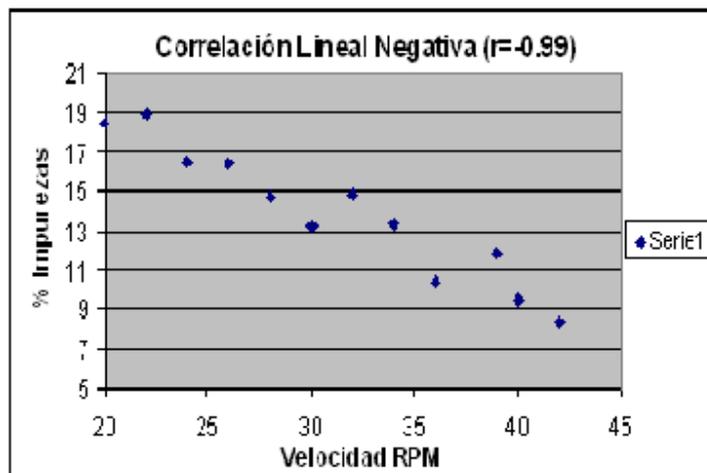


FIGURA B

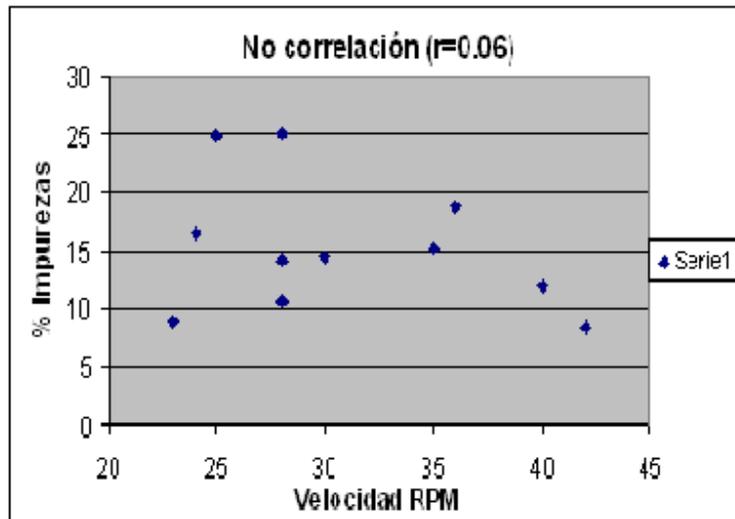


FIGURA C

### Construcción de un diagrama de dispersión.

1. Obtención de datos: Una vez que se han seleccionado las variables que se desea investigar, se colectan los valores de ambas sobre la misma pieza o unidad. Entre mayor sea el número de puntos con el que se construye un diagrama de dispersión es mejor. Por eso, siempre que sea posible se recomienda obtener más de 30 parejas de valores.
2. Elegir ejes: por lo general, si se trata de descubrir una relación causa efecto, la posible causa se representan en el eje X. y el probable efecto en el eje Y. por ejemplo, X. puede ser una variable de entrada y Y una de salida. Si lo que se está investigando desde la relación entre dos variables cualesquiera, entonces en el eje X. se anota la que se puede controlar más, medir de manera más fácil o la que ocurre primero durante el proceso. Es necesario anotar en los ejes el título de cada variable.
3. Construir escalas: los ejes deben ser tan largos como sea posible, pero de longitud similar. Para construir la escala se sugiere encontrar el valor máximo y el mínimo de ambas variables. Es preciso escoger las unidades para ambos ejes de tal forma que los extremos de estos coincidan de manera aproximada con el máximo y el mínimo de la correspondiente variable.

4. Graficar los datos: con base en las coordenadas en el eje X. y en el eje Y, representa como punto en el plano X-Y. los valores de ambas variables. Cuando existen parejas de datos repetidos (con los mismos valores en ambos ejes), en el momento de estar graficando se detectará un punto que ya está graficado, y entonces se traza un círculo sobre el punto para indicar que está repetido una vez. Si se vuelve a repetir, se traza otro círculo concéntrico y así sucesivamente.
5. Documentar el diagrama: registrar en el diagrama toda información que sea de utilidad para identificarlo, como son títulos, período que cubren los datos, unidades de caja eje, área o departamento, y persona responsable de coleccionar los datos.

### **Análisis de Regresión**

La regresión lineal simple se usa para examinar la relación entre dos variables que se cree están relacionados. Por lo general se grafica un conjunto de pares de datos, usando el eje X para la variable independiente y el eje Y para la variable dependiente.

La designación de cuál variable es la independiente y cual la dependiente requiere de juicio, porque se supone que la variable independiente es una variable matemática fija, mientras que la dependiente se supone una variable aleatoria.

Si los datos siguen razonablemente una recta, podemos calcular una ecuación de regresión lineal,  $Y = a + bX$  con las siguientes fórmulas:

$$a = \frac{n\sum XY - \sum X \sum Y}{n\sum X^2 - (\sum X)^2}$$

$$b = \frac{\sum Y \sum X^2 - \sum X \sum XY}{n\sum X^2 - (\sum X)^2}$$

Para cualquier valor de X.,  $b + aX$  representa el valor estimado, o predicho, de Y otra característica crítica del análisis de regresión de evaluar lo bien que se ajustan los datos a la ecuación de regresión ideal, o teórica. Si los puntos de

datos se dispersan ampliamente respecto a la ecuación de regresión, el grado de ajustes bajo. Sin embargo, si los puntos se apiñan mucho cerca de la línea de regresión, el ajuste es alto, un bueno. La medida estadística que se usa para medir el grado de ajuste se llama coeficiente de determinación. El símbolo  $r^2$  se usa para indicarla. Si ya se ha calculado el coeficiente de correlación  $r$ , para las variables, el de determinación se puede obtener con facilidad elevando al cuadrado el coeficiente de correlación, y viceversa, si se calculó primero el coeficiente de determinación.

Se calcula  $r^2$  y  $r$  con las fórmulas:

$$r^2 = \frac{b\sum Y + a\sum XY - n(\bar{Y})^2}{\sum Y^2 - n(\bar{Y})^2}$$

$$r = \sqrt{r^2}$$

### **DIAGRAMAS DE FLUJO DE PROCESOS.**

Es una representación gráfica de la secuencia de los pasos o actividades de un proceso, que incluye transportes, inspecciones, esperas, almacenamientos y actividades de retrabado o reproceso.

Por medio de este diagrama es posible ver en qué consiste el proceso y cómo se relacionan las diferentes actividades, asimismo; es de utilidad para analizar y mejorar el proceso.

En la siguiente figura se mostró ejemplo sencillo de un diagrama de flujo de procesos, ahí se observan los dos símbolos más usados en su construcción: un rectángulo se identifica un paso o tarea del proceso, mientras que con un rombo se distinguen los puntos de verificación o decisión (la respuesta a la pregunta determina el camino que debe tomarse).

Se elabora mejor los diagramas de flujo si se tiene al personal que intervienen en el proceso, empleados, supervisores, administradores y clientes, para formar el diagrama. A menudo se emplea un ayudante para dar objetividad, para preguntar lo correcto y para resolver los conflictos. Puede guiar la discusión mediante preguntas como “¿qué sucede a continuación?”, “¿quién toma la decisión en éste punto?”. Con mucha frecuencia el grupo no está por completo de acuerdo con las respuestas a estas preguntas, a causa de ideas equivocadas acerca del proceso mismo o de una falta de percepción del panorama.

Los diagramas de flujo ayudan a las personas que intervienen en el proceso a comprender mejor y con más objetividad. Los empleados se dan cuenta de cómo encajan en el proceso, y quiénes son su proveedor y sus clientes. Esto conduce a mejor comunicación entre todas las partes. Al participar en elaboración de un diagrama de flujo, los trabajadores comienzan a percibir un sentido de propiedad en el proceso y, por lo tanto; se vuelven más entusiastas para trabajar en su mejora. Si los diagramas de flujo se utilizan para capacitar a empleados, entonces alcanzará mayor consistencia.

Una vez formado un diagrama de flujo, se puede usar para identificar problemas de calidad al igual que áreas de mejoramiento de productividad. Las preguntas como “¿cómo afecta esta operación al cliente?”, “¿podemos mejorar o hasta eliminar esta operación?”, o “¿deberíamos controlar una característica crítica de calidad en éste punto?” ayudan a identificar oportunidades.

## **CARTAS DE CONTROL**

El objetivo básico de una carta de control es observar y analizar el comportamiento de un proceso a través del tiempo. Así, es posible distinguir entre variaciones por causas comunes y especiales (atribuibles), lo que ayudará a caracterizar el funcionamiento del proceso y decidir las mejores acciones de control y de mejora.<sup>13</sup>

---

<sup>13</sup>LINDSAY WILLIAM. *Administración y Control de Procesos.- Grupo Editorial Iberoamericana.- México 2009.*

Cuando se habla de analizar el proceso nos referimos principalmente a las variables de salida (características de calidad), pero las cartas de control también pueden aplicarse para analizar la variabilidad de variables entrada o de control del proceso mismo.

Los límites de control, inferior y superior definen el inicio y final del rango de variaciones, de forma que cuando el proceso está en control estadístico existe una alta probabilidad de que prácticamente todos los valores caigan dentro de los límites. Por ello, si se observa un punto fuera de los límites de control es señal de que ocurrió algo fuera de lo usual en el proceso. Por el contrario, si todos los puntos están dentro de los límites y no tienen algunos patrones no aleatorios de comportamiento, que veremos más adelante, entonces será señal de que en el proceso no ha ocurrido ningún cambio fuera de lo común, y funciona de manera estable (se está en control estadístico). Así, la carta se convierte en una herramienta para detectar cambios en los procesos.

### **LÍMITES DE CONTROL**

Lo primero que debe quedar claro con respecto a los límites de una carta de control es que éstos no son las especificaciones, tolerancias o deseos para el proceso. Por el contrario, se calculan a partir de la variación del estadístico (datos) que se representa en la carta. De esta forma, la clave está en establecer los límites para cubrir cierto porcentaje de la variación natural del proceso, pero se debe tener cuidado de que tal porcentaje será el adecuado, ya que si es demasiado alto (99.99999%) los límites serán muy amplios y será más difícil detectar los cambios en el proceso, mientras que si el porcentaje es pequeño, los límites serán demasiado estrechos y con ello se incrementará el error tipo 1 (decir que se presentó un cambio cuando en realidad no lo hubo).

Para calcular los límites de control se debe actuar de forma que, bajo condiciones de control estadístico, los datos que se grafican en la carta tengan una alta probabilidad de caer dentro de tales límites. Por lo tanto, una forma de proceder es encontrar la distribución de probabilidades de la variable, estimar sus parámetros y ubicar los límites de manera que un alto porcentaje (99.73%) de la

distribución es de dentro de ellos. Ésta forma de proceder se conoce como límites de probabilidad.

Una forma más sencilla y usual se obtiene a partir de la relación entre la media y la desviación estándar de  $W$ , que para el caso que  $W$  se distribuye normal con media  $u_w$  y desviación estándar  $\sigma_w$  y bajo condiciones de control estadístico se tiene que entre  $u_w - 3\sigma_w$  y  $u_w + 3\sigma_w$  se encuentra 99.73% de los posibles valores de  $W$ . En el caso de que no se tenga una distribución normal, pero se cuente con una distribución unimodal con forma no muy distinta a la normal, entonces se aplica la regla empírica o la extensión del teorema de Chebysev.

Bajo estas condiciones, un modelo general para una carta de control es el siguiente: sea  $W$  el estadístico que se va graficar en la carta, supongamos que su media es  $u_w$  y su desviación estándar  $\sigma_w$ , entonces el límite de control inferior (LCI), la línea central y el límite de control superior (LCS) están dados por:

$$\text{LCI} = u_w - 3\sigma_w$$

$$\text{Línea Central} = u_w$$

$$\text{LCS} = u_w + 3\sigma_w$$

Con éstos límites y bajo condiciones de control estadístico se tendrá una alta probabilidad de que los valores de  $W$  estén dentro de ellos. En particular, si  $W$  tiene distribución normal, tan probabilidad será de 0,9973, con lo que se espera que bajo condiciones de control sólo 27 puntos de 10,000 caigan fuera de los límites. Este tipo de cartas de control fueron propuestas originalmente por el doctor Walter Shewart y por eso se le conoce como cartas de control Shewart.

La forma de estimar la media y desviación estándar  $W$  a partir de las observaciones del proceso dependerá del tipo de estadístico que sea  $W$ , ya sea un promedio, un rango o un porcentaje.

#### **TIPOS DE CARTAS DE CONTROL.**

Existen dos tipos generales de cartas de control: para variables y para Atributos. Las cartas de control para variables se aplican a características de calidad de tipo

continúo en intuitivamente son aquellas que requiere un instrumento de medición (peso, volumen, voltaje, longitud, resistencia, temperatura, humedad, etc.). Las cartas para variables tipo Shewart más usuales son:

- Cartas de control promedio ( $\bar{X}$  promedio).
- Cartas de rangos ( R )
- Cartas de desviación estándar ( S )
- Cartas de medidas individuales ( X )

Las distintas formas de llamarle a una carta de control se deben al correspondiente estadístico que se representa en la carta, y por medio de la cual se busca analizar la característica importante de un producto o proceso.

Existen características de calidad de un producto que no son medidas con un instrumento de medición en una escala continua o al menos en una numérica.

En estos casos, el producto se juzga como conforme o no conforme, dependiendo si posee ciertos atributos; también, al producto se le podrá contar el número de defectos o inconformidades que tiene. Este tipo de características de calidad son monitoreadas a través de las cartas de control para atributos.

### **GRÁFICA O DIAGRAMA DE DESARROLLO.**

Los gráficos de desarrollo son usados para representar datos visualmente, se utilizan para monitorear el proceso con el fin de ver si el promedio a largo plazo a cambiado.<sup>14</sup>

Los gráficos de desarrollo son una herramienta más simple de construir y de usar. Los puntos son aplicados de acuerdo a cómo se van obteniendo, es común; graficar los resultados de un proceso tal como el tiempo muerto de una máquina, la eficiencia, el material desperdiciado, los errores tipográficos o la productividad a medida que varían con el tiempo.

Un peligro que existe al emplear un gráfico de desarrollo es la tendencia a creer que cada variación en la información es importante.

---

<sup>14</sup> BUTLER Howard. *Control Estadístico de Procesos Simplificado para Servicios*. Editorial Panorama. México Edición 2009.

El gráfico de desarrollo, al igual que las demás técnicas gráficas, debe ser usado para enfocar la atención de los verdaderos cambios vitales del proceso.

Uno de los usos más importantes del gráfico de desarrollo es identificar cambios o tendencias importantes en el promedio, por ejemplo, porque; cuando se está observando un proceso se supone que vamos a encontrar un número igual de puntos que estén por encima y por debajo del promedio. Podemos decir que cual tenemos una corrida de nueve puntos a uno de los lados promedio es un indicador estadísticamente hablando de que un evento inusitado ha ocurrido y que el promedio ha cambiado. Dichos cambios deben ser siempre investigados, si el cambio es favorable, deberá hacerse parte permanente del sistema, si es desfavorable; deberá ser eliminado.

Otro caso que puede ocurrir es una tendencia de seis o más puntos que asciendan o desciendan consecutivamente, desde luego; basados en los eventos aleatorios, se espera que ninguna de estas tendencias suceda, por lo que de suceder es un claro indicador de que un cambio importante ha ocurrido y es necesario por lo tanto investigar lo sucedido.

### **CARTAS DE CONTROL PROMEDIO Y RANGO**

Existen muchos procesos industriales considerados de tipo masivo, en el sentido de que producen muchos artículos, partes o componentes durante un lapso de tiempo pequeño.

Por ejemplo: líneas de ensamble, máquinas empacadoras, procesos de llenado, operaciones de soldadura en una línea de producción, moldeo de piezas de plástico, torneado de una pieza metálica, el corte de una vida en pedazos pequeños, etc.

Algunos de estos procesos realizan miles de operaciones por día, mientras que otros efectúan varias decenas o centenas. En ambos casos se está ante un proceso masivo. Si además, los variables de salida de interés son de tipo

continúo, entonces estamos ante el campo ideal de la aplicación de las cartas de control  $\bar{X}$  - R.

La idea es la siguiente: imaginemos que la salida del proceso fluyen las piezas resultantes del proceso, cada determinado tiempo o cantidad de piezas se toman un número pequeño de piezas (subgrupo) a las que se les medirá una o más características de calidad. Con las mediciones de cada subgrupo se calculará la media y el rango, de modo que cada período de tiempo (media hora por ejemplo) se tendrá una medida y un rango muestral que aportarán información sobre la tendencia central y la variabilidad del proceso, respectivamente. Con la carta promedio  $\bar{X}$  se analizan la variación entre las medidas de los subgrupos, para detectar cambios en la media del proceso, como los que se muestran la figura:

Mientras que con la carta R se analiza la variación entre los rangos de los subgrupos, lo cual permite detectar cambios en la amplitud o magnitud de la variación del proceso.

Al afirmar que el proceso estable se está diciendo que es predecible en el futuro inmediato, y por tanto; la distribución comportamiento del proceso no necesariamente tiene la forma de campana. Estas pueden ser una curva con sesgo o incluso otras formas más inusuales.

### **LÍMITES DE CONTROL DE LA CARTA PROMEDIO $\bar{X}$**

Como se ha señalado, los límites de control las cartas tipo Shewart están detenidos por la media y la desviación estándar estadístico  $W$  que se gráfica en la carta mediante la expresión  $u_w \pm 3\sigma$ .<sup>15</sup> En el caso de la carta de medias, el estadístico de  $W$  es la media de los subgrupos,  $\bar{X}$ , por lo que límites están dados por:

$$u_w \pm 3\sigma$$

---

<sup>15</sup>LINDSAY WILLIAM. *Administración y Control de Procesos.- Grupo Editorial Iberoamericana.- México 2009.*

donde  $\bar{u}_w$  representa la media de los medias de los grupos de los subgrupos, sigma la desviación estándar del proceso, que indica que tan variables son las mediciones individuales y n el tamaño del subgrupo.

Como por lo general en un estudio no se conoce en un estudio inicial no se conoce sigma, esto puede estimarse de dos formas principalmente. Una es calculada desviación estándar, S, de los datos incluyendo la variabilidad entre muestras y dentro de muestras que corresponde al sigma de largo plazo.

La otra manera de estimar sigma es más apropiado para la carta  $\bar{x}$  y parte de solo considerar la variabilidad dentro de muestras a través de los rangos de los subgrupos, y la estimación esta dada por:

$$\bar{\sigma} = \bar{R}/d_2$$

Donde  $\bar{R}$  es la media de los rangos de los subgrupos y  $d_2$  es una constante que depende de n el tamaño del subgrupo o muestra. De ésta manera 3 veces la desviación estándar de las medias se estima con:

$$3\bar{\sigma} = A_2\bar{R}$$

Como se observa se introduce la constante  $A_2$  para simplificar los cálculos. Esta constante está tabulada y depende del tamaño del subgrupo n. Con base a lo anterior, los límites de control para una Carta de Control  $\bar{x}$ , en un estudio inicial se obtiene de la siguiente manera:

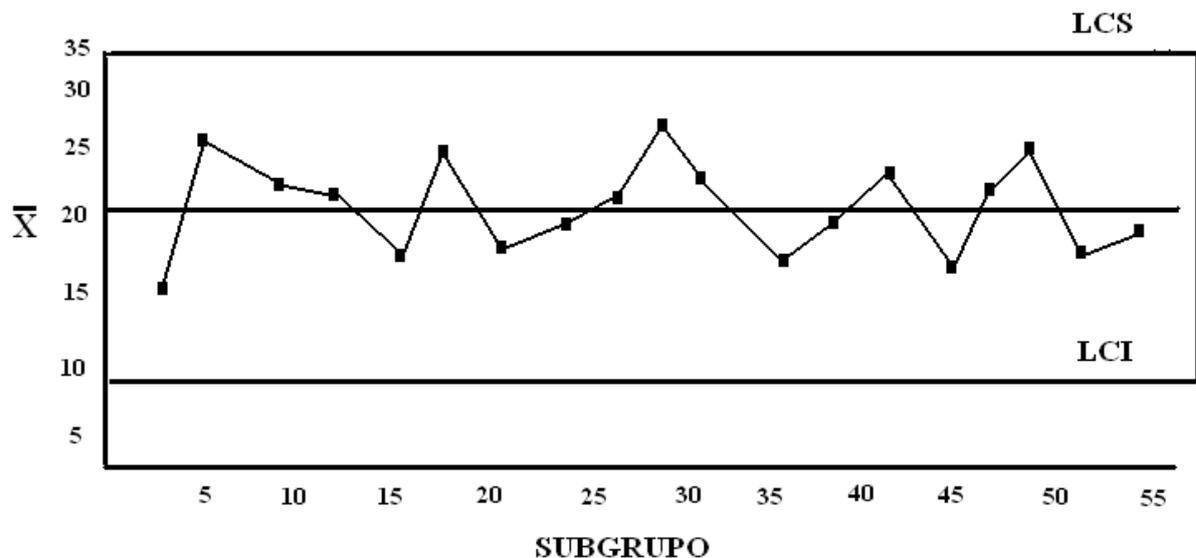
$$LCS = \bar{\bar{x}} + A_2\bar{R}$$

$$\text{Línea central} = \bar{\bar{x}}$$

$$LCI = \bar{\bar{x}} - A_2\bar{R}$$

## INTERPRETACIÓN DE LOS LÍMITES DE CONTROL EN UNA CARTA PROMEDIO $\bar{X}$ .

Estos límites reflejan la variación esperada para las medias muestrales de tamaño  $n$ , mientras que el proceso no tenga cambios importantes. Por ejemplo en el caso del diámetro de las punterías se espera que las medias del diámetro de 5 punterías varían de - 14.59 a 15.7  $\mu\text{m}$ . De esta manera éstos límites son utilizados para detectar cambios en la media del proceso y evaluar su estabilidad, de ninguna manera se deben utilizar para evaluar la capacidad, puesto que éstos límites de control no son los de especificación o tolerancia, ya que mientras que los primeros se han calculado a partir de la información del proceso, las especificaciones son fijadas desde el diseño del producto.



La interpretación correcta de los límites de control es de especial relevancia para una adecuada aplicación de la carta  $\bar{X}$ , ya que de lo contrario se caerá en el error de confundir los límites de control con las especificaciones o con los límites reales.<sup>16</sup> Por lo general estos errores provocan que se trate de utilizar la carta para evaluar capacidad, cuando se debe usar para analizar estabilidad y detectar de manera oportuna cambios en la media del proceso.

<sup>16</sup>MONTGOMERY Douglas C. *Control Estadístico de Proceso*. Grupo Editorial Iberoamericana. México 2008.

Por último, aunque los límites de control de una carta promedio  $\bar{X}$  se deducen a partir del supuesto de normalidad, si la característica de calidad tiene desviaciones moderadas de la normalidad, la carta  $\bar{X}$  se puede seguir aplicando debido al teorema central del límite.

### LÍMITES DE CONTROL DE LA CARTA DE RANGO R.

Con esa carta se detectarían cambios en la amplitud o magnitud de la variación del proceso, y sus límites se determinan a partir de la media y la desviación estándar de los rangos de los subgrupos, ya que en este caso el estadístico  $W$  se grafica en la carta R. Por ello, los límites entienden con expresión:

$$u_R + 3\sigma_R$$

donde  $u_R$  representa la medida de los rangos, y  $\sigma_R$  la desviación estándar de los rangos, que en un estudio inicial se estima de la siguiente manera:

$$u_R = d_3 \left( \frac{\bar{R}}{2} \right)$$

Donde  $\bar{R}$  es la media de los rangos de los subgrupos,  $\sigma$  la desviación estándar del proceso y  $d_3$  es una constante que depende del tamaño del subgrupo y que está tabulada.

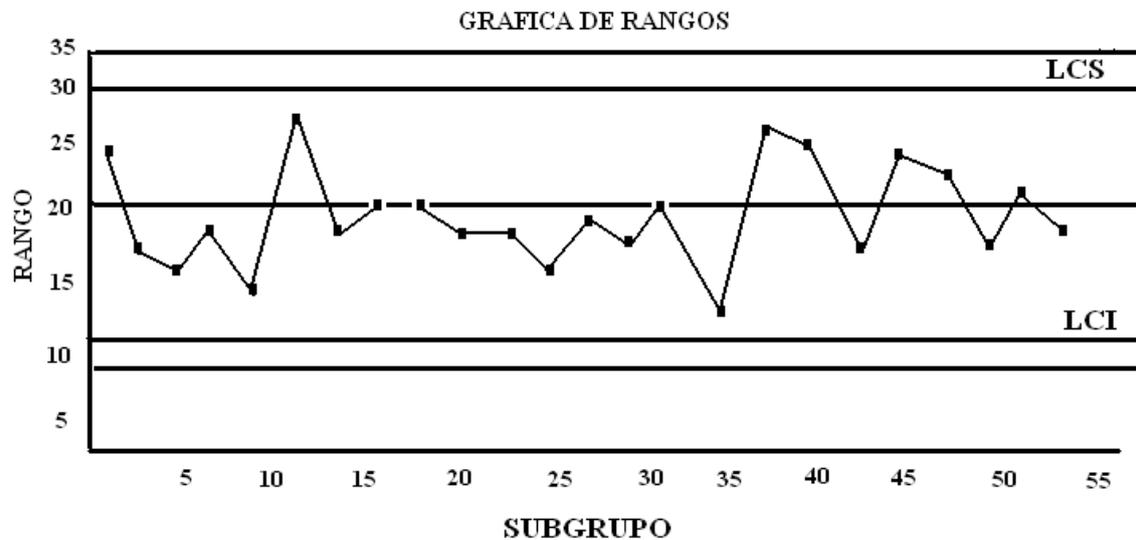
Como por lo general en un estudio inicial no se conoce sigma  $\sigma$ , ésta puede estimarse a través de  $\bar{R}/2$ . En forma explícita, los límites de control para la carta R se calculan con:

$$\begin{aligned} \text{LCI} &= D_3\bar{R} \\ \text{Línea Central} &= \bar{R} \\ \text{LCS} &= D_4\bar{R} \end{aligned}$$

Donde se han introducido las constantes D3 y D4 y están tabuladas en el apéndice para diferentes tamaños del subgrupo, n.

### INTERPRETACIÓN DE LOS LÍMITES DE CONTROL EN UNA CARTA “R”

Éstos límites reflejan la variación esperada por los rangos muestrales de tamaño n, mientras que el proceso no tenga un cambio significativo.<sup>17</sup> Por ejemplo, en el caso del diámetro de las punterías, se espera que los rangos de los grupos de cinco punterías varíen de 0 a 55.6 micras. Estos límites son utilizados para detectar cambios en la amplitud o magnitud de la variación del proceso y para ver que tan estable permanece a lo largo del tiempo, pero de ninguna manera se deben utilizar para evaluar la capacidad.



<sup>17</sup> Gutierrez Pulido Humberto, *Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma*, Editorial McGrawHill, Segunda Edición, 2009

### Índice de Capacidad (Cp).

Una vez determinadas estabilidad del proceso u operación (en términos de control estadístico), que ésta se distribuye en forma normal, es posible evaluar la capacidad. Se debe recordar, sin embargo; calcular primero la dispersión del proceso utilizando la gráfica de promedio y rango y después de analizar la distribución por medio de una gráfica de probabilidad.

La capacidad de una operación o sistema se expresa por medio de un número, llamado índice de capacidad.<sup>18</sup> Esta es una forma práctica de hablar acerca de la capacidad de una operación o sistema, sin importar el tipo de servicio de que se trate. Como se verá a continuación, puede obtenerse este índice comparando la dispersión del proceso contra la amplitud de especificaciones y expresar esta comparación en términos de desviación estándar.

Una forma de índice de capacidad ( $C_p$ ) es sencillamente la relación de la amplitud de la especificación o tolerancia contra la dispersión del proceso, o seis desviaciones estándar ( $6\sigma$ ) de éste. Un  $C_p \geq 1$  significa que la operación o con capaz de producir un servicio cuyo dispersión es menor a la tolerancia.

Es la forma de encontrar el índice de capacidad:

$$C_p = \text{tolerancia} / \text{seis sigma del proceso}$$

Un proceso con  $6\sigma$  igual a la Tolerancia tendrá un  $C_p = 1$ .

El  $C_p$  del tiempo de operación de las transacciones bancarias es:

$$C_p = \text{tolerancia} / 6\sigma$$

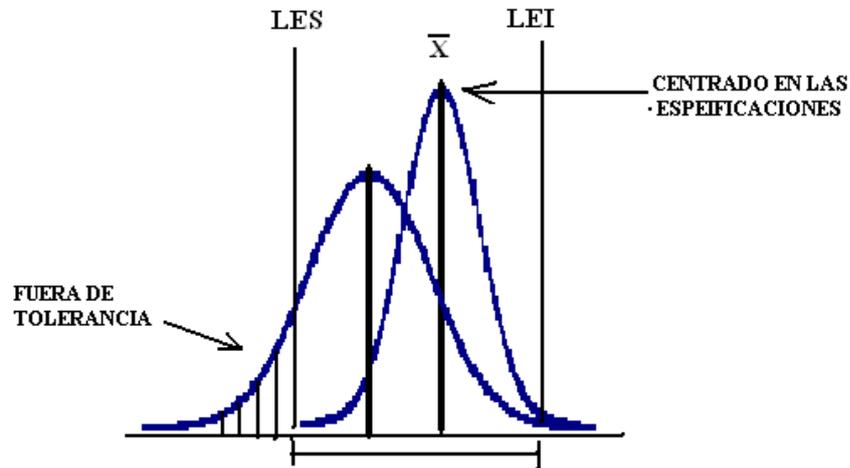
El índice  $C_p$  no lo dice todo, sin embargo con este método puede aparecer un  $C_p$  mayor a uno, que indica que la dispersión es menor a la tolerancia de especificaciones y por lo tanto el proceso es capaz.

No obstante, tal vez los artículos producidos por tal proceso estén fuera de tolerancia.

---

<sup>18</sup> MONTGOMERY Douglas C. *Control Estadístico de Proceso*. Grupo Editorial Iberoamericana. México 2008.

El índice  $C_p$  no toma en cuenta el centro del proceso con respecto a la tolerancia requerida.



Muchas empresas emplean ahora un segundo tipo índice de capacidad ( $C_{pk}$ ). Este será un número negativo si el promedio del proceso está fuera de la tolerancia especificación. Cualquier número menor a uno indican un proceso u operación no capaces. Las partes o servicios producidos podrán quedar fuera de los límites especificación, aunque no se encuentren nada fuera de estos en base El  $C_{pk}$  se calcula como el menor de estos dos valores:

$$\frac{LSE - \bar{X}}{3\sigma}$$

$$\frac{\bar{X} - LIE}{3\sigma}$$

Entonces  $C_{pk}$  es igual al menor de:

$$\frac{(LSE - \bar{X})}{3\sigma} \text{ ó } \frac{(\bar{X} - LIE)}{3\sigma}$$

### Indice Cp

El índice de capacidad potencial del proceso  $C_p$  se define de la siguiente manera:

$$C_p = \frac{ES - EI}{6\sigma}$$

Donde  $\sigma$  representa la desviación estándar entonces, mientras que ES y EI son la especificación superior e inferior del proceso. Como se pudo observar el índice

$C_p$  compara el ancho de las especificaciones o la variación tolerada para el proceso con la amplitud de la variación real de éste:

$$C_p = \text{variación tolerada} / \text{variación real}$$

Decimos que  $6\sigma$  es la variación real, debido a las propiedades de la distribución normal, en donde se afirma que entre  $\mu \pm 3\sigma$  se encuentra 99.73% de los valores de una variable con distribución normal.

### **Interpretación del índice $C_p$**

Para que el proceso sea considerado potencialmente capaz debe cumplir con especificaciones, se requiere que la variación real (natural) siempre sea menor que la variación tolerada. De aquí que lo deseable es que el índice  $C_p$  sea mayor que 1; y cuando el índice  $C_p$  es menor que uno, es una evidencia de que el proceso no cumple con las especificaciones.<sup>19</sup>

Si al analizar el proceso se encuentra que su capacidad para cumplir especificaciones es mala, entonces algunas alternativas de actuación son: mejorar el proceso (centrar y reducir su variación), su control y el sistema de medición, modificar tolerancias o inspeccionarán 100% los productos.

### **Índice $C_r$**

Un índice menos conocido que el  $C_p$  es el que se conoce como razón de capacidad potencial,  $C_r$ , el cual está definido por:

$$C_r = 6\sigma / ES - EI$$

Como se puede apreciar, el índice  $C_r$  es el inverso del  $C_p$ , ya que compara la variación real frente a la variación tolerada. Con este índice pretende que el numerador sea mayor que el denominador, es decir; lo deseable son valores de  $C_r < 1$ .

---

<sup>19</sup> *Gutierrez Pulido Humberto, Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma, Editorial McGrawHill, Segunda Edición, 2009*

### Indices Cpi, Cps, Cpk

Como ya se mencionó, la desventaja de los índices Cp y Cr es que no toman en cuenta el centro del proceso, debido que en las fórmulas para calcularlos no se incluye de ninguna manera la media del proceso. Una forma de corregir esto consiste en evaluar por separado el cumplimiento de la especificación inferior y superior, a través del índice de capacidad para la especificación inferior, Cpi; y el índice de capacidad para la especificación superior, Cps, respectivamente, los cuales se calcula la siguiente manera:

$$Cpi = \frac{u - EI}{3\sigma} \quad \text{y} \quad Cps = \frac{ES - u}{3\sigma}$$

Estos índices si toman en cuenta u al calcular la distancia de la media del proceso a una de las especificaciones. Esta distancia representa la variación tolerada para el proceso de un solo lado de la media. Por esto sólo se divide entre  $3\sigma$  porque sólo se está tomando en cuenta la mitad de la variación natural del proceso.

No obstante para considerar que el proceso es adecuado, el valor de Cpi o Cps debe ser mayor que 1.25, en lugar de 1.33.

Por su parte el índice Cpk que se conoce como índice de capacidad real del proceso, es considerado una versión corregida del Cp que si toma en cuenta el centrado del proceso. Existen varias formas equivalentes para calcularlo, una de las más comunes es la siguiente:

$$Cpk = \text{Mínimo} \left[ \frac{u - EI}{3\sigma}, \frac{ES - u}{3\sigma} \right]$$

Como se aprecia, el índice Cpk es igual al valor más pequeño de entre Cpi y Cps es decir, es igual al índice unilateral más pequeño, por lo que si el valor del índice

Cpk es satisfactorio ( $> 1.25$ ), eso indica que el proceso es en realidad capaz. Si  $Cpk < 1$ , entonces el proceso no cumple con por lo menos una de las especificaciones. Algunos elementos adicionales para la interpretación del índice Cpk son los siguientes:

- El índice Cpk va a ser siempre menor o igual que el índice Cp. Cuando son muy próximos eso indica que la media del proceso está muy cerca del punto medio de las especificaciones, por lo que la capacidad potencial y real son similares.
- Si el valor del índice Cpk es mucho más pequeño que el Cp, significa que la media del proceso está alejada del centro de las especificaciones. De esta manera el índice Cpk estará indicando la capacidad real del proceso, y si se corrige el problema de descentrado se alcanzará la capacidad potencial indicada por el índice Cp.
- Cuando el valor del índice Cpk sea mayor a 1.25 en un proceso ya existente, se considerará que se tiene un proceso con capacidad satisfactoria. Mientras que para procesos nuevos se pide  $Cpk > 1.45$ .
- Es posible tener valores del índice  $Cpk = 0$  o negativos, e indican que la media del proceso está fuera de especificación.

## **2.4 ¿QUE SON LOS INDICADORES DE GESTIÓN?**

En las organizaciones, el mayor reto es lograr altos beneficios en la gestión de los recursos en pro de satisfacer al segmento del mercado, al cual se dirigen sus productos.

¿Cómo saber que se opera con niveles o grados de eficiencia y eficacia, así como de efectividad en las organizaciones?, ¿Cómo saber si se aplica el concepto de mejora continua?, ¿Cómo saber que los proveedores mantienen controlados sus procesos?, ¿Cómo se logra saber que los proveedores cumplen con los convenios y contratos establecidos?, ¿cómo saber si los trabajadores están debidamente motivados?, ¿Cómo saber si se están generando las utilidades esperadas?, éstas y otras series de interrogantes no son inquietudes de los gerentes, sino de los empleados, clientes, proveedores, gobierno, competidores,

comunidad y cualquier persona involucrada en la cadena de gestión dentro de la organización, que para tener respuesta a ello, se requiere de tener un sistema de evaluación en base a los indicadores.

Por lo tanto, los indicadores son herramientas utilizadas en los modelos de calidad, tales como CWQC (Company – Wide Quality Control), TQM (Total Quality Management),

Un subsistema de evaluación de la gestión es una pieza clave dentro del sistema de gestión puesto que permite concluir en qué grado se está cumpliendo con las orientaciones, objetivos, políticas, requisitos y metas establecidas en el plan de calidad.

Los subsistemas de evaluación se pueden describir en sus siete componentes: organización del equipo evaluador, identificación de los parámetros de los procesos, formulación de los indicadores, implementación, evaluación, acción de mejoras y auditorias de los indicadores.<sup>20</sup>

Organización del equipo evaluador:

Este componente se describe como aquél donde se asignan las responsabilidades del equipo de acuerdo a su ubicación en los procesos y a sus competencias técnicas y personales para realizar observaciones, mediciones o conteos.

Identificación de los parámetros de los procesos: De la organización que van a ser evaluados, según su impacto en la consecución de los objetivos de la calidad. Entendiendo como procesos de cadena de valor, en donde se encuentran los procesos de abastecimiento de bienes y servicios primarios, los de transformación de valor, los de entregas y los de satisfacción del cliente.

Formulación de los indicadores de gestión:

Por procesos que se puedan contar o medir u observar (cualitativos).

Los cuantitativos son: número de unidades producidas de acuerdo a las especificaciones de diseño. Se puede decir que el primero está basado en una escala de valores y el segundo asociado a una escala real que se puede medir.

---

<sup>20</sup> COCA-COLA Company. *Capacitación y Formación Green Belt en Seis Sigma*. 2007

Es por ello, que se catalogan como cuantitativos. En cuanto a los cualitativos, son aquellos en los que se puede apreciar, ejemplo, la satisfacción de los trabajadores en sus puestos de trabajo, nivel de motivación, etc.

Para la formulación de los indicadores cuantitativos, lo que generalmente se utiliza es la razón que compara una o dos variables contables o medibles de un proceso,

es decir, el factor o resultado de comparación que puede resultar; generalmente se usan interrogantes para los factores cualitativos.

Implementación de indicadores: En este caso, se designan los responsables de mantener el o los indicadores, así como se describe el procedimiento para la captura,

Igualmente se determinan los valores de comparación, definiendo los estándares a través de los cuales se van a evaluar los resultados medidos por los indicadores.

Evaluación de los resultados observados: Mediante los indicadores; en este componente del subsistema, se identifican las conformidades y no conformidades por medio de la comparación de los resultados observados en los indicadores contra los estándares establecidos. El conjunto de conformidades y no conformidades es el resultado de una reunión evaluadora donde participan el equipo responsable y evaluador del mantenimiento de los indicadores. Aquí se acuerdan, por consenso el conjunto de acciones que deben tomarse o considerarse para normalizar o mejorar la variabilidad de los parámetros evaluados del proceso.

## **2.4 LOS INDICADORES DE GESTIÓN DEL ÁREA DE MANUFACTURA.**

### **INTRODUCCIÓN.**

El sistema Coca-Cola logra el éxito empresarial cuando alcanza el nivel más alto de servicio al cliente que incremente el volumen de ventas con márgenes favorables. El desempeño de toda la cadena de abastecimiento, desde la compra de las materias primas hasta la realización de las ventas, deberá centrarse en el

servicio cliente. Tradicionalmente, cada actividad funcional ha apuntado hacia la maximización de su propio rendimiento. Aunque esto ha resultado en importantes reducciones de los costos relacionados con dicha actividad funcional, la efectividad de toda la cadena de suministros no ha sido necesariamente mejorada. Un ejemplo de esto es cuando la producción maximiza la eficiencia, al extender los ciclos de producción y eliminando cambios. Esto resulta en altos niveles de inventarios e inflexibilidad para satisfacer necesidades especiales de los clientes. Una la distribución, el ahorro de costos no se relacionan necesariamente con mejores márgenes, pues gastando más para lograr un mejor servicio al cliente podrá generar mejores ventas y márgenes. Se puede alcanzar un servicio al cliente mejorando con los aparentes conflictos de objetivos del desempeño operacional para reducir costos a través de los siguientes:

Primero, todas las actividades dentro de la cadena abastecimiento<sup>20</sup> - comprar, elaborar, almacenar, transportar y vender - deben centrarse en el servicio al cliente, apreciando sus roles y responsabilidades.

Segundo, el rendimiento de cada actividad funcional necesita ser diseñado hacer el servicio al cliente de la cadena abastecimiento a un costo óptimo. Cada actividad debe incluir la aplicación apropiada de los tres sistemas de tecnología, gente e información.

Tercero, cada uno de sus sistemas debe ser integrado a todas las actividades de la cadena abastecimiento.

El Seis Sigma como filosofía gerencial pretende como meta mejorar la eficacia y la eficiencia de la compañía.

La eficacia es el grado en el cual una organización cumple y supera las necesidades y requisitos de sus clientes.

La eficiencia se refiere a los recursos que consume para la obtención de eficacia para los clientes. Por lo general, la eficiencia tiene que ver con el tiempo, los costos, la mano de obra o el valor que se utilizan para que haya eficacia.

---

<sup>20</sup> *Coca-Cola Company, Pautas para Mejorar la Productividad de la Cadena de Abastecimiento, 2007*

La aplicación de éste sistema permite alcanzar la eficacia y eficiencia, es decir; que la empresa sea más productiva lo que indicaría que tan bien se están utilizando los recursos.

### **Indicadores de Producción.**

**a) Eficiencia de línea:** la utilización de línea compara el número real de cajas producidas durante el tiempo pagado con el número teórico de cajas que podrían haberse producido.<sup>21</sup> Es la medición de la eficiencia total de la operación de producción. Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Eficiencia de línea (\%)} = \frac{\text{tiempo ganado}}{\text{tiempo pagado}} \times 100$$

$$\text{Tiempo Ganado} = \frac{\text{producción neta}}{\text{velocidad nominal de la llenadota}}$$

---

<sup>1</sup> George Eches, "El six sigma para todos", Grupo editorial Norma, 2008, pp. 30-38

Donde;

- Producción Neta = la cantidad de cajas físicas de productos vendibles producidas por la línea.
- Velocidad nominal de la llenadota = la velocidad indicada por el fabricante para el equipo instalado en línea.
- Tiempo pagado = tiempo total pagado al personal de turno.

---

<sup>21</sup> Coca-Cola Company, *Pautas para Mejorar la Productividad de la Cadena de Abastecimiento*, 2007

**b) Detenciones programadas**

Las detenciones planificadas miden todas de las actividades no productivas, es decir; la puesta en marcha, cambios de sabor, envase, mantenimiento preventivo, etc. o que detengan la línea para recesos, reuniones, etc. Esta mide la eficacia de la gestión de la producción de la persona encargada de la eficiente programación de línea. Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Detenciones programadas} = \frac{\text{tiempo perdido (detenciones programadas)}}{\text{tiempo pagado}} \times 100$$

Tiempo perdido (detenciones programadas): el tiempo total utilizado en las actividades no productivas.

**c) Disminución del Desempeño de los Equipos.**

La pérdida en el rendimiento de los equipos identifica la disminución de la utilización debido a fallas mecánicas o eléctricas que detengan los equipos de procesamiento o hagan que funcionen más lento.

Por lo tanto, mide la eficacia de las operaciones de mantenimiento para optimizar el rendimiento de los equipos. Se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Pérdida por el Rendimiento de los Equipos} = \frac{\text{Tiempo Perdido}}{\text{Tiempo Pagado}} \times 100$$

Donde:

Tiempo Perdido (Disminución del Rendimiento de los Equipos): la suma el tiempo que se detiene un equipo o el equivalente en tiempo de producción perdido durante un funcionamiento lento debido a problemas eléctricos mecánicos.

**d) Productividad del Personal Directo de Línea.**

La productividad de la mano de obra directa es la medición de la utilización del personal directo asignado a la línea e incluye a los operadores de máquinas, inspectores visuales, conductores de montacargas utilizados en la producción del personal de rotación. Se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Productividad del Personal Directo} = \frac{\text{Producción Neta}}{\text{Horas de Mano de Obra Directa}} \text{ (Cajas/Hora de Trabajo)}$$

Donde:

Horas de Mano de Obra Directa: el total de horas trabajadas incluidas las horas extraordinarias, independientemente del nivel de empleo.

**e) Rendimiento de Edulcorante.**

El rendimiento de edulcorante mide la cantidad de azúcar empleada en productos terminados en comparación con la cantidad de edulcorantes comprada.<sup>22</sup> La diferencia entre el 100% y el rendimiento indica el porcentaje de pérdida del edulcorante. Se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Rendimiento de Edulcorante} = \frac{\text{Cantidad Teórica de Edulcorante para la Producción Neta}}{\text{Cantidad Real de Edulcorante Comprada ( para esa producción)}} \times 100$$

Donde:

Cantidad teórica de edulcorante para la producción neta: es el peso teórico del azúcar necesario para la producción neta de todos los productos elaborados en planta.

---

<sup>22</sup> Coca-Cola Company, *Pautas para Mejorar la Productividad de la Cadena de Abastecimiento*, 2007

Cantidad real de edulcorante comprada (para esa producción): es el peso del azúcar, o el equivalente en kilos de otros edulcorantes, que se compró para ese volumen de producción neta.

**f) Rendimiento de Jarabe Final.**

El rendimiento de jarabe final le da la medida de porcentaje de la cantidad de jarabe final preparado contenido en los productos terminados versus la cantidad preparada en el proceso de mezcla del jarabe. Se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Rendim. Jarabe Final} = \frac{\text{Litros teóricos de jarabe en la Producción Neta de Cajas}}{\text{Litros reales de jarabe usados para dicha producción}} \times 100$$

**g) Rendimiento de Dióxido de Carbono.**

Mide la cantidad de dióxido de carbono que contienen los productos terminados comparada con la cantidad de CO2 comprada. La diferencia entre el 100% y el rendimiento indica el porcentaje de pérdida de CO2. Se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Rendimiento de Dióxido de Carbono} = \frac{\text{Peso teórico del CO2 necesario para la producción neta}}{\text{Peso real de CO2 comprado para la producción}} \times 100$$

Peso Real de Dióxido de Carbono para la producción: el inventario de existencias iniciales, menos el inventario final de tanques, mas los recibos de entrega o ingresos.

## **2.6 MARCO LEGAL.**

La aplicación de la metodología Seis Sigma como herramienta para el mejoramiento los indicadores de gestión en el área de manufactura no solamente permite un mejoramiento en los procesos previa identificación de las causas que afectan a los mismos y de las acciones correctivas para alcanzar su mejora, logrando con esto reducir los costos de producción sino que además permite reducir los niveles de contaminación que se presentaban al no optimizar los recursos de la compañía.

### **2.6.1 IMPACTO AMBIENTAL.**

La generación de un nivel de contaminación ya sea por desechos sólidos o líquidos representa una pérdida de recursos para la compañía y cuando éstos son superiores a los niveles establecidos por las normativas locales puede generar importantes sanciones para las empresas que no las eliminan o reducen a niveles permisibles.

En el caso del edulcorante, el hecho de no optimizar adecuadamente ésta materia prima implica eliminar en las aguas residuales un nutriente adecuado para el desarrollo de microorganismos, si éstos son vertidos directamente a fuentes vivas como ríos los que a través de un proceso aeróbico los microorganismos consumen el oxígeno del agua reduciendo la vida de los peces.

De acuerdo a las disposiciones generales establecidas por la Ordenanza del Distrito Metropolitano de Quito establece que “Toda descarga proveniente de actividades en plantas o bodegas industriales, emplazamientos agropecuarios o agroindustriales, locales de comercio o de prestación de servicios, actividades de almacenamiento o comercialización de sustancias químicas en general, deberá ser vertida al receptor cuando se haya verificado el cumplimiento de los valores máximos permisibles”.

La ordenanza municipal en su artículo 132 establece que los límites máximos permisibles para descargas de sectores productivos deben presentar una carga orgánica inferior a 172 miligramos/Litro.

Actualmente los niveles en contenido de carga orgánica que presenta las aguas residuales en el sistema de tratamiento de la planta de Ecuador Bottling Company –Quito son menores a 80 mg/Lt cumpliendo esta manera con la normativa establecida por el municipio del distrito metropolitano de Quito.<sup>23</sup>

En lo que se refiere a la parte desechos sólidos, los niveles de contaminación disminuyeron a través de la aplicación de una producción limpia donde el objetivo es optimizar los recursos y cumplir la normativa de las regulaciones locales ambientales como indica el Art. 11.345. de la Gestión Integral de Residuos Sólidos donde se establece que “ El Concejo Metropolitano de Quito, a propuesta de sus comisiones o de la Dirección Metropolitana de Medio Ambiente, establecerá políticas que promuevan la gestión integral de los residuos sólidos, es decir la reducción, reutilización y reciclaje de dichos residuos en domicilios, comercios e industrias, y su recolección, transporte, transferencia, industrialización y disposición final ecológica y económicamente sustentables.

---

<sup>23</sup> *Ordenanza Municipal del Distrito Metropolitano de Quito, Año 2010*

## **CAPÍTULO III**

### **APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA**

#### **3.1 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

Los valores de los indicadores claves de gestión que se manejan en el área de Manufactura presentan variación como resultado de un débil control y están ocasionando una disminución en el rendimiento de materias primas como es el caso del edulcorante utilizado como uno de los ingredientes principales en la elaboración de las bebidas así como en la eficiencia de Línea lo que no ha permitido optimizar la capacidad instalada de los equipos.

##### **3.1.1 VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN**

###### **3.1.1.1 VARIABLE INDEPENDIENTE**

Los indicadores claves de gestión del área de manufactura mejorarán a través de la aplicación de las diferentes herramientas estadísticas que dispone la metodología Seis Sigma.

###### **3.1.1.2 VARIABLE DEPENDIENTE**

Con ello se logrará mejora la capacidad instalada de los equipos de procesamiento de las líneas de producción, es decir; mejorar la Eficiencia de Línea y optimizar sus materias primas principalmente el caso del edulcorante, así como reducir costos de producción y generar una producción más limpia.

###### **3.1.1.3 PROPUESTA**

Como se ha mencionado durante la elaboración de éste plan a través del proyecto de investigación se propone encontrar las causas que originan la variabilidad en los indicadores de gestión del área de Manufactura de la empresa Ecuador Bottling Company localizada en la ciudad de Quito y establecer las acciones de mejora utilizando la Metodología del Sistema Seis Sigma.

### **3.2 FORMACIÓN DE EQUIPOS DE MEJORA CONTINUA COMO INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN.**

La formación de equipos de mejora representa uno de los componentes estratégicos importantes en la implementación del sistema seis sigma.

La participación de sus miembros en equipos de proyectos motiva a cada uno de los participantes quienes aportan con la generación de ideas para buscar las causas que ocasionan pérdidas del área y la búsqueda de soluciones para eliminar la cusa raíz a éstos problemas a medida que se implementa la estrategia six sigma.

Los equipos de Mejora desarrollados en el área de manufactura se estructuraron considerando la experiencia que tenía el personal, sus competencias, habilidades, destrezas y principalmente la actitud para alcanzar la mejora.

Estos factores permitieron formar un equipo multidisciplinario de la siguiente manera:

#### **Equipo Mejoramiento Rendimiento de Edulcorante:**

Jefe de Procesos

Líderes de Jarabes

Operadores de Equipos de Procesamiento.

Especialista Mecánico

Especialista Electrónico

#### **Equipo de Mejoramiento Eficiencia de Líneas**

Jefe de Turno

Líder de Línea Envase Retornable de Vidrio y Plástico.

Líder de Línea Envase Plástico No Retornable.

Operadores de Llenado.

Especialista Mecánico

Especialista Electrónico

Estos equipos aportaron con los datos obtenidos, con sus ideas mediante un brainstorming al identificar las causas potenciales que afectan los indicadores de gestión en sus procesos y encontrar las acciones correctivas para alcanzar la mejora esperada.

### 3.3 IDENTIFICACIÓN DE LOS INDICADORES CLAVES DE GESTIÓN EN MANUFACTURA QUE REQUIEREN MEJORA.

Las siguientes variables empleadas para el desarrollo de la Matriz de Relación corresponden a los principales Indicadores de Gestión que se manejan en el área de Manufactura (Ver Tabla 3.1)

Sus resultados nos indicarán cuáles serán los indicadores que se priorizarán en la aplicación de la Metodología Seis Sigma propuesto en el plan de tesis.

**TABLA 3.1 Matriz de Relación de Indicadores de Gestión de Manufactura Planta Ecuador Bottling Company.**

INDICADORES DE GESTIÓN (MANUFACTURA)	CRITERIOS				TOTAL
	PROCESO	NEGOCIO	COSTO	CALIDAD DE SERVICIO	
	10	40	30	20	100
RENDIMIENTO DE GAS CARBÓNICO	2 20	2 80	2 60	1 20	4to. 180
RENDIMIENTO DE TAPAS	1 10	1 40	1 30	1 20	7mo. 100
RENDIMIENTO DE AZÚCAR	2 20	4 160	4 120	2 40	1ro. 340
RENDIMIENTO DE JARABE FINAL	2 20	2 80	3 90	2 40	3ro. 230
EFICIENCIA DE LÍNEA	2 20	4 160	3 90	2 40	2do. 310
LTS BEBIDA/LTS AGUA	1 10	1 40	2 60	1 20	6to. 130
DISMINUCIÓN DESEMPEÑO DE EQUIPOS	1 10	2 80	2 60	1 20	5to. 170

La ponderación para cada indicador se encuentra en la escala de 1 a 4 siendo la primera la de menor y la última de mayor importancia.

Como se puede observar en los resultados de la Matriz de Relación, de todos los indicadores que se manejan en el área de Manufactura, los de Rendimiento de Azúcar y Eficiencia de Línea son los que presentan mayor oportunidad de mejora lo que confirma lo planteado dentro de los objetivos de estudio en el Sistema Seis Sigma.

### **3.3.2 DIAGRAMAS DE FLUJO DE LOS PROCESOS CLAVE.**

Existe una gran variedad de procesos claves que forman parte de las diferentes etapas del procesamiento de bebidas carbonatadas pero indicaremos las que forman parte de éste estudio y que nos sirvieron de apoyo para mejorar los indicadores de gestión establecidos:

#### **PROCESO ELABORACIÓN DE JARABE SIMPLE:**

El proceso de elaboración de jarabe simple consiste en una mezcla de edulcorante, azúcar y agua tratada.

Este empieza con la recepción de materia prima (azúcar), los principales proveedores son los ingenios San Carlos, Troncal y Valdez quienes diariamente entregan a bodega el edulcorante de acuerdo a los pedidos establecidos por el departamento de compras.

El azúcar antes de su descarga es muestreada representativamente por el departamento de aseguramiento de calidad para su análisis y cumplimiento de parámetros físico-químicos establecidos por el sistema de calidad de The Coca-Cola Company, entre éstos turbiedad, color, acidez, pruebas organolépticas. Esto permite tomar la decisión de aceptar o rechazar el lote de azúcar enviado por el proveedor.

Luego de su aprobación los sacos de azúcar son almacenados en bodega de materia prima de acuerdo a un sistema de rotación (primeras entradas, primeras salidas) donde el personal de sala de jarabes toma los sacos con un montacargas para enviarlos a la tolva y alimentarlos al sistema de procesamiento de jarabe KHS. El procesamiento KHS es un sistema de elaboración continuo donde el azúcar alimentado se va procesando en las diferentes etapas hasta obtener un jarabe simple pasteurizado y purificado (Ver Figura 3.9 Diagrama Sistema KHS).

El azúcar de la tolva envía continuamente es enviado por un tornillo sin fin hacia un Tanque Disolutor de Jarabe donde ingresa agua tratada y mediante un sistema de bombas estos ingredientes recirculan por éste sistema para una completa mezcla y disolución al mismo tiempo que son pasteurizados a 80°-85°C. El sistema es automatizado de tal forma al disolverse el azúcar es enviado con ésta

temperatura a un tanque llamado de Reacción en donde ingresa también una solución de carbón activado que tiene la propiedad de retener impurezas del azúcar y clarificar al jarabe.

El proceso continúa con la preparación del filtro cosmos el mismo que contiene su interior una serie placas o mallas de acero inoxidable que tiene la finalidad de retener el carbón activado que se encuentra mezclado con el jarabe simple. Para esto se envía desde un tanque una tierra filtrante disuelta en agua hacia el filtro cosmos la misma que se adhiere a las placas del filtro.

El jarabe del tanque de reacción con carbón activado que está a una temperatura de 80°C es enviado mediante bombas hace el filtro filtro cosmos de tal forma que todo el carbón activado sea retenido en su totalidad en las placas del filtro. El departamento de seguramente de calidad verifica la ausencia de partículas de carbón y aprueba los parámetros físicos químicos de calidad que exige la compañía para su liberación y posterior uso.

Se existe la presencia de carbón el jarabe debe recircular nuevamente por el filtro hasta que las partículas se retengan en su totalidad, este jarabe posteriormente pasa por un intercambio de calor que baja temperatura del jarabe que estaba 80° C una temperatura de 20°C para luego enviarlo a un tanque de almacenamiento.

Éste jarabe es utilizado para preparar los diferentes sabores, para esto el jarabe simple se envía a unos tanques de reposo donde se mezclan con bases de bebida y concentrados transformándose en jarabe terminado el mismo que es utilizado para las líneas de embotellado (Ver en Apéndice Figura 3.1 Diagrama de Flujo Elaboración de Jarabe Simple).

### **PROCESO TRATAMIENTO DE AGUA.**

El agua utilizada para el tratamiento proviene de fuentes subterráneas ubicadas a unos 120 metros de profundidad, ésta es enviada mediante bombas a un sistema de barrera múltiple donde ingresa a un tanque floculador para un tratamiento físico químico donde se adicionan agentes floculantes y desinfectantes de tal forma que alcance los parámetros físico químicos establecidos por la compañía.

El agua tratada pasa a filtros de arena para retener partículas floculantes y posteriormente por unos filtros de carbón activado y pulidores para completar su purificación. Un control físico químico se realiza en las diferentes etapas de este procesamiento de agua las mismas que son registradas en formatos respectivos. El agua tratada es enviada a diferentes cisternas las mismas que alimentan a los diferentes procesos de embotellado y a la elaboración de jarabes (Ver en Apéndice Figura 3.2 Diagrama de Flujo Tratamiento de Agua para elaboración de jarabes y bebidas gaseosas).

### **EMBOTELLADO CON ENVASE RETORNABLE PLÁSTICO (LÍNEA DE EMBOTELLADO N° 1).**

El envase retornable plástico que proviene del mercado es alimentado con montacargas hacia un despaletizador, este equipo toma las cajas plásticas con envase y las coloca en transportadores los cuales son enviados hacia una desencajadora que toma las botellas colocándolas en una mesa de carga de acero inoxidable y con una paleta empujarlas hacia transportadores para dirigirlas hacia un lente de inspección donde inspectores humanos seleccionan las botellas que no presentan objetos extraños es interior.

Esto botellas siguen su recorrido hacia un inspector electrónico de olores donde las botellas con contaminantes (olores extraños) son rechazadas de la línea para su destrucción, mientras que las botellas que no presentan olores extraños continúan su recorrido por los transportadores que las envían hacia una lavadora de botellas la misma que contiene tres tanques de lavado, un primer tanque con detergente cáustico a 60°C para pasar a un segundo tanque de enjuague a 40°C el mismo que remueve residuos de detergente y finalmente pasa a un tercer tanque de lavado con agua tratada clorada a 20°C para lograr una desinfección completa de las botellas.

El envase continúa su recorrido por los transportadores y pasa por un segundo inspector electrónico de botella que detecta posibles defectos como desgaste en las diferentes partes del cuerpo de botella, las botellas con defectos son retiradas de los transportadores y las que se encuentran en buen estado continúan su

recorrido hacia la llenadora de botellas, los que son llenadas con bebida gaseosa carbonatada a 4°C, selladas con tapa continuando su recorrido por los transportadores para pasar por un codificador donde se codifica la fecha elaboración y expiración del producto (Ver en Apéndice Figura 3.6 Layout Línea de Embotellado N° 1).

Las bebidas son empacadas en cajas plásticas con una encajonadora y son enviadas a un paletizador de cajas que las coloca en palttes de madera para ser transportadas finalmente hacia la bodega de producto terminado (Ver en Apéndice Figura 3.3 Diagrama de Flujo Embotellado con Envase Retornable Plástico - Línea de Embotellado N° 1).

### **EMBOTELLADO CON ENVASE RETORNABLE DE VIDRIO (LÍNEA DE EMBOTELLADO N° 2).**

El envase retornable de vidrio que proviene del mercado es alimentado con montacargas hacia un despaletizador, este equipo toma las cajas plásticas con envase y las coloca en transportadores los cuales son enviados hacia una desencajonadora que toma las botellas colocandolas hacia los transportadores para dirigirlas hacia un lente de inspección donde inspectores humanos seleccionan las botellas que no presentan objetos extraños es interior.

Esto botellas siguen su recorrido hacia una lavadora la misma que contiene cinco tanques de lavado, un primer tanque con agua tratada para remover la suciedad a una temperatura de 40°C, pasan luego a un segundo tanque de enjuague a 45°C para calentar el envase y evitar choque térmico, luego a un tercer y cuarto tanque de lavado con detergente cáustico a 65°C, a un quinto tanque de enjuague final con agua a 40°C el mismo que remueve residuos de detergente y finalmente pasa a un sistema de rinseado con agua tratada clorada a 20°C para lograr una desinfección completa de las botellas.

El envase continúa su recorrido por los transportadores y pasa por un inspector electrónico de botella que detecta posibles defectos como desgaste en las diferentes partes del cuerpo déla misma, las botellas con defectos son retiradas de los transportadores y las que se encuentran en buen estado continúan su

recorrido hacia la llenadora de botellas, los que son llenadas con bebida gaseosa carbonatada a 4°C, selladas con tapa continuando su recorrido por los transportadores para pasar por un codificador donde se codifica la fecha elaboración y expiración del producto (Ver en Apéndice Figura 3.7 Layout Línea de Embotellado N° 2).

Las bebidas son empacadas en cajas plásticas con una encajonadora y son enviadas a un paletizador de cajas que las coloca en palltes de madera para ser transportadas finalmente hacia la bodega de producto terminado. (Ver en Apéndice Figura 3.4 Diagrama de Flujo Embotellado con Envase Retornable de Vidrio - Línea de Embotellado N° 2).

### **EMBOTELLADO CON ENVASE PLÁSTICO NO RETORNABLE (LÍNEA DE EMBOTELLADO N° 3).**

Desde la planta de soplado de envase no retornable, son enviadas las botellas por transportadores aéreos hacia etiquetadoras donde a medida que ingresan a este equipo las botellas son colocadas las etiquetas plásticas (Ver en Apéndice Figura 3.8 Layout Línea de Embotellado N° 3).

El envase etiquetado es enviado por transportadores aéreos hacia un sistema de rinseado con agua clorada que tiene la finalidad de desinfectarlas.

Estas botellas ingresan a una llenadora para ser llenadas con bebida gaseosa a 4°C y selladas con tapa rosca plásticas las que siguen su recorrido por transportadores de acero inoxidable para pasar por un codificador donde se registra en las botellas la fecha elaboración y expiración. El producto es inspeccionado visualmente por inspectores para controlar el nivel de llenado y su codificación continuando su recorrido hacia una termoformadora que las organiza en paquetes de 6 o 12 unidades de acuerdo a su presentación.

Estos paquetes son envueltos con plástico termoencogible para ingresar a un túnel a temperatura de 120°C y adherir el plástico a los paquetes de botellas. Estos paquetes continúan su recorrido por transportadores hacia un paletizador

de cajas y posteriormente a una envolvedora. Los pallets con producto son transportados con montacargas hacia la bodega de producto terminado. (Ver en Apéndice Figura 3.5 Diagrama de Flujo Embotellado con Envase Plástico No Retornable- Línea de Embotellado N° 3).

### **3.4. LOS COMPONENTES CLAVES DEL SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.**

#### **3.4.1 APLICACIÓN DE LA FASE 1: DEFINIR**

**PROPÓSITO:** Definir el propósito del proyecto, alcance y logros.

**ALCANCE:** Organizar los equipos de mejora con sus estatutos, seleccionar los proyectos y desarrollar los registros de planeación.

#### **SELECCIÓN DEL PROYECTO:**

- El proyecto está relacionado con un asunto clave del negocio y vinculado a un proceso claramente definido.
- Existe el apoyo apropiado dentro de la organización.
- El equipo de liderazgo genera una lista de proyectos en base a una lluvia de ideas y los prioriza en base a su potencial de proporcionar resultados reales.
- Desarrollo de una Matriz de Priorización del problema con el equipo de mejora que seleccionan los proyectos de mejoramiento DMAIC.

#### **HERRAMIENTA APLICADA:**

#### **ELEMENTOS PRINCIPALES DE LA PLANEACIÓN DEL PROYECTO (Tabla 3.2)**

- **UNIDAD DEL NEGOCIO Y ÁREA DEL PROBLEMA:** Describe donde se encuentra la unidad del negocio encargada del problema.
- **OPORTUNIDAD DE NEGOCIO O BRECHA:** Una declaración concisa describiendo la oportunidad del negocio. Describe el ámbito inicial del proyecto del equipo de liderazgo.
- **DECLARACIÓN PRELIMINAR DEL PROBLEMA:** Una declaración breve, clara y objetiva del problema revelado, concisa, generalmente no más de dos oraciones.

- **CRONOGRAMA DEL PROYECTO Y LAS HERRAMIENTAS UTILIZADAS:** Describe el tiempo actual y el planeado para ejecutar el proyecto. También identifica las herramientas que se esperan utilizar en cada paso.
- **MIEMBROS DEL EQUIPO Y ANTECEDENTES:** Identifica las personas disponibles que formarán el equipo de mejora- En éste punto se define el líder, los miembros del equipo y la experiencia de los mismos.
- La primera página de la hoja de planeación del proyecto es actualizada por el equipo y revisada en cada una de las fases del sistema DMAIC.
- **TIEMPO DE PROYECTO Y HERRAMIENTA UTILIZADA:** Describe el tiempo planeado y tiempo para determinar los pasos de mejoramiento. También se registran el tiempo actual y el de planeamiento, se identifica las herramientas que se esperan utilizar en cada paso.

**TABLA 3.2 HOJA DE PLANEACIÓN DEL PROYECTO**

UNIDAD DEL NEGOCIO:					ÁREA DEL PROBLEMA:													
OPORTUNIDAD O BRECHA DEL PROYECTO:																		
DECLARACIÓN PRELIMAR DEL PROBLEMA:																		
INFORMACIÓN DEL EQUIPO:																		
MIEMBROS			CARGO ACTUAL				EXPERIENCIA				% DEDICACIÓN							
ANTECEDENTES DEL EQUIPO:																		
CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO																		
TIEMPO	MES	MAYO 2010				JUNIO 2010				JULIO 2010				HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS UTILIZADAS PARA EL PROYECTO				
	SEMANA	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4					
DEFINIR	PLANEADO																	
	ACTUAL																	
MEDIR	PLANEADO																	
	ACTUAL																	
ANALIZAR	PLANEADO																	
	ACTUAL																	
MEJORAR	PLANEADO																	
	ACTUAL																	
CONTROLAR	PLANEADO																	
	ACTUAL																	

Antes de comunicar el proyecto a la organización, el equipo de liderazgo asigna al líder del mismo. El líder describe los estatutos del equipo usando la hoja de planeación del proyecto. Los miembros del equipo, el tiempo dedicado proyecto,

y el tiempo estimado en que terminará el mismo es completado por líder y aprobados por el equipo de liderazgo.

La primera página de la hoja de planeación del proyecto es actualizada por el equipo y revisada en cada uno de las cinco revisiones DMAIC con el equipo de liderazgo.

### **3.4.2 APLICACIÓN DE LA FASE 2: MEDIR**

#### **PROPÓSITO DE ESTA FASE:**

- Asegurarse de que los participantes obtengan un entendimiento detallado de la metodología de del paso MEDIR y sus herramientas básicas.
- Poder medir el desempeño del proceso.

#### **MEDICIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL.**

El objetivo es enfocar el mejoramiento reduciendo el área del problema. Este paso comienza con un mapa detallado del proceso, después de ello; el equipo proyecto colecta datos y analiza los mismos. El paso medir se completa con el desarrollo de una declaración final del problema el cual incluye la meta de mejoramiento.

#### **MAPAS DE PROCESO O DIAGRAMAS DE FLUJO.**

Un mapa del proceso o diagramas de flujo es un retrato de la secuencia de pasos de un proceso. Un mapa del proceso puede mostrar:

El proceso completo.

La secuencia de pasos

La relación entre pasos

Los pasos de comienzo y final que identifican los límites de proceso.

#### **BENEFICIOS:**

- Clarificar los pasos de un proceso.
- Establecer un consenso en cómo el proceso opera actualmente como debería operar.
- Identificar oportunidades de mejora del proceso como ineficiencias, paros, desechos de materias primas, etc.

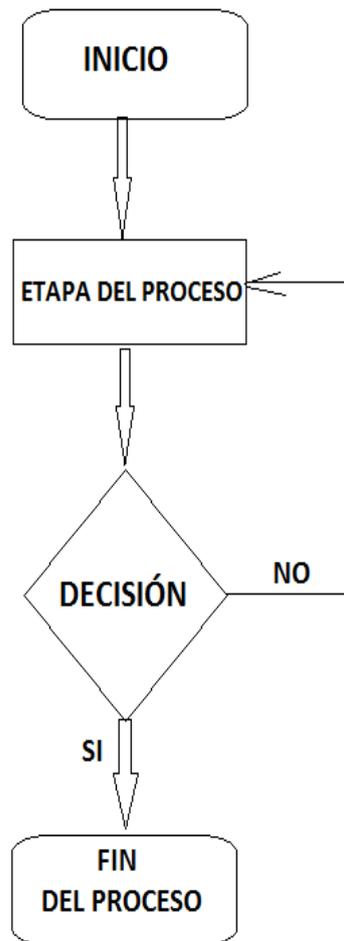
- Muchos defectos ocurren porque algo en el proceso se hace incorrectamente o en forma ineficiente.
- Para mejorar el proceso se necesitan determinar los problemas del mismo y encontrar formas más efectivas para lograr un mejor trabajo.

### **HERRAMIENTAS UTILIZADAS EN ÉSTA FASE:**

#### **CÓMO CREAR UN DIAGRAMA DE FLUJO.**

- Elabore el diagrama con el equipo de trabajo para obtener varios puntos de vista. (Figura 3.6)
- Sea consistente en la dirección del flujo.
- El tiempo se debe reflejar de arriba hacia abajo o de derecha hacia izquierda.
- Utilice los símbolos apropiados.
- Busque por pasos o puntos de decisión no incluidos.

### **FIGURA 3.6 REPRESENTACIÓN DE UN DIAGRAMA DE FLUJO**



### **COLECTAR DATOS SOBRE DEFECTOS DEL PROCESO**

Los datos nos ayudan a:

Determinar lo que realmente está pasando en el proceso.

El comportamiento del problema a través del tiempo.

Mide el impacto de cambios en un proceso.

Identifica fuentes de variación.

Controla y monitorea el rendimiento de un proceso.

Evita soluciones que no resuelven el verdadero problema.

### **GRÁFICA DE FRECUENCIAS DE HOJA DE VERIFICACIÓN.**

Una gráfica de frecuencias de hoja de verificación es una forma especial de verificación utilizada para valores numéricos.

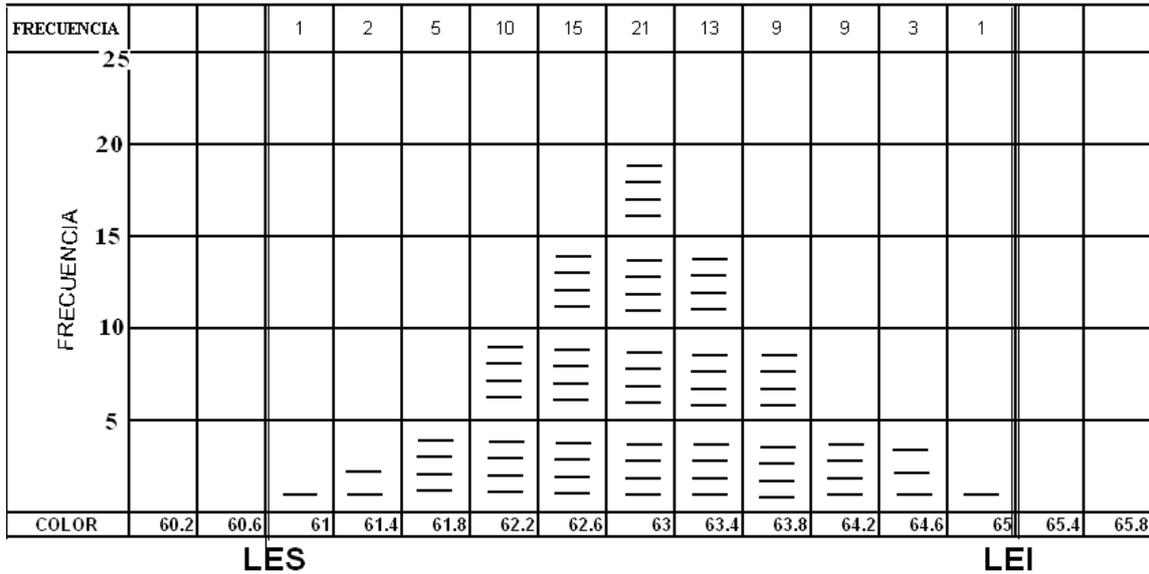
**TABLA 3.3 HOJA DE VERIFICACIÓN PARA DISTRIBUCIÓN DE PROCESO**

PRODUCTO: \_\_\_\_\_

RESPONSABLE: \_\_\_\_\_

ESPECIFICACIONES: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_



- Para éste tipo de gráfica se deben usar datos numéricos que tienen una secuencia como peso, tiempo, temperatura.
- No de deben usar datos que estén divididos en categorías, como tipo de problema, lugar, día de la semana.
- La gráfica puede mostrarse en forma vertical u horizontal.

**ANÁLISIS DE DATOS**  
**GRÁFICA DE CORRIDAS**  
**Características:**

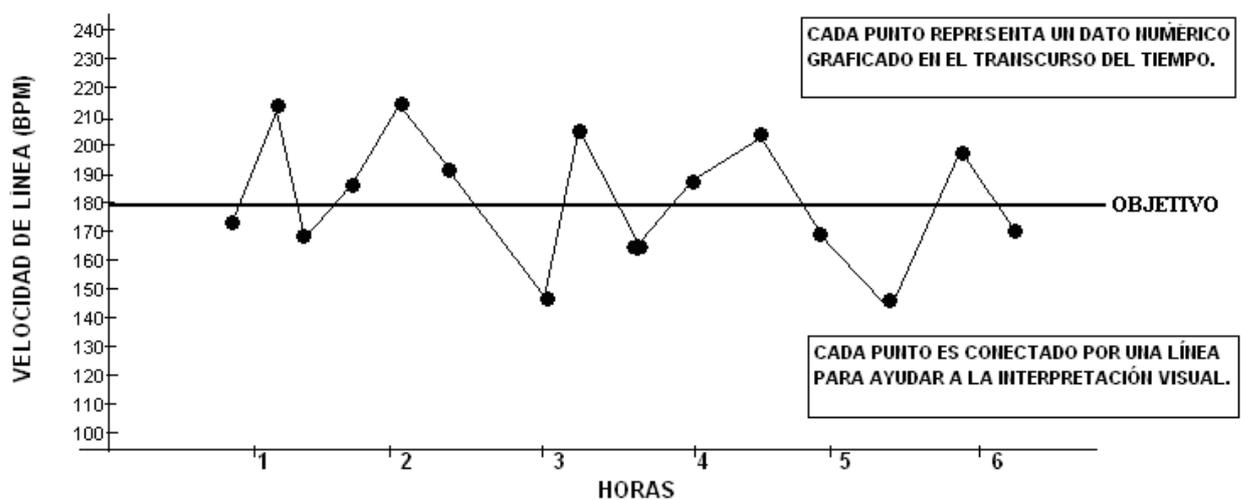
Este tipo de gráficas es usado para datos numéricos donde la línea horizontal refleja el paso del tiempo y la vertical el valor numérico. Los datos están registrados en orden cronológico y están conectados por líneas para interpretación visual. Estas gráficas se usan para identificar patrones de variación en un proceso, monitorear el rendimiento, y evaluar el progreso después de cambios y mejoramientos en el mismo. (Figura 3.7)

### Variación de los datos.

Las mediciones o número de observaciones obtenidos de la salida de un proceso variarán a través del tiempo. Cuando analizamos los datos a través del tiempo, uno tiene que observar su variación, ver cómo es que los valores de los datos cambian de un punto a otro.

Ciertos patrones de la variación pueden proveer pistas acerca de las fuentes de los problemas del proceso.

**FIGURA 3.7 GRÁFICA VARIACIÓN DEL PROCESO**



### Tipos de variación

**Causas especiales de variación:** estas se presentan cuando algo diferente ocurre en cierto tiempo o lugar, se caracterizan porque van y vienen esporádicamente. Es una evidencia de la falta de control estadístico, una señal que una causa especial ha ocurrido.

**Causas comunes de variación:** se presentan cuando son comunes en todas las ocasiones y lugares, su grado de presencia varía, cada causa contribuye a un pequeño efecto a la variación en los resultados. La variación a causas comunes siempre dará resultado en control estadístico, un proceso con sólo causas comunes de variación es llamado estable.

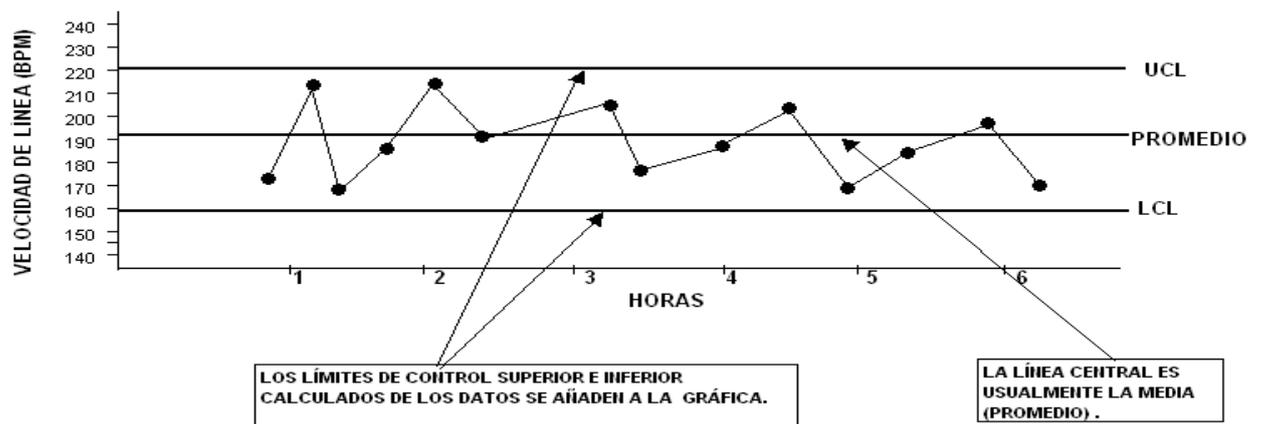
## GRÁFICAS DE CONTROL.

### Elementos de una gráfica de control:

Basado en la variación actual en los datos, podemos determinar cuánta variación es típica de un proceso. La extensión de la variación esperada está indicada por líneas llamadas límites de control. Los límites de control estadístico no se basan en lo que nos gustaría que el proceso hiciera, esto se basan en lo que el proceso puede hacer (capacidad del proceso). Se calculan los datos usando fórmulas estadísticas.

Gráficas de control (Figura 3.8) son una herramienta primaria utilizada para construir el sistema de control de administración de procesos durante la etapa final del DMAIC.

**FIGURA 3.8 REPRESENTACIÓN DE UNA GRÁFICA DE CONTROL**



### USO DE GRÁFICAS DE CONTROL:

- Llevar la cuenta del rendimiento con el tiempo.
- Evalúe el progreso después de los cambios o mejoras.
- Los límites de control establecen la capacidad del proceso
- Los límites de control estadístico son otra manera de separar causas comunes de especiales.
- Pueden utilizarse para cualquier tipo de datos obtenidos con el tiempo.

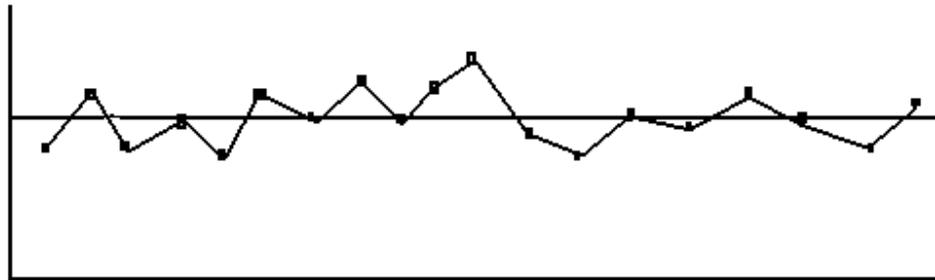
### GRÁFICAS DE CONTROL: TIPO DE VARIACIÓN

#### CAUSAS COMUNES:

Las causas comunes de una gráfica de control se presentan por las siguientes razones (Figura 3.9):

- Inherentes en cualquier sistema.
- Procesos que sólo tienen causas comunes son: estables, predecibles y están en control.

**FIGURA 3.9 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE UNA GRÁFICA DE CONTROL CON CAUSAS COMUNES.**

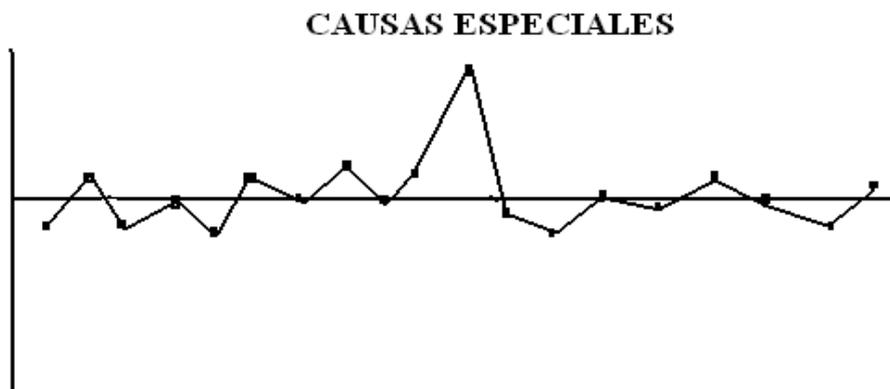


**CAUSAS ESPECIALES:**

Se presentan por las siguientes razones:

- Causas especiales, específicas y asignables. Factores que induzcan variación más allá de lo inherente del sistema (Figura 3.10)
- Los proceso con causas comunes y causas especiales son: inestables, impredecibles y no están en control estadístico

**FIGURA 3.10 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE UNA GRÁFICA DE CONTROL CON CAUSAS ESPECIALES.**



## INTERPRETACIÓN DE LAS GRÁFICAS DE CONTROL

Lo más importante en el control del proceso es captar el estado del mismo de manera precisa leyendo la gráfica de control y diligentemente tomar acciones apropiadas cuando se encuentre algo anormal en el proceso. El estado controlado del proceso es el estado en el cual el proceso es estable, es decir; el promedio y la variación del proceso no cambian. Si un proceso está o no controlado se juzga según los siguientes criterios a partir de la gráfica de control:

### a) Fuera de los límites de control

Puntos están fuera de los límites de control.

### b) Racha

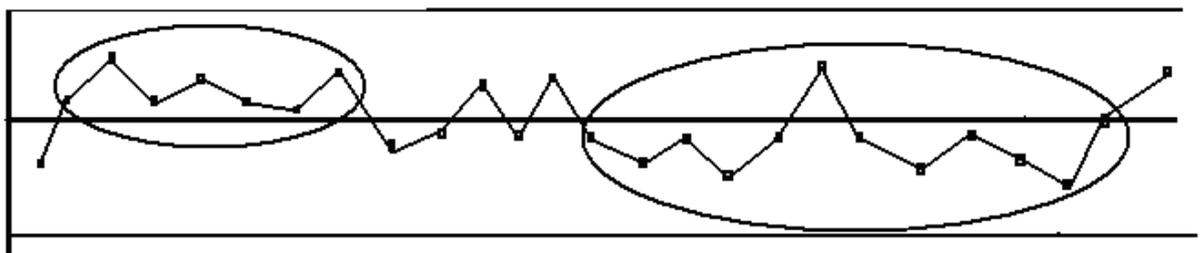
La racha es el estado en el cual los puntos ocurren continuamente en un lado de la línea central y el número se llama longitud de la racha. Una longitud de siete puntos en una racha se considera normal. Aún si la longitud de la racha está por debajo de 6, se consideran anormales los siguientes casos:

- Al menos 10 de 11 puntos consecutivos ocurren en un mismo lado de la línea central.
- Al menos 12 de 14 puntos consecutivos ocurren en un mismo lado de la línea central.
- Al menos 16 de 20 puntos consecutivos ocurren en un mismo lado de la línea central.

### FIGURA 3.11 INTERPRETACIÓN DE UNA GRÁFICA DE CONTROL (RACHA)

Una racha de 7 puntos es anormal

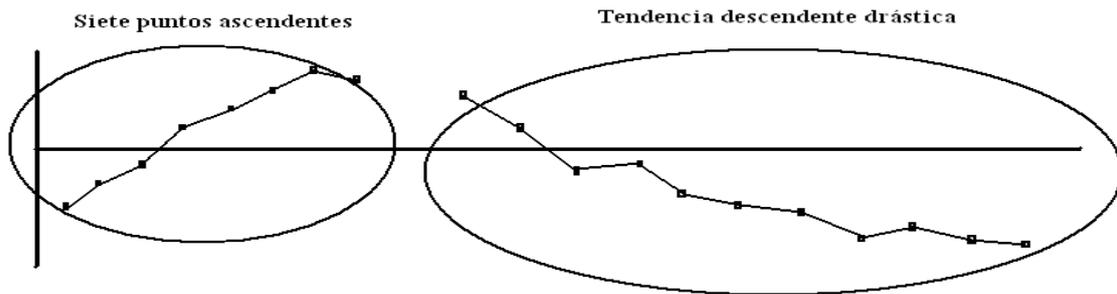
Diez de 11 puntos consecutivos que ocurren en un mismo lado se considera anormal.



**c) Tendencia.**

Cuando los puntos forman una curva continua ascendente o descendente, se dice que hay una tendencia.

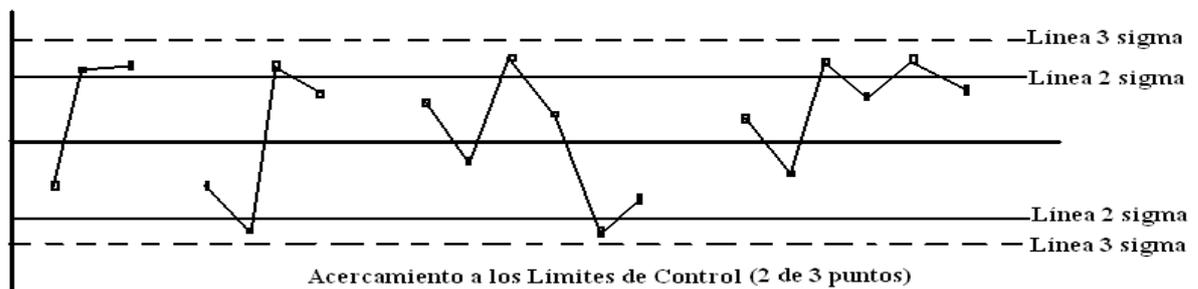
**FIGURA 3.12 INTERPRETACIÓN DE UNA GRÁFICA DE CONTROL (TENDENCIA)**



**c) Acercamiento a los Límites de Control.**

Teniendo en cuenta los puntos que se acercan a los límites de control 3sigma, si 2 de 3 puntos ocurren por fuera de las líneas de 2sigma el caso se considera anormal.

**FIGURA 3.13 INTERPRETACIÓN DE UNA GRÁFICA DE CONTROL (ACERCAMIENTO A LÍMITES DE CONTROL)**

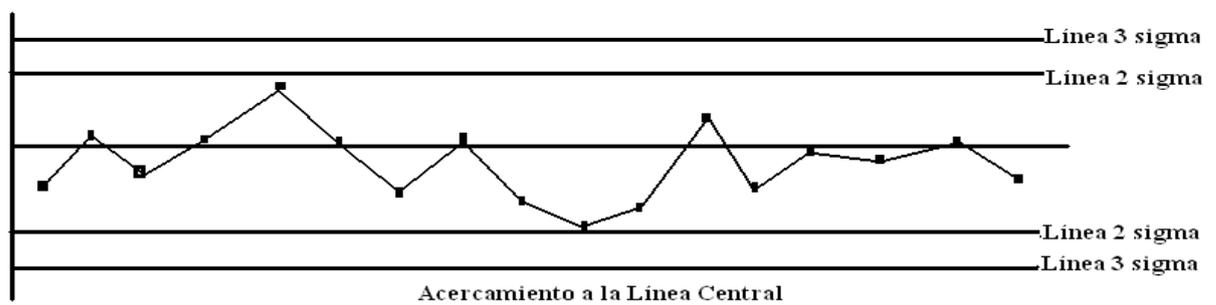


**d) Acercamiento a la Línea Central.**

Cuando la mayoría de los puntos están dentro de las líneas de 1.5sigma (los bisectores de la línea central y de cada uno de los límites de control), esto se

debe a una forma inapropiada de hacerlo subgrupos. El acercamiento a la línea central no significa un estado de control, sino una mezcla de la información de diferentes poblaciones en los subgrupos, lo cual hace que los límites de control son demasiado amplios. Como se presenta esta situación es necesario cambiar la manera de hacer los subgrupos.

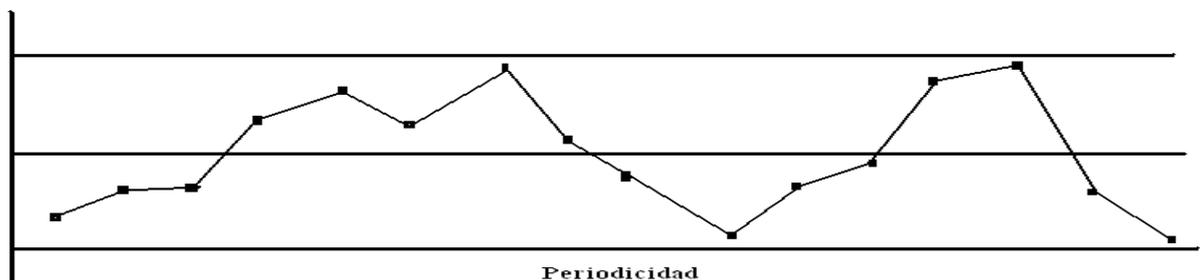
**FIGURA 3.14 INTERPRETACIÓN DE UNA GRÁFICA DE CONTROL (ACERCAMIENTO A LA LÍNEA CENTRAL)**



**e) Periodicidad**

También es anormal que la curva muestre repetidamente una tendencia ascendente y descendente para casi el mismo intervalo.

**FIGURA 3.15 INTERPRETACIÓN DE UNA GRÁFICA DE CONTROL (PERIODICIDAD).**

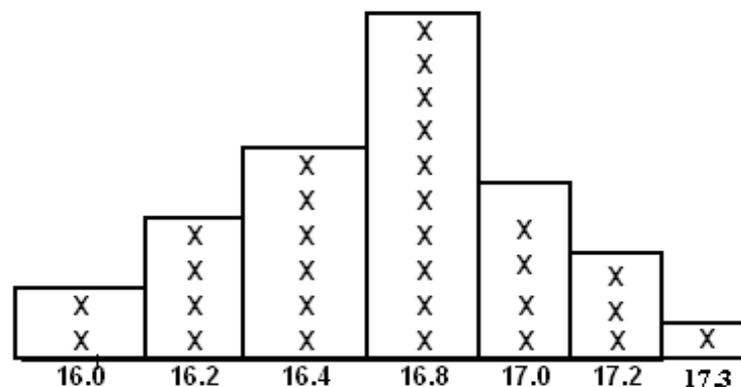


### GRÁFICA DE FRECUENCIAS (HISTOGRAMAS)

Una gráfica de frecuencias muestra la forma o distribución de los datos al mostrar que tan seguido ocurren los diferentes valores. Generan una idea de la variación en el proceso, pueden revelar patrones que indiquen ciertos tipos de problemas, así como también si los datos están normalmente distribuidos (Figura 3.16)

Los datos individuales son marcados individualmente con un símbolo (X) y son llamados gráficas: o simplemente gráficas de frecuencias.

**FIGURA 3.16 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE UN HISTOGRAMA**



### GRÁFICAS DE PARETO.

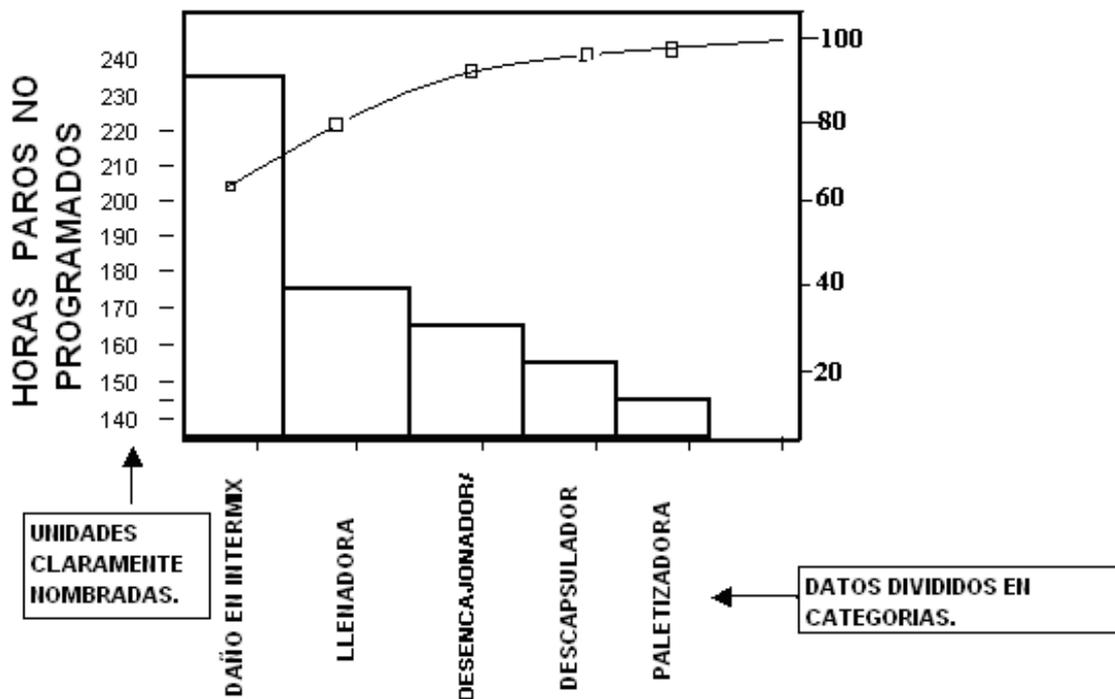
Una gráfica de Pareto es una herramienta que ayuda a dividir un gran problema en sus partes e identificar cuáles son las más importantes (Figura 3.17).

#### Se caracteriza principalmente por:

- Usado para datos categóricos.
- La altura de la barra representa la relativa importancia de este aspecto en el problema.
- Las barras se ordenan de una forma descendente de izquierda a derecha.
- La barra con el problema más grande siempre está a la izquierda.
- Altura de la línea vertical representa la suma de todas las incidencias.

- Basado en la regla 80:20 que significa que el 80% de los problemas resultan del 20% de las causas. Esto implica que frecuentemente podemos resolver un problema identificando y atacando unas “pocas fuentes vitales”.
- Cuando todas las barras son aproximadamente del mismo tamaño, se tiene que establecer otra forma de ver los datos. No sería de valor investigar la barra más alta, se deben buscar otras maneras de categorizar las barras o buscar un tipo diferente de datos para éste problema.
- Una gráfica de Pareto nos ayuda a decidir dónde nuestros esfuerzos tendrán el mayor retorno.

**FIGURA 3.17 REPRESENTACIÓN DE UNA GRÁFICA DE PARETO**



### DETERMINACIÓN DE LA LÍNEA DE BASE (SIGMA DEL PROCESO)

El Sigma del proceso es la capacidad del proceso en relación a las especificaciones para ese proceso. Usualmente se usará el rendimiento como un estimado de la capacidad.

Para determinar los rendimientos el proceso debe tener especificaciones.

**TABLA 3.4 ESTIMACIÓN DEL SIGMA DEL PROCESO**

RENDIMIENTO DEL PROCESO	DPMO	SIGMA DEL PROCESO
30.90%	691.462	1.0
69.10%	308.538	2.0
93.30%	66.807	3.0
99.38%	6210	4.0
99.98%	233	5.0
100.00%	3.4	6.0

←

EL INCREMENTO EN SIGMA  
 REQUIERE UNA REDUCCIÓN  
 EXPONENCIAL EN DEFECTOS.

**OPORTUNIDADES DE DEFECTO.**

Una oportunidad ocurre cada vez que el producto, servicio o información es manejado, al punto el cual el requerimiento de calidad del cliente se cumple o no.

Una oportunidad de defecto cuenta el número de veces que el requerimiento podría no cumplirse, no las maneras en que esto podría pasar.

El número de oportunidades por unidad debe mantenerse constante antes y después de la mejora. Una oportunidad debe basarse en el defecto que razonablemente puede pasar. Si algo nunca tiene un problema no se debe considerar como una oportunidad.

La estimación del sigma del proceso describe la capacidad actual del proceso.

**CÁLCULO:**

$$\text{RENDIMIENTO} = \left[ 1 - \frac{\text{DEFECTOS}}{\text{N}^\circ \text{ DE UNIDADES X N}^\circ \text{ DE OPORTUNIDADES}} \right] \times 100\%$$

Obtenido el rendimiento se determina el nivel sigma mediante la tabla para el cálculo del valor sigma indicada en el **Apéndice 5.3.5**

**3.4.2.5 DECLARACIONES FINALES DEL PROBLEMA.**

Una buena declaración final contiene:

- Una declaración específica de lo que está fallando en términos de defectos o que necesidades del consumidor no se están alcanzando.
- Datos disponibles sobre el problema.

¿Cuándo ocurre?, ¿cuando no ocurre?, ¿cuál es la magnitud del problema?, ¿cómo ha cambiado a través del tiempo?, ¿cuál es el impacto del problema en el negocio?.

- La meta de mejora del proyecto:  
Los mejoramientos de las metas deben ser declaradas en términos de la producción del proceso, DPMO (defectos por millón de oportunidades) o mediante el Sigma del Proceso. El beneficio financiero potencial como se relaciona a la meta del proyecto también es importante para entender continuamente a través del progreso del proyecto.
- Las declaraciones finales del problema no deben incluir soluciones o teorías sobre las causas.

### **3.4.3. APLICACIÓN DE LA FASE 3: ANALIZAR**

El objetivo de esta fase es identificar causas raíces, así como analizar los datos para determinar causas raíces y oportunidades para mejoramiento.

El paso analizar comienza generando causas raíces principales y se completa cuando las relaciones causa y efecto se cuantifican y las causas raíces son confirmadas.

#### **GENERA IDEAS SOBRE POTENCIALES CAUSAS RAÍCES**

La lluvia de ideas o Brainstorming un método para generar muchas ideas rápidamente ya que alientan la creatividad de los participantes, involucra a todos los miembros del equipo, genera emoción y energía.

**Diagrama causa y efecto:** También se llama diagrama Ishikawa o fishbone (espina de pescado). Es una muestra gráfica de líneas y palabras que representa una relación significativa entre un efecto y sus causas.

Este diagrama estructura causas potenciales para que la causa de raíz pueda identificarse con el propósito de tomar acciones correctivas.

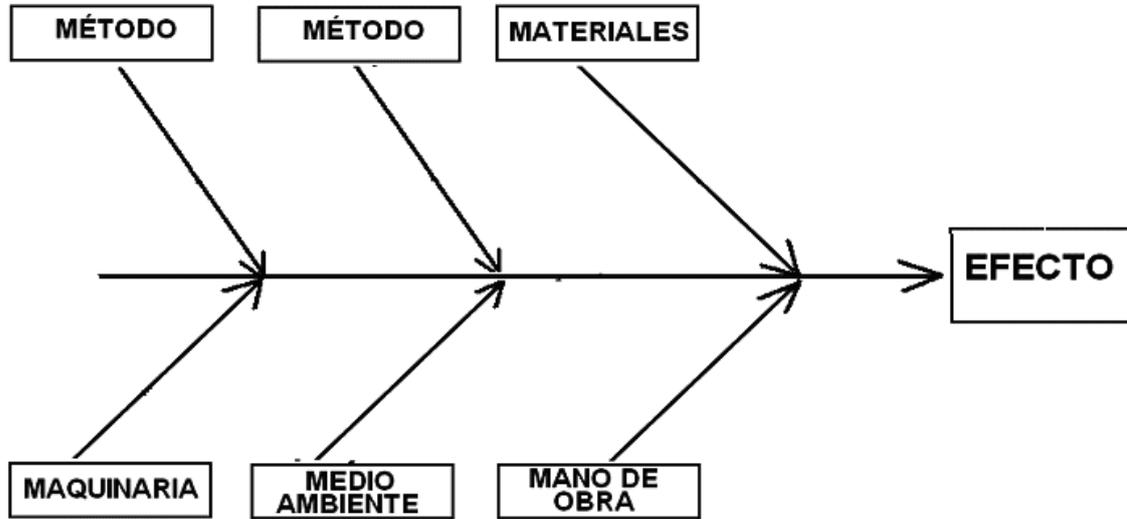
La herramienta que prefieren los equipos seis sigma para la tormenta de ideas es este diagrama.

Causa raíz: identifica la causa del problema, no un síntoma.

### Creación de un diagrama causa y efecto.

- a) Revisión de la declaración final del problema.
  - Describe el problema enfocado.
  - Permite preguntas para clarificar y asegurarse de que el equipo completo entiende el asunto.
  - Describe una declaración final del problema (si aún no se ha hecho) contestando quién, que, cuando, donde y cuál.
  - Dibuja una espina que se dirija hacia el efecto.
- b) Identifica posibles causas con los equipos de mejora.
  - Trabaja individualmente o proporciona ideas en un grupo.
  - Describe posibles causas en notas adhesivas con una causa por nota.
- c) Organiza las posibles causas en grupos.
  - Colocan las notas adhesivas en el papel
  - Elimina duplicados
  - Re-escribe los enunciados que no estén escritos como posibles causas.
  - Organiza las notas en grupos, agrupa causas que son similares y agrega notas para las nuevas ideas propuestas.
- d) Añade las causas principales
  - Coloca las causas principales que pueden ocasionar la variación del problema en estudio como materiales, mano de obra, maquinaria, mediciones, métodos y medio ambiente con flechas que apunten a la espina principal del diagrama.
  - La meta de la solución de problemas es identificar las causas de los problemas para corregirlos y que sirven de base para localizar las soluciones.

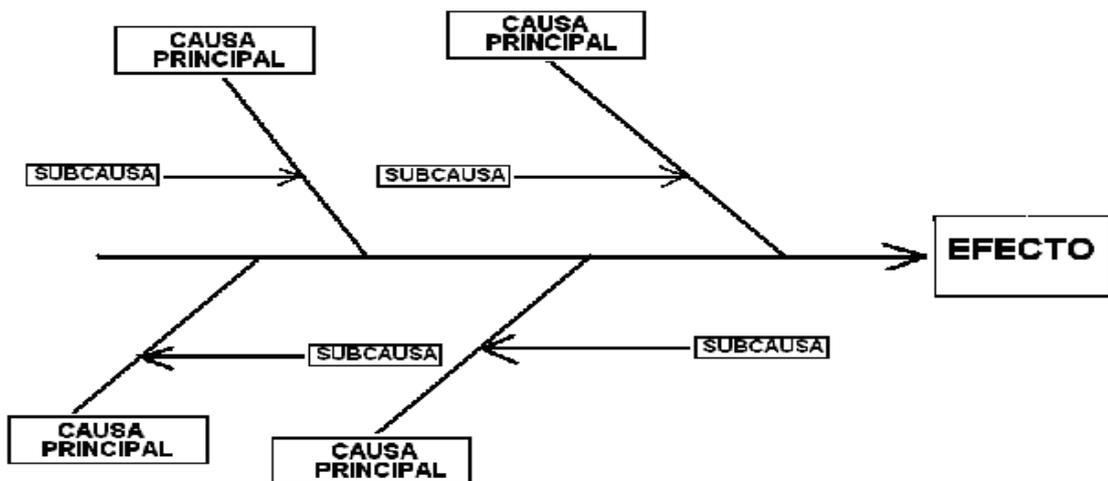
**FIGURA 3.18 DIAGRAMA ISHIKAWA O DE CAUSA Y EFECTO.**



e) Añadir las ideas de la tormenta.

- En éste punto identifica las "posibles causas" en cada una de las categorías indicadas (Figura 3.19)
- Si se sugieren las ideas sobre la marcha el proceso de desarrollar el diagrama equivale a una sesión de tormenta de ideas (brainstorming).
- El equipo puede hacer su tormenta de ideas de una manera abierta y cubrir todos los encabezados a la vez o trabajar en cada encabezado por turnos.

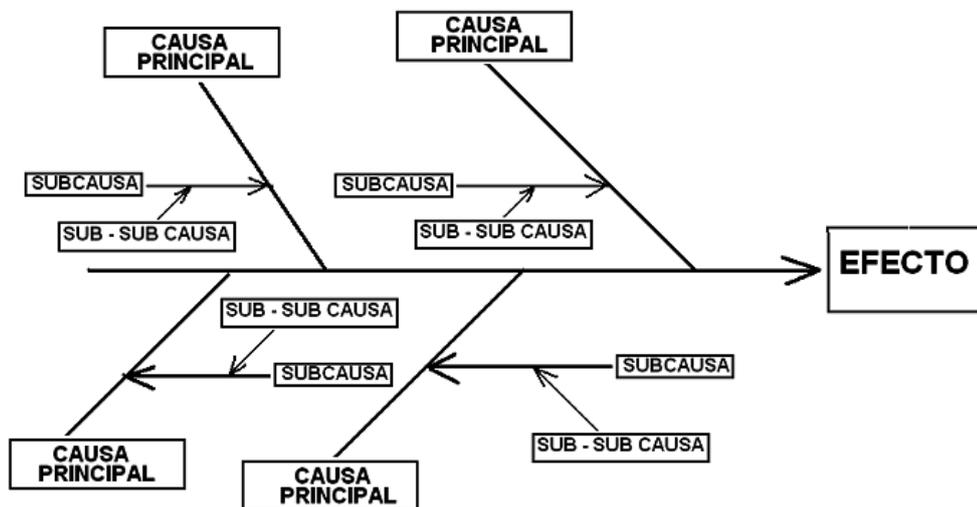
**FIGURA 3.19 DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO (SUBCAUSAS)**



f) Desarrolla y organiza los componentes (Huesos) de ese grupo.

- Pregunte "¿porqué podría suceder esto?" para desarrollar huesos medianos y pequeños.
- Usa ideas de la lista original para estimular el pensamiento.
- Escribe nuevas ideas o notas y agrégalas a las subcausas correspondientes (Figura 3.20)
- Si una causa pertenece a dos lugares, colócala en ambos lugares.
- Agrega líneas (huesos) para enlazar las causas en forma lógica.

**FIGURA 3.20 DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO (SUB - SUBCAUSAS)**



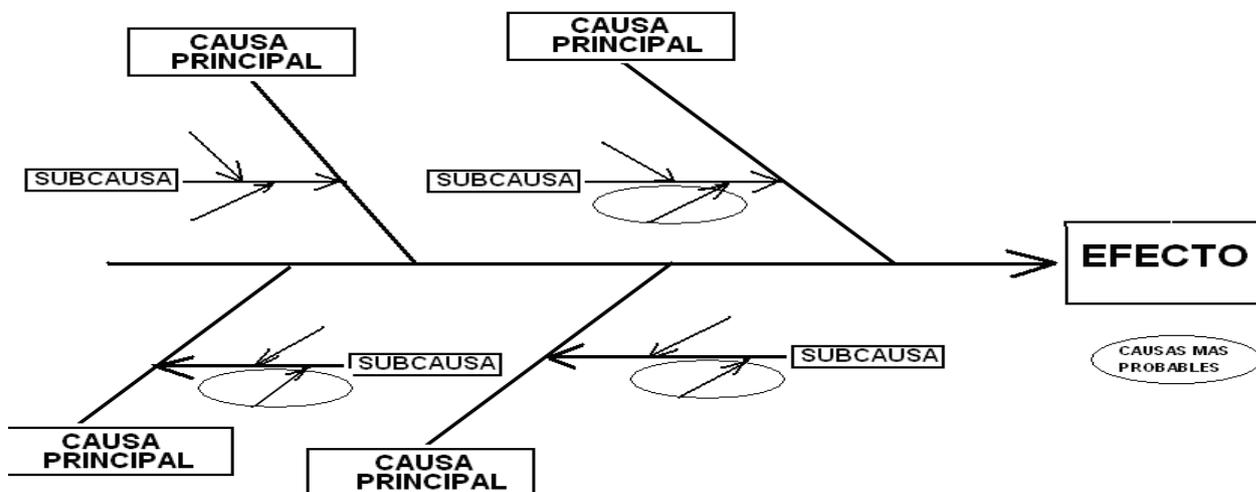
g) ¿Cuáles causas verificar?

- Probablemente identificaste varias causas potenciales en tu diagrama de causa y efecto.

h) Selección de la Causa Raíz del problema.

- Recuerda que la causa raíz siempre será el "porqué" más bajo del que hayas respondido o mediante votación de todos los participantes. Par esto se asigna un valor para calificar cada una de las causas encontradas y las que mayor puntaje obtengan serán las causas que se seleccionarán para pasar a la siguiente fase.

**FIGURA 3.21 SELECCIÓN DE LA CAUSA RAÍZ DEL PROBLEMA**



#### **3.4.4 APLICACIÓN DE LA FASE 4: (IMPROVE) MEJORAR**

El objetivo es mejorar el proceso a través del desarrollo y seguimiento de soluciones vinculadas a las causas raíces encontradas en la fase 3. En ésta fase se deben encontrar acciones de planteamiento y pruebas, datos del “antes” y “después” que demuestren el progreso del proyecto.

**ETAPAS PARA EL DESARROLLO DE ESTE FASE: GENERANDO SOLUCIONES.**

##### **a) INVOLUCRA AL PERSONAL RESPONSABLE PARA BUSCAR LAS SOLUCIONES:**

- Involucrar a las personal que serán afectadas por el proyecto o que tienen influencia en él pero que no están directamente involucrados en las tareas del proyecto (gerentes, dueños del proceso, clientes, proveedores, etc)
- El personal involucrado en la búsqueda e implementación de soluciones tendrá mayor compromiso para su ejecución.

##### **b) REvisa el proceso y verifica la causa ( usa el diagrama causa y efecto)**

- Comienza con el resultado del diagrama de causa y efecto.
- Identifica posibles soluciones para las causas raíces verificadas, márcalas con un óvalo.

- Verifica que la causa raíz esté al más bajo nivel.

**c) IDENTIFICA IDEAS DE SOLUCIONES MEDIANTE TÉCNICAS DE GENERACIÓN DE IDEAS.**

- La técnica creativa "brinstorming" es típicamente usada para generar muchas ideas, éste método permite:
  - Alentar la creatividad.
  - Respeto a las ideas de los demás (sin criticismo)
  - Involucrar a todos los participantes a emitir sus ideas.
  - Los miembros del equipo pueden generar ideas en forma escrita.
  - Genera estimulación y energía entre los participantes-
  - Utiliza el brainstorming para generar muchas soluciones posibles para cada causa raíz identificada en la fase analizar.
- Registra las acciones correctivas mediante el siguiente formato (Ver Tabla 3.5).

**TABLA 3.5 MATRIZ PARA LA GENERACIÓN DE SOLUCIONES**

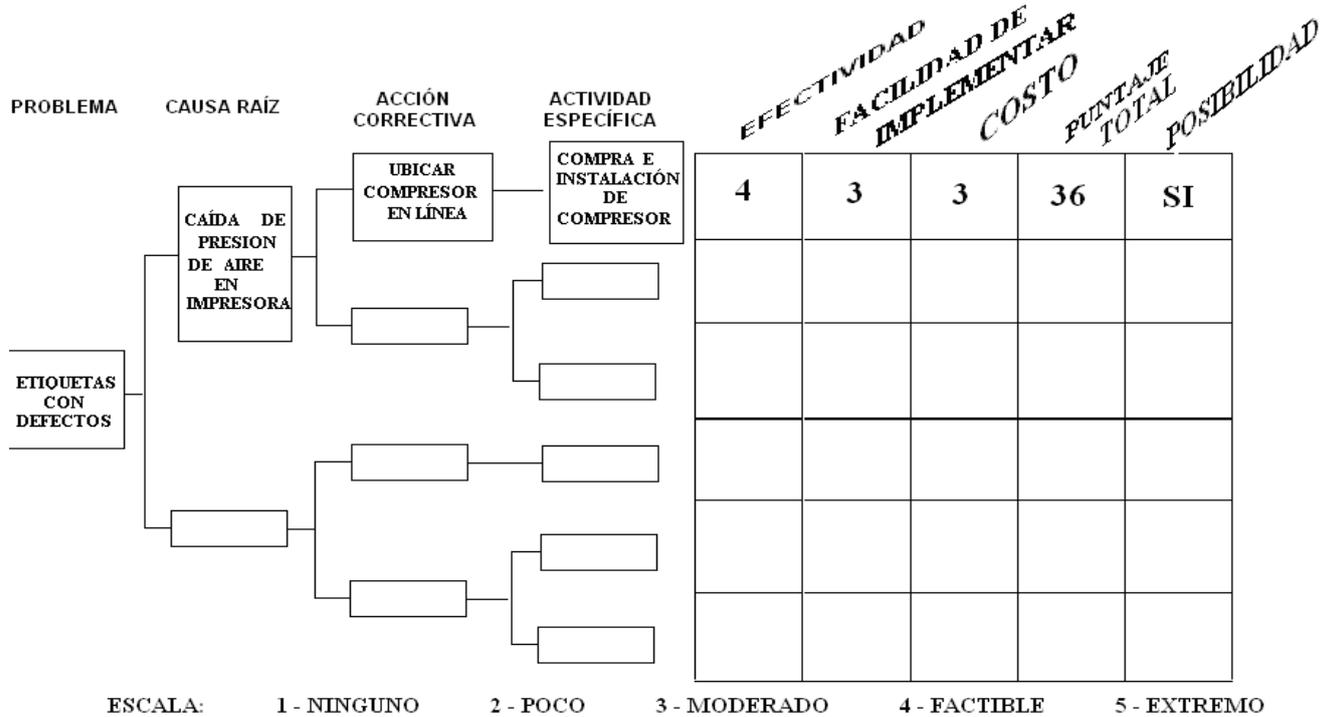
DECLARACIÓN DEL PROBLEMA:			
Nº	CAUSA RAÍZ	POSIBLES ACCIONES CORRECTIVAS	EXPLICACIÓN DE LA ACCIÓN PROPUESTA
1			
2			

**d) SELECCIONA LAS SOLUCIONES PROPUESTAS MEDIANTE UNA MATRIZ.**

- Es una herramienta que ayuda a evaluar objetivamente soluciones alternativas.
- La clave es alcanzar el consenso de la importancia relativa de los distintos criterios, luego calificar las alternativas versus esos criterios (Ver Tabla 3.6).

- Se utiliza una escala de calificación de 1 a 5 y la ponderación de los criterios es opcional.

**TABLA 3.6 MATRIZ DE SELECCIÓN DE SOLUCIONES**



**CRITERIOS DE LA MATRIZ DE SELECCIÓN DE SOLUCIONES:**

- Causas raíces: causas raíces verificadas.
- Soluciones o acciones correctivas: Soluciones propuestas direccionadas a las causas raíces con habilidad del equipo para ser implementadas (" el qué") (Ver Tabla 3.7).
- Tareas o actividad específica: La actividad necesaria para lograr la solución propuesta (" el cómo" )
- Efectividad: Un puntaje basado en cuanto la solución propuesta reducirá la causa raíz.
- Facilidad de implementación: Un puntaje basado en el tiempo, costo, trabajo, aceptación, etc. necesario para implementar la solución.

- **Costo:** un puntaje basado en el costo inicial de la solución propuesta y su impacto en la reducción de la causa raíz.
- **Puntaje final:** el producto de efectividad x facilidad de implementación x costo. esto deberá servir para ordenar las soluciones propuestas para la toma de acción. - posibilidad: indicada por " si " o " no " si la acción será tomada.

**TABLA 3.7 CRITERIOS DE LA MATRIZ PARA SELECCIÓN DE SOLUCIONES**

PROBLEMA	CAUSAS RAÍCES	ACCIÓN CORRECTIVA	ACTIVIDAD ESPECÍFICA	EFFECTIVIDAD	FACILIDAD DE IMPLEMENTAR	COSTO	PUNTAJE TOTAL	ACCIÓN
El enunciado final del problema (Efecto)	Esta se identifican el diagrama causa y efecto y que han sido verificadas.	Estas se encuentran específicamente orientadas a la causa raíz y están dentro de la habilidad del equipo para ser implementadas.	Tareas específicas necesarias para lograr la solución propuesta. Esta solución es el "QUÉ", la tarea específica es el "CÓMO".	Puntuación basada en cuanto la propuesta reducirá la causa raíz. El puntaje mayor logrará la solución más eficaz.	Puntuación basada en el tiempo, costo, trabajo, aceptación, etc. Necesarias para implementar la solución. El puntaje mayor logrará la tarea específica más fácil de implementar.	La puntuación basada en el costo inicial de la solución y su impacto en la reducción de la causa raíz.	El producto de Efectividad X Facilidad de Implementación X Costo.	Indicada con " SI " o " NO " si se implementará una acción.

**e) PLANIFICAR LAS TAREA (PLANES DE ACCIÓN)**

- Consiste en planificar las tareas, el tiempo, la gente y sus recursos.
- Revisar su implementación y funcionamiento.

**PLANES DE ACCIÓN:**

- Cataloga todas las actividades que se deben realizar para asegurar una implementación exitosa de la solución propuesta. incluye las tareas seleccionadas que fueron identificadas en la matriz de selección de soluciones (Ver Tabla 3.8).

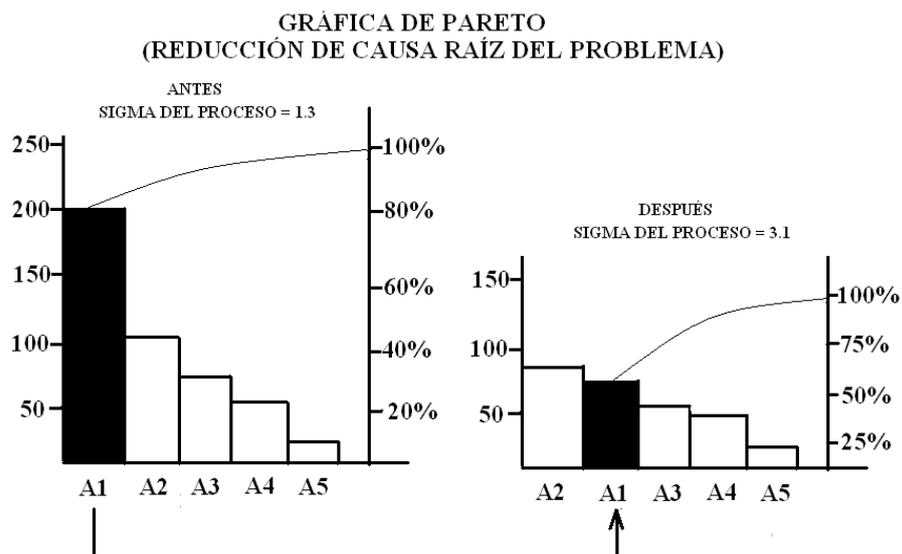
**TABLA 3.8 PLANES DE ACCIONES CORRECTIVAS**

PLANES DE ACCIÓN				
MANIFESTACIÓN DEL PROBLEMA: _____				
SOLUCIÓN (ES) / TAREA(S) ESPECÍFICA (S) _____				
TAREA /PROYECTO	FECHA INICIAL	FECHA FINAL	RESPONSABLE (S) ¿QUIÉN (ES)?	STATUS

**f) EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS: ANÁLISIS DE DATOS ACTUALES.**

- Mediante una Gráfica de Pareto revisada en la fase "Medir" que confirma la reducción de la causa raíz. (se puede utilizar también una gráfica de pareto para demostrar una mejora como indica la Figura 3.22).

**FIGURA 3.22 EVALUACIÓN DE RESULTADOS**



### g) CÁLCULO DEL SIGMA DEL PROCESO:

- Que indica la capacidad en el proceso final.
- El nuevo indicador de efectividad de una solución aparecerá en el nuevo nivel sigma del proceso.

**TABLA 3.9 CÁLCULO DEL SIGMA DEL PROCESO.**

CÁLCULO DEL SIGMA DEL PROCESO	ANTES	DESPUÉS
1. Determina el número de Oportunidades Defectuosas por Unidad $O =$	1	1
2. Determina el Número de Unidades Procesadas $N =$	5000	5500
3. Determina el Número Total de Defectos realizados $D =$	250	103
4. Calcula Defectos por Oportunidad $DPO = D / N \times O$	0.05	0.02
5. Calcula Rendimiento $Rendimiento = (1 - DPO) \times 100$	95%	98%
6. Busca el Sigma del Proceso en Tabla Sigma $Sigma\ del\ proceso =$	<b>3.2</b>	<b>3.6</b>

### 3.4.5 APLICACIÓN DE LA FASE 5: CONTROLAR

El propósito de ésta fase es Controlar el proceso y diseñar un sistema que mantenga las mejoras logradas así como implementar el monitoreo continuo.

Salidas Claves:

- Documentar el nuevo método.
- Entrenamiento aplicando la nueva metodología.
- Desarrollar un sistema de control para la administración del proceso.  
(PMCS)

### ETAPAS PARA EL DESARROLLO DE ESTE FASE:

#### a) DESARROLLAR Y DOCUMENTAR PRÁCTICAS ESTÁNDAR (ESTANDARIZAR EL PROCESO)

- Realizar cambios cuando los datos demuestren que la nueva metodología es mejor.
- El trabajo estandarizado mantiene los procesos bajo control.
- Una práctica estándar es un método de trabajo dentro del cual todas las variables han sido especificadas en detalle.

- Con la estandarización los procesos están bajo control y se tornan más seguros.
- Los costos bajan cuando se evita el desperdicio en los procesos de fabricación.

**b) DOCUMENTACIÓN DE LA PRÁCTICA ESTÁNDAR**

- La estandarización vía documentación contempla procedimientos escritos actualizados.
- Determina que pasos del proceso requieren una instrucción de trabajo escrita adicional para asegurar la estandarización.
- Documentos que aún los trabajadores que no están altamente capacitados los puedan utilizar fácilmente.
- Específicos para el trabajo y escritos en un nivel apropiado de detalle.
- Que describan como prevenir la variación y asegure buenos resultados del proceso.

**c) MONITOREAR EL PROCESO**

- Pueden realizarse sobre entradas claves del proceso así como sobre variables de salida críticas.
- Las herramientas para analizar y monitorear el desempeño de un proceso son las gráficas de control pero debe asegurarse una elección y operación adecuada.

**d) CERRAR Y DIFUNDIR EL PROYECTO**

- El objetivo de esta última actividad es asegurarse de que el proyecto 6 sigma sea fuente de evidencia de logros, de aprendizaje y que sirva como herramienta de difusión para para fortalecer la estrategia del sistema.
- Esta difusión ayudará a elevar el nivel de compromiso de los involucrados para mantener el éxito del proyecto, así como a fortalecer el aprendizaje y la mejora continua en la organización

**e) CREACIÓN DE UN PLAN DE RESPUESTA.**

- Es un documento basado en el resumen de un plan de recolección de datos que el equipo del proyecto sigma ha creado (Ver Figura 3.23).

- Describe el diagrama del proceso (que puede ser modificado), las medidas más importantes para el nuevo proceso, los métodos de recolección de datos, las metas y especificaciones verificadas por los clientes del proceso, los métodos de recolección de datos, los métodos de control elegidos por el equipo (que pueden ser gráficas de pareto, cartas de control, hojas de verificación, histogramas, etc) y las mejoras más notables del proceso.

**FIGURA 3.23 REPRESENTACIÓN DE UN PLAN DE RESPUESTA**

DIAGRA DE FLUJO "MEJORADO"	MEDICIONES	OBJETIVOS/ ESPECIFICACIONES	MÉTODO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.	MÉTODOS DE CONTROL	MEJORAMIENTO DEL PROCESO
<pre> graph TD     A([INICIO]) --&gt; B[ETAPA DEL PROCESO]     B --&gt; C[ETAPA DEL PROCESO]     C --&gt; D{DECISION}     D --&gt; E[ETAPA DEL PROCESO]     E --&gt; F([FIN PROCESO])           </pre>	<p>MUESTREO CADA 30 MINUTOS</p> <p>UTILIZACIÓN DEL TURBIDÍMETRO</p>	<p><math>\pm 0.25</math></p> <p>99.90% DE RENDIMIENTO</p>	<p>HOJA DE COMPROBACIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS.</p> <p>BRAINSTORMING</p> <p>DIAGRAMA ISHIKAWA</p>		<p>LIMPIEZA Y CONTROL FRECUENTE DE EQUIPOS.</p> <p>INSTRUCTIVO Y ELABORACIÓN DE REGISTROS PARA CONTROL EN EL PESO DE AZÚCAR</p>

### 3.5 ANÁLISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS

#### 3.5.1 INDICADOR RENDIMIENTO DE EDULCORANTE

El edulcorante utilizado para la elaboración de las bebidas gaseosas, jugos y bebidas no carbonatadas es el azúcar,- Este es uno de los ingredientes más importantes que es monitoreado a través de su rendimiento diario y que es ingresado a un sistema que procesa la información para que formar parte de los indicadores que se emiten mensualmente a la Gerencia y Dirección de Operaciones.

**El cálculo para obtener el Rendimiento de Edulcorante es el siguiente:**

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{Consumo Teórico de Edulcorante}}{\text{Consumo Real de Edulcorante}} \times 100$$

#### **Análisis para Consumo Teórico de Edulcorante:**

Es la cantidad total de Azúcar utilizada para la elaboración de Jarabes terminados que puede ser Coca Cola, Fanta, Sprite, Fioravanti, Jugos del Valle, etc, en definitiva para la elaboración de bebidas azucaradas.

**Objetivo de Planta :** El rendimiento mensual para éste indicador es de 99.80%

#### **Definición:**

**Jarabe Terminado:** Es una mezcla de jarabe simple (agua + azúcar) y concentrado de sabores naturales o artificiales conocidos como bases de bebida. Cada sabor de jarabe terminado elaborado tiene su factor de conversión para transformar las unidades de jarabe elaboradas en Kilogramos de Azúcar.

Por ejemplo, si se elaboraron 120 unidades de Coca Cola, el factor es el siguiente:

1 unidad de Concentrado Coca Cola = 300 lts de Jarabe Terminado

1 unidad de Concentrado Coca Cola = 203.23 Kg de Azúcar

120 unidades = 120 \* 203.23Kg = 24387.6 Kg de Azúcar utilizados

**La Cantidad Total Teórica de azúcar utilizada** será la Sumatoria de los Kilos de Edulcorante utilizado para la elaboración en ese día de los diferentes sabores de jarabe terminado de acuerdo a las necesidades de Líneas de Producción.

Consumo Teórico de Edulcorante = Suma (Kg de Azúcar utilizados para la elaboración de Jarabes Terminados).

**Análisis Para Consumo Real de Edulcorante:**

Es la cantidad total de Azúcar utilizada para el procesamiento del Azúcar empleada para la elaboración de Jarabe Simple.

**Definición:**

**Jarabe Simple:** Es una mezcla de Azúcar y Agua Tratada elaborada en un sistema de tratamiento que implica diferentes etapas de procesamiento detalladas en el diagrama de flujo del capítulo 3 (Flujograma Elaboración de Jarabe Simple).

El jarabe simple obtenido es medido a través de una unidad de medición llamada Grados Brix (°Brix) determinada mediante un equipo conocido como densitómetro.

**°Brix:** Es la cantidad de sólidos totales disueltos en agua o el porcentaje de azúcar como solución. Generalmente el jarabe simple obtenido al finalizar el proceso es de 65° - 67° Brix que es empleado para la elaboración de los diferentes sabores de jarabes terminados.

Para encontrar la cantidad de azúcar utilizada diariamente en la elaboración de jarabe simple y posterior mezcla con concentrados o bases de bebida (jarabe terminado) se toman muestras en los diferentes equipos de procesamiento que contienen jarabe simple y se miden los °Brix al siguiente día.

Nota: Ver Layout de Sistema KHS en Apéndice sección 5.3.4

<b>EQUIPOS DE PROCESAMIENTO</b>	<b>FUNCIÓN ESPECÍFICA</b>
Tanque Disolutor de azúcar	Equipo donde ingresa el azúcar desde la tolva y se mezcla con agua tratada a 80°C. (Jarabe Simple)
Tanque de Reacción	Equipo donde se refina el jarabe simple.
Filtro Cosmos	Filtro que retiene impureza

Intercambiador de Calor	Equipo que baja la temperatura de 80a.C. a 20°C
Tanque de Almacenamiento	Tanque que almacena el Jarabe Simple a 20°C antes de enviar a la Sala de Jarabe Terminado
Tanque de Agotamiento	Utilizado para recuperar los remanentes de azúcar que estaban en el filtro luego de su utilización.

Para encontrar la cantidad de azúcar que está en cada uno de los equipos y tanques de procesamiento se toman los volúmenes de jarabe contenidos en cada uno de ellos, se toman una muestra de 50 mililitros para pasarlas por el medidor de Brix (densitómetro) y se obtienen los Brix y la densidad de la muestra.

La cantidad de azúcar se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Kilos de Azúcar} = \frac{\text{Volumen de Jarabe Simple del equipo} \times \text{Brix} \times \text{densidad}}{100}$$

**La Cantidad Total Real de azúcar utilizada** será la Sumatoria de los Kilos de Edulcorante alimentados en la tolva durante todo el día ya que es un sistema continuo de procesamiento (ingreso de Azúcar diario de bodega) para la elaboración de Jarabe Simple sumado al azúcar que queda en los diferentes equipos de Procesamiento al finalizar el día:

Consumo Real de Edulcorante = Suma ( Sacos en Kilos de Azúcar usados en el día + Azúcar de los equipos de Procesamiento de jarabe simple).

**Ejercicio Práctico:**

Se elaboraron los siguientes jarabes en un determinado día:

<b>KILOS DE AZÚCAR TEÓRICOS</b>		
<b>SABOR</b>	<b>UNIDADES ELABORADAS</b>	<b>KILOS DE EDULCORANTE</b>
Coca Cola	180	36580.5
Fanta	135	34820.55
Sprite	55	11223.1405
Fiora Fresa	40	8688.8
<b>TOTAL AZÚCAR TEÓRICA EMPLEADA (Kg)</b>		<b>91312.99</b>

<b>KILOS DE AZÚCAR REAL</b>	
<b>ETAPA DEL PROCESO</b>	<b>KILOS DE EDULCORANTE</b>
Ingreso Diario de Bodega	74112
Tanque Disolutor de Azúcar	5800
Tanque de Reacción	4500
Filtro Cosmos	1500
Intercambiado de Calor	1200
Tanque de Almacenamiento	3800
Tanque de Agotamiento	400.99
<b>TOTAL AZÚCAR REAL (Kg)</b>	<b>91312.99</b>

**Consumo Teórico de Edulcorante**

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{Consumo Real de Edulcorante}}{\text{Consumo Teórico de Edulcorante}} \times 100$$

**Consumo Real de Edulcorante**

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{91312.99}{91312.99} \times 100 = 100\%$$

### 3.5.2 INDICADOR EFICIENCIA DE LÍNEA

La Eficiencia de Línea compara el número real de cajas de producto (bebidas gaseosas) elaboradas durante el tiempo pagado con el número teórico de de cajas de producto que podrían haberse elaborado. Es una medición de la eficiencia total de la operación de producción.

**El cálculo para obtener la Utilización de Línea es el siguiente:**

$$\% \text{ Eficiencia de Línea} = \frac{\text{Tiempo Ganado}}{\text{Tiempo Pagado}} \times 100$$

$$\text{Tiempo Ganado} = \frac{\text{Producción Neta de Cajas de Producto}}{\text{Velocidad Nominal de la Llenadora}}$$

**Definición:**

**Producción Neta:** Cantidad de cajas físicas de productos vendibles producidas por las líneas.

**Velocidad Nominal de la Llenadora:** Velocidad nominal indicada por el fabricante para las llenadoras instaladas en cada una de las líneas de producción.

**Tiempo Pagado:** Tiempo total pagado al personal de turno.

**Objetivo de Planta :** El rendimiento mensual para éste indicador es de 88.0 %

**Observación:** El incumplimiento a éste indicador se pueden deber a muchos factores mecánicos, eléctricos, electrónicos de los equipos instalados en la línea de producción o también operacionales que no permiten alcanzar el objetivo establecido.

**Ejercicio Práctico:**

De acuerdo al programa diario de producción se determinó elaborar 20.000 cajas físicas de Coca Cola de 3 litros en paquetes de 6 unidades. El tiempo pagado al personal de línea establecido para cumplir con lo indicado es de 10 horas.

CONDICIONES	DATOS
Velocidad Nominal de Llenadora	2000 cajas/hora
Tiempo Pagado	10 horas
Producción Neta de Cajas	18000

$$\% \text{ Eficiencia de Línea} = \frac{18000 \text{ cajas}}{2000 \text{ cajas/ hora} \times 10 \text{ horas}} \times 100$$

$$\% \text{ Efciciencia de Línea} = 90 \%$$

**NOTA:** Ver en Apéndice 5.3.1 Layout de Líneas de Producción con Envase Plástico Retornable, Vidrio y Plástico no Retornable.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

#### 4.1 PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

##### INDICADOR EDULCORANTE

##### 4.1.1 APLICACIÓN DE LA FASE 1: DEFINIR

**PROPÓSITO:** Mejorar el indicador de Rendimiento de Edulcorante que desde algunos meses atrás sus resultados no han alcanzado el objetivo establecido generando pérdidas representativas para la compañía.

**ALCANCE:** El presente estudio aplica para el área de sala de jarabes, desde la alimentación de azúcar en la tolva, el sistema de procesamiento de jarabe simple hasta la elaboración del jarabe terminado.

**HERRAMIENTA APLICADA:**

**TABLA 4.1 HOJA DE PLANEACIÓN DEL PROYECTO INDICADOR EDULCORANTE**

UNIDAD DEL NEGOCIO: ECUADOR BOTTLING COMPANY - QUITO					ÁREA DEL PROBLEMA: SALA DE JARABES									
OPORTUNIDAD O BRECHA DEL PROYECTO: MEJORAR EL INDICADOR "RENDIMIENTO DE EDULCORANTE"														
DECLARACIÓN PRELIMAR DEL PROBLEMA: DESDE HACE ALGUNOS MESES EL INDICADOR "RENDIMIENTO DE EDULCORANTE" SE HA VISTO AFECTADO POR DIFERENTES FACTORES QUE NO HAN PERMITIDO MANTENER LOS OBJETIVOS ESTABLECIDOS.														
INFORMACIÓN DEL EQUIPO:														
MIEMBROS			CARGO ACTUAL				EXPERIENCIA				% DEDICACIÓN			
SANTIAGO VASQUEZ			LÍDER DE LÍNEA JARABES				10 AÑOS				80%			
ANIBAL VERA			LÍDER DE LÍNEA JARABES				9 AÑOS				80%			
MARCO ALVAREZ			OPERADOR DE SALA DE JARABES				5 AÑOS				80%			
DIEGO SIMBAÑA			INSTRUMENTISTA DE PLANTA				8 AÑOS				80%			
CARLOS SERRANO			ESPECIALISTA MECÁNICO				12 AÑOS				80%			
ANTECEDENTES DEL EQUIPO: LOS MIEMBROS DEL EQUIPO TIENEN UN PROMEDIO DE 9 AÑOS DE EXPERIENCIA EN LA COMPAÑÍA, LA MAYOR PARTE DE ÉSTE TIEMPO RELACIONADOS DIRECTAMENTE CON EL INDICADOR DE EDULCORANTE.														
CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO														
TIEMPO	MES	JUNIO 2010				JULIO 2010				AGOSTO 2010				HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS UTILIZADAS PARA EL PROYECTO
	SEMANA	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
DEFINIR	PLANEADO													Matriz de Relación
	ACTUAL													
MEDIR	PLANEADO													Diagrama de Flujo, Gráfica de corrida, Pareto
	ACTUAL													
ANALIZAR	PLANEADO													Diagramas de Causa y efecto-
	ACTUAL													
MEJORAR	PLANEADO													Diagrama causa y efecto, Matriz de generación y selección de soluciones, Planes de Acción y Gráficas de Pareto, Cálculo del Sigma del Proceso.
	ACTUAL													
CONTROLAR	PLANEADO													Documentación del Procedimiento, Planes de Respuesta.
	ACTUAL													

#### **4.1.2 APLICACIÓN DE LA FASE 2: MEDIR**

##### **Propósito de esta Fase:**

- Medir el desempeño del proceso de elaboración de jarabe calculando la línea de base actual a través del rendimiento de edulcorante (azúcar).

##### **Medición de la situación actual.**

- Para esto se hizo un seguimiento a los valores diarios de rendimiento de edulcorante obtenidos en las condiciones que el proceso se encontraba actualmente.

##### **HERRAMIENTAS UTILIZADAS EN ÉSTA FASE:**

##### **Mapas de proceso o Diagramas de Flujo Actual.**

Ver en sección 3.3.2 Diagrama de Flujo elaboración de Jarabe Simple.

##### **COLECTAR DATOS SOBRE DEFECTOS DEL PROCESO**

La obtención de los datos encontrados en las condiciones iniciales del proceso determinó lo que realmente estaba pasando en el mismo y la variabilidad a través del tiempo, ocasionando un impacto económico en la compañía.

##### **ANÁLISIS DE DATOS:**

Se realizó un seguimiento durante el mes de Julio 2010 y se obtuvieron los siguientes datos (Ver tabla 5.2):

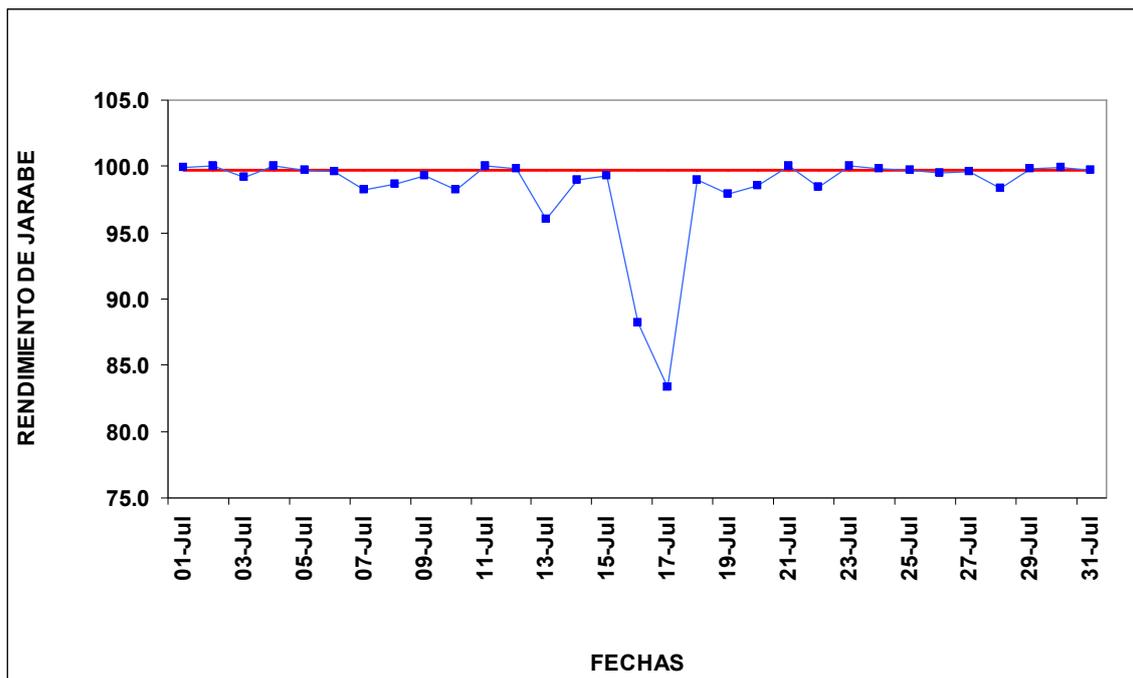
**TABLA 4.2 DATOS OBTENIDOS RENDIMIENTO DE EDULCORANTE EN EL MES DE JULIO 2010.**

<b>% RENDIMIENTO OBJETIVO</b>		<b>99.70</b>
<b>N° DATOS</b>	<b>FECHAS</b>	<b>% RENDIMIENTO DE AZUCAR</b>
1	1-Jul-2010	99.94
2	2-Jul-2010	100.00
3	3-Jul-2010	99.19
4	4-Jul-2010	100.00
5	5-Jul-2010	99.75
6	6-Jul-2010	99.60
7	7-Jul-2010	98.24
8	8-Jul-2010	98.67
9	9-Jul-2010	99.24
10	10-Jul-2010	98.20
11	11-Jul-2010	100.00
12	12-Jul-2010	99.87
13	13-Jul-2010	96.01
14	14-Jul-2010	98.94
15	15-Jul-2010	99.31
16	16-Jul-2010	88.16
17	17-Jul-2010	83.31
18	18-Jul-2010	98.94
19	19-Jul-2010	97.95
20	20-Jul-2010	98.57
21	21-Jul-2010	100.00
22	22-Jul-2010	98.47
23	23-Jul-2010	100.00
24	24-Jul-2010	100.00
25	25-Jul-2010	97.90
26	26-Jul-2010	99.56
27	27-Jul-2010	99.58
28	28-Jul-2010	98.36
29	29-Jul-2010	99.78
30	30-Jul-2010	99.95
31	31-Jul-2010	99.76
<b>PROMEDIO MES</b>		<b>98.30%</b>

### GRÁFICA DE CORRIDA

Mediante ésta gráfica se puede observar la variabilidad de los datos obtenidos del rendimiento diario de edulcorante cronológicamente obtenidos durante el mes de Julio 2010.

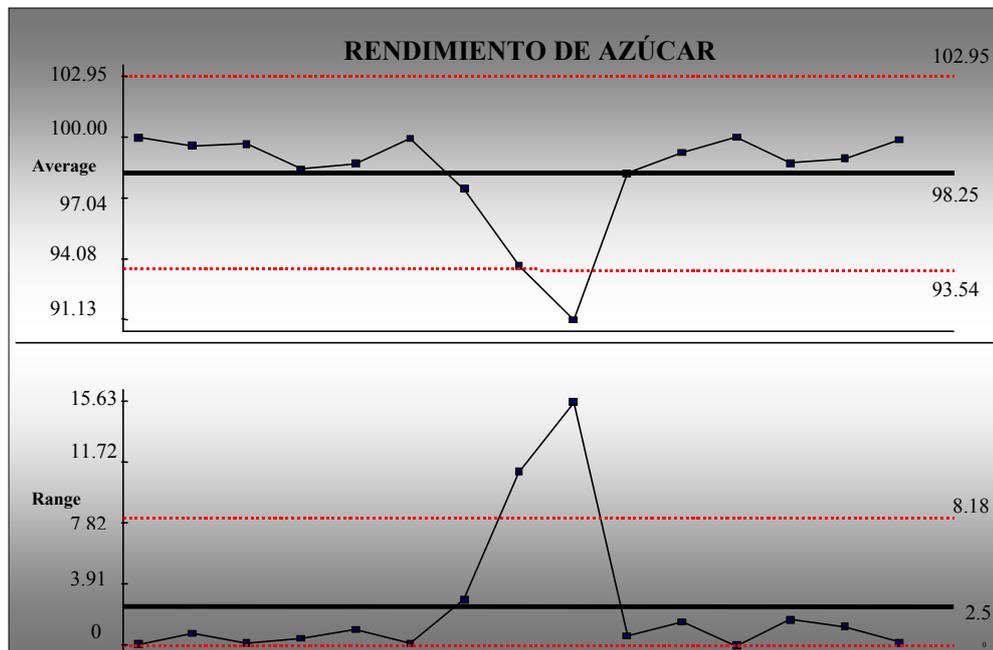
**FIGURA 4.1 GRÁFICA DE CORRIDA PARA INDICADOR EDULCORANTE OBTENIDO EN EL MES DE JULIO 2010.**



### GRÁFICAS DE CONTROL.

Tanto la gráfica de Control Promedio así como la gráfica de Rango Móvil obtenidas para el indicador de edulcorante demuestran la variabilidad del proceso donde algunos de los datos obtenidos salen de los límites de control natural del proceso (límites superior e inferior) presentando un índice de capacidad  $Cpk < 1$  demostrando con esto que el proceso no es capaz de mantenerse estable.

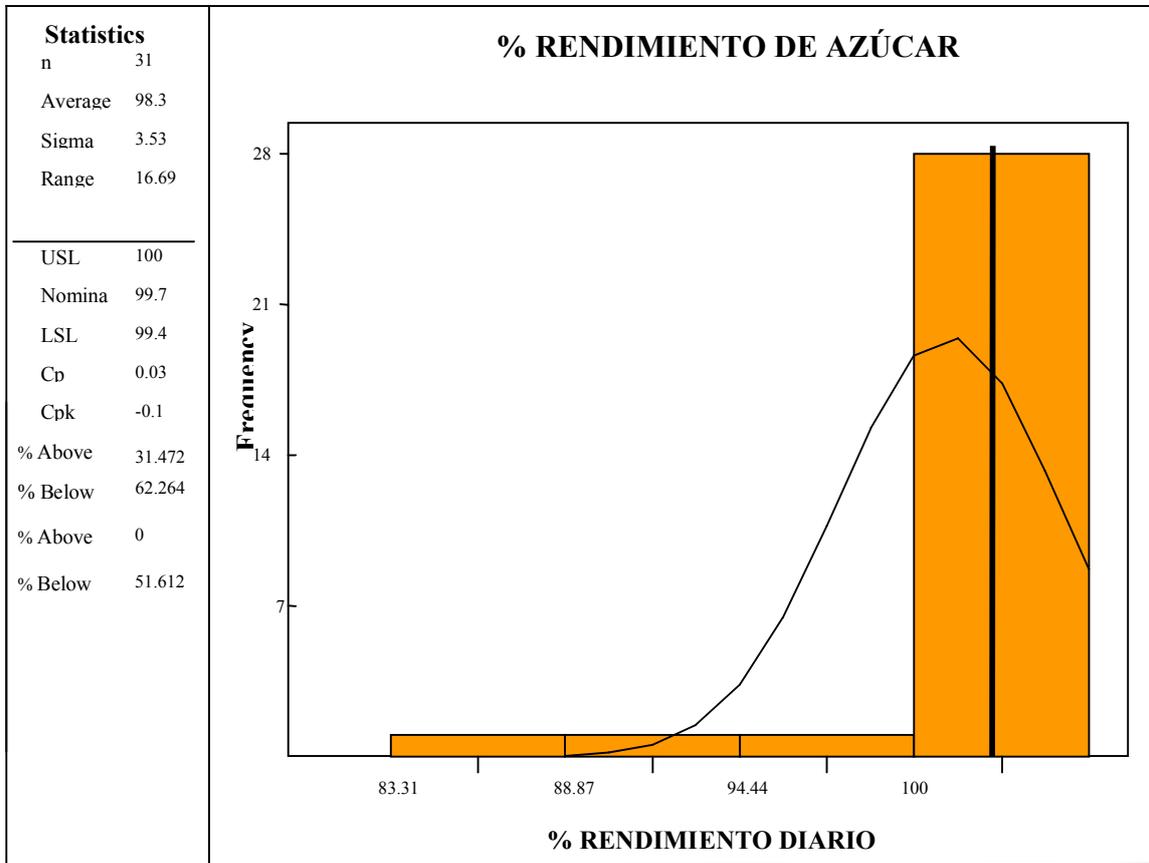
**FIGURA 4.2 GRÁFICA DE CONTROL PROMEDIO Y RANGO INDICADOR EDULCORANTE OBTENIDO EN EL MES DE JULIO 2010.**



**GRÁFICA DE FRECUENCIAS (HISTOGRAMAS)**

El Histograma obtenido utilizando los datos de rendimiento diario del edulcorante demuestra también la variación que presenta el proceso donde se observa que los datos se encuentran agrupados en varias categorías indicándonos que no están normalmente distribuidos por su variabilidad (Ver Figura 5.3)

**FIGURA 4.3 HISTOGRAMA DE LOS DATOS OBTENIDOS PARA INDICADOR EDULCORANTE EN EL MES DE JULIO 2010.**

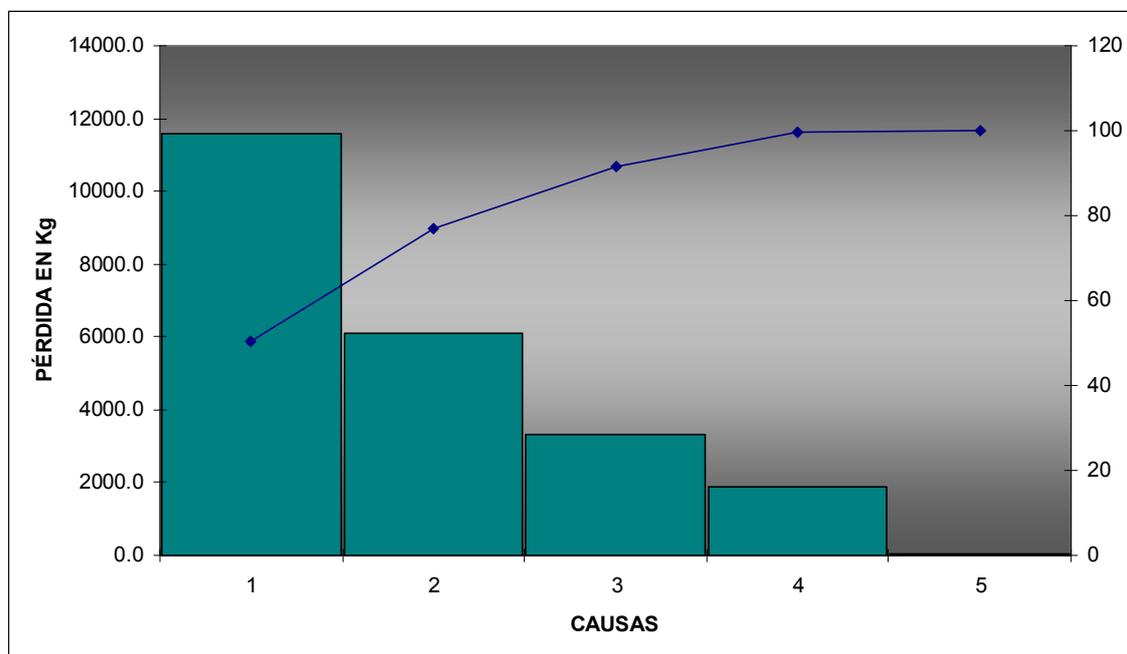


**GRÁFICAS DE PARETO.**

Mediante esta gráfica se logró identificar cuáles fueron los principales problemas que afectaron en su mayor parte al rendimiento diario de edulcorante.

La suma de los porcentajes de los primeros dos problemas equivale al 78.93% de las causas, un valor aproximado al 80:20 de la regla de Pareto, problemas que fueron atacados directamente para evitar más pérdidas de edulcorante como se verá en las fase 4 del sistema Sigma (Ver Figura 5.4 y Tabla 5.2).

**FIGURA 4.4 GRÁFICA DE PARETO INDICADOR EDULCORANTE OBTENIDA EN EL MES DE JULIO 2010.**



**TABLA 4.3 PÉRDIDA DE EDULCORANTE EN KILOGRAMOS (MES DE JULIO 2010)**

CAUSAS	PÉRDIDA EN Kg (FRECUENCIA)	FRECUENCIA ACUMULADA	% ACUMULADO
1. SELLO DE BOMBAS EN MAL ESTADO	11591.82	11591.82	50.46000767
2. PLACAS DE FILTRO COSMOS	6080.76	17672.58	76.9300117
3. FALLA OPERACIONAL	3337.87	21010.46	91.46001391
4. SENSOR DE NIVEL TANQUE DISOLUTOR	1906.70	22917.16	99.76001517
5. TAPONAMIENTO DE PREFILTROS	55.13	22972.29	100
TOTAL	22972.29		

#### **DETERMINACIÓN DE LA LÍNEA DE BASE (SIGMA DEL PROCESO)**

Para la determinación del sigma del proceso en ésta fase se obtuvieron los siguientes resultados como indica la Tabla 1 del Apéndice:

**TABLA 4.4 DETERMINACIÓN DE LA LÍNEA DE BASE (INDICADOR EDULCORANTE JULIO 2010)**

ESTIMACIÓN DEL SIGMA DEL PROCESO	
1. NÚMERO DE OPORTUNIDADES POR DEFECTO ( O )	5
2. NÚMERO DE UNIDADES OBTENIDAS ( N )	31
3. NÚMERO TOTAL DE DEFECTOS ( D )	19
4. CÁLCULO DEFECTOS POR OPORTUNIDAD ( DPO = D/N x O )	0.123
5. CÁLCULO DEL RENDIMIENTO ( R = ( 1 - DPO ) x 100 )	87.74
6. SIGMA DEL PROCESO (SEGÚN TABLA DE PROCESOS)	2.7

**Donde:**

**El Número de Oportunidades por Defecto:** se consideró las veces que el requerimiento no se cumplía, es decir; las causas que no permitían cumplir con los rendimientos de edulcorante como se observaron en los paros no programados de la Gráfica de Pareto y que fueron 5 (bombas en mal estado, mallas de filtro cosmos, falla operacional, sensor de nivel en tanque disolutor y el taponamiento de los prefiltros).

**Número de Unidades obtenidas:** es el número de datos obtenidos, en este caso los rendimientos diarios obtenidos en el mes de Julio 2010 (31 unidades).

**Número Total de Defectos:** Es el número de unidades que no cumplieron con el rendimiento objetivo establecido para la planta que es de 99.70%. En éste caso 19 datos no alcanzaron el objetivo de rendimiento de edulcorante.

El número de oportunidades por unidad debe mantenerse constante antes y después de la mejora.

**Cálculo de Defectos por Oportunidad y Rendimiento:** mediante la siguiente fórmula se puede encontrar éste parámetro que nos permitirá encontrar el rendimiento:

$$\text{RENDIMIENTO} = \left[ 1 - \frac{\text{DEFECTOS}}{\text{N}^\circ \text{ DE UNIDADES X N}^\circ \text{ DE OPORTUNIDADES}} \right] \times 100\%$$

Cálculo del Sigma del Proceso: Una vez obtenido el rendimiento y mediante la aplicación de la Tabla 1 se puede obtener la Línea de Base Actual del Proceso. Para los datos obtenidos la Línea de Base o Sigma del Proceso es de 2.7

#### **DECLARACION FINAL DEL PROBLEMA.**

En los últimos 7 meses de éste año los rendimientos de edulcorante no alcanzaron los objetivos anuales de éste indicador establecido por la compañía los cuales se presentaban con valores inferiores de rendimiento mensual del 99%. ocasionando una pérdida económica significativa con un nivel sigma actual es de 2.7

La meta es encontrar las acciones correctivas que permitan alcanzar un Nivel Sigma de 4.0

#### **4.1.3 APLICACIÓN DE LA FASE 3: ANALIZAR**

El objetivo de esta fase es identificar las causas raíz que están afectando al rendimiento diario y mensual de éste indicador.

Para esto se reunió al equipo multidisciplinario como se describió en la Hoja de Planeación del Proyecto de la Fase 1 quienes participaron con la generación de ideas aplicando la herramienta Brainstorming o Lluvia de Ideas.

#### **GENERACIÓN DE IDEAS SOBRE POTENCIALES CAUSAS RAÍCES**

Mediante el método Brainstorming se generaron muchas ideas de cada uno de los miembros del equipo de mejoramiento que se detalla en la Tabla 5.5:

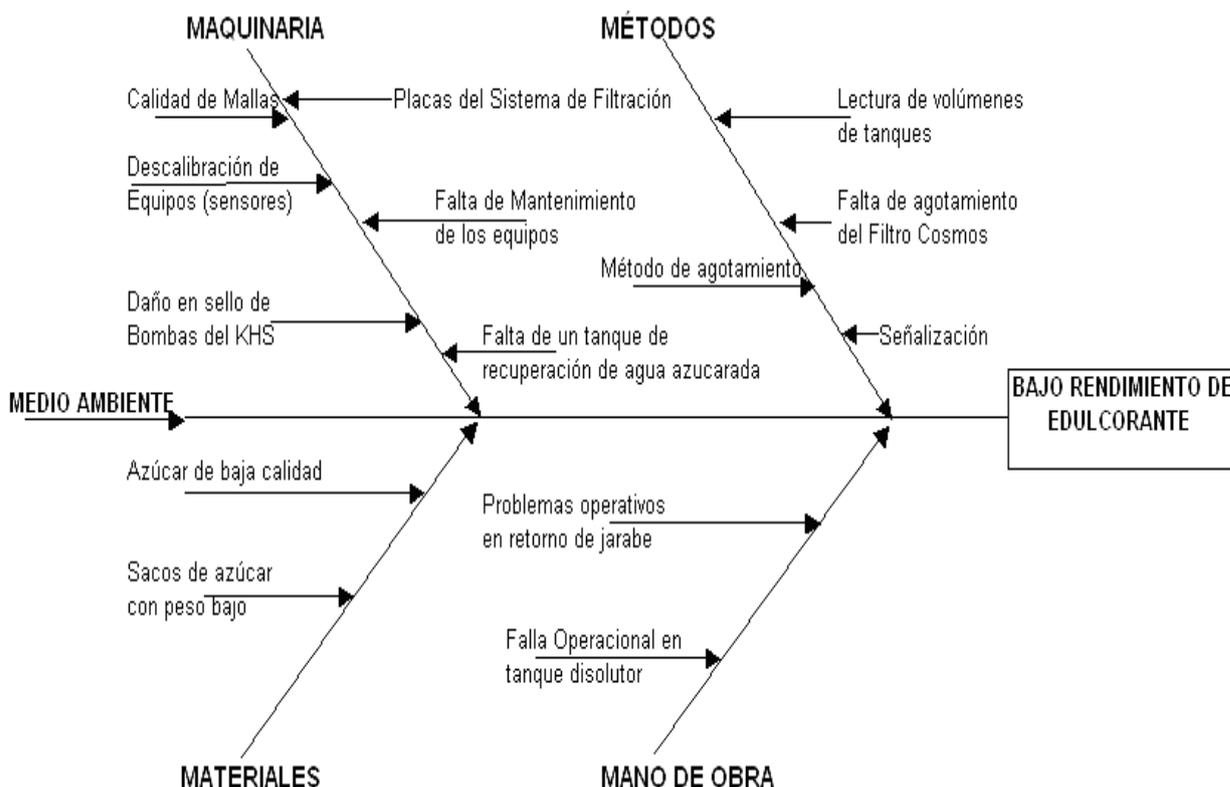
**TABLA 4.5 GENERACIÓN DE LLUVIA DE IDEAS SOBRE POTENCIALES CAUSAS.**

Nº	LLUVIA DE IDEAS
1	Problemas con las Placas del Sistema de Filtración (Filtro Cosmos)
2	Falla operacional en el Tanque Disolutor del Sistema de Elaboración de Jarabe.
3	Falta de agotamiento de la torta de carbón activado en el Filtro Cosmos que podría contener residuos de azúcar.
4	Problemas con el sello de las bombas del sistema de filtración que ocasiona derrame de jarabe.
5	Sacos de azúcar entregados por el proveedor con peso bajo.
6	Daño en sello de la bomba del tanque disolutor de jarabe.
7	Descalibración del sensor de nivel del tanque disolutor que ocasiona derrame.
8	Falla operacional en el manejo de los equipos de los tanques del Sistema KHS para elaboración de jarabe.
9	Retornos de jarabe al sistema KHS por problemas de calidad, esto ocasiona pérdida de jarabe.
10	Descalibración del Medidor de Flujo que envía volúmenes mayores de jarabe simple para elaboración de jarabe terminado.
11	Error de lectura en las regletas de los tanques del sistema KHS de elaboración de jarabe.
12	Diferencia de Volúmenes en los tanques de jarabe terminado.
13	Falta de Señalización de las tuberías de sala de jarabes.
14	No se dispone de un tanque de recuperación de agua azucarada al terminar la filtración de jarabe simple.
15	Parámetros de calidad de azúcar no cumplen con las especificaciones de la compañía.
16	Falta de mantenimiento de los equipos del área de procesamiento de jarabes.
17	Taponamiento de los prefiltros del tanque disolutor de jarabe.

**ORGANIZAR CAUSAS RAÍCES POTENCIALES (DIAGRAMA CAUSA Y EFECTO)**

**Diagrama causa y efecto:** A través de éste diagrama se determinaron las causas potenciales para identificar las causas de raíz del bajo rendimiento de edulcorante (figura 5.5).

**FIGURA 4.5 DIAGRAMA CAUSA – EFECTO (INDICADOR EDULCORANTE)**



### **SELECCIÓN DE LA CAUSA RAÍZ DEL PROBLEMA.**

Para determinar las principales causas raíz (Ver tabla 5.6) se asignaron puntajes de tal forma que el equipo multidisciplinario califica que cada una de las causas encontradas y las de mayor puntaje serán las que se seleccionarán para pasar a la siguiente fase. Los puntajes fueron los siguientes:

3: Baja probabilidad de ocurrencia

6: Mediana probabilidad de ocurrencia

9: Alta probabilidad de ocurrencia

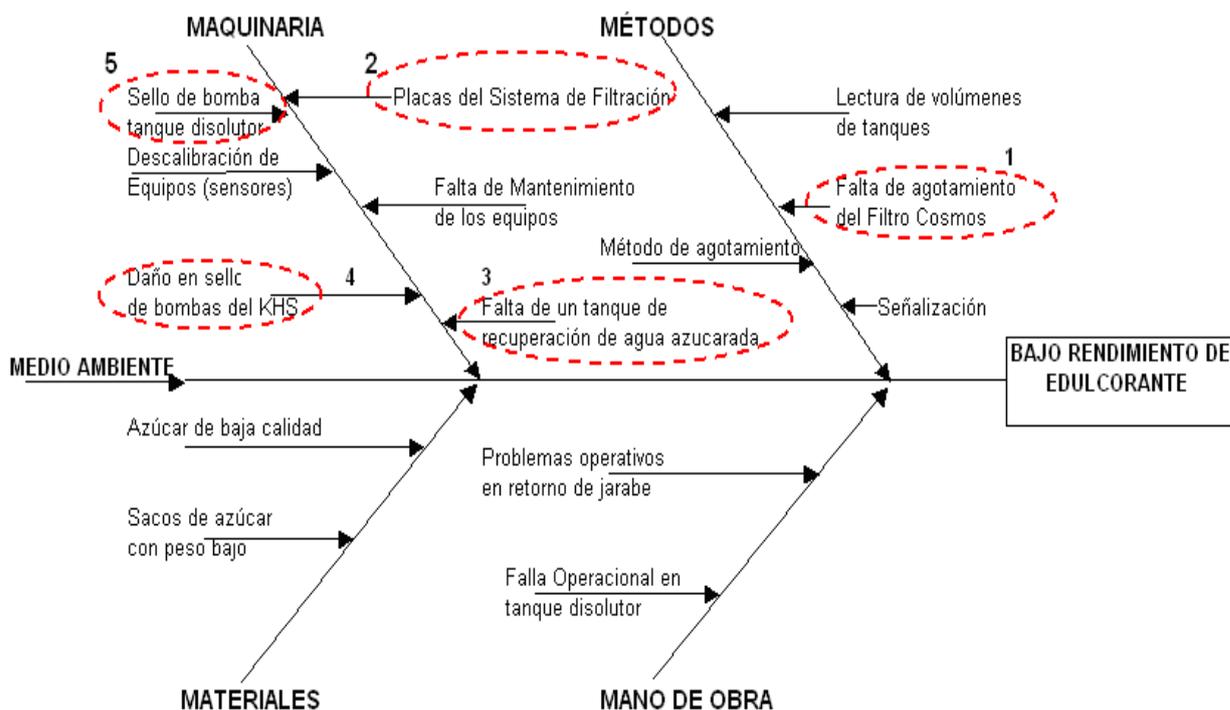
Los resultados que se encontraron fueron los siguientes:

**TABLA 4.6 SELECCIÓN DE LA CAUSAS RAÍZ INDICADOR EDULCORANTE**

Nº	LLUVIA DE IDEAS	CALIFICACIÓN DEL EQUIPO DE MEJORA					TOTAL	PRIORIDAD
1	Problemas con las Placas del Sistema de Filtración (Filtro Cosmos)	9	9	9	9	9	45	<b>2</b>
2	Falla operacional en el Tanque Disolutor del Sistema de Elaboración de Jarabe.	3	3	6	3	3	18	9
3	Falta de agotamiento de la torta de carbón activado en el Filtro Cosmos que podría contener residuos de azúcar.	9	9	9	9	9	45	<b>1</b>
4	Problemas con el sello de las bombas del sistema de filtración que ocasiona derrame de jarabe.	9	9	9	6	9	42	<b>4</b>
5	Sacos de azúcar entregados por el proveedor con peso bajo.	3	6	3	3	6	21	11
6	Daño en sello de la bomba del tanque disolutor de jarabe.	6	3	6	9	9	33	<b>5</b>
7	Descalibración del sensor de nivel del tanque disolutor que ocasiona derrame.	3	3	3	3	3	15	12
8	Falla operacional en el manejo de los equipos de los tanques del Sistema KHS para elaboración de jarabe.	3	3	3	6	3	18	8
9	Retornos de jarabe al sistema KHS por problemas de calidad, esto ocasiona pérdida de jarabe.	3	3	3	3	6	18	10
10	Descalibración del Medidor de Flujo que envía volúmenes mayores de jarabe simple para elaboración de jarabe terminado.	3	6	9	3	9	30	6
11	Error de lectura en las regletas de los tanques del sistema KHS de elaboración de jarabe.	3	3	3	3	3	15	15
12	Diferencia de Volúmenes en los tanques de jarabe terminado.	3	3	3	3	3	15	13
13	Falta de Señalización de las tuberías de sala de jarabes.	3	3	3	3	3	15	17
14	No se dispone de un tanque de recuperación de agua azucarada al terminar la filtración de jarabe simple.	9	9	9	9	9	45	<b>3</b>
15	Parámetros de calidad de azúcar no cumplen con las especificaciones de la compañía.	3	3	3	3	3	15	16
16	Falta de mantenimiento de los equipos del área de procesamiento de jarabes.	3	6	9	3	3	24	7
17	Taponamiento de los prefiltros del tanque disolutor de jarabe.	3	3	3	3	3	15	14

En el diagrama de causa-efecto se identifican las causas raíz que fueron consideradas como las más importantes y que en la siguiente fase del sistema seis sigma deben encontrarse las acciones correctivas (Ver Figura 5.6):

**FIGURA 4.6 SELECCIÓN DE LAS CAUSAS RAÍZ EN EL DIAGRAMA DE ISHIKAWA (INDICADOR EDULCORANTE).**



#### 4.1.4 APLICACIÓN DE LA FASE 4 (IMPROVE): MEJORAR

Para la aplicación de ésta fase se tomó como punto de partida los resultados encontrados en la fase 3, es decir; las causas raíces que están afectando al indicador en estudio.

#### ETAPAS PARA EL DESARROLLO DE ESTE FASE:

##### a) PERSONAL RESPONSABLE PARA BUSCAR LAS SOLUCIONES:

Para encontrar las posibles soluciones a las causas raíces encontradas se invitó a los Gerentes de Área quienes serán los nuevos integrantes del equipo de mejora con el propósito de involucrarlos en las acciones correctivas.

Los integrantes se detallan en la tabla 5.7:

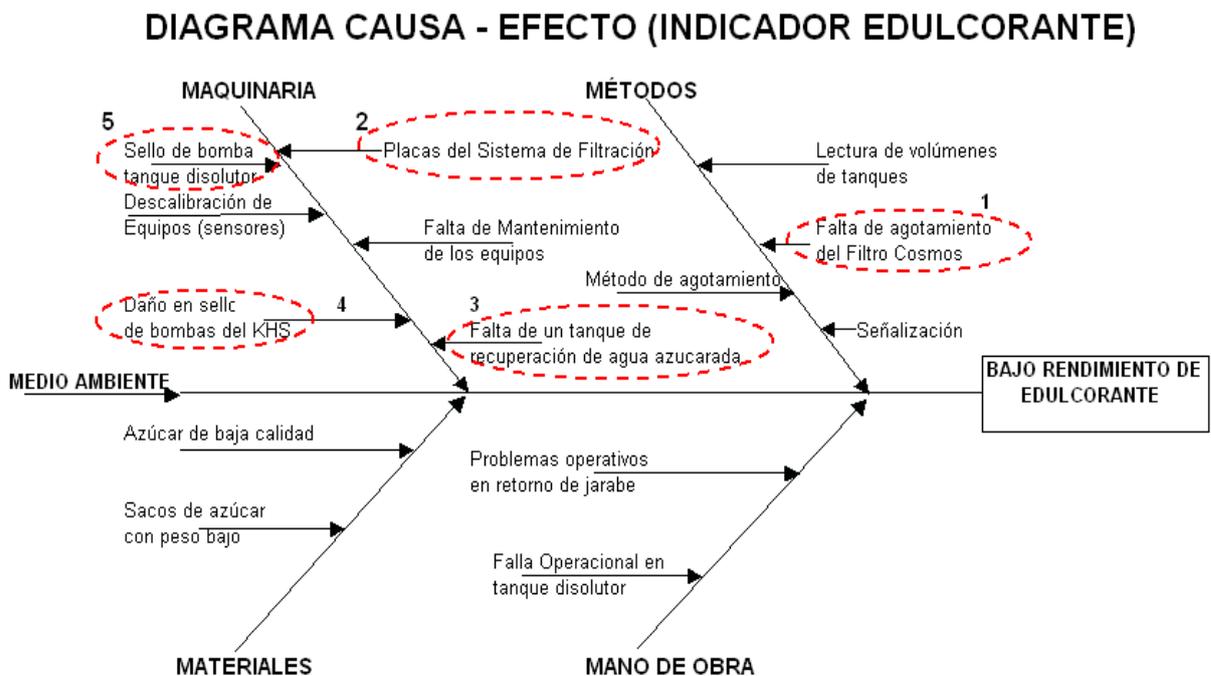
**TABLA 4.7 SELECCIÓN DEL EQUIPO DE MEJORAMIENTO CONTÍNUO.**

INFORMACIÓN DEL EQUIPO DE MEJORAMIENTO (FASE 4)			
MIEMBROS	CARGO ACTUAL	EXPERIENCIA	% COMPROMISO
Santiago Vásquez	Líder de Línea de Jarabes	10 Años	100%
Aníbal Vera	Líder de Línea de Jarabes	9 Años	100%
Marco Alvarez	Operador de Sala de Jarabes	5 Años	100%
Diego Simbaña	Instrumentista de Planta	8 Años	100%
Carlos Serrano	Especialista Mecánico	12 Años	100%
Edison Pinta	Jefe de Planta	16 Años	100%
Geovanny Puente	Gerente de Mantenimiento	14 Años	100%
Ramiro Duclos	Gerente de Operaciones	18 Años	100%
Mario Guevara	Líder del Equipo de Mejora	15 Años	100%

**b) REVISIÓN DEL PROCESO Y VERIFICACIÓN DE LA CAUSA RAÍZ.**

Adicionalmente partimos del diagrama de Causa y Efecto encontrado en la fase anterior donde se resalta con un óvalo las causas raíz principales a las que el equipo de mejora donde participan las gerencias de área aportarán para encontrar las soluciones que ayuden a mejorar el indicador de edulcorante.

**FIGURA 4.7 SELECCIÓN DE LAS CAUSAS RAÍZ EN EL DIAGRAMA DE ISHIKAWA (INDICADOR EDULCORANTE).**



**c) IDENTIFICACIÓN DE SOLUCIONES MEDIANTE TÉCNICAS DE GENERACIÓN DE IDEAS.**

Se registraron las siguientes acciones correctivas mediante la aplicación de la Matriz para la Generación de Soluciones establecida en ésta fase.

Se tomaron las 8 primeras causas raíces seleccionadas por el equipo de mejoramiento para encontrar las posibles soluciones al problema (Tabla 5.8).

**TABLA 4.8 MATRIZ PARA LA GENERACIÓN DE SOLUCIONES (EDULCORANTE)**

<b>DECLARACIÓN DEL PROBLEMA:</b> El rendimiento de edulcorante se ha visto afectado en los últimos meses ocasionando el incumplimiento a los indicadores mensuales propuestos y principalmente reflejando pérdidas para la compañía.			
<b>Nº</b>	<b>CAUSA RAÍZ</b>	<b>POSIBLES ACCIONES CORRECTIVAS</b>	<b>EXPLICACIÓN DE LAS ACCIONES PROPUESTAS</b>
1	Falta de agotamiento de la torta de carbón activado en el Filtro Cosmos con posible remanente de azúcar.	a) Cuantificar la pérdida por falta de agotamiento. b) Colocación de un tanque de recuperación para enviar el agua azucarada. c) Enviar directamente el agua de agotamiento del filtro al tanque disolutor.	El monitoreo de los remanentes de azúcar que queda en la torta y su recuperación permitirá mejorar los rendimientos de edulcorante.
2	Problemas con las Placas del Sistema de Filtración (Filtro Cosmos)	a) Reparación de las placas. b) Adquisición de placas nuevas al fabricante del filtro.	Las placas del filtro sostienen las mallas que están al interior del filtro y éstas retienen el carbón activado durante la filtración del jarabe.
3	No se dispone de un tanque de recuperación de agua azucarada al terminar la filtración de jarabe simple.	Colocación de un tanque de recuperación de acero inoxidable de 10.000 lts de capacidad para su reprocesamiento.	El agua azucarada proveniente del agotamiento del filtro puede reprocesarse para la elaboración de jarabe simple.
4	Problemas con el sello de las bombas del sistema de filtración que ocasiona derrame de jarabe.	a) Revisión de los sellos del sistema de bombas KHS. b) Adquisición de nuevos sellos a proveedor.	Las bombas del sistema de elaboración de jarabe KHS envían jarabe simple a los diferentes tanques del proceso y se detectó que en algunas bombas el sello estaba roto ocasionando pérdida de jarabe.
5	Daño en sello de la bomba del tanque disolutor de jarabe.	a) Cambio del sello de la bomba del tanque disolutor. b) Cambio por una bomba similar a la instalada.	En el tanque disolutor se disuelve toda el azúcar que proviene de la tolva con agua tratada y el daño del sello de la bomba ocasionaba pérdida de jarabe.

6	Descalibración del Medidor de Flujo que envía volúmenes mayores de jarabe simple para elaboración de jarabe terminado.	Solicitar a proveedor externo calibración del medidor de jarabes estableciendo una frecuencia semestral de calibración.	El medidor descalibrado puede enviar un volumen mayor al teórico hacia los tanques de elaboración de jarabe terminado que van a las líneas de embotellado.
7	Falta de mantenimiento de los equipos del área de procesamiento de jarabes.	Se solicitará un mantenimiento preventivo de todos los equipos de procesamiento de jarabe del sistema KHS estableciendo una frecuencia.	La falta de mantenimiento preventivo puede ocasionar un daño a los equipos del sistema de procesamiento de jarabe.
8	Falla operacional en el manejo de equipos de los tanques del Sistema KHS	Se capacitará y retroalimentará a los operadores en el manejo de los diferentes equipos del Sistema KHS.	La capacitación del personal permitirá un mejor manejo de los equipos.

**a) SELECCIÓN DE LAS SOLUCIONES PROPUESTAS MEDIANTE UNA MATRIZ.**

Mediante ésta matriz se determinó las acciones correctivas que se aplicarán para mejorar el indicar a través de un consenso en base a un puntaje con los miembros del equipo de mejora. La escala utilizada es de 1 a 5 como sugiere el sistema seis sigma para ésta fase (Ver Tabla 5.9).

**TABLA 4.9 MATRIZ SELECCIÓN DE SOLUCIONES PARA EL INDICADOR EDULCORANTE.**

PROBLEMA	CAUSA RAÍZ	ACCIÓN CORRECTIVA	ACTIVIDAD ESPECÍFICA	EFFECTIVIDAD FACILIDAD DE IMPLEMENTAR COSTO VENTA DE TOTAL POSIBILIDAD				
				5	5	1	25	SI
BAJO RENDIMIENTO DE EDULCORANTE	FALTA DE AGOTAMIENTO DEL FILTRO	CUANTIFICAR LA PÉRDIDA	MONITOREO CONTINUO	5	5	1	25	SI
		COLOCACIÓN DE UN TANQUE DE RECUPERACIÓN	COLOCACIÓN DE UN TANQUE DE ACERO INOXIDABLE	5	4	3	60	SI
		ENVÍO DIRECTO AL TANQUE DISOLUTOR	COLOCACIÓN DE TUBERÍAS DE ACERO INOXIDABLE	2	3	4	24	NO
	PLACAS DEL SISTEMA KHS	REPARACIÓN DE LAS PLACAS	COLOCACIÓN DE PERNOs EN LA PLACA	2	3	4	24	NO
		ADQUIRIR PLACAS NUEVAS	COMPRA DE PLACAS ORIGINALES	5	4	3	60	SI
	TANQUE DE RECUPERACIÓN	TANQUE DE 10.000 LTS DE CAPACIDAD	UBICACIÓN EN SISTEMA KHS	5	4	1	20	SI
	SELLO DE BOMBAS KHS	REVISIÓN MECÁNICA DE SELLOS	COMPRA DE SELLOS ORIGINALES	5	4	3	60	SI
	SELLO DE BOMBA TANQUE DISOLUTOR	CAMBIO DE SELLO	COMPRA DE UN SELLO ORIGINAL	5	4	3	60	SI
		CAMBIO DE BOMBA	COMPRA DE OTRA BOMBA	5	2	1	10	NO
	MEDIDOR DE FLUJO DESCALIBRADO	CALIBRACIÓN EXTERNA	BUSCAR PROVEEDOR	5	2	3	30	SI
	FALTA DE MANTENIMIENTO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	PLANIFICAR MANTENIMIENTO	5	4	3	60	SI
	FALLA OPERACIONAL	CAPACITACIÓN A OPERADORES	PLANIFICAR CAPACITACIÓN	5	3	3	45	SI

## b) PLANIFICACIÓN DE LAS TAREAS (PLANES DE ACCIÓN)

En ésta etapa de la fase 4 se establecen las actividades que se realizarán para implementar las soluciones propuestas indicadas en la matriz de selección de soluciones establecida anteriormente.

**TABLA 4.10 PLANES DE ACCIONES CORRECTIVAS.**

<b>MANIFESTACIÓN DEL PROBLEMA:</b> Las acciones correctivas que se implementarán permitirán mejorar el indicador rendimiento de edulcorante que no se ha mantenido estable en los últimos meses.				
<b>SOLUCIONES Y TAREAS ESPECÍFICAS</b>				
<b>TAREA/ PROYECTO</b>	<b>FECHA DE INICIO</b>	<b>FECHA FINAL</b>	<b>RESPONSABLES ¿QUIÉN (ES)?</b>	<b>STATUS</b>
Adquirir o solicitar al proveedor del Filtro Cosmos nuevas placas para mejorar el sistema de filtración del jarabe simple.	05-Julio-10	31-Julio-10	Gerencia de Operaciones	Finalizado
Solicitar a bodega industrial la compra de sellos originales para las bombas del sistema de elaboración de jarabes KHS.	05-Ago-10	20-Julio-10	Gerencia de Mantenimiento	Finalizado
Colocación de un tanque de acero inoxidable con capacidad de 10.000 lts para enviar el agua azucarada del agotamiento de la torta del filtro Cosmos al finalizar la filtración de jarabe simple.	05-Ago-10	10-Julio-10	Jefatura de mantenimiento Industrial	Finalizado
Planificar y establecer una frecuencia de Mantenimiento Preventivo con el propósito de controlar el funcionamiento de los equipos del Sistema de filtración de jarabe KHS.	05-Julio-10	15-Julio-10	Jefatura de mantenimiento Industrial	Finalizado
Adquisición de un sello original para la bomba del tanque disolutor del sistema KHS	05-Julio-10	20-Julio-10	Jefatura de mantenimiento Industrial	Finalizado
Planificar capacitación sobre el buen funcionamiento y control de los equipos electrónicos del sistema de elaboración de jarabe KHS	05-Julio-10	15-Julio-10	Jefatura de Manufactura	En ejecución
Monitorear de forma continua el agotamiento del filtro cosmos una vez terminada la filtración del jarabe simple.	05-Julio-10	30-Ago-10	Jefe de Procesos	Finalizado
Solicitar a gerencia de mantenimiento la calibración externa del medidor de flujo de jarabes con un medidor certificado.	05-Julio-10	18-Julio-10	Gerencia de Mantenimiento	Finalizado

**f) EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS:**

**ANÁLISIS DE DATOS ACTUALES:**

Luego de aplicar las acciones correctivas se realizó un seguimiento durante el mes de Agosto 2010 y se obtuvieron los siguientes datos:

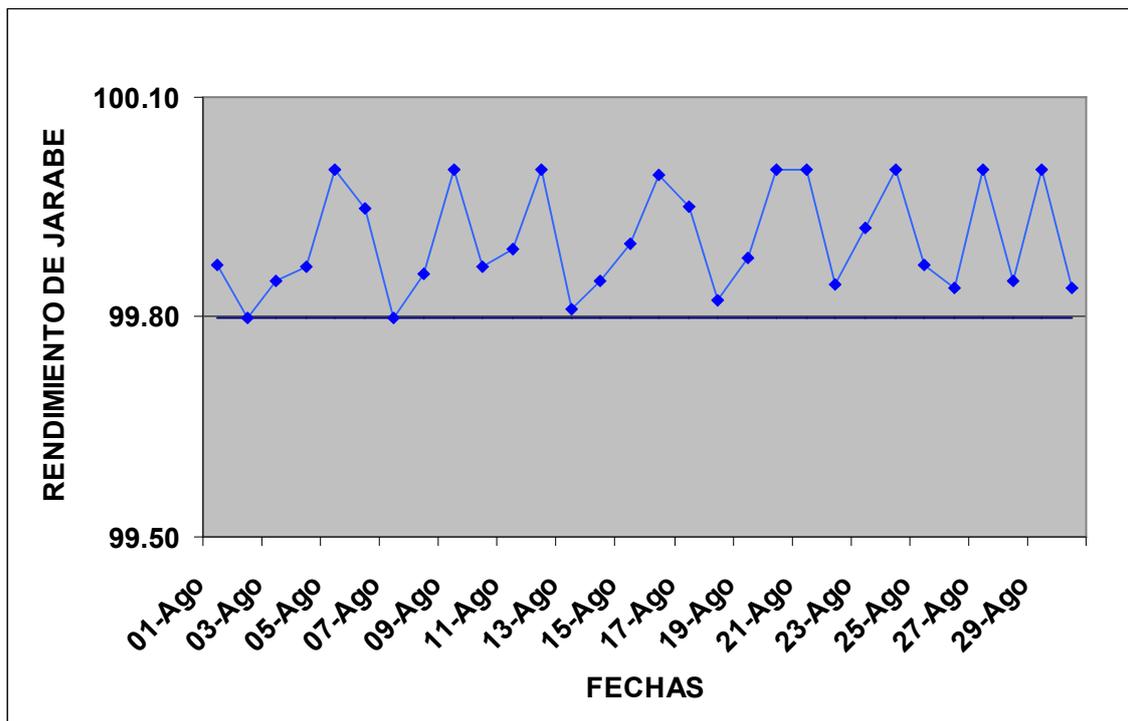
**TABLA 4.11 DATOS OBTENIDOS RENDIMIENTO DE EDULCORANTE EN EL MES DE AGOSTO 2010.**

<b>RENDIMIENTO OBJETIVO</b>		<b>99.80</b>
<b>N° DATOS</b>	<b>FECHAS</b>	<b>RENDIMIENTO DE AZÚCAR</b>
1	1-Ago-2010	99.87
2	2-Ago-2010	99.80
3	3-Ago-2010	99.85
4	4-Ago-2010	99.87
5	5-Ago-2010	100.00
6	6-Ago-2010	99.95
7	7-Ago-2010	99.80
8	8-Ago-2010	99.86
9	9-Ago-2010	100.00
10	10-Ago-2010	99.87
11	11-Ago-2010	99.89
12	12-Ago-2010	100.00
13	13-Ago-2010	99.81
14	14-Ago-2010	99.85
15	15-Ago-2010	99.90
16	16-Ago-2010	99.99
17	17-Ago-2010	99.95
18	18-Ago-2010	99.82
19	19-Ago-2010	99.88
20	20-Ago-2010	100.00
21	21-Ago-2010	100.00
22	22-Ago-2010	99.84
23	23-Ago-2010	99.92
24	24-Ago-2010	99.99
25	25-Ago-2010	99.87
26	26-Ago-2010	99.84
27	27-Ago-2010	100.00
28	28-Ago-2010	99.85
29	29-Ago-2010	100.00
30	30-Ago-2010	99.84
<b>PROMEDIO MES</b>		<b>99.90%</b>

### GRÁFICA DE CORRIDA

A través de ésta gráfica (Figura 5.8) se puede observar que los datos obtenidos cronológicamente del rendimiento diario de edulcorante durante el mes de Agosto 2010 muestran un comportamiento dentro de los límites establecidos superando el objetivo planteado para éste mes del 99.80%.

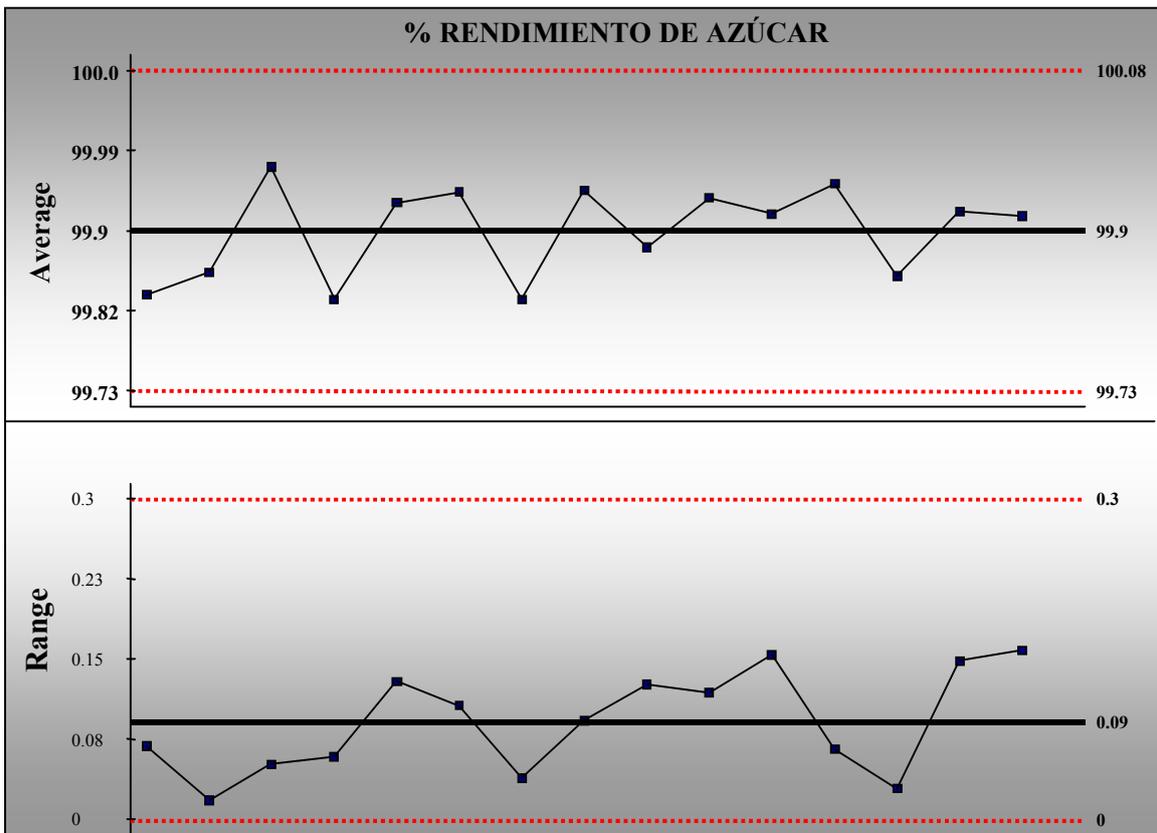
**FIGURA 4.8 GRÁFICA DE CORRIDA PARA INDICADOR EDULCORANTE OBTENIDO EN EL MES DE AGOSTO 2010.**



### GRÁFICAS DE CONTROL.

Tanto la gráfica de Control Promedio así como la gráfica de Rango Móvil obtenidas para el indicador de edulcorante se encuentran dentro de los límites de control natural del proceso y dentro de los límites de especificación.

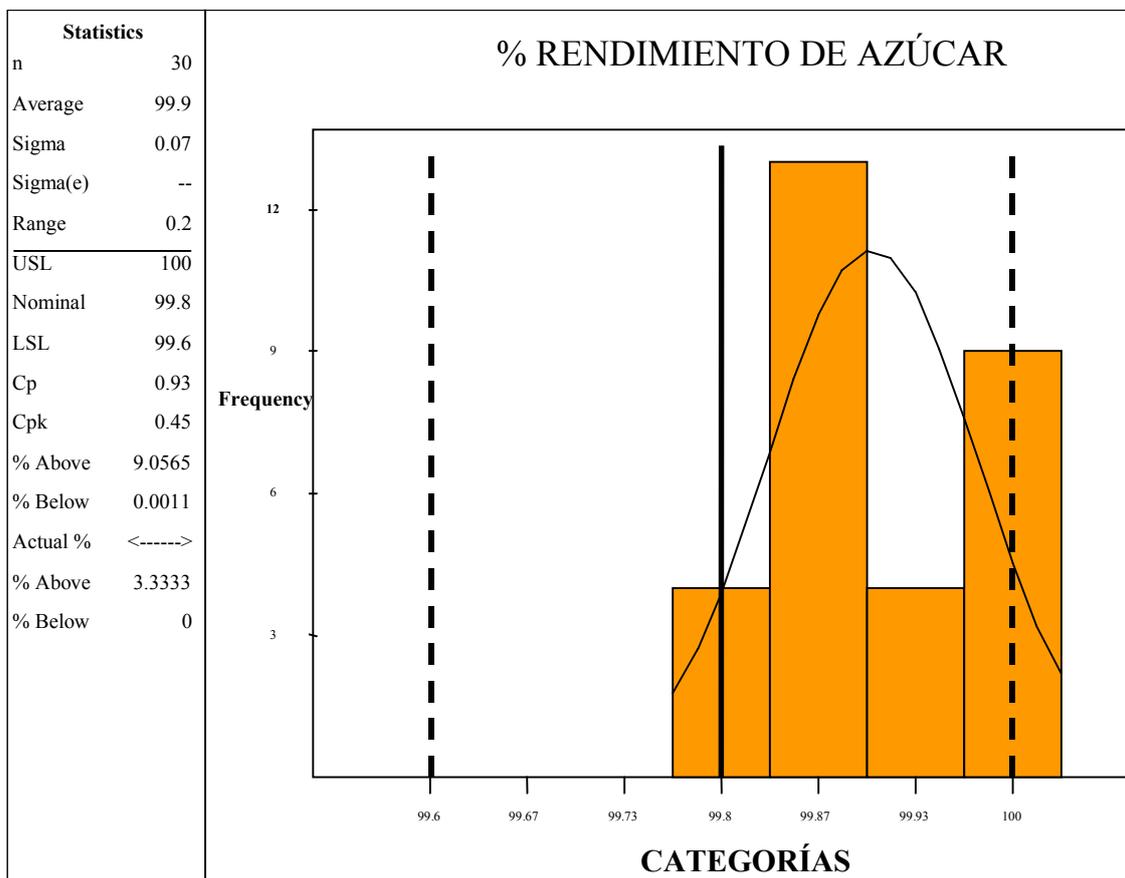
**FIGURA 4.9 GRÁFICA DE CONTROL PROMEDIO Y RANGO INDICADOR EDULCORANTE OBTENIDO EN EL MES DE AGOSTO 2010.**



### GRÁFICA DE FRECUENCIAS (HISTOGRAMAS)

El Histograma obtenido indica que la mayor parte de los datos no presentan variabilidad lo que permite agruparlos en categorías que se encuentran dentro de los límites de tolerancia establecidos.

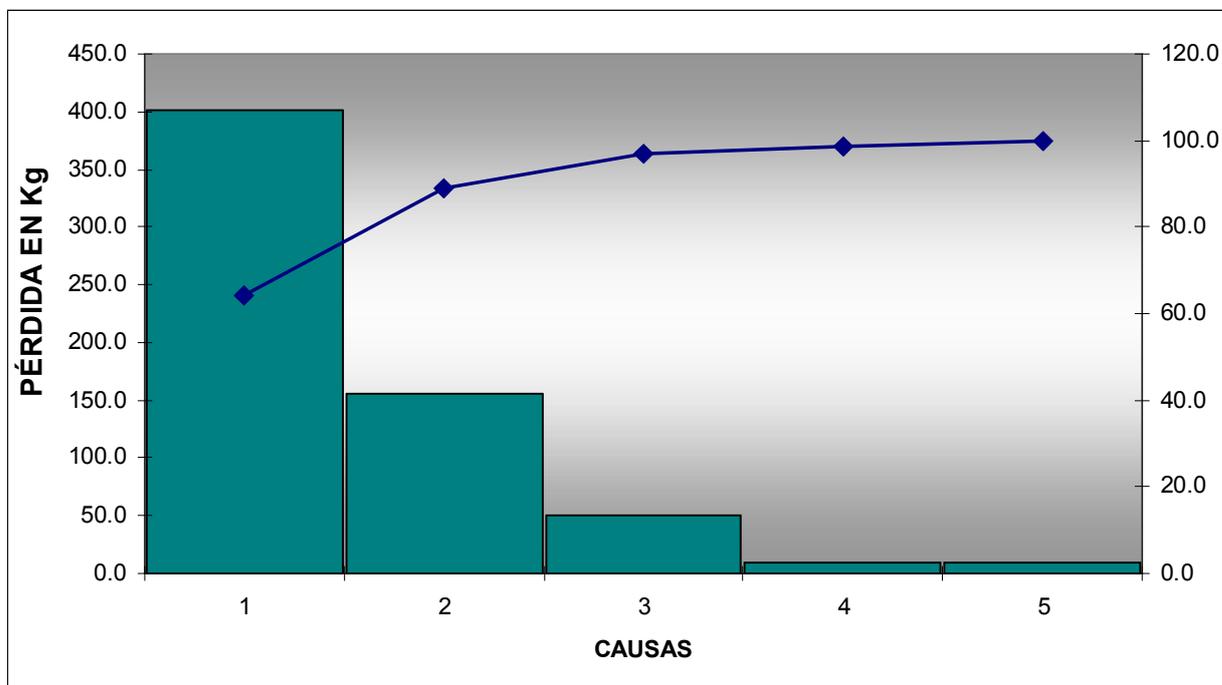
**FIGURA 4.10 HISTOGRAMA DE LOS DATOS OBTENIDOS PARA INDICADOR EDULCORANTE EN EL MES DE AGOSTO 2010.**



**GRÁFICAS DE PARETO.**

Mediante ésta gráfica se puede observar la reducción de pérdida de edulcorante que se obtuvo una vez aplicadas las acciones correctivas en relación a los miles de Kilogramos de azúcar perdidos inicialmente y que están registrados en la fase 2 (Medir).

**FIGURA 4.11 GRÁFICA DE PARETO INDICADOR EDULCORANTE OBTENIDA EN EL MES DE AGOSTO 2010.**



**TABLA 4.12 PÉRDIDA DE EDULCORANTE EN KILOGRAMOS (MES DE AGOSTO 2010)**

CAUSAS	PÉRDIDA EN Kg (FRECUENCIA)	FRECUENCIA ACUMULADA	% ACUMULADO
1. SELLO DE BOMBAS EN MAL ESTADO	401.27	401.27	64.06
2. PLACAS DE FILTRO COSMOS	155.33	556.60	88.85
3. FALLA OPERACIONAL	50.85	607.44	96.97
4. SENSOR DE NIVEL TANQUE DISOLUTOR	9.00	616.44	98.40
5. TAPONAMIENTO DE PREFILTROS	10.00	626.44	100.00
TOTAL	626.44		

#### **g) CÁLCULO DEL SIGMA DEL PROCESO (ACTUAL):**

Debido a que no se presentaron errores en la obtención del rendimiento diario y al sobrepasar el objetivo establecido para éste indicador se alcanzó a obtener un nivel de sigma 6 ( Ver Apéndice Tabla 1).

**TABLA 4.13 DETERMINACIÓN DE LA LÍNEA DE BASE (INDICADOR EDULCORANTE AGOSTO 2010)**

<b>ESTIMACIÓN DEL SIGMA DEL PROCESO</b>	<b>JULIO</b>	<b>AGOSTO</b>
<b>1. NÚMERO DE OPORTUNIDADES POR DEFECTO ( O )</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
<b>2. NÚMERO DE UNIDADES OBTENIDAS ( N )</b>	<b>31</b>	<b>31</b>
<b>3. NÚMERO TOTAL DE DEFECTOS ( D )</b>	<b>19</b>	<b>0.0</b>
<b>4. CÁLCULO DEFECTOS POR OPORTUNIDAD( <math>DPO = D/N \times O</math> )</b>	<b>0.123</b>	<b>0.0</b>
<b>5. CÁLCULO DEL RENDIMIENTO <math>R = ( 1 - DPO ) \times 100</math></b>	<b>87.74</b>	<b>100</b>
<b>6. SIGMA DEL PROCESO (SEGÚN TABLA DE PROCESOS)</b>	<b>2.7</b>	<b>6.0</b>

#### **4.1.5 APLICACIÓN DE LA FASE 5: CONTROLAR**

##### **a) DESARROLLAR Y DOCUMENTAR PRÁCTICAS ESTÁNDAR**

El siguiente procedimiento operacional estándar fue desarrollado para mejorar el rendimiento de edulcorante una vez aplicadas las acciones correctivas por parte del equipo de mejoramiento:

**TÍTULO:** Mejoramiento del Rendimiento de Edulcorante.

**ALCANCE:** Aplica al área de Jarabes de la planta de Ecuador Bottling Company – Quito.

##### **RESPONSABLES:**

Líderes de Jarabes

Jefe de Procesos

Jefe de Planta

##### **PROCEDIMIENTO ESTÁNDAR:**

1. Enviar el azúcar proveniente de bodega hacia la tolva del sistema.

2. Enviar en forma automática el azúcar de la tolva hacia el tanque disolutor para disolver el azúcar con agua tratada y pasteurizarla a 80°C.
3. El sistema envía inmediatamente la mezcla de azúcar y agua (jarabe simple) hacia un tanque de reacción donde simultáneamente es inyectado carbón activado para la purificación del jarabe.
4. Una vez listo el filtro Cosmos, se produce la recirculación del jarabe con carbón activado desde el tanque de reacción hacia el filtro para luego enviarlo a un intercambiador de calor que baja la temperatura del jarabe a 20°C y lo envía a un tanque de almacenamiento.
5. El tanque de almacenamiento contiene el jarabe simple listo para la elaboración de jarabe terminado donde se mezclará con los concentrados y bases de bebida de acuerdo al sabor a preparar.
6. Una vez que el filtro del sistema KHS terminó el proceso de filtración (aproximadamente 45.000 lts de jarabe simple), el operador debe proceder con el agotamiento del azúcar que queda en la torta de carbón activado retenida en el filtro.
7. Para esto, envía 1500 lts de agua tratada al filtro para remover el remanente de azúcar y enviar el primer enjuague al tanque de reacción.
- 8.. El operador debe enviar un segundo enjuague con 6000 lts. de agua tratada al filtro para un agotamiento total, éste enjuague se transferirá a el tanque de almacenamiento (tanque de acero inoxidable de 10.000 lts de capacidad).
9. El agua de éste enjuague contiene azúcar que será utilizada para alimentar al tanque disolutor para una nueva preparación de jarabe simple.
10. El operador deberá registrar mediante medición de la cantidad de azúcar disuelta en el agua del segundo enjuague (grados brix) en el registro respectivo.
11. En cada turno se realizará el cálculo del rendimiento de edulcorante tomando los datos necesarios para el mismo y utilizando la fórmula:

**Consumo Teórico de Edulcorante**

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{Consumo Teórico de Edulcorante}}{\text{Consumo Real de Edulcorante}} \times 100$$

## **b) MONITOREO DEL PROCESO**

El proceso para mejorar el rendimiento de edulcorante debe ser monitoreado de acuerdo al siguiente cuadro y en la frecuencia indicada:

**TABLA 4.14 MONITOREO DEL PROCESO INDICADOR EDULCORANTE**

<b>ETAPA DEL PROCESO</b>	<b>FRECUENCIA DE CONTROL</b>
Control de temperatura y volumen del tanque disolutor del Sistema KHS	Cada 2 horas
Presión de entrada y salida del sistema de filtración ( 4 Bares)	Cada hora
Agotamiento del filtro	Luego de cada 45.000 lts de jarabe simple filtrado.
Medición del Brix en el agua de agotamiento del tanque de recuperación.	En cada agotamiento de la torta de carbón activado que se encuentra en el filtro.
Limpieza de las placas del Filtro Cosmos.	Cada 4 horas de funcionamiento
Cálculo del rendimiento de edulcorante	Cada 12 horas (por turno)

## **c) CERRAR Y DIFUNDIR EL PROYECTO**

El proyecto fue formalizado mediante la creación de un procedimiento estándar para la recuperación de los remantes de azúcar que quedaban en la torta de carbón activado en el filtro cosmos y difundido electrónicamente en el Sistema de Gestión a la vez que fue entregado mediante un documento (procedimiento operativo estándar) a todo el personal del área de jarabes para su inmediata implementación.

## **d) CREACIÓN DE UN PLAN DE RESPUESTA.**

Este plan se basa en un resumen de la forma en que se recolectan los datos elaborado por el equipo de mejoramiento (Tabla 5.15):

Se revisó el diagrama de flujo de elaboración de Jarabe Simple y se encontró que éste podía modificarse para realizar un mejor agotamiento del filtro cosmos que contenía residuos o remanente de azúcar.

El diagrama de flujo mejorado se indica en el Apéndice “Fig. 3.6 Flujograma Mejorado para Elaboración de Jarabe” resaltado a color y que permitirá una mejor optimización de éste recurso.

**TABLA 4.15 PLANES DE RESPUESTA INDICADOR EDULCORANTE**

MEDICIONES	OBJETIVO	MÉTODO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	MÉTODOS DE CONTROL	MEJORAMIENTO DEL PROCESO
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Mediciones del contenido de azúcar en el agua de enjuague enviada al tanque de recuperación de acero inoxidable proveniente del agotamiento de la torta de carbón activado con remanente de edulcorante una vez que finaliza la filtración de jarabe simple.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Recuperar el remanente de azúcar adsorbida en la torta de carbón activado retenida en el filtro cosmos al finalizar la filtración.</li> <li>➤ Utilizar éste remanente para reprocesamiento a fin de optimizar ésta materia prima.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Determinación de grados brix en el agua azucarada de recuperación utilizando el densitómetro DMA 58.</li> <li>➤ Determinación por turno de trabajo del rendimiento de edulcorante para mejor un control.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Gráficas de corrida.</li> <li>➤ Gráficas de Control Promedio y Rango Móvil.</li> <li>➤ Histogramas.</li> <li>➤ Gráficas de Pareto.</li> <li>➤ Determinación del nivel sigma del proceso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Se alcanzó un nivel sigma mayor al propuesto por el equipo de mejoramiento gracias al apoyo directo de la gerencia de operaciones como a los aportes de miembros del equipo multidisciplinario . El nivel sigma alcanzado fue de 6.</li> </ul>

## 4.1.2 PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

### EFICIENCIA DE LÍNEAS

#### 4.1.2.1 APLICACIÓN DE LA FASE 1: DEFINIR

**PROPÓSITO:** Mejorar el indicador Eficiencia de Línea de Planta que no ha alcanzado el objetivo mensual establecido por la compañía, ocasionando una deficiente utilización de los equipos instalados en las líneas de producción.

**ALCANCE:** El presente estudio aplica para el área de producción o manufactura de la planta Ecuador Bottling Company – Quito.

#### HERRAMIENTA APLICADA:

**TABLA 4.16 HOJA DE PLANEACIÓN DEL PROYECTO INDICADOR EFICIENCIA DE LÍNEAS**

UNIDAD DEL NEGOCIO: ECUADOR BOTTLING COMPANY - QUITO					ÁREA DEL PROBLEMA: EFICIENCIA DE LÍNEAS									
OPORTUNIDAD O BRECHA DEL PROYECTO: MEJORAR EL INDICADOR "EFICIENCIA DE LÍNEAS"														
DECLARACIÓN PRELIMAR DEL PROBLEMA: DESDE HACE ALGUNOS MESES EL INDICADOR "EFICIENCIA DE LÍNEA" NO HA ALCANZADO LOS OBJETIVOS DE PLANTA POR CAUSAS QUE DEBEN ANALIZARSE.														
INFORMACIÓN DEL EQUIPO:														
MIEMBROS		CARGO ACTUAL				EXPERIENCIA		% DEDICACIÓN						
LUIS CASTILLO		LIDER DE LÍNEA ENVASE PLÁSTICO				25 AÑOS		85%						
FABIÁN NUÑEZ		LIDER DE LÍNEA ENVASE DE VIDRIO				20 AÑOS		85%						
FRANKLIN GUDIÑO		OPERADOR DE LLENADORA				5 AÑOS		85%						
IVAN ERAZO		ESPECIALISTA MECÁNICO				15 AÑOS		85%						
GABRIEL SIMBANA		ESPECIALISTA ELECTRÓNICO				4 AÑOS		85%						
ANTECEDENTES DEL EQUIPO: LOS MIEMBROS DEL EQUIPO TIENEN UN PROMEDIO DE 13 AÑOS DE EXPERIENCIA EN LA COMPAÑÍA Y CONOCEN DE LOS DIFERENTES EQUIPOS QUE FORMAN PARTE DE LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN.														
CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO														
TIEMPO	MES	JUNIO 2010				JULIO 2010				AGOSTO 2010				HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS UTILIZADAS PARA EL PROYECTO
	SEMANA	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
DEFINIR	PLANEADO													Matriz de Relación
	ACTUAL													
MEDIR	PLANEADO													Diagrama de Flujo, Gráfica de corrida, Pareto
	ACTUAL													
ANALIZAR	PLANEADO													Diagramas de Causa y efecto-
	ACTUAL													
MEJORAR	PLANEADO													Diagrama causa y efecto, Matriz de generación y selección de soluciones, Planes de Acción y Gráficas de Pareto, Cálculo del Sigma del Proceso.
	ACTUAL													
CONTROLAR	PLANEADO													Documentación del Procedimiento, Planes de Respuesta.
	ACTUAL													

#### **4.1.2.2 APLICACIÓN DE LA FASE 2: MEDIR**

##### **Propósito de esta Fase:**

- Medir el desempeño del proceso calculando la línea de base actual a través de la eficiencia de líneas.

##### **Medición de la situación actual.**

- Para éste estudio se realizó un seguimiento a la eficiencia de líneas de planta durante el mes de Julio 2010 para analizar las condiciones actuales antes de aplicar las siguientes fases del sistema seis sigma.

##### **HERRAMIENTAS UTILIZADAS EN ÉSTA FASE:**

###### **COLECTAR DATOS SOBRE DEFECTOS DEL PROCESO**

Los datos obtenidos con el equipo de mejoramiento permitieron encontrar las condiciones iniciales de la eficiencia de líneas y determinaron lo que realmente estaba pasando. Estos valores reflejan la variabilidad de la eficiencia a través del tiempo, demostrando que es necesario encontrar las causas para un mejor aprovechamiento de la capacidad instalada de los equipos.

###### **ANÁLISIS DE DATOS:**

En la tabla 4.17 se indican los datos obtenidos para el indicador de Eficiencia de Líneas alcanzando un promedio mensual de 68.42%

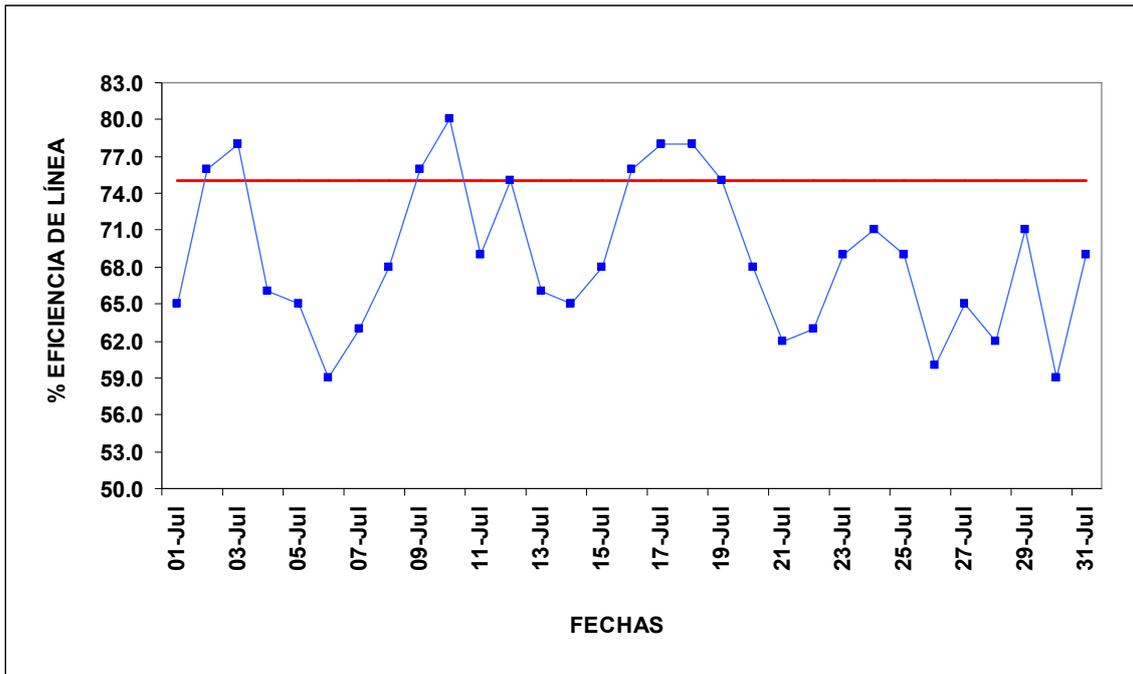
**TABLA 4.17 DATOS OBTENIDOS EFICIENCIA DE LÍNEAS EN EL MES DE JULIO 2010.**

<b>% EFICIENCIA OBJETIVO</b>		<b>75.00</b>
<b>N° DATOS</b>	<b>FECHAS</b>	<b>EFICIENCIA DE LÍNEAS</b>
1	1-Jul-2010	65
2	2-Jul-2010	76
3	3-Jul-2010	78
4	4-Jul-2010	66
5	5-Jul-2010	65
6	6-Jul-2010	59
7	7-Jul-2010	63
8	8-Jul-2010	68
9	9-Jul-2010	76
10	10-Jul-2010	80
11	11-Jul-2010	69
12	12-Jul-2010	75
13	13-Jul-2010	66
14	14-Jul-2010	65
15	15-Jul-2010	68
16	16-Jul-2010	76
17	17-Jul-2010	78
18	18-Jul-2010	78
19	19-Jul-2010	75
20	20-Jul-2010	68
21	21-Jul-2010	62
22	22-Jul-2010	63
23	23-Jul-2010	69
24	24-Jul-2010	61
25	25-Jul-2010	66
26	26-Jul-2010	60
27	27-Jul-2010	65
28	28-Jul-2010	62
29	29-Jul-2010	71
30	30-Jul-2010	59
31	31-Jul-2010	69
<b>PROMEDIO MES</b>		<b>68.42%</b>

### GRÁFICA DE CORRIDA

Mediante ésta gráfica se puede observar la variabilidad de los datos obtenidos de la eficiencia de planta cronológicamente obtenidos durante el mes de Julio 2010.

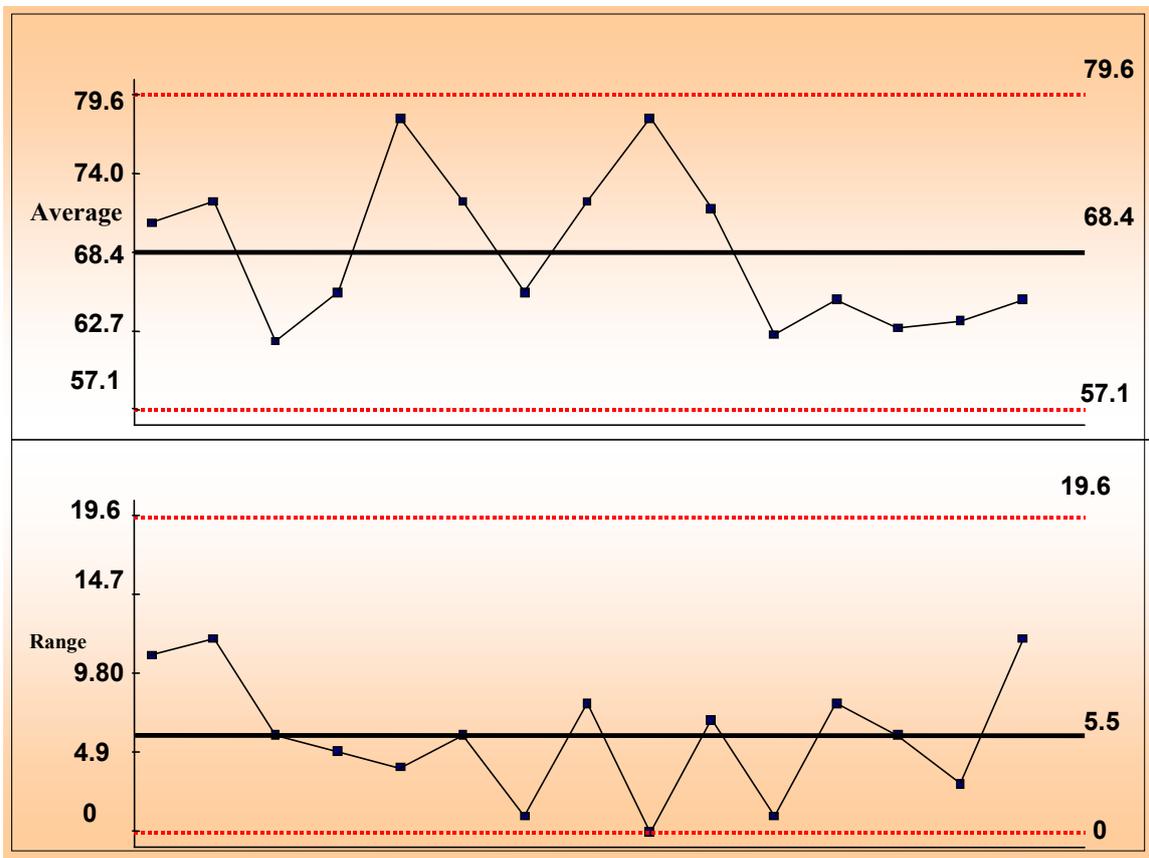
**FIGURA 4.12 GRÁFICA DE CORRIDA PARA INDICADOR EFICIENCIA DE LÍNEAS OBTENIDO EN EL MES DE JULIO 2010.**



### GRÁFICAS DE CONTROL.

La gráfica de control promedio y rango móvil obtenido indica una amplia variabilidad de los datos obtenidos presentando ciclos que demuestran una inestabilidad de la eficiencia de líneas (Ver Figura 4.13).

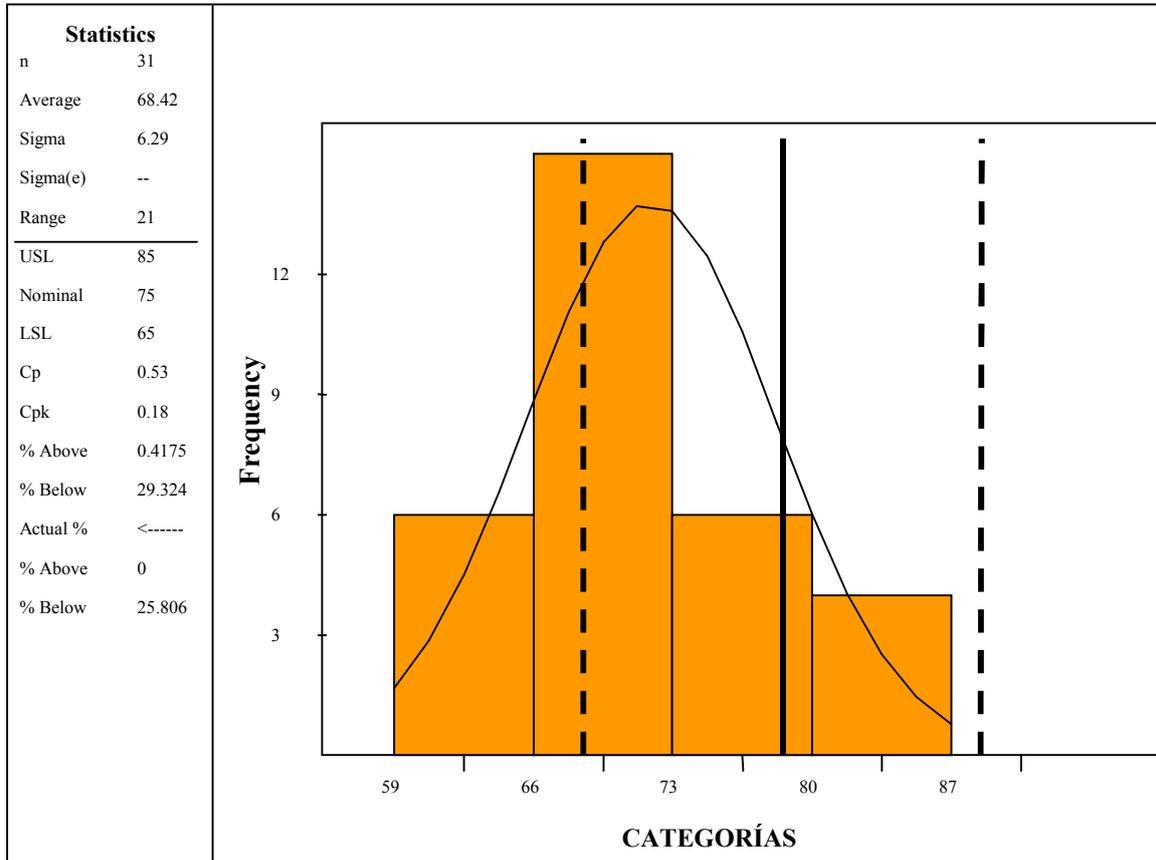
**FIGURA 4.13 GRÁFICA DE CONTROL PROMEDIO Y RANGO INDICADOR EFICIENCIA DE LÍNEA OBTENIDO EN EL MES DE JULIO 2010.**



**GRÁFICA DE FRECUENCIAS (HISTOGRAMAS)**

El Histograma obtenido utilizando los datos de rendimiento diario del edulcorante demuestra también la variación que presenta el proceso donde se observa que los datos se encuentran agrupados en varias categorías indicándonos que no están normalmente distribuidos por su variabilidad (Ver figura 4.14).

**FIGURA 4.14 HISTOGRAMA DE DATOS OBTENIDOS PARA INDICADOR EFICIENCIA DE LÍNEAS EN EL MES DE JULIO 2010.**

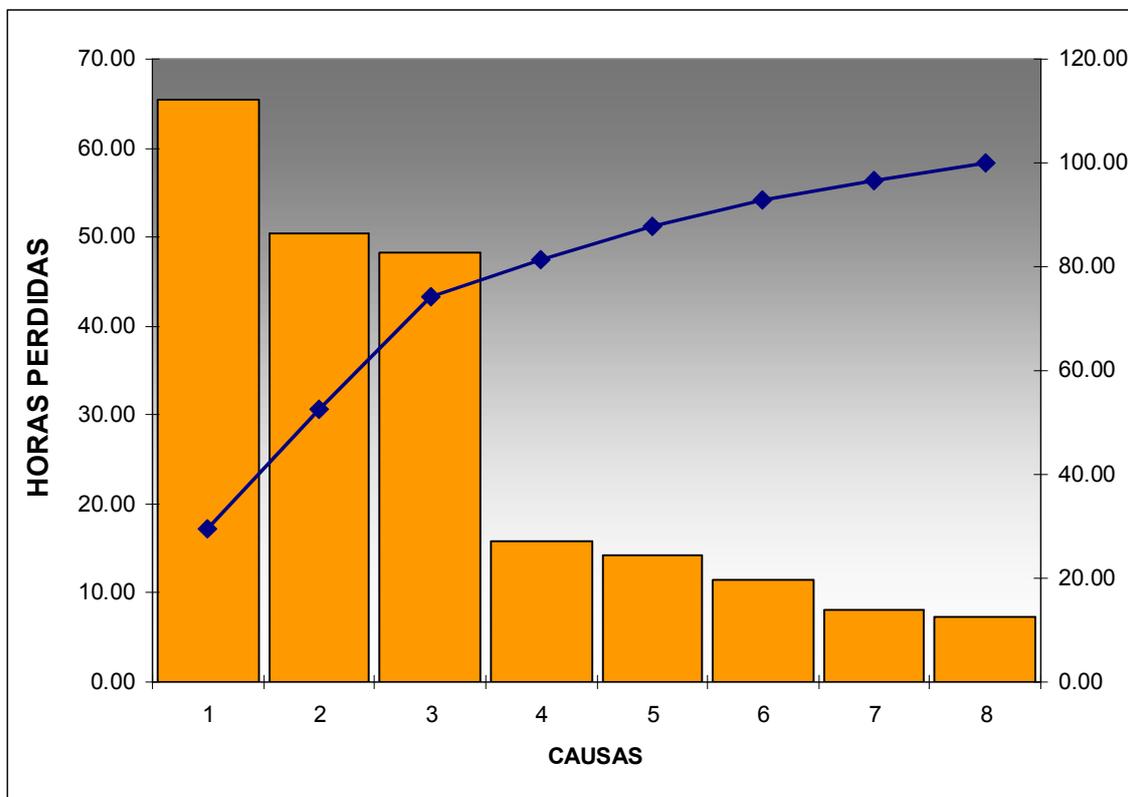


### GRÁFICAS DE PARETO.

Mediante esta gráfica se logró identificar cuáles fueron los principales problemas que afectaron en su mayor parte a la eficiencia de líneas de la planta embotelladora (Ver figura 4.15).

La suma de los porcentajes de las tres barras más representativas equivale al 74.3% de las causas, un valor cercano al 80:20 de la regla de Pareto y que deben ser analizados en las fases posteriores de éste sistema de mejoramiento.

**FIGURA 4.15 GRÁFICA DE PARETO INDICADOR EFICIENCIA DE LÍNEAS OBTENIDO EN EL MES DE JULIO 2010.**



**TABLA 4.18 PAROS NO PROGRAMADOS QUE AFECTARON LA EFICIENCIA DE LÍNEAS (MES DE JULIO 2010)**

CAUSAS	HORAS PERDIDAS (FRECUENCIA)	FRECUENCIA ACUMULADA	% ACUMULADO
1. LLENADORA DE BOTELLAS	65.50	65.50	29.65
2. INSPECTOR ELECTRÓNICO DE BOTELLAS	50.36	115.86	52.45
3. DAÑO EN FILTRO COSMOS (DESABASTECIMIENTO DE JARABE)	48.24	164.10	74.29
4. TERMOFORMADORA DE PAQUETES CON PRODUCTO NO RETORNABLE	15.78	179.88	81.43
5. DESPALETIZADOR DE CAJAS CON ENVASE VACÍO	14.21	194.09	87.86
6. EMPACADORA DE CAJAS CON PRODUCTO	11.42	205.51	93.03
7. TRANSPORTADOR DE BOTELLAS	8.03	213.54	96.66
8. OTROS	7.37	220.91	100.00
<b>TOTAL</b>	<b>220.91</b>		

## DETERMINACIÓN DE LA LÍNEA DE BASE (SIGMA DEL PROCESO)

Para la determinación del sigma del proceso en éste fase se obtuvieron los siguientes resultados considerando el sigma obtenido en la tabla 1 del Apéndice:

**TABLA 4.19 DETERMINACIÓN DE LA LÍNEA DE BASE (INDICADOR EFICIENCIA DE LÍNEA JULIO 2010).**

ESTIMACIÓN DEL SIGMA DEL PROCESO	
1. NÚMERO DE OPORTUNIDADES POR DEFECTO ( O )	7
2. NÚMERO DE UNIDADES OBTENIDAS ( N )	31
3. NÚMERO TOTAL DE DEFECTOS ( D )	22
4. CÁLCULO DEFECTOS POR OPORTUNIDAD ( $DPO = D/N \times O$ )	0.123
5. CÁLCULO DEL RENDIMIENTO ( $R = ( 1 - DPO ) \times 100$ )	89.86
6. SIGMA DEL PROCESO (SEGÚN TABLA DE PROCESOS)	2.8

**Donde:**

**El Número de Oportunidades por Defecto:** se consideró las veces que el requerimiento no se cumplía, es decir; las causas que no permitían alcanzar el objetivo de eficiencia de línea como se observaron en los paros no programados de la Gráfica de Pareto y que fueron 7 (llenadota de botellas, inspector electrónico, falta de jarabe por daño en filtro cosmos, termoformadora de paquetes con producto, despaletizador de cajas, empacadaroda de cajas con producto terminado y transportador de botellas).

**Número de Unidades obtenidas:** es el número de datos obtenidos, en este caso las eficiencias obtenidos durante los días del mes de Julio 2010 (31 unidades).

**Número Total de Defectos:** Es el número de días que no cumplieron con objetivo de eficiencia de línea establecido para la planta que es de 75%. En éste caso 22 datos no alcanzaron la meta indicada.

El número de oportunidades por unidad debe mantenerse constante antes y después de la mejora.

**Cálculo de Defectos por Oportunidad y Rendimiento:** mediante la siguiente fórmula se puede encontrar éste parámetro que nos permitirá encontrar el rendimiento:

$$\text{RENDIMIENTO} = \left[ 1 - \frac{\text{DEFECTOS}}{\text{N}^\circ \text{ DE UNIDADES X N}^\circ \text{ DE OPORTUNIDADES}} \right] \times 100\%$$

**Cálculo del Sigma del Proceso:** Una vez obtenida la eficiencia y mediante la aplicación de la Tabla 1 se puede obtener la Línea de Base Actual del Proceso. Para los datos obtenidos la Línea de Base o Sigma del Proceso es de 2.8

#### **DECLARACION FINAL DEL PROBLEMA.**

En los últimos meses los valores de eficiencia de línea no alcanzaron los objetivos establecidos por la compañía presentando valores inferiores a 75% por paros no programados repetitivos presentados en las líneas de producción afectando directamente a la eficiencia de línea y ocasionando el incumplimiento a los programas de producción planificados.

La meta es encontrar las acciones correctivas que permitan revertir éstos problemas y alcanzar un Nivel Sigma de 4.0 planteado por el equipo de mejoramiento.

#### **4.1.2.3 APLICACIÓN DE LA FASE 3: ANALIZAR**

El objetivo de esta fase es identificar las causas raíz que están afectando a la eficiencia de línea obtenido de forma diaria y mensual.

Para esto se reunió al equipo multidisciplinario como se describió en la Hoja de Planeación del Proyecto de la Fase 1 quienes participaron con la generación de ideas aplicando la herramienta Brainstorming o Lluvia de Ideas.

#### **GENERACIÓN DE IDEAS SOBRE POTENCIALES CAUSAS RAÍCES**

Mediante el método Brainstorming se generaron muchas ideas de cada uno de los miembros del equipo de mejoramiento que se detallan a continuación:

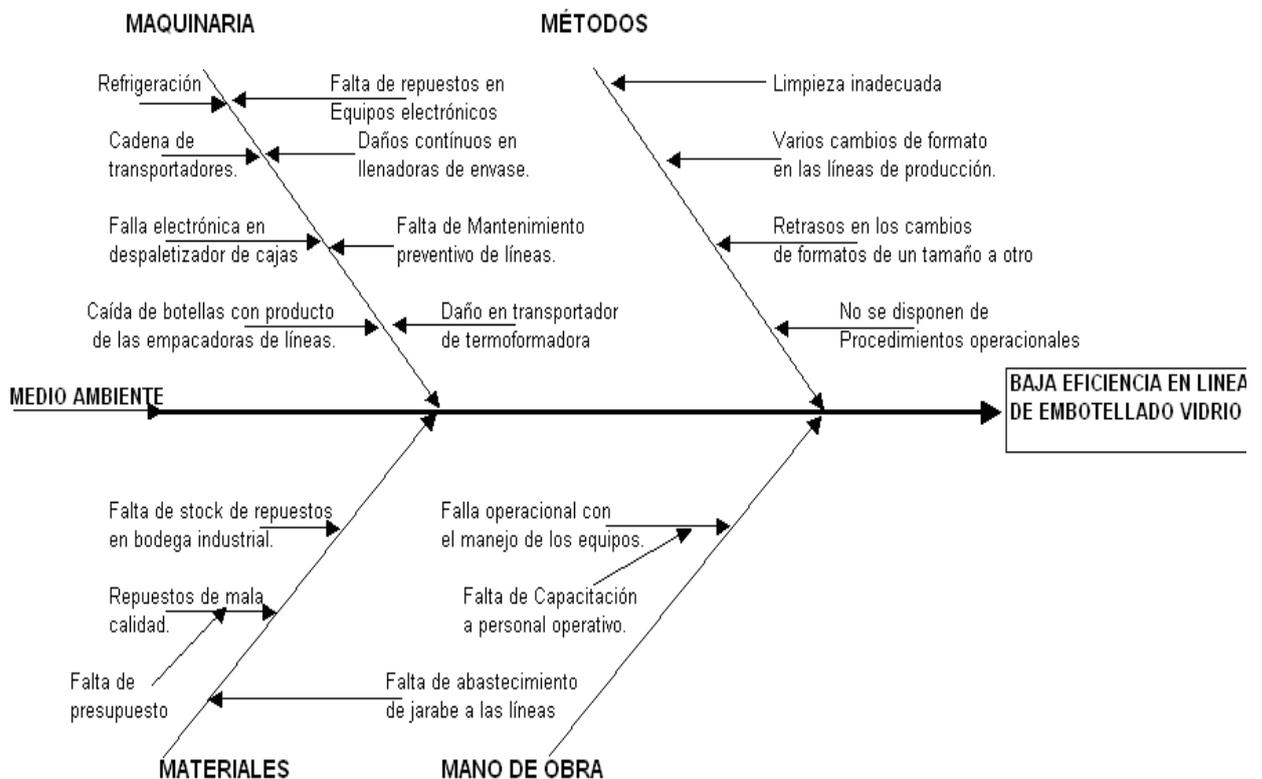
**TABLA 4.20 GENERACIÓN DE LLUVIA DE IDEAS SOBRE POTENCIALES CAUSAS.**

Nº	LLUVIA DE IDEAS
1	Falta de programación para mantenimiento preventivo de Líneas.
2	Falla operacional en el manejo de los principales equipos como son llenadora de envase, lavadora de botellas, termoformadora, desempacadora, empacadora, paletizador y despaletizador de cajas, equipos de inspección electrónica, etc.
3	Falta de abastecimiento de jarabe terminado a las líneas de producción por problemas presentados con el filtro cosmos lo que ha ocasionado paros no programados.
4	Falta de stock de repuestos en bodega para el cambio oportuno en los equipos que presentan daños.
5	Daños continuos en las llenadoras de botellas de las líneas de producción ocasionando paros prolongados.
6	Varios cambios de formato en las líneas que afectan la continuidad en las producciones.
7	Paros continuos en los inspectores electrónicos de envase retornable por falta de repuestos originales.
8	Caída de botellas con producto terminado en las empacadoras lo que ocasiona paros en las líneas de producción.
9	Daño en el transportador del túnel de la termoformadora de paquetes con producto terminado.
10	Rotura de eslabones en las cadenas de los transportadores de botellas.
11	Falla electrónica en el despaletizador de cajas con envase lo que no permite una alimentación continua de botellas a las líneas.
12	No se dispone de repuestos mecánicos o electrónicos de buena calidad.
13	Equipos electrónicos de inspección de botellas vacías descalibrados.
14	Retrasos en los cambios de formato de un tamaño a otro por parte de los operadores de línea.
15	No se dispone de un procedimiento operacional entregado a los operadores para el buen manejo de los equipos.
16	Falta de presupuesto para la compra de repuestos.
17	Retraso del área de compras para la adquisición de los repuestos solicitados para los equipos.
18	Limpieza inadecuada de los equipos por parte del personal de línea y operadores, esto podría afectar el tiempo de vida de los componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos.
19	Baja velocidad en la llenadora de botellas por rebote de bebida debido a la falta de refrigeración.
20	Falta de capacitación a los operadores de línea para el manejo de equipos

## ORGANIZAR CAUSAS RAÍCES POTENCIALES (DIAGRAMA CAUSA Y EFECTO)

**Diagrama causa y efecto:** A través de éste diagrama se determinaron las causas potenciales para identificar la causa de raíz que ocasiona problemas con la eficiencia de líneas.

**FIGURA 4.16 DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO OBTENIDO PARA INDICADOR EFICIENCIA DE LÍNEAS.**



## SELECCIÓN DE LA CAUSA RAÍZ DEL PROBLEMA.

Para determinar las principales causas raíz se asignaron puntajes de tal forma que el equipo multidisciplinario califica que cada una de las causas encontradas y las de mayor puntaje serán las que se seleccionarán para pasar a la siguiente fase (Tabla 4.12). Los puntajes fueron los siguientes:

3: Baja probabilidad de ocurrencia

6: Mediana probabilidad de ocurrencia

9: Alta probabilidad de ocurrencia

Los resultados que se encontraron fueron los siguientes:

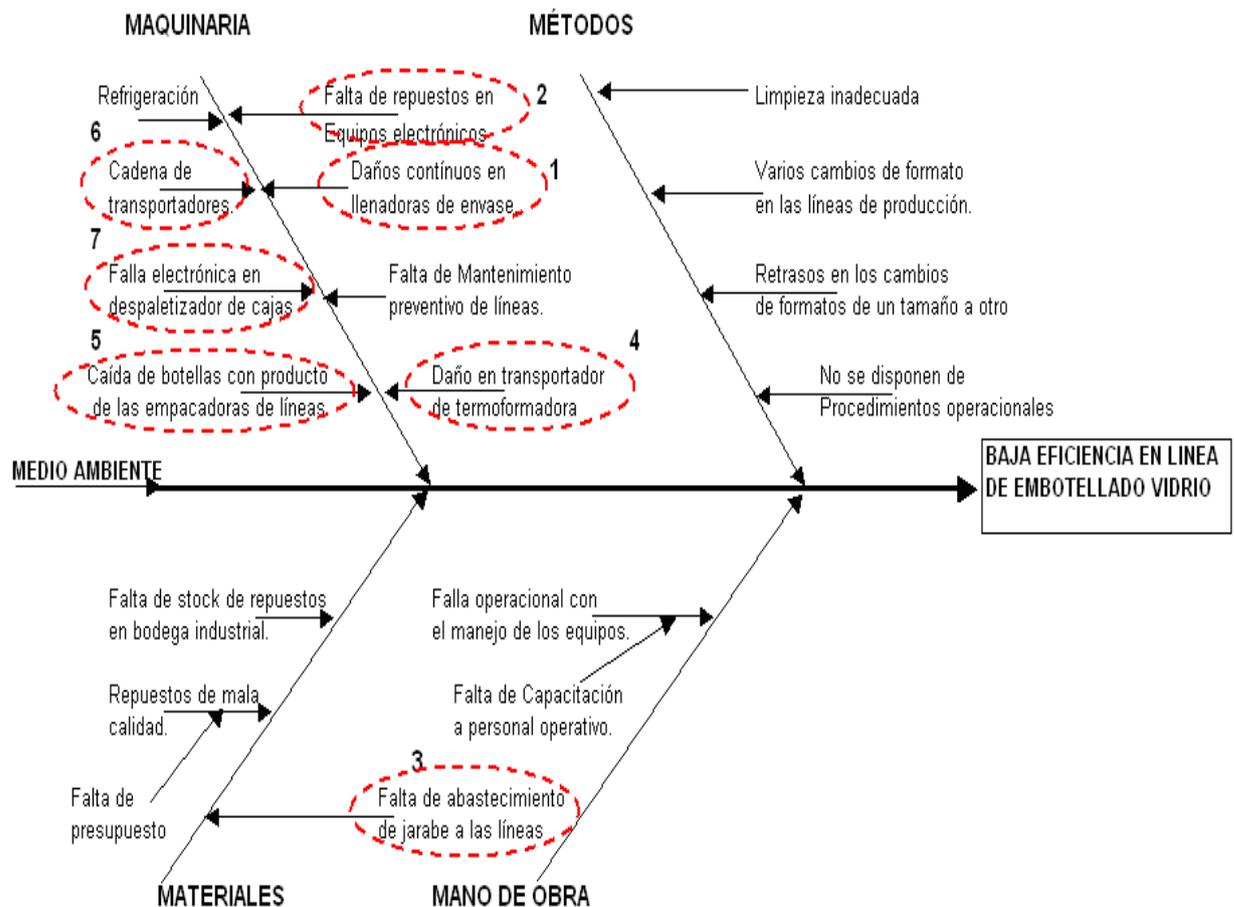
**TABLA 4.21 SELECCIÓN DE CAUSAS RAÍZ INDICADOR EFICIENCIA DE LÍNEAS**

Nº	LLUVIA DE IDEAS	CALIFICACIÓN DEL EQUIPO DE MEJORA					TOTAL	PRIORIDAD
1	Falta de programación para mantenimiento preventivo de Líneas.	3	3	6	3	3	18	14
2	Falla operacional en el manejo de los principales equipos.	3	3	6	6	3	21	11
3	Falta de abastecimiento de jarabe terminado a las líneas de producción por problemas con filtro cosmos lo que ocasiona paros no programados.	9	9	9	9	6	42	<b>3</b>
4	Falta de stock de repuestos en bodega para el cambio oportuno en los equipos que presentan daños.	6	6	3	3	3	21	8
5	Daños continuos en las llenadoras de botellas de las líneas de producción ocasionando paros prolongados	9	9	9	9	9	45	<b>1</b>
6	Varios cambios de formato en las líneas que afectan la continuidad en las producciones.	3	3	3	3	3	15	20
7	Paros continuos en los inspectores electrónicos de envase retornable por falta de repuestos originales.	9	9	9	9	9	45	<b>2</b>
8	Caída de botellas con producto terminado en las empacadoras lo que ocasiona paros en las líneas de producción.	6	9	6	6	9	36	<b>5</b>
9	Daño en el transportador del túnel de la termoformadora de paquetes con producto terminado.	6	9	9	9	6	39	<b>4</b>
10	Rotura de eslabones en las cadenas de los transportadores de botellas.	6	3	3	6	6	24	<b>6</b>
11	Falla electrónica en el despaletizador de cajas con envase lo que no permite una alimentación continua de botellas a las líneas.	3	3	6	6	3	21	<b>7</b>
12	No se dispone de repuestos mecánicos o electrónicos de buena calidad.	3	3	3	3	3	15	19
13	Equipos electrónicos de inspección de botellas vacías descalibrados.	3	3	3	6	3	18	12
14	Retrasos en los cambios de formato de un tamaño a otro por parte de los operadores de línea.	3	6	3	3	3	18	13
15	No se dispone de un procedimiento operacional entregado a los operadores para el buen manejo de los equipos.	3	3	3	6	3	18	16

16	Falta de presupuesto para la compra de repuestos.	6	3	6	3	3	21	9
17	Retraso del área de compras para la adquisición de los repuestos solicitados para los equipos.	3	6	6	3	3	21	10
18	Limpieza inadecuada de los equipos por parte del personal de línea y operadores.	3	3	3	3	3	15	17
19	Baja velocidad en la llenadora de botellas por rebote de bebida debido a la falta de refrigeración.	3	3	3	6	3	18	15
20	Falta de capacitación a los operadores de línea para el manejo de equipos	3	3	3	3	3	15	18

En el diagrama de causa-efecto se identifican las causas raíz que fueron consideradas como las más importantes y que en la siguiente fase del sistema seis sigma deben encontrarse las acciones correctivas:

**FIGURA 4.17 SELECCIÓN DE CAUSAS RAÍZ INDICADOR EFICIENCIA DE LÍNEAS EN DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO.**



### 3.1.2.4 APLICACIÓN DE LA FASE 4 (IMPROVE): MEJORAR

Para la aplicación de ésta fase se tomó como punto de partida los resultados encontrados en la fase 3, es decir; las causas raíces que están afectando al indicador en estudio.

#### ETAPAS PARA EL DESARROLLO DE ESTE FASE:

##### a) PERSONAL RESPONSABLE PARA BUSCAR LAS SOLUCIONES:

Para encontrar las posibles soluciones a las causas raíces encontradas se invitó a los Gerentes de Área quienes serán los nuevos integrantes del equipo de mejora con el propósito de involucrarlos en las acciones correctivas.

Los integrantes se detallan en el cuadro adjunto:

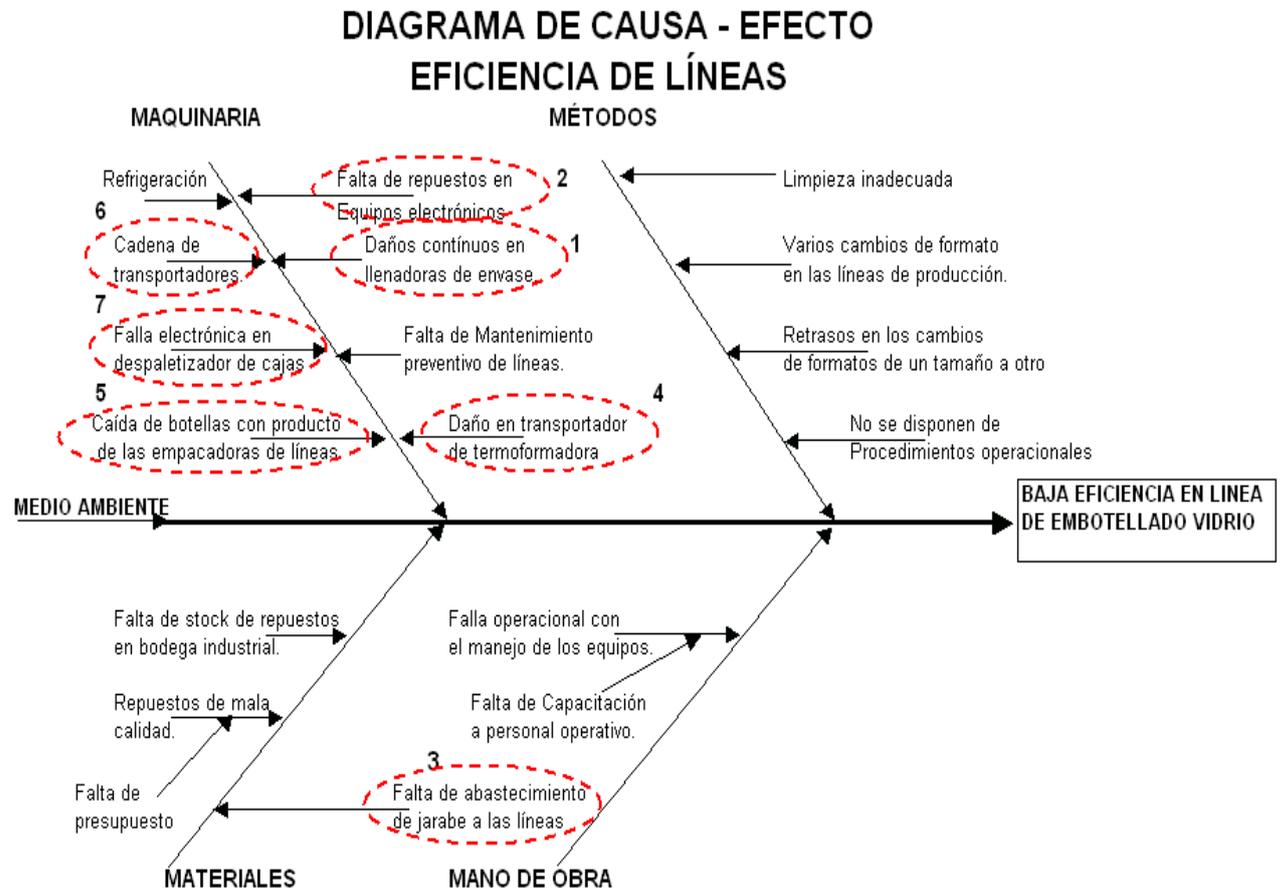
**TABLA 4.22 SELECCIÓN DEL EQUIPO DE MEJORAMIENTO CONTÍNUO.**

INFORMACIÓN DEL EQUIPO DE MEJORAMIENTO (FASE 4)			
MIEMBROS	CARGO ACTUAL	EXPERIENCIA	% COMPROMISO
Luis Castillo	Líder de Línea Envase Plástico	25 Años	100%
Fabián Nuñez	Líder de Línea Envase de Vidrio	20 Años	100%
Franklin Gudiño	Operador de Llenadora	5 Años	100%
Iván Erazo	Especialista Mecánico	15 Años	100%
Gabriel Simbaña	Especialista Electrónico	4 Años	100%
Edison Pinta	Jefe de Planta	16 Años	100%
Geovanny Puente	Gerente de Mantenimiento	14 Años	100%
Ramiro Duclos	Gerente de Operaciones	18 Años	100%
Mario Guevara	Líder del Equipo de Mejora	15 Años	100%

##### b) REVISIÓN DEL PROCESO Y VERIFICACIÓN DE LA CAUSA RAÍZ.

Adicionalmente partimos del diagrama de Causa y Efecto encontrado en la fase anterior donde se resalta con un óvalo las causas raíces principales a las que el equipo de mejora donde participan las gerencias de área aportarán para encontrar las soluciones que ayuden a mejorar el indicador de eficiencia de línea.

**FIGURA 4.18 SELECCIÓN DE CAUSAS RAÍZ INDICADOR EFICIENCIA DE LÍNEAS.**



**c) IDENTIFICACIÓN DE SOLUCIONES MEDIANTE TÉCNICAS DE GENERACIÓN DE IDEAS.**

Se registraron las siguientes acciones correctivas mediante la aplicación de la Matriz para la Generación de Soluciones establecida en ésta fase.

Se tomaron las 10 primeras causas raíces como las más relevantes seleccionadas por el equipo de mejoramiento para encontrar las posibles soluciones al problema.

**TABLA 4.23 MATRIZ PARA LA GENERACIÓN DE SOLUCIONES INDICADOR EFICIENCIA DE LÍNEAS.**

<b>DECLARACIÓN DEL PROBLEMA:</b> La Eficiencia de Líneas es uno de los indicadores del área de manufactura que en los últimos meses no ha cumplido con los objetivos planteados por la compañía, afectando inclusive el cumplimiento de los programas de producción, generando inclusive desperdicio de materiales como tapas, envase y bebida en los equipos de embotellado de líneas.			
<b>Nº</b>	<b>CAUSA RAÍZ</b>	<b>POSIBLES ACCIONES CORRECTIVAS</b>	<b>EXPLICACIÓN DE LAS ACCIONES PROPUESTAS</b>
1	Daños continuos en las llenadoras de botellas de las líneas de producción ocasionando paros prolongados.	a) Compra inmediata de válvulas para reemplazar las que presentan falla mecánica en las llenadoras de línea. b) Cambio set de guías y estrellas en llenadoras.	Las válvulas instaladas actualmente presentan falla mecánica por el continuo uso que han tenido en el transcurso del tiempo así como los set de guías y estrellas que permiten que las botellas ingresen fijas a las llenadoras.
2	Paros continuos en inspectores electrónicos de envase retornable por falta de repuestos.	a) Solicitar nuevas tarjetas electrónicas a proveedor para reemplazo en equipos de inspección. b) Reconfiguración de programa en inspectores utilizando software de proveedor.	La compra de nuevas tarjetas permitirán un mejor funcionamiento de los inspectores electrónicos de botellas y la configuración por parte del proveedor ayudará a optimizar su funcionamiento.
3	Falta de abastecimiento de jarabe terminado a las líneas de producción por problemas con filtro cosmos lo que ocasiona paros no programados.	Solucionar los problemas de cambio de mallas y acciones tomadas por el equipo de mejoramiento para el área de jarabes.	Las condiciones normales del funcionamiento del filtro permitirán el normal procesamiento de jarabes terminados que se abastecerán continuamente a las líneas de embotellas para el cumplimiento de los programas de producción.
4	Daño en el transportador del túnel de la termoformadora de paquetes con producto terminado.	a) Reemplazo de la banda transportadora de paquetes de producto. b) Cambio del variador de velocidad del transportador.	La banda transportadora de paquetes que actualmente está instala presenta desgaste lo que ocasiona caída de los paquetes de producto generando paros continuos de la termoformadora.
6	Rotura de eslabones en las cadenas de los transportadores de botellas.	Cambio de eslabones en los transportadores de cadenas de las líneas que necesiten su reemplazo.	Los eslabones son piezas metálicas de acero inoxidable que se unen entre sí para formar las cadenas de los transportadores. El uso de eslabones desgastados puede ocasionar que éstos se rompan ocasionando el daño

			de la cadena que transporta el producto y el paro de línea.
7	Falla electrónica en el despaletizador de cajas con envase lo que no permite una alimentación continua de botellas a las líneas.	Compra de un nuevo sensor y tarjeta electrónica para reemplazo por el instalado.	La tarjeta electrónica permitirá un mejor funcionamiento del equipo y el sensor de altura del despaletizador evitará la caída de las cajas que se alimentan con envase a las líneas.
8	Falta de stock de repuestos en bodega para el cambio oportuno en los equipos que presentan daños.	Solicitar en plan operativo de cada mes los repuestos necesarios para disponer del stock necesario para los equipos de producción que lo requieran.	Un stock adecuado de repuestos en bodega permitirá disponer de los requerimientos de equipos cuando necesiten de un repuesto específico.
9	Falta de presupuesto para la compra de repuestos.	Solicitar el incremento del presupuesto mensual para la compra de repuestos.	Incrementar el presupuesto para la compra de repuestos representaría un mayor gasto que el presupuestado cada año.
10	Retraso del área de compras para la adquisición de los repuestos solicitados para los equipos.	Solicitar al área de compras mayor agilidad en la gestión de adquisición de repuestos para equipos que los necesiten.	El posible retraso en la compra de un determinado repuesto podría ocasionar el retraso en la reparación del equipo afectando el funcionamiento de la línea.

**c) SELECCIÓN DE LAS SOLUCIONES PROPUESTAS MEDIANTE UNA MATRIZ.**

Mediante ésta matriz se determinó las acciones correctivas que se aplicarán para mejorar el indicador a través de un consenso en base a un puntaje con los miembros del equipo de mejora. La escala utilizada es de 1 a 5 como sugiere el sistema seis sigma para ésta fase.

**TABLA 4.24 MATRIZ PARA LA SELECCIÓN DE SOLUCIONES INDICADOR EFICIENCIA DE LÍNEAS.**

PROBLEMA	CAUSA RAÍZ	ACCIÓN CORRECTIVA	ACTIVIDAD ESPECÍFICA	EFFECTIVIDAD FACILIDAD DE IMPLEMENTAR COSTO PUNTAJE TOTAL POSIBILIDAD				
				5	5	3	75	SI
BAJA EFICIENCIA DE LÍNEAS DE PRODUCCIÓN EN PLANTA	DAÑO EN LLENADORA DE BOTELLAS	COMPRA INMEDIATA DE VÁLVULAS	CAMBIO DE VÁLVULAS EN LLENADORA	5	5	3	75	SI
		CAMBIO SET DE GUÍAS Y ESTRELLAS	CAMBIAR EL SET PARA UN MEJOR INGRESO DE BOTELLAS	5	5	3	75	SI
	DAÑO EN INSPECTORES ELECTRÓNICOS DE BOTELLA	SOLICITAR NUEVAS TARJETAS ELECTRÓNICAS	COMPRAR TARJETAS A PROVEEDOR	5	5	3	75	SI
		UTILIZAR SOFTWARE PARA RECONFIGURACIÓN	SOLICITAR A PROVEEDOR SOFTWARE	5	5	3	75	SI
	FALTA DE JARABE TERMINADO HACIA LÍNEAS DE PRODUCCIÓN	REVISIÓN DE FILTRO COSMOS EN SALA DE JARABE	APLICACIÓN DE SOLUCIONES PARA INDICADOR DE EDULCORANTE	5	4	3	60	SI
	DAÑO EN TRANSPORTADOR DE TUNEL TERMOFORMADORA	REEMPLAZO DE BANDA TRANSPORTADORA	COMPRA INMEDIATA DE BANDA	5	4	3	60	SI
	CAÍDA DE BOTELLAS CON PRODUCTO EN EMPACADORA	REEMPLAZO DE TULIPAS EN CABEZALES DE EMPACADORA	COMPRA INMEDIATA DE TULIPAS	5	4	3	60	SI
	DAÑO EN CADENA DE TRANSPORTADORES DE BOTELLAS	REEMPLAZO DE ESLABONES QUE ESTÁN EN MALAS CONDICIONES	PROGRAMAR CAMBIO DE ESLABONES	5	4	3	60	SI
	FALLA ELECTRÓNICA EN DESPALETIZADOR DE CAJA CON ENVASE	CAMBIO DE SENSOR Y TARJETA ELECTRÓNICA	COMPRA INMEDIATA DE SENSOR Y TARJETA	5	4	3	60	SI
	FALTA DE REPUESTOS EN BODEGA	SOLICITAR EN PLAN OPERATIVO MENSUAL MÁS REPUESTOS	COMPRA INMEDIATA DE REPUESTOS	5	4	3	60	SI
	FALTA DE PRESUPUESTO	INCREMENTAR PRESUPUESTO MENSUAL	SOLICITAR A GERENCIA DE OPERACIONES	4	2	3	24	NO
	RETRASO EN LA COMPRA DE REPUESTOS	ENTREGA A TIEMPO DE REPUESTOS SOLICITADOS	SOLICITAR A COMPRAS LA ADQUISICIÓN INMEDIATA	5	3	3	45	SI

ESCALA: 1 - NINGUNO 2 - POCO 3 - MODERADO 4 - FACTIBLE 5 - EXTREMO

#### d) PLANIFICACIÓN DE LAS TAREAS (PLANES DE ACCIÓN)

En ésta etapa de la fase 4 se establecen las actividades que se realizarán para implementar las soluciones propuestas indicadas en la matriz de selección de soluciones establecida anteriormente.

**TABLA 4.25 PLAN DE ACCIONES CORRECTIVAS**

<b>MANIFESTACIÓN DEL PROBLEMA:</b> Las acciones correctivas que se implementarán permitirán mejorar el indicador rendimiento de edulcorante que no se ha mantenido estable en los últimos meses.				
<b>SOLUCIONES Y TAREAS ESPECÍFICAS</b>				
<b>TAREA/ PROYECTO</b>	<b>FECHA DE INICIO</b>	<b>FECHA FINAL</b>	<b>RESPONSABLES ¿QUIÉN (ES)?</b>	<b>STATUS</b>
Adquiridas las nuevas válvulas de llenado planificar el mantenimiento para el cambio inmediato en las llenadoras que las necesitan.	19-Julio-10	30-Julio-10	Jefe de Mantenimiento Mecánico	Finalizado
Cambio inmediato de las tarjetas electrónicas y reconfiguración de programa en los inspectores electrónicos de las líneas de embotellado.	19-Julio-10	30-Julio-10	Jefe de mantenimiento Electrónico	Finalizado
Solucionar los problemas presentados en sala de jarabes por daños en filtro cosmos que está ocasionando desabastecimiento de jarabe terminado a las líneas de producción.	19-Julio-10	30-Julio-10	Gerencia de Mantenimiento	Finalizado
Cambio de la banda transportadora de paquetes de producto terminado y variador de velocidad en termoformadora.	19-Julio-10	23-Julio-10	Jefe de mantenimiento Electrónico	Finalizado
Planificar el mantenimiento mecánico de las empacadoras a fin de realizar el cambio de tulpas en cada uno de los cabezales de éstos equipos para evitar la caída de las botellas.	19-Julio-10	25-Julio-10	Jefe de mantenimiento Mecánico	Finalizado
Revisión de transportadores y cambio de eslabones de cadenas que están en condiciones deterioradas en cada una de las líneas de producción.	19-Julio-10	30-Julio-10	Jefe de mantenimiento Mecánico	En ejecución
Mantenimiento mecánico y revisión de despalletizador para realizar el cambio de tarjetas electrónicas adquiridas a proveedor.	19-Julio-10	25-Julio-10	Jefe Mecánico y Electrónico	Finalizado
Solicitar en plan operativo los requerimientos de repuestos mecánicos y electrónicos considerando el presupuesto mensual asignado para cada área.	19-Julio-10	30-Julio-10	Gerencia de Mantenimiento	Finalizado
Realizar el seguimiento respectivo para la entrega a tiempo de los repuestos requeridos tanto para el área mecánica como electrónica.	19-Julio-10	Contínuo	Gerencia de Mantenimiento	En ejecución

**f) EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS: ANÁLISIS DEL ANTES Y DESPUÉS.**

**ANÁLISIS DE DATOS ACTUALES:**

Luego de aplicar las acciones correctivas se realizó un seguimiento durante el mes de Agosto 2010 y se obtuvieron los siguientes datos:

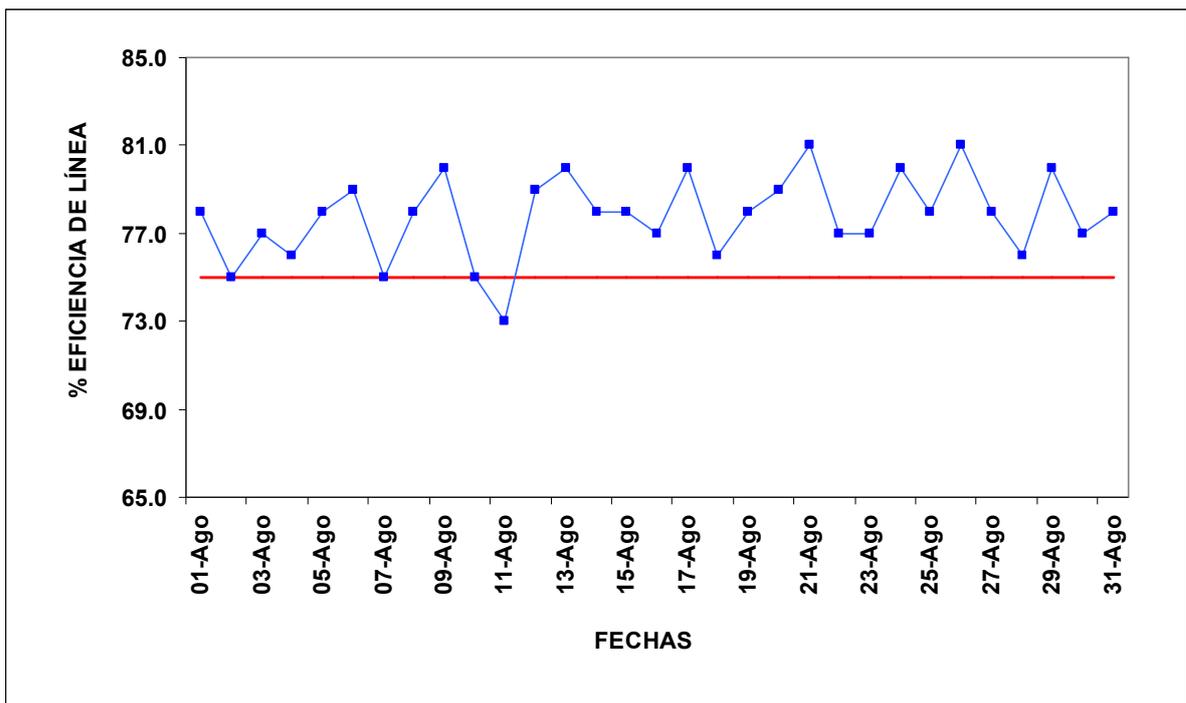
**TABLA 4.26 DATOS OBTENIDOS EFICIENCIA DE LÍNEAS EN EL MES DE AGOSTO 2010.**

<b>% EFICIENCIA OBJETIVO</b>		<b>75.00</b>
<b>Nº DATOS</b>	<b>FECHAS</b>	<b>EFICIENCIA DE LÍNEAS</b>
1	1-Ago-2010	78
2	2-Ago-2010	74
3	3-Ago-2010	77
4	4-Ago-2010	76
5	5-Ago-2010	78
6	6-Ago-2010	79
7	7-Ago-2010	74
8	8-Ago-2010	78
9	9-Ago-2010	80
10	10-Ago-2010	75
11	11-Ago-2010	73
12	12-Ago-2010	79
13	13-Ago-2010	80
14	14-Ago-2010	78
15	15-Ago-2010	78
16	16-Ago-2010	77
17	17-Ago-2010	80
18	18-Ago-2010	76
19	19-Ago-2010	78
20	20-Ago-2010	79
21	21-Ago-2010	81
22	22-Ago-2010	77
23	23-Ago-2010	77
24	24-Ago-2010	76
25	25-Ago-2010	78
26	26-Ago-2010	81
27	27-Ago-2010	78
28	28-Ago-2010	76
29	29-Ago-2010	80
30	30-Ago-2010	77
31	31-Ago-2010	78
<b>PROMEDIO MES</b>		<b>77.61%</b>

## GRÁFICA DE CORRIDA

En ésta gráfica se puede observar que los datos obtenidos de eficiencia de línea en el mes de Agosto 2010 se encuentran dentro de los límites establecidos superando inclusive el objetivo planteado del 75.

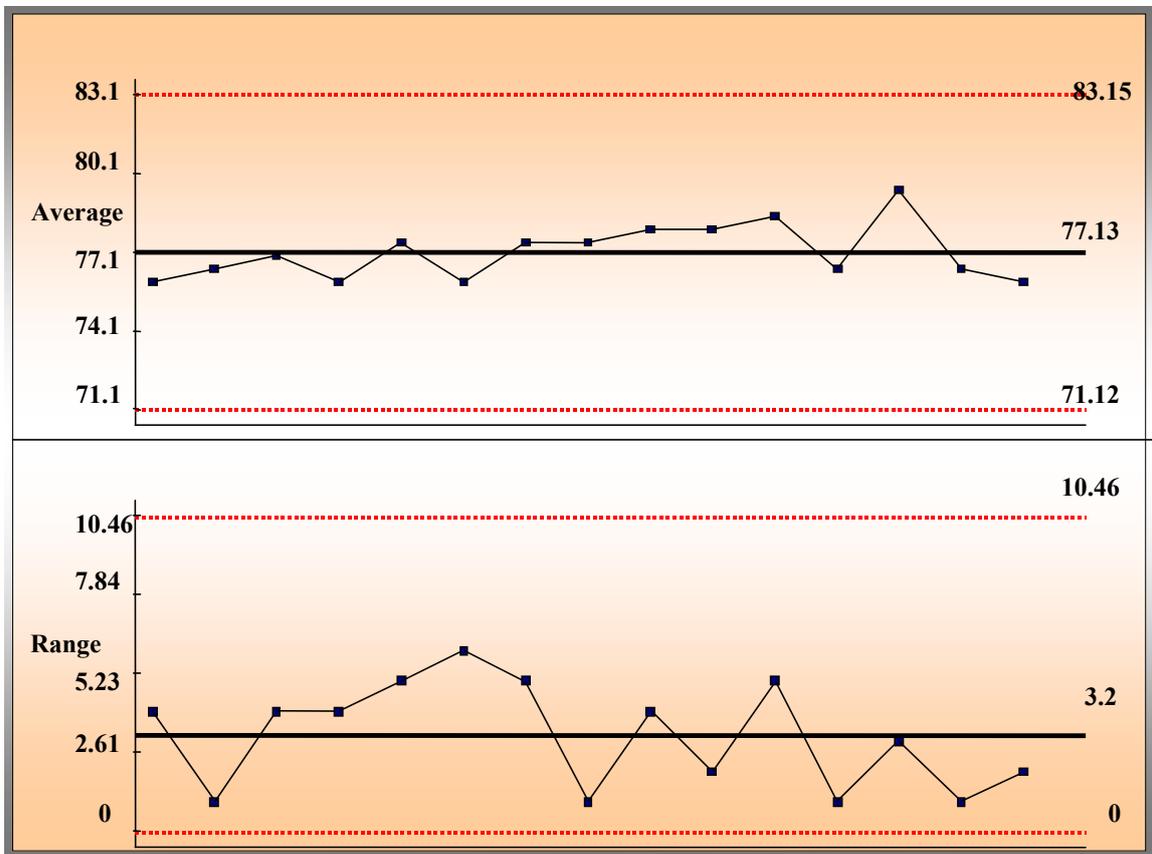
**FIGURA 4.19 GRÁFICA DE CORRIDA EFICIENCIA DE PLANTA MES DE AGOSTO 2010**



## GRÁFICAS DE CONTROL.

Tanto la gráfica de Control Promedio así como la gráfica de Rango Móvil obtenidas para la eficiencia de línea se encuentran dentro de los límites de control natural del proceso y dentro de los límites de especificación. Las acciones correctivas tomadas ayudaron a que la eficiencia reduzca la variabilidad presentada (Figura 4.20).

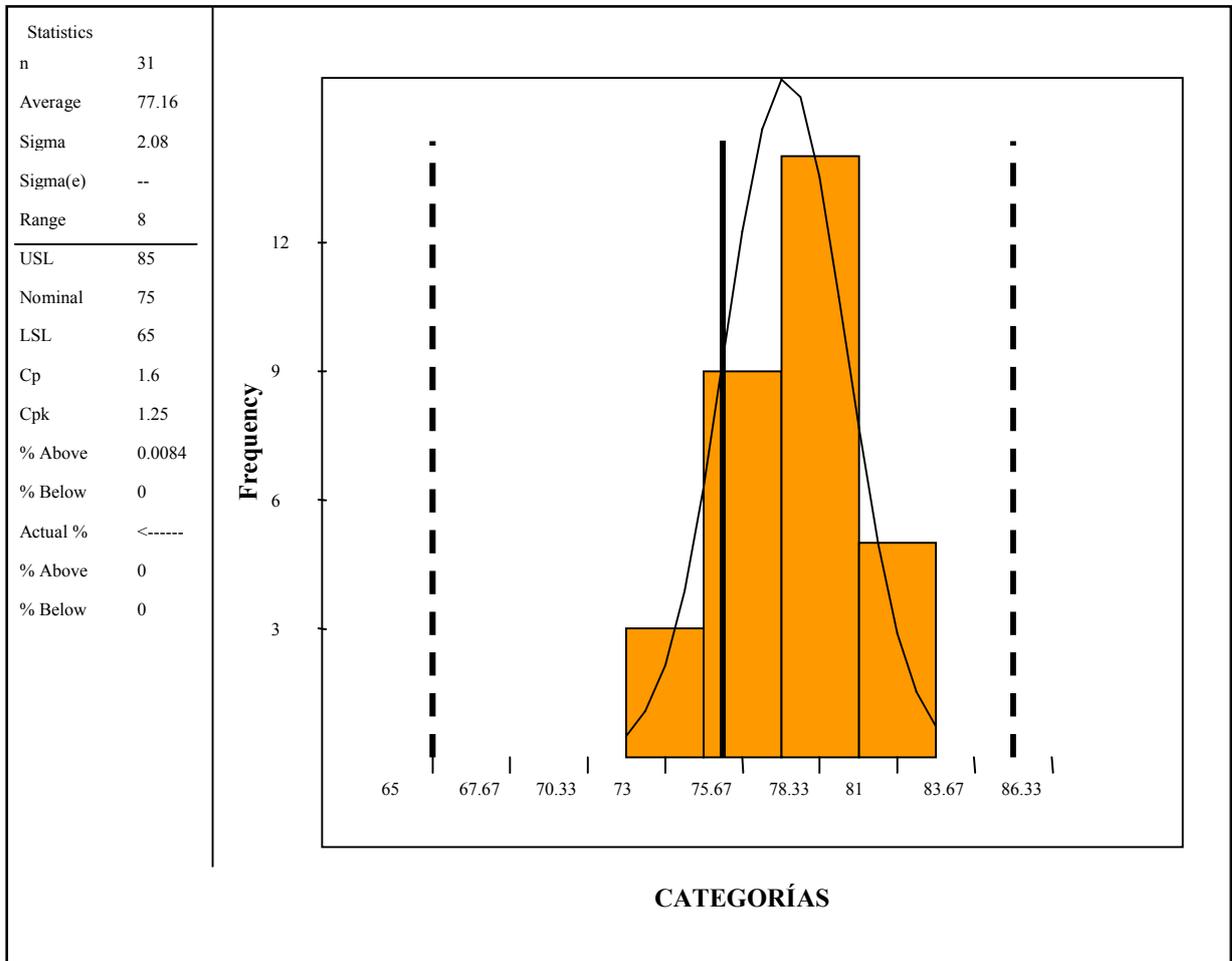
**FIGURA 4.20 GRÁFICAS DE CONTROL PROMEDIO Y RANGO EFICIENCIA DE LÍNEA AGOSTO 2010.**



**GRÁFICA DE FRECUENCIAS (HISTOGRAMAS)**

El Histograma obtenido indica que la mayor parte de los datos no presentan variabilidad lo que permite agruparlos en categorías que se encuentran dentro de los límites de tolerancia establecidos (Figura 4.21).

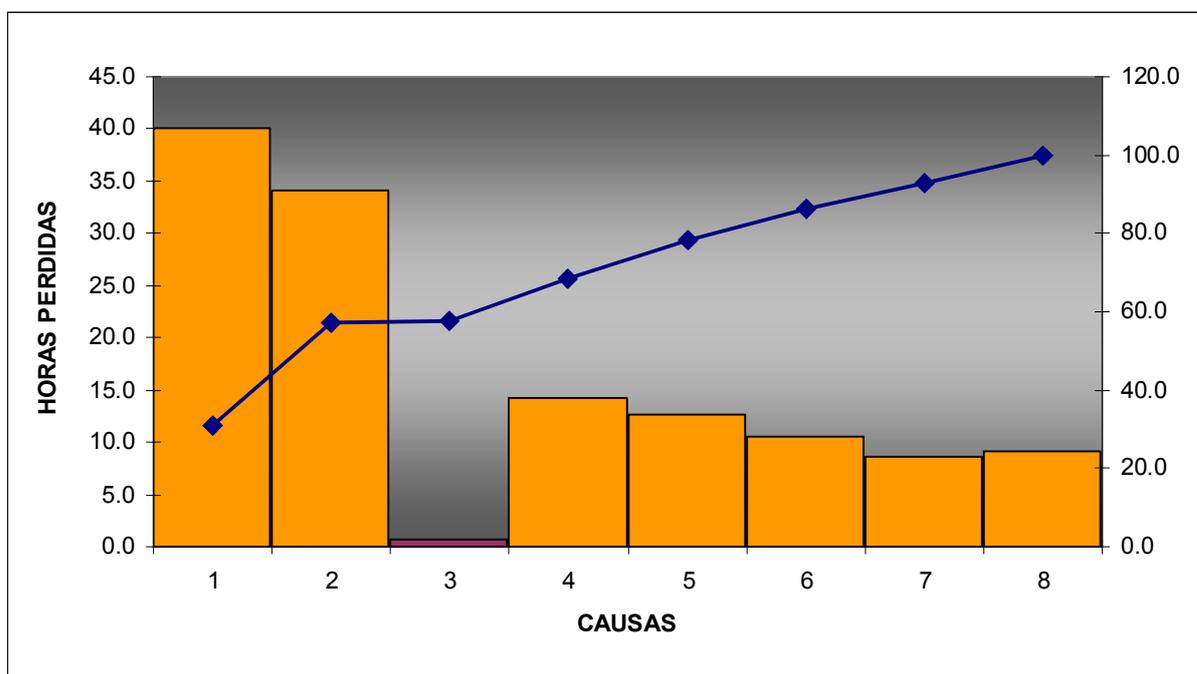
**FIGURA 4.21 HISTOGRAMA EFICIENCIA DE LÍNEAS OBTENIDO EN EL MES DE AGOSTO 2010.**



**GRÁFICAS DE PARETO.**

Mediante ésta gráfica se puede observar la reducción de horas perdidas en las diferentes causas principalmente en lo que se refiere a daño en llenadota, inspector electrónico y lo que corresponde a falta de abastecimiento de jarabe a líneas de embotellado se eliminó completamente (Figura 4.22).

**FIGURA 4.22 GRÁFICA DE PARETO EFICIENCIA DE LÍNEAS AGOSTO 2010**



**TABLA 4.27 DISMINUCIÓN DE HORAS PERDIDAS EN LÍNEAS DE PRODUCCIÓN POR PAROS NO PROGRAMADOS EN AGOSTO 2010.**

CAUSAS	HORAS PERDIDAS (FRECUENCIA)	FRECUENCIA ACUMULADA	% ACUMULADO
1. LLENADORA DE BOTELLAS	40.14	40.14	31.01
2. INSPECTOR ELECTRÓNICO DE BOTELLAS	34.15	74.29	57.39
3. DAÑO EN FILTRO COSMOS (DESABASTECIMIENTO DE JARABE)	0.00	74.29	57.39
4. TERMOFORMADORA DE PAQUETES CON PRODUCTO NO RETORNABLE	14.29	88.58	68.43
5. DESPALETIZADOR DE CAJAS CON ENVASE VACÍO	12.58	101.16	78.15
6. EMPACADORA DE CAJAS CON PRODUCTO	10.47	111.63	86.24
7. TRANSPORTADOR DE BOTELLAS	8.63	120.26	92.91
8. OTROS	9.18	129.44	100.00
TOTAL	129.44		

#### h) CÁLCULO DEL SIGMA DEL PROCESO (ACTUAL):

Para el cálculo del sigma del proceso actual se presentó un dato que no alcanzó el objetivo planteado pero que se acercara a la meta del 75%. Este se les consideró como defectos por lo que el  $D = 1$ :

**TABLA 4.28 CÁLCULO DE LA LÍNEA DE BASE ACTUAL DE EFICIENCIA DE LÍNEAS.**

ESTIMACIÓN DEL SIGMA DEL PROCESO	JULIO	AGOSTO
1. NÚMERO DE OPORTUNIDADES POR DEFECTO ( O )	7	7
2. NÚMERO DE UNIDADES OBTENIDAS ( N )	31	31
3. NÚMERO TOTAL DE DEFECTOS ( D )	22	1
4. CÁLCULO DEFECTOS POR OPORTUNIDAD( $DPO = D/N \times O$ )	0.123	0.013
5. CÁLCULO DEL RENDIMIENTO $R = ( 1 - DPO ) \times 100$	89.86	99.53
6. SIGMA DEL PROCESO (SEGÚN TABLA DE PROCESOS)	2.8	4.1

#### 4.1.2.5 APLICACIÓN DE LA FASE 5: CONTROLAR

##### a) DESARROLLAR Y DOCUMENTAR PRÁCTICAS ESTÁNDAR

El siguiente procedimiento operacional estándar fue desarrollado para mejorar el indicador eficiencia de líneas una vez aplicadas las acciones correctivas por parte del equipo de mejoramiento:

**TÍTULO:** Mejoramiento de Eficiencia de Líneas.

**ALCANCE:** Aplica al área de Manufactura de la planta embotelladora de Ecuador Bottling Company – Quito.

##### **RESPONSABLES:**

Líderes de Línea

Jefes de Turno

Jefe de Planta

Gerencia de Operaciones

##### **PROCEDIMIENTO ESTÁNDAR:**

El siguiente procedimiento se desarrolló para mantener la Eficiencia de Líneas luego de la aplicación de las acciones correctivas:

1. Analizar el programa diario de producción de bebidas gaseosas entregado por el departamento de planeación para cada una de las líneas de producción.
2. Analizar los tiempos de cambios de formato (paros programados) que tomará a cada una de las líneas.
3. Ejecutar el plan de producción de cada una de las líneas, controlar los tiempos tanto de paros programados como paros no programados, es decir; paros por daños en llenadoras, lavadoras de botellas, despaletizadoras, paletizadoras, empacadoras, desempacadoras, termoformadoras, daños en transportadores de botellas, o cualquier otro equipo que ocasiona paros de línea de producción.
4. Registrar los tiempos de paros no programados ocasionados por posibles daños mecánicos.
5. Comunicar a mantenimiento mecánico de cualquier paro ocasionado en cualquiera de las líneas de producción.
6. Controlar la eficiencia de línea cada hora de producción.
7. De presentarse un daño mecánico, eléctrico o electrónico continuo durante el día de producción solicitar una orden de trabajo al departamento de mantenimiento para que se planifique el respectivo mantenimiento preventivo.
8. Antes de planificar el mantenimiento preventivo verificar con el supervisor mecánico si se dispone de los repuestos necesarios en bodega industrial.
9. Antes de finalizar el turno de producción registrar las horas correspondientes a paros programados (cambios de formato), paros no programados (daños mecánicos, eléctricos o electrónicos presentados) y las cajas producidas en los turnos de las líneas de producción.
10. Calcular la eficiencia de cada línea.

$$\% \text{ Eficiencia de Línea} = \frac{\text{Tiempo Ganado}}{\text{Tiempo Pagado}} \times 100$$

### Producción Neta de Cajas de Producto

Tiempo Ganado = -----

Velocidad Nominal de la Llenadora

#### b) MONITORO DEL PROCESO

Las acciones establecidas para controlar la eficiencia de líneas deben ser monitoreadas de acuerdo a los controles indicados en el siguiente cuadro y en la frecuencia señalada:

**TABLA 4.29 ACCIONES DE CONTROL PARA MONITOREO DE EFICIENCIA DE LÍNEAS.**

MÉTODO DE CONTROL	FRECUENCIA
Controlar eficiencia de línea	Cada hora de producción
Registrar Paros programados (cambios de formato de un producto a otro)	Cada hora
Registrar los paros ocasionados por daños mecánicos, eléctricos o electrónicos (paros no programados)	Cada hora
Registrar las cajas reales producidas	Cada hora de producción
Reportar el tiempo de paros no programados (daños mecánicos o electrónicos de línea).	Cada turno de 12 horas
Cálculo de la Eficiencia de Línea	Cada 12 horas (por turno)

#### c) CERRAR Y DIFUNDIR EL PROYECTO

El proyecto de mejoramiento de la Eficiencia de Línea en Planta fue difundido a nivel de mandos medios, es decir; supervisores, jefes de turno y jefe de planta del área de producción una vez que se encontraron las acciones correctivas para su inmediata aplicación.

Electrónicamente fue ingresado el procedimiento de mejoramiento en el Sistema de Gestión a la vez que fue entregado el documento (procedimiento operativo estándar) a todo el personal del área para su inmediata implementación.

**d) CREACIÓN DE UN PLAN DE RESPUESTA.**

Este plan se basa en un resumen de la forma en que se recolectan los datos elaborado por el equipo de mejoramiento:

**TABLA 4.30 PLAN DE RESPUESTA PARA INDICADOR EFICIENCIA DE LÍNEAS.**

MEDICIONES	OBJETIVO	MÉTODO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	MÉTODOS DE CONTROL	MEJORAMIENTO DEL PROCESO
Es importante la medición de la Eficiencia de Línea <b>cada hora</b> de producción de tal forma que se logre monitorear detenidamente el comportamiento de la eficiencia.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Es mantener o superar el objetivo de eficiencia de línea establecido para la planta del 75%.</li> <li>➤ Detectar cuáles son los paros no programados (mecánicos o electrónicos) que podrían afectar la eficiencia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Determinación en cada hora y por turno de trabajo de la eficiencia de línea utilizando la fórmula para encontrar los valores de eficiencia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Gráficas de corrida.</li> <li>➤ Gráficas de Control.</li> <li>➤ Promedio y Rango Móvil.</li> <li>➤ Histogramas.</li> <li>➤ Gráficas de Pareto.</li> <li>➤ Determinación del nivel sigma del proceso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Se logró un nivel sigma superior al planteado inicialmente y con el apoyo directo de la gerencia de operaciones, la gerencia de mantenimiento así como con los aportes de los miembros del equipo multidisciplinario. El nivel sigma alcanzado fue de 4.1</li> </ul>

**4.2 CUADRO COMPARATIVO DE LA MEJORA OBTENIDA EN LOS INDICADORES DE PRODUCCIÓN ESTABLECIDOS COMO CLAVES PARA ÉSTA INVESTIGACIÓN.**

**PRESENTACIÓN DE DATOS (ANTES Y DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DEL SEIS SIGMA)**

En los siguientes gráficos se resumen las mejoras obtenidas como resultado de aplicación de las fases del sistema seis sigma, entre éstas; las gráficas de control de corrida, gráficas de control promedio y rango, histogramas, gráficas de pareto con los datos obtenidos inicialmente y los que posteriormente se alcanzaron una

vez encontradas las causas y determinadas las acciones correctivas encontradas por cada uno de los equipos de mejoramiento continuo tanto para el indicador de Rendimiento de Edulcorante como para Eficiencias de Líneas.

**TABLA 4.31 RESUMEN DE DATOS OBTENIDOS PARA EL RENDIMIENTO DE EDULCORANTE:**

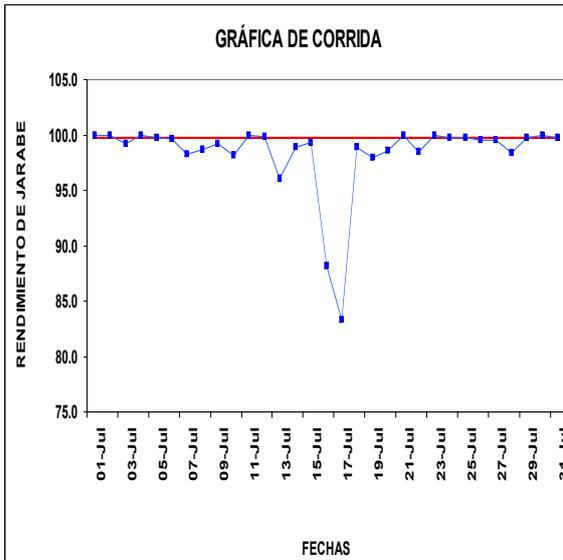
<b>INDICADOR RENDIMIENTO DE EDULCORANTE</b>			
<b>MES DE JULIO 2010</b>		<b>MES DE AGOSTO 2010</b>	
01-Jul-10	99.94	01-Ago-10	99.87
02-Jul-10	100.00	02-Ago-10	99.80
03-Jul-10	99.19	03-Ago-10	99.85
04-Jul-10	100.00	04-Ago-10	99.87
05-Jul-10	99.75	05-Ago-10	100.00
06-Jul-10	99.60	06-Ago-10	99.95
07-Jul-10	98.24	07-Ago-10	99.80
08-Jul-10	98.67	08-Ago-10	99.86
09-Jul-10	99.24	09-Ago-10	100.00
10-Jul-10	98.20	10-Ago-10	99.87
11-Jul-10	100.00	11-Ago-10	99.89
12-Jul-10	99.87	12-Ago-10	100.00
13-Jul-10	96.01	13-Ago-10	99.81
14-Jul-10	98.94	14-Ago-10	99.85
15-Jul-10	99.31	15-Ago-10	99.90
16-Jul-10	88.16	16-Ago-10	99.99
17-Jul-10	83.31	17-Ago-10	99.95
18-Jul-10	98.94	18-Ago-10	99.82
19-Jul-10	97.95	19-Ago-10	99.88
20-Jul-10	98.57	20-Ago-10	100.00
21-Jul-10	100.00	21-Ago-10	100.00
22-Jul-10	98.47	22-Ago-10	99.84
23-Jul-10	100.00	23-Ago-10	99.92
24-Jul-10	100.00	24-Ago-10	99.99
25-Jul-10	97.90	25-Ago-10	99.87
26-Jul-10	99.56	26-Ago-10	99.84
27-Jul-10	99.58	27-Ago-10	100.00
28-Jul-10	98.36	28-Ago-10	99.85
29-Jul-10	99.78	29-Ago-10	100.00
30-Jul-10	99.95	30-Ago-10	99.84
31-Jul-10	99.76	31-Ago-10	99.84
<b>PROMEDIO MES</b>	<b>98.30%</b>	<b>PROMEDIO MES</b>	<b>99.90%</b>

**FIGURA 4.23 GRÁFICOS COMPARATIVOS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS  
INDICADOR: RENDIMIENTO DE EDULCORANTE**

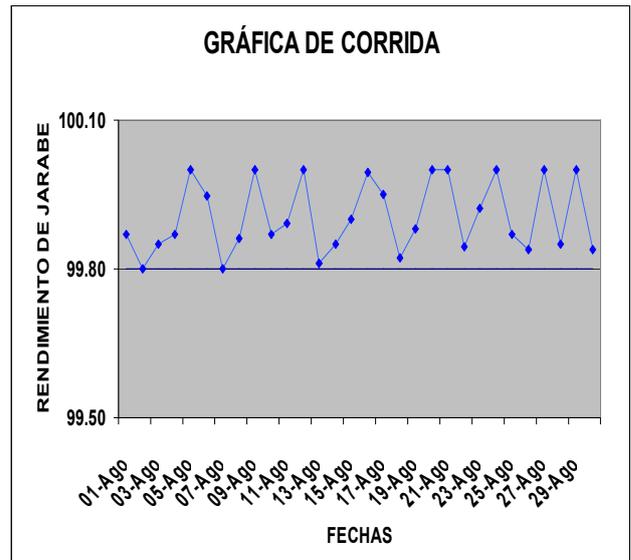
**GRÁFICOS JULIO 2010**

**GRÁFICOS AGOSTO 2010**

**GRÁFICO DE CORRIDA**

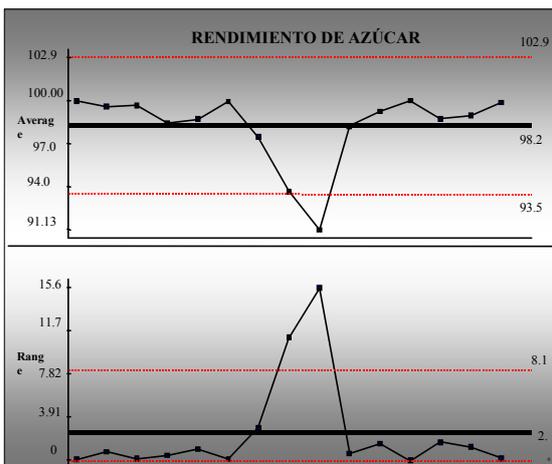


**Datos fuera de los límites de especificación**

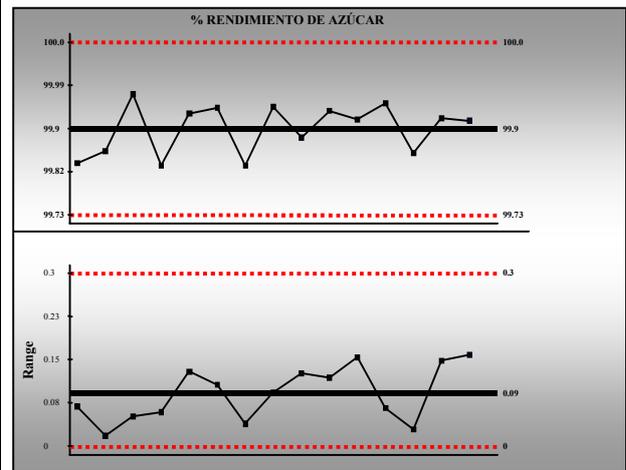


**Datos dentro de los límites de especificación**

**GRÁFICOS DE CONTROL PROMEDIO Y RANGO**

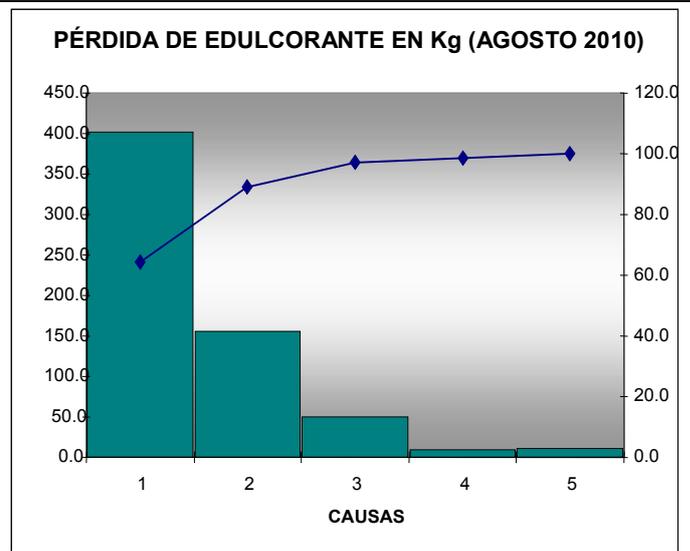
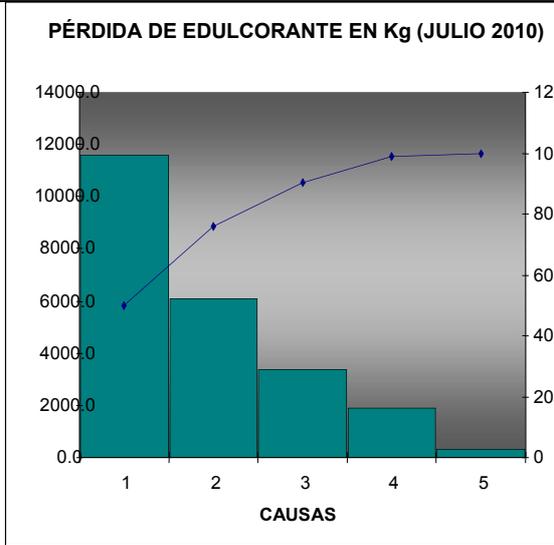


**Datos fuera de Límites de Control**



**Datos dentro de Límites de Control**

**GRÁFICAS DE PARETO**



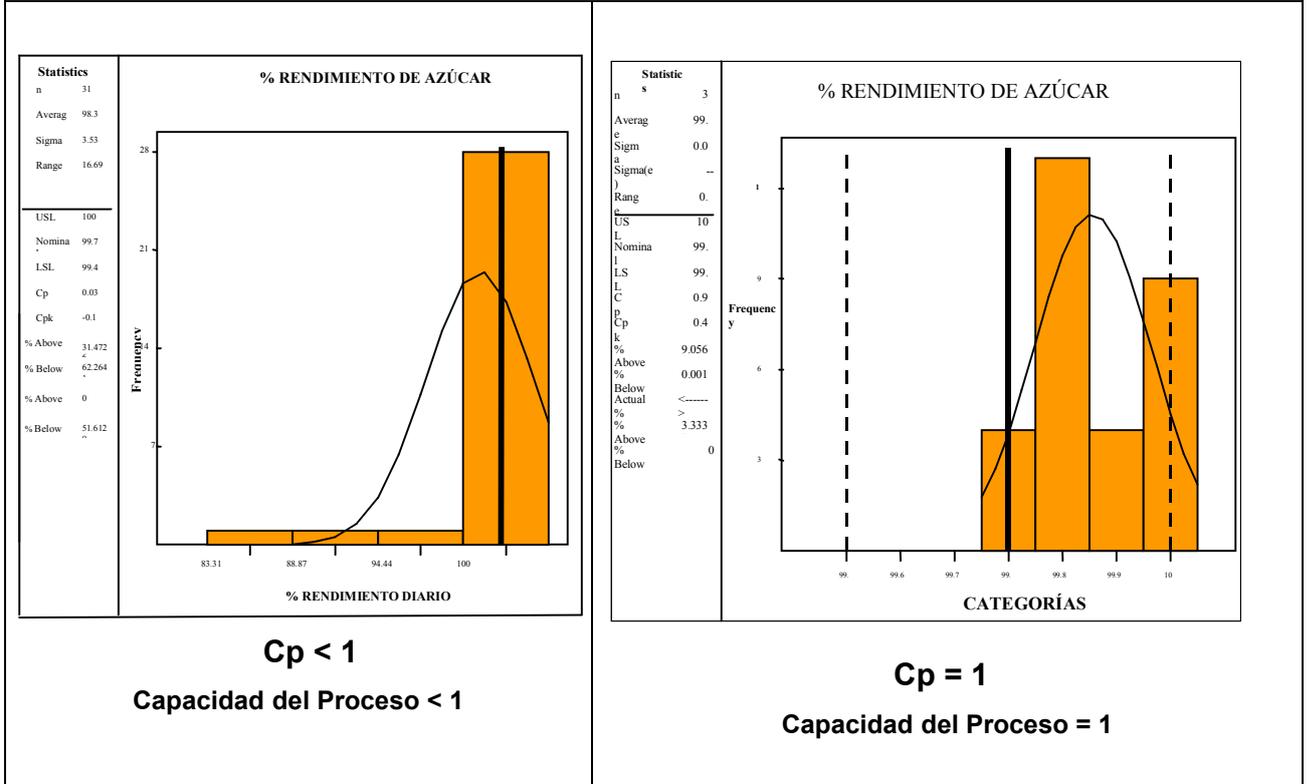
<b>PAROS NO PROGRAMADOS</b>		
<b>CAUSAS</b>	<b>PÉRDIDA EN Kg</b>	<b>% PÉRDIDA</b>
1. SELLO DE BOMBAS EN MAL ESTADO	11591.82	50.46
2. PLACAS DE FILTRO COSMOS	6080.76	26.47
3. FALLA OPERACIONAL	3337.87	14.53
4. SENSOR DE NIVEL TANQUE DISOLUTOR	1906.70	8.3
5. TAPONAMIENTO DE PREFILTROS	55.13	0.24
6. OTROS	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>22972.29</b>	<b>100</b>

Pérdida de 22.97 Toneladas de Azúcar

<b>PAROS NO PROGRAMADAS</b>	
<b>CAUSAS</b>	<b>PÉRDIDA EN Kg</b>
1. SELLO DE BOMBAS EN MAL ESTADO	401.27
2. PLACAS DE FILTRO COSMOS	155.33
3. FALLA OPERACIONAL	50.85
4. SENSOR DE NIVEL TANQUE DISOLUTOR	9.00
5. TAPONAMIENTO DE PREFILTROS	10.00
6. OTROS	0.00
<b>TOTAL</b>	<b>626.4</b>

Pérdida de 0.626 Toneladas de Azúcar

## HISTOGRAMAS



**TABLA 4.32 RESUMEN DE DATOS Y GRÁFICAS OBTENIDAS PARA EFICIENCIA DE LÍNEAS**

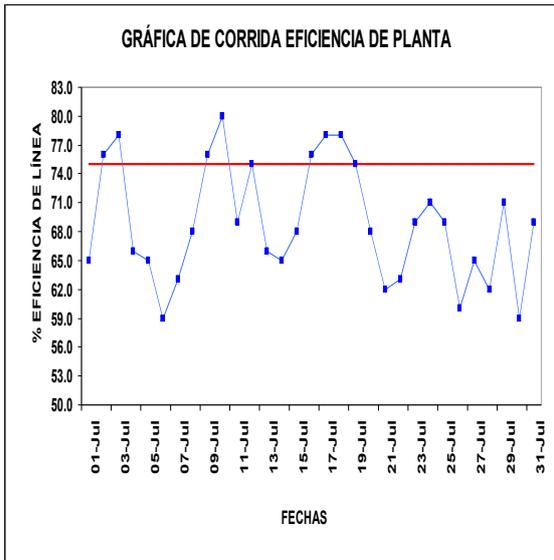
<b>INDICADOR EFICIENCIA DE LÍNEAS</b>			
<b>MES DE JULIO 2010</b>		<b>MES DE AGOSTO 2010</b>	
01-Jul-10	65	01-Ago-10	78
02-Jul-10	76	02-Ago-10	75
03-Jul-10	78	03-Ago-10	77
04-Jul-10	66	04-Ago-10	76
05-Jul-10	65	05-Ago-10	78
06-Jul-10	59	06-Ago-10	79
07-Jul-10	63	07-Ago-10	75
08-Jul-10	68	08-Ago-10	78
09-Jul-10	76	09-Ago-10	80
10-Jul-10	80	10-Ago-10	75
11-Jul-10	69	11-Ago-10	73
12-Jul-10	75	12-Ago-10	79
13-Jul-10	66	13-Ago-10	80
14-Jul-10	65	14-Ago-10	78
15-Jul-10	68	15-Ago-10	78
16-Jul-10	76	16-Ago-10	77
17-Jul-10	78	17-Ago-10	80
18-Jul-10	78	18-Ago-10	76
19-Jul-10	75	19-Ago-10	78
20-Jul-10	68	20-Ago-10	79
21-Jul-10	62	21-Ago-10	81
22-Jul-10	63	22-Ago-10	77
23-Jul-10	69	23-Ago-10	77
24-Jul-10	61	24-Ago-10	76
25-Jul-10	66	25-Ago-10	78
26-Jul-10	60	26-Ago-10	81
27-Jul-10	65	27-Ago-10	78
28-Jul-10	62	28-Ago-10	76
29-Jul-10	71	29-Ago-10	80
30-Jul-10	59	30-Ago-10	77
31-Jul-10	69	31-Ago-10	78
<b>PROMEDIO MES</b>	<b>68.42%</b>	<b>PROMEDIO MES</b>	<b>77.68%</b>

**FIGURA 4.24 GRÁFICOS COMPARATIVOS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS  
INDICADOR: EFICIENCIA DE LÍNEAS**

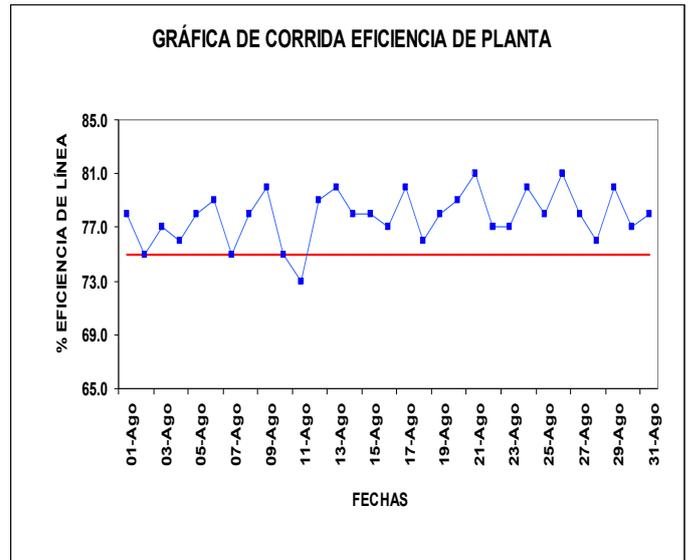
**GRÁFICOS JULIO 2010**

**GRÁFICOS AGOSTO 2010**

**GRÁFICA DE CORRIDA**

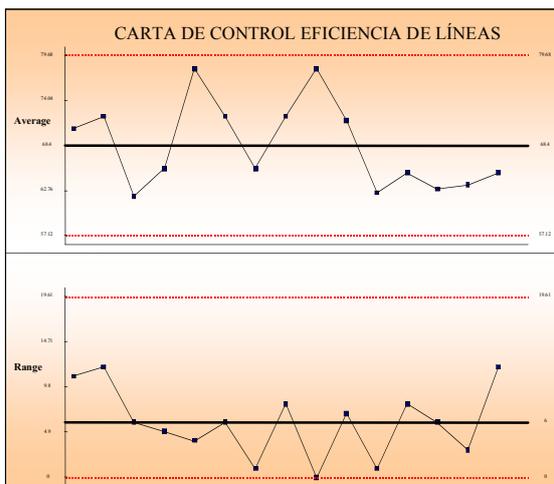


**Datos fuera de los límites de especificación**

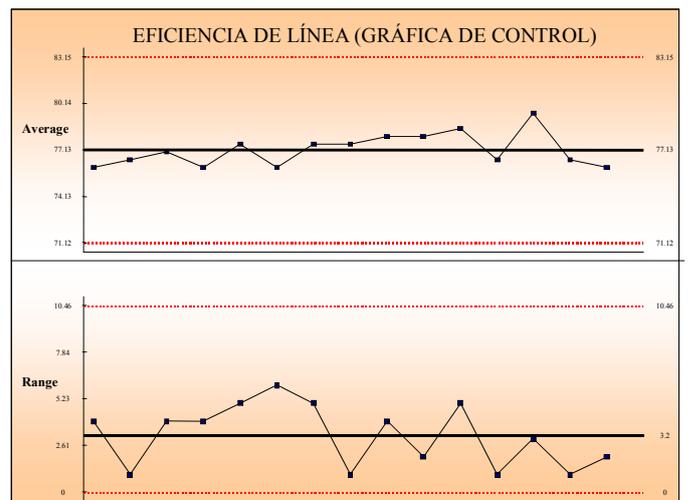


**Datos dentro de los límites de especificación**

**GRÁFICAS DE CONTROL PROMEDIO Y RANGO**

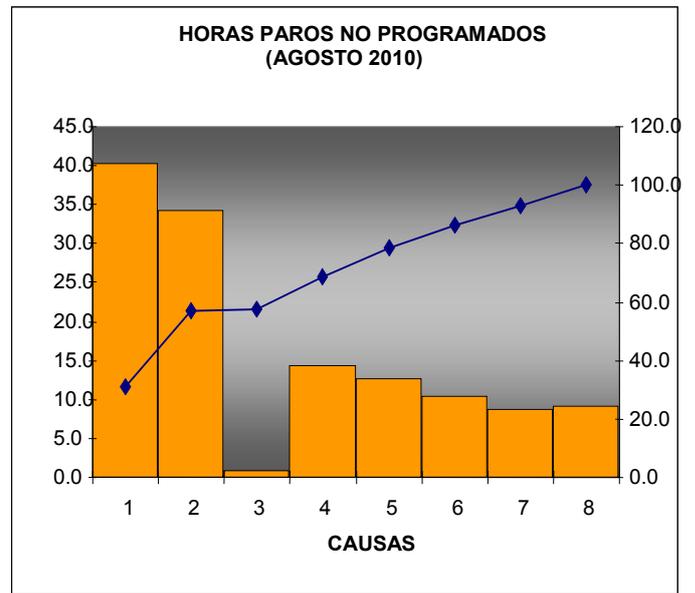
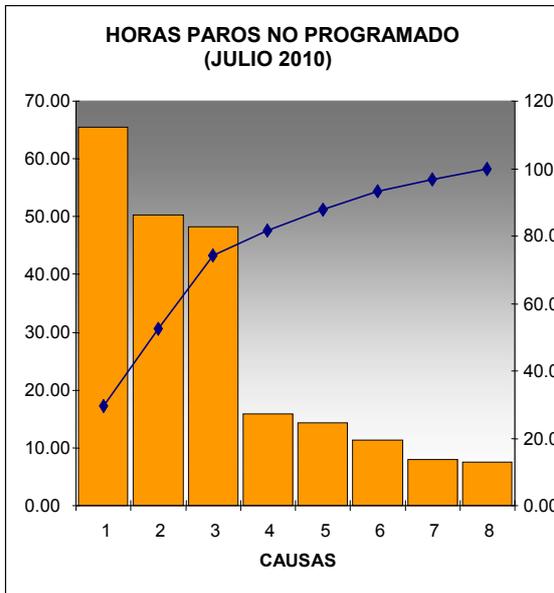


**Datos presentan variabilidad**



**Datos dentro de Límites de Control**

**GRÁFICAS DE PARETO**

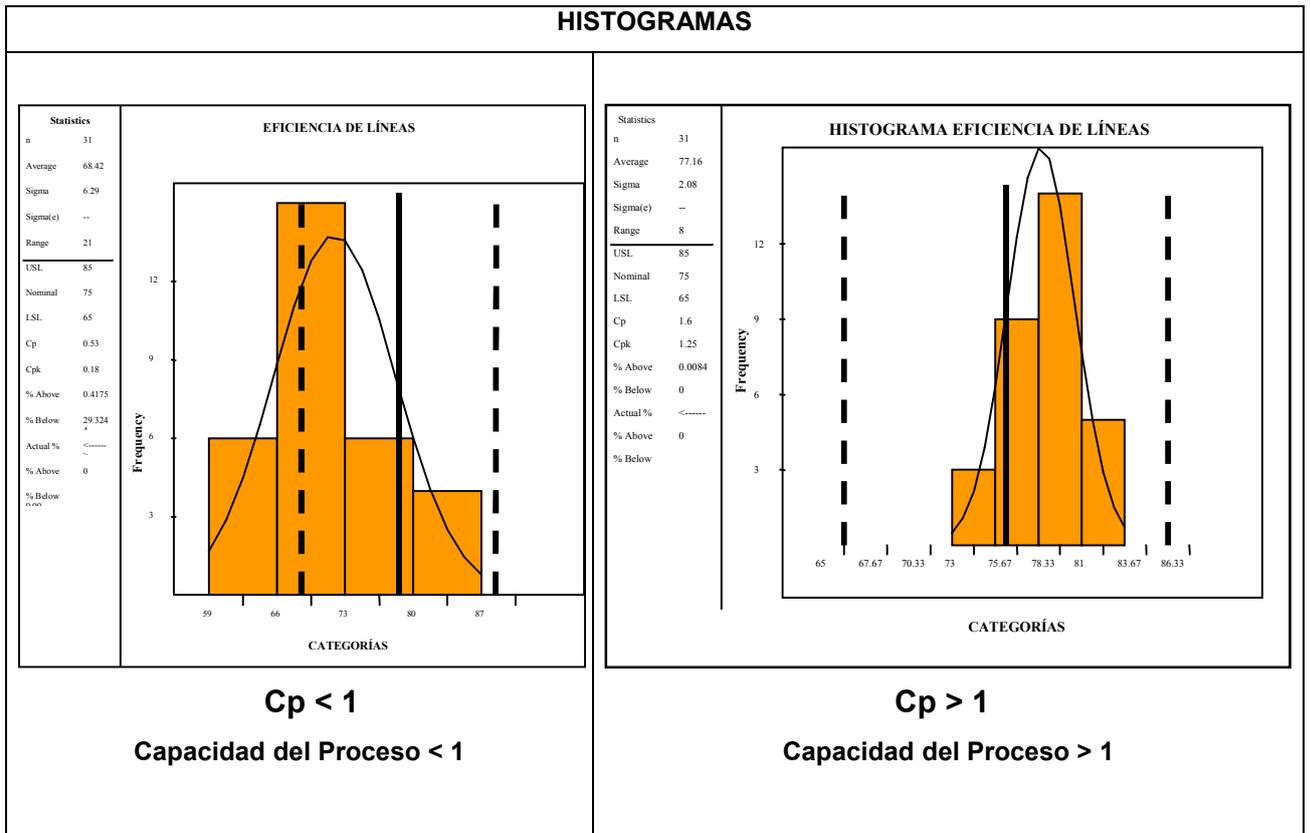


PAROS NO PROGRAMADOS MES DE JULIO 2010		
CAUSAS	HORAS PERDIDAS	% HORAS
1. LLENADORA DE BOTELLAS	65.50	29.65
2. INSPECTOR ELECTRÓNICO DE BOTELLAS	50.36	22.80
3. DAÑO EN FILTRO COSMOS (DESABASTECIMIENTO DE JARABE)	48.24	21.84
4. TERMOFORMADORA DE PAQUETES CON PRODUCTO PET	15.78	7.14
5. DESPALETIZADOR DE CAJAS CON ENVASE VACÍO	14.21	6.43
6. EMPACADORA DE CAJAS CON PRODUCTO	11.42	5.17
7. TRANSPORTADOR DE BOTELLAS	8.03	3.64
8. OTROS	7.37	3.34
<b>TOTAL</b>	<b>220.91</b>	<b>100.00</b>

**Pérdida de 220.91 Horas por paros no programados**

PAROS NO PROGRAMADOS MES DE AGOSTO 2010		
CAUSAS	HORAS PERDIDAS	% HORAS
1. LLENADORA DE BOTELLAS	40.14	31.01
2. INSPECTOR ELECTRÓNICO DE BOTELLAS	34.15	26.38
3. DAÑO EN FILTRO (DESABASTECIMIENTO DE JARABE)	0	0
4. TERMOFORMADORA DE PAQUETES CON PRODUCTO	14.29	11.04
5. DESPALETIZADOR DE CAJAS CON ENVASE VACÍO	12.58	9.72
6. EMPACADORA DE CAJAS CON PRODUCTO	10.47	8.09
7. TRANSPORTADOR DE BOTELLAS	8.63	6.67
8. OTROS	9.18	7.09
<b>TOTAL</b>	<b>129.44</b>	<b>100</b>

**Reducción de paros no programados a 129.4 Horas**



### 4.3. EVALUACIÓN DE LOS GASTOS DE FABRICACIÓN.

Para implementar las acciones de mejora tanto para el indicador de eficiencia de líneas como para el rendimiento de edulcorante fue importante disponer de los recursos económicos necesarios para la adquisición de los equipos necesarios y los repuestos que permitan mejorar el funcionamiento de los mismos.

Los gastos de fabricación realizados para el mejoramiento del indicador Rendimiento de Edulcorante se detallan a continuación:

**TABLA 4.33 ANÁLISIS DE GASTOS DE FABRICACIÓN PARA  
MEJORAMIENTO INDICADOR EDULCORANTE**

Los Gastos de Fabricación utilizados para el mejoramiento del Indicador Eficiencia de Líneas se indican en la siguiente tabla:

<b>ADQUISICIÓN DE EQUIPOS Y REPUESTOS</b>	<b>GASTOS REALIZADOS ( \$ )</b>
<p><b>FILTRO COSMOS</b>  <b>Especificación: PLACAS DE FILTRO</b>  <b>Área de Trabajo:</b> Para un Filtro de 2 m3 de capacidad.  Material: Mallas de acero inoxidable  <b>Función:</b> Retención de carbón activado durante el proceso de filtración del jarabe a presión de 4 bares.  <b>Diámetro:</b> 110 cm</p>	<p>Cantidad solicitada: 30 placas  Costo unitario: \$ 300,00  <b>Costo Total: \$ 9000,00</b></p>
<p><b>TANQUE RECUPERACIÓN DE AGUA DE AGOTAMIENTO DE LA TORTA DEL FILTRO.</b>  Material: Acero Inoxidable  Capacidad: 10.000 lts  Motoreductor: 5 HP  Bomba de alimentación: 5 HP</p>	<p>Cantidad Solicitada: 1 tanque  <b>Costo total: \$ 14.000,00</b></p>
<p><b>VÁLVULAS Y TUBERÍAS DE ACERO INOXIDABLE.</b>  Diámetro interno: 4.6 cm  Diámetro externo: 5 cm</p>	<p>Cantidad Solicitada: 6 válvulas  Costo unitario: \$ 333.33  <b>Costo Total: 2.000,00</b></p>
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>\$25.000,00</b>

Los Gastos de Fabricación utilizados para el mejoramiento del Indicador Eficiencia de Líneas se indican en la siguiente tabla:

**TABLA 4.34 GASTOS DE FABRICACIÓN PARA MEJORAMIENTO INDICADOR EFICIENCIA DE LÍNEAS**

<b>ADQUISIÓN DE REPUESTOS</b>	<b>GASTOS REALIZADOS ( \$ )</b>
<p><b>LLENADORAS PARA ENVASE RETORNABLE (VIDRIO Y PLÁSTICO)</b>  Especificación: válvulas neumáticas de llenado.  Función: Llenado de bebidas carbonatadas y no carbonatadas.  Material: Acero inoxidable</p>	<p>Nº válvulas: 50  Costo unitario: \$150  <b>Costo Total: \$7500,00</b></p>
<p><b>INSPECTORES ELECTRÓNICOS DE ENVASE:</b>  Especificación: tarjetas electrónicas y software de configuración de equipo.  Función: Detección de botellas con desgaste externo, presencia de objetos en el interior.</p>	<p>Nº tarjetas: 5  Costo unitario: \$ 300,00  <b>Costo Total: \$1500,00</b></p>
<p><b>TERMOFORMADORA:</b>  Especificación: Banda transportadora de plástico de alta densidad  Función: Transporte de paquetes producto terminado.</p>	<p>Cantidad: 1 banda  <b>Costo total: \$200,00</b></p>
<p><b>EMPACADORAS:</b>  Especificación: Tulipas de caucho.  Función: Funcionan con un sistema hidráulico que se inflan para capturas las botellas de los transportadores y colocarlas en cajas plásticas para su envío a bodega.</p>	<p>Cantidad: 100 tulipas  Costo unitario: \$40,00  <b>Costo Total: \$4.000,00</b></p>

<p><b>DESPALETIZADOR DE CAJAS PLÁSTICAS:</b></p> <p>Especificación: tarjeta electrónica para equipo y sensor óptico de altura de brazo mecánico.</p> <p>Función: Operación electrónica de brazo mecánico para abastecimiento de cajas plásticas con envase a líneas de producción. El sensor óptico emite una señal para que el brazo se detenga al llegar a la altura programada.</p>	<p>Nº tarjetas y sensor: 2</p> <p>Costo Unitario: \$450,00</p> <p><b>Costo Total: \$900,00</b></p>
<p><b>COSTO TOTAL:</b></p>	<p><b>\$14.100,00</b></p>

#### 4.3.1 ESTUDIO FINANCIERO DEL PROYECTO

Se desarrolló el estudio financiero determinado la situación actual del proyecto, la depreciación de los equipos, costos, gastos, proyecciones, estado de perdidas y ganancias, el balance proyectado, el TIR y el VAN que permitió determinar la viabilidad financiera del proyecto.

En los cuadros financieros descritos a continuación se determinan los resultados encontrados del estudio:

**TABLA 4.35 ACTIVOS FIJOS REQUERIDOS**

<b>ACTIVOS FIJOS REQUERIDOS</b>			
<b>MUEBLES</b>			
<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>P.UNIT.</b>	<b>TOTAL</b>
Filtro (placas)	30	300.00	9,000.00
Tanque de recuperación de agua azucarada	1	14,000.00	14,000.00
Válvulas y Tuberías de acero inoxidable	6	333.33	2,000.00
Válvulas de llenado	50	150.00	7,500.00
Tarjetas electrónicas y software de configuración	5	300.00	1,500.00
Banda transportadora de alta densidad	1	200.00	200.00
Tulipas para empacadora	100	40.00	4,000.00
Tarjeta electrónica y sensor óptico para despaletizador de cajas	2	450.00	900.00
		<b>Total</b>	<b>39,100.00</b>

**TABLA 4.36 ESTADO DE SITUACIÓN INICIAL DEL PROYECTO.**

ESTADO DE SITUACION INICIAL		
<b>ACTIVO</b>		
<b>ACTIVO CORRIENTE</b>		<b>0.00</b>
Caja-Bancos	0.00	
<b>ACTIVO FIJO</b>		<b>39,100.00</b>
Filtro (placas)	9,000.00	
Tanque de recuperación de agua azucarada	14,000.00	
Válvulas y Tuberías de acero inoxidable	2,000.00	
Válvulas de llenado	7,500.00	
Tarjetas electrónicas y software de configuración	1,500.00	
Banda transportadora de alta densidad	200.00	
Tulipas para empacadora	4,000.00	
Tarjeta electrónica y sensor óptico para despaletizador.	900.00	
<b>TOTAL ACTIVO</b>		<b>39,100.00</b>
<b>PASIVO</b>		
<b>PATRIMONIO</b>		
<b>CAPITAL SOCIAL</b>		<b>39,100.00</b>
Aporte de socios	39,100.00	
<b>TOTAL PASIVO Y PATRIMONIO</b>		

**TABLA 4.37 DEPRECIACIÓN Y AMORTIZACIÓN.**

CUADRO DE DEPRECIACION Y AMORTIZACION								
DESCRIPCION	VALOR	V. Util	DEP. AÑO	2011	2012	2013	2014	2015
Filtro (placas)	9,000.0	5.0	1,800.0	1,800.0	1,800.0	1,800.0	1,800.0	1,800.0
Tanque de recuperación de agua azucarada	14,000.0	5.0	2,800.0	2,800.0	2,800.0	2,800.0	2,800.0	2,800.0
Válvulas y Tuberías de acero inoxidable	2,000.0	5.0	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0
Válvulas de llenado	7,500.0	5.0	1,500.0	1,500.0	1,500.0	1,500.0	1,500.0	1,500.0
Tarjetas electrónicas y software de configuración	1,500.0	5.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0
Banda transportadora de alta densidad	200.0	5.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
Tulipas para empacadora	4,000.0	5.0	800.0	800.0	800.0	800.0	800.0	800.0
Tarjeta electrónica y sensor óptico para despaletizador de cajas	900.0	5.0	180.0	180.0	180.0	180.0	180.0	180.0
<b>Totales</b>	<b>39,100.0</b>		<b>7,820.0</b>	<b>7,820.0</b>	<b>7,820.0</b>	<b>7,820.0</b>	<b>7,820.0</b>	<b>7,820.0</b>

**TABLA 4.38 AHORROS POR AÑO**

TIPO	DETALLE	COSTO POR LINEA \$	COSTO POR KILO \$	AÑO 2011			AÑO 2012			AÑO 2013		
				Kilos	Horas	USD	Kilos	Horas	USD	Kilos	Horas	USD
Reducción de pérdida de azúcar	Mejora de rendimientos mensuales en kilos y en dólares		0.56	20656		138,808	24787.2		166,570	28505		191,555
Eficiencia de línea	Disminución de paros no programados en líneas de producción	18.91		91.47	20,753		93.30	21,168		95.17		21,592
<b>AHORRO TOTAL OBTENIDO POR AÑO</b>				<b>159,562</b>			<b>187,738</b>			<b>213,147</b>		

TIPO	DETALLE	COSTO POR LINEA \$	COSTO POR KILO \$	AÑO 2014			AÑO 2015		
				Kilos	Horas	USD	Kilos	Horas	USD
Reducción de pérdida de azúcar	Mejora de rendimientos mensuales en kilos y en dólares		0.56	31355.8		210,711	34491.4		231,782
Eficiencia de línea	Disminución de paros no programados en líneas de producción	18.91		97.07	22,024		99.01	22,464	
<b>AHORRO TOTAL OBTENIDO POR AÑO</b>				<b>232,735</b>			<b>254,246</b>		

**TABLA 4.39 GASTOS DE PERSONAL TÉCNICO**

ROL DE PAGOS Y CARGAS MENSUALES												
Personal	S. Base	A. Patronal	DécimoXII I	Décimo XIV	Vacac.	F. de Reserva	Total Mensual	Número de personas por año				
								2011	2012	2013	2014	2015
Especialista mecánico	450.0	54.7	37.5	12.5	18.8	37.5	573.4	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Especialista electrónico	450.0	54.7	37.5	12.5	18.8	37.5	573.4	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Especialista eléctrico	450.0	54.7	37.5	12.5	18.8	37.5	573.4	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Supervisor de línea	400.0	48.6	33.3	12.5	16.7	33.3	511.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Operador de jarabes	125.0	15.2	10.4	12.5	5.2	10.4	168.3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Operador de embotellado	125.0	15.2	10.4	12.5	5.2	10.4	168.3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
			Total Mensual	2,568.0	Total Año2012	30,816.0				Total Año 2014	30,816.0	
			Total Año 2011	30,816.0	Total Año2013	30,816.0				Total Año 2015	30,816.0	

**TABLA 4.40 GASTOS MENSUALES DE OPERACIÓN**

<b>OTROS GASTOS MENSUALES PARA OPERACIÓN</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Cant.</b>	<b>P.Unit.</b>	<b>V. Total</b>
Mantenimiento primario	1	400.00	400.00
Mantenimiento correctivo	1	250.00	250.00
Mantenimiento preventivo	1	250.00	250.00
Luz	1	200.00	200.00
Agua	1	300.00	300.00
Repuestos	1	1,000.00	1,000.00
	<b>Total Mensual</b>		2,400.00
	<b>Total Año 2011</b>		28,800.00
	<b>Total Año 2012</b>		29,376.00
	<b>Total Año 2013</b>		29,963.52
	<b>Total Año 2014</b>		30,562.79
	<b>Total Año 2015</b>		31,174.05

**TABLA 4.41 ROL DE PAGOS Y CARGAS MENSUALES**

<b>ROL DE PAGOS Y CARGAS MENSUALES</b>													
<b>Personal</b>	<b>S. Base</b>	<b>A. Patronal</b>	<b>Décimo XIII</b>	<b>Décimo XIV</b>	<b>Vacac.</b>	<b>F. de Reserva</b>	<b>Total Mensual</b>	<b>Número de personas por año</b>					
								<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	
Operadores	250.0	30.4	20.8	12.5	10.4	20.8	324.1	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	
de línea													
							<b>Total Mensual</b>	<b>324.1</b>	<b>COSTO HORA TRABAJADA</b>				
							<b>Total Año 2011</b>	<b>54,453.0</b>	<b>4,537.8</b>	<b>151.3</b>	<b>18.9</b>		
							<b>Total Año 2012</b>	<b>54,453.0</b>	<b>mes</b>	<b>día</b>	<b>hora</b>		
							<b>Total Año 2013</b>	<b>54,453.0</b>					
							<b>Total Año 2014</b>	<b>54,453.0</b>					
							<b>Total Año 2015</b>	<b>54,453.0</b>					

**TABLA 4.42 FLUJO DE CAJA PROYECTADO**

FLUJO DE CAJA PROYECTADO					
	2011	2012	2013	2014	2015
<b>INGRESOS</b>					
Total Ahorros	138,808.32	166,569.98	191,555.48	210,711.03	231,782.13
<b>GASTOS</b>					
Sueldos y Salarios	30,816.00	30,816.00	30,816.00	30,816.00	30,816.00
Otros Gastos	28,800.00	29,376.00	29,963.52	30,562.79	31,174.05
Partic. Trabajadores		10,705.85	14,783.70	18,443.39	21,226.84
Impuesto Renta		17,843.08	24,639.50	30,738.99	35,378.06
Total Gastos	59,616.00	88,740.93	100,202.71	110,561.18	118,594.94
<b>DIFERENCIA</b>	79,192.32	77,829.06	91,352.77	100,149.85	113,187.19
Saldo Inicial	0.00	79,192.32	157,021.38	248,374.14	348,524.00
Saldo TOTAL	79,192.32	157,021.38	248,374.14	348,524.00	461,711.19

**TABLA 4.43 GASTOS ADMINISTRATIVOS**

GASTOS DE ADMINISTRACIÓN					
Descripcion	2011	2012	2013	2014	2015
Sueldos y salarios	30,816.00	30,816.00	30,816.00	30,816.00	30,816.00
Otros Gastos	28,800.00	29,376.00	29,963.52	30,562.79	31,174.05
Total	59,616.00	60,192.00	60,779.52	61,378.79	61,990.05

**TABLA 4.44 ESTADO DE PÉRDIDAS Y GANANCIAS PROYECTADO**

ESTADO DE PERDIDAS Y GANANCIAS PROYECTADO						
	2011	2012	2013	2014	2015	Promedio
<b>Ingresos</b>						
Ahorros	138,808.32	166,569.98	191,555.48	210,711.03	231,782.13	187,885.39
<b>Gastos</b>						
Administración	59,616.00	60,192.00	60,779.52	61,378.79	61,990.05	60,791.27
Depreciación	7,820.00	7,820.00	7,820.00	7,820.00	7,820.00	7,820.00
Total Gastos	67,436.00	68,012.00	68,599.52	69,198.79	69,810.05	68,611.27
<b>Utilidad</b>	71,372.32	98,557.98	122,955.96	141,512.24	161,972.09	119,274.12
Part. Empleados 15%	10,705.85	14,783.70	18,443.39	21,226.84	24,295.81	17,891.12
Impto. Renta 25%	17,843.08	24,639.50	30,738.99	35,378.06	40,493.02	29,818.53
<b>Utilidad Liquida</b>	42,823.39	59,134.79	73,773.58	84,907.34	97,183.25	71,564.47
<b>Ahorro Neto</b>	<b>30.85%</b>	<b>35.50%</b>	<b>38.51%</b>	<b>40.30%</b>	<b>41.93%</b>	<b>37.42%</b>

**TABLA 4.45 BALANCE GENERAL PROYECTADO**

BALANCE GENERAL PROYECTADO										
Descripción	2011		2012		2013		2014		2015	
<b>ACTIVO</b>										
ACTIVO CORRIENTE	99,945.7		190,641.9		295,119.1		408,655.9		535,497.8	
Caja . Bancos	99,945.7		190,641.9		295,119.1		408,655.9		535,497.8	
Clientes	0.0		0.0		0.0		0.0		0.0	
Incobrables	0.0		0.0		0.0		0.0		0.0	
ACTIVO FIJO	31,280.0		23,460.0		15,640.0		7,820.0		0.0	
Activos Fijos	39,100.0		39,100.0		39,100.0		39,100.0		39,100.0	
Deprec. y Amortiz. Acumulada	-7,820.0		-15,640.0		-23,460.0		-31,280.0		-39,100.0	
<b>TOTAL ACTIVO</b>	<b>131,225.7</b>		<b>214,102</b>		<b>310,759.1</b>		<b>416,475.9</b>		<b>535,498</b>	
<b>PASIVO</b>										
PASIVO CORRIENTE	36,850.3		47,890.6		57,819.1		65,414.4		73,774.5	
Particip. Trabajadores	13,818.86		17,959.0		21,682.2		24,530.4		27,665.4	
Impto. Renta por pagar	23,031.43		29,931.6		36,136.9		40,884.0		46,109.1	
<b>TOTAL PASIVO</b>	<b>36,850.3</b>		<b>47,891</b>		<b>57,819.1</b>		<b>65,414.4</b>		<b>73,774</b>	
<b>PATRIMONIO</b>										
CAPITAL SOCIAL	39,100.0		94,375.4		166,211.3		252,940.0		351,061.5	
Aportes Socios	39,100.00		39,100.0		39,100.0		39,100.0		39,100.0	
Util. Acumulada Años Anteriores	0.00		55,275.4		127,111.3		213,840.0		311,961.5	
Utilidad del Ejercicio	55,275.4		71,835.9		86,728.7		98,121.5		110,661.7	
<b>TOTAL PATRIMONIO</b>	<b>94,375.4</b>		<b>166,211</b>		<b>252,940.0</b>		<b>351,061.5</b>		<b>461,723</b>	
<b>TOTAL PASIVO + PATRIMONIO</b>	<b>131,225.7</b>		<b>214,102</b>		<b>310,759.1</b>		<b>416,475.9</b>		<b>535,498</b>	

**TABLA 4.46 VALOR ACTUAL NETO**

VALOR ACTUAL NETO					
	2011	2012	2013	2014	2015
<b>INGRESOS</b>					
Total Ahorros	159,561.72	187,738.45	213,147.32	232,734.70	254,246.28
<b>GASTOS</b>					
Sueldos y Salarios	30,816.00	30,816.00	30,816.00	30,816.00	30,816.00
Otros Gastos	28,800.00	29,376.00	29,963.52	30,562.79	31,174.05
Partic. Trabajadores		13,818.86	17,958.97	21,682.17	24,530.39
Impuesto Renta		23,031.43	29,931.61	36,136.95	40,883.98
Total Gastos	59,616.00	97,042.29	108,670.10	119,197.91	127,404.41
Diferencia	99,945.72	90,696.16	104,477.22	113,536.79	126,841.87
Tasa de Descuento	20.00%	(TMR Aceptada por los inversionistas)			
Costo Inversión	-				
VAN	260,384.39				

**TABLA 4.47 TASA INTERNA DE RETORNO**

CALCULO DE LA TASA INTERNA DE RETORNO						
	Año 0	2011	2012	2013	2014	2015
<b>INGRESOS</b>						
Total Ahorros		159,561.72	187,738.45	213,147.32	232,734.70	254,246.28
<b>GASTOS</b>						
Sueldos y Salarios		30,816.00	30,816.00	30,816.00	30,816.00	30,816.00
Otros Gastos		28,800.00	29,376.00	29,963.52	30,562.79	31,174.05
Partic. Trabajadores			13,818.86	17,958.97	21,682.17	24,530.39
Impuesto Renta			23,031.43	29,931.61	36,136.95	40,883.98
Total Gastos		59,616.00	97,042.29	108,670.10	119,197.91	127,404.41
Diferencia	39100.00	99,945.72	90,696.16	104,477.22	113,536.79	126,841.87
TIR	251.89%					

#### **4.4 AHORRO DE RECURSOS OBTENIDOS AL FINALIZAR EL ESTUDIO.**

##### **4.4.1 AHORRO OBTENIDO EN UN MES LUEGO DE APLICAR EL SISTEMA SEIS SIGMA.**

El manejo de los recursos en una compañía es una de las actividades que todo administrador debe controlar y su gestión debe enfocarse no sólo en este tema sino también en la posibilidad de reducir costos de producción y optimizar los recursos.

Los bajos rendimientos de edulcorante que se presentaba en los últimos meses reflejaban la falta de optimización ocasionando pérdidas significativas para la empresa (Ver Tabla 4.35).

De igual forma el tiempo perdido por paros no programados ocasionado por daños mecánicos generaba disminución en la eficiencia de líneas por lo que era necesario encontrar las causas que permitan tomar las acciones correctivas a fin de optimizar la capacidad instalada de los equipos de producción (Ver Tabla 4.36).

En el siguiente cuadro se detallan las pérdidas encontradas y los ahorros generados al finalizar éste estudio:

**TABLA 4.48 CUADRO COMPARATIVO DE LOS AHORROS OBTENIDOS EN EL MES DE AGOSTO 2010.**

<b>INDICADOR DE GESTIÓN: RENDIMIENTO DE EDULCORANTE</b>	
DATOS INICIALES: JULIO 2010	DATOS FINALES: AGOSTO 2010
CONSUMO TEÓRICO: 2059627.2 Kg	CONSUMO TEÓRICO: 2401830.88 Kg
CONSUMO REAL: 2082599.49 Kg	CONSUMO REAL: 2404207.09 Kg
RENDIMIENTO: 98.90%	RENDIMIENTO: 99.90%
PÉRDIDA: 22972.3 Kg	PÉRDIDA: 2376.21 Kg
Costo/Kg azúcar: \$0.56	Costo/Kg azúcar: \$0.56
Pérdida: \$12.864.49	Pérdida: \$1330.67
<b>AHORRO OBTENIDO EN EL MES DE AGOSTO 2010: \$11.534,31</b>	

**TABLA 4.49 CUADRO COMPARATIVO DE LOS AHORROS OBTENIDOS EN EL MES DE AGOSTO 2010.**

<b>INDICADOR DE GESTIÓN: EFICIENCIAS DE LÍNEAS</b>	
DATOS INICIALES: JULIO 2010	DATOS FINALES: AGOSTO 2010
EFICIENCIA DE LÍNEAS: 68.42%	EFICIENCIA DE LÍNEAS: 77.68%
TOTAL PAROS NO PROGRAMADOS REGISTRADOS MES DE JULIO: 220.91 Hrs EN LÍNEAS.	TOTAL PAROS NO PROGRAMADOS REGISTRADOS MES DE AGOSTO: 129.44 Hrs EN LÍNEAS.
COSTO HORA OPERACIONAL POR LINEAS: \$18.91	COSTO HORA OPERACIONAL POR LINEAS: \$18.91
Nº DE OPERARIOS/LÍNEAS: 14	Nº DE OPERARIOS/LÍNEAS: 14
PÉRDIDA REGISTRADA: \$2.969,03	PÉRDIDA REGISTRADA: 1.739.67
<b>AHORRO OBTENIDO EN EL MES DE AGOSTO 2010: \$1.229,36</b>	

#### 4.4.2 PROYECCIÓN DE AHORROS

En la tabla adjunto se resume los ahorros que se podrían alcanzar por la reducción anual ocasionadas por las pérdidas de edulcorante y que representan un ahorro importante para la empresa sumado a los ahorros que también se podrían obtener por la disminución de paros no programados en las líneas de producción.

Los cálculos para la obtención de éstos ahorros se establecen en la tabla 4.38 Ahorros por Año.

**TABLA 4.50 RESÚMEN DE AHORROS PROYECTADO**

<b>RESÚMEN DE AHORROS PROYECTADO</b>	
<b>AÑO</b>	<b>Total ( \$ )</b>
<b>Año 2011</b>	<b>159,561.72</b>
<b>Año 2012</b>	<b>187,738.45</b>
<b>Año 2013</b>	<b>213,147.32</b>
<b>Año 2014</b>	<b>232,734.70</b>
<b>Año 2015</b>	<b>254,246.28</b>

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 CONCLUSIONES**

- Mediante la aplicación de los elementos claves que forman parte del Sistema Seis Sigma (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) se logró mejorar los indicadores planteados para éste estudio como son Rendimiento de Edulcorante y Eficiencias de Líneas que desde hace algunos meses atrás presentaban problemas de cumplimiento de objetivos planteados por la Gerencia y Dirección de Operaciones de Ecuador Bottling Company-Quito.
- A través de la Matriz de Relación o Selección se logró identificar los indicadores de gestión del área de manufactura que requerían de una mejora inmediata y la ponderación obtenida con el equipo multidisciplinario confirmó la decisión de aplicar ésta metodología para estos dos indicadores claves.
- La formación de equipos multidisciplinarios donde se contó con la participación de personal que forman parte de las áreas de producción, mantenimiento mecánico, electrónico y personal administrativo de manufactura que conocen de los procesos, aprovechando sus años de experiencia y su aporte se logró identificar las causas raíz que afectaban a éstos indicadores y mediante la aplicación de las acciones correctivas oportunas, los rendimientos de edulcorante y eficiencia de líneas mejoraron respecto a los meses anteriores.
- La mayor parte de las acciones correctivas encontradas para el mejoramiento de los indicadores de estudio se implementaron gracias al permanente apoyo y gestión de la Gerencia de Operaciones así como la aprobación de los recursos a través de los presupuestos establecidos y que muchos de ellos estaban destinados para otras actividades del área.
- La aplicación de las diferentes herramientas del Sistema Seis Sigma, la participación activa de los miembros del equipo multidisciplinario, las acciones correctivas tomadas se convirtieron en componentes claves para

mantener los resultados planteados y su permanente control están generando una cultura seis sigma para alcanzar el mejoramiento continuo en el área.

- El agotamiento total de la torta de carbón activado del Filtro que forma parte del Sistema KHS para elaboración de jarabe permitió optimizar el consumo de edulcorante considerado como uno de los más importantes y que es uno de los ingredientes que forman parte de las bebidas gaseosas. El azúcar retenido por un proceso de adsorción propio del carbón activado era eliminado directamente del filtro sin considerar que éste retenía azúcar que no era reprocesada ocasionando bajos rendimientos de azúcar y generando pérdidas económicas.
- Una vez identificadas las causas que afectaron al indicador de edulcorante donde los rendimientos presentaban valores menores al 99.0%, las acciones correctivas encontradas y las modificaciones realizadas en el procesos de elaboración de jarabe permitieron optimizar su utilización y alcanzar un rendimiento del 99.90%, valor que supera el objetivo planteado para éste año por la Gerencia de Operaciones.
- A través de éste estudio se logró cuantificar la viabilidad financiera del proyecto, identificando que la inversión realizada para mejorar los indicadores de edulcorante y eficiencia de líneas permitieron generar ahorros importantes para la compañía.
- Las causas encontradas que afectaban directamente el indicador de Eficiencia de Líneas fueron netamente por falta de un suficiente stock de repuestos en bodega los que afectaban el buen funcionamiento de los equipos de producción ocasionando paros no programados por daños mecánicos o electrónicos disminuyendo de ésta forma la eficiencia de las líneas de procesamiento.
- La mejora de los rendimientos de eficiencias de Líneas se alcanzó gracias al apoyo de la Gerencia de Operaciones y de Mantenimiento quienes aplicaron los presupuestos destinados para otras actividades y que

sirvieron para la compra inmediata de los repuestos necesarios para aplicar las acciones correctivas encontradas.

- Los gastos destinados para el mejoramiento de las eficiencias de líneas son los correspondientes a los valores presupuestados y que fueron aprobados por la Gerencia de Mantenimiento y Operaciones.
- El mejorar la eficiencia de Línea y superar el objetivo planteado del 75% permite no solamente optimizar la capacidad instalada de los equipos de procesamiento sino que también generan disminución de desechos sólidos por su mal funcionamiento.
- La reducción de paros no programados ocasionado por las horas de daños mecánicos o electrónicos presentados en las líneas de producción presenta muchas ventajas entre las que se puede mencionar: cumplimiento de los programas diarios de producción, entrega oportuna de producto al mercado, optimización de lo procesos, reducción de horas extras al personal.
- Desde el punto de vista ambiental, el mejorar la capacidad instalada de los equipos reduce la contaminación ocasionada por la generación de desechos sólidos como botellas de vidrio o plástico y tapas metálicas o plásticas mal aplicadas en el proceso de llenado, plástico termoencogible usado para envolver los paquetes en el horno de la termoformadora. En el caso de desechos líquidos la reducción de desperdicio de bebida gaseosa por mal funcionamiento de las llenadoras y por la falta de agotamiento del azúcar del filtro cosmos de sala de jarabes, son líquidos que podrían incrementar la carga orgánica en las aguas residuales industriales generando mayor contaminación a fuentes vivas como ríos. Esta reducción de niveles de contaminación generan una producción industrial más limpia.
- Los resultados encontrados para éste proyecto de investigación a través de la aplicación de la metodología Seis Sigma y lo expuesto anteriormente permitieron alcanzar los objetivos planteados.

## 5.2 RECOMENDACIONES

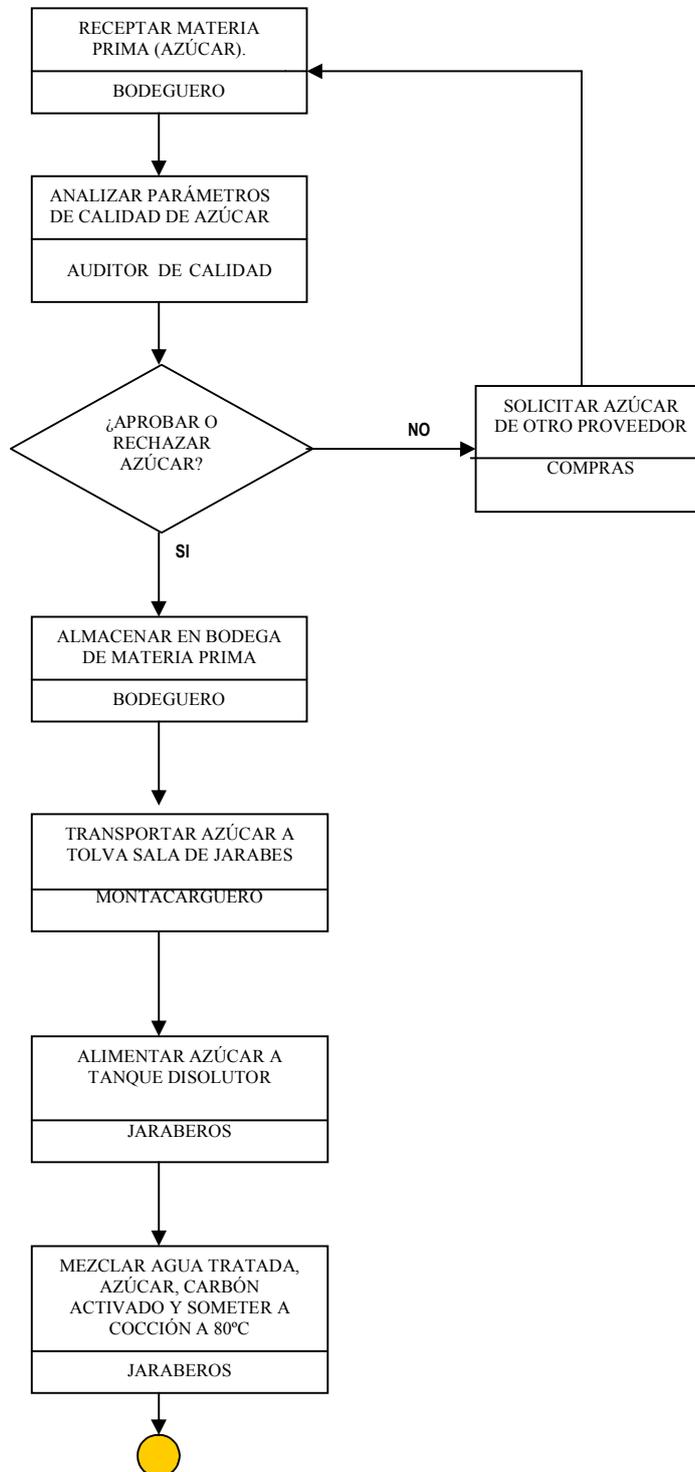
- La aplicación de la metodología Seis Sigma en el mejoramiento continuo podría aplicarse a futuro a los demás indicadores del área de manufactura como son rendimientos de gas carbónico, disminución de desempeño de equipos para el área de mantenimiento industrial, productividad de mano de obra directa, rendimiento de envase de vidrio y plástico, calidad de producto, etc.
- El mantenimiento preventivo de los equipos también es importante para un mejor desempeño y optimización de los mismos por lo que se recomendará a la Gerencia de Operaciones se desarrollé con mayor frecuencia ésta actividad coordinando con el área de planeación que emite los programas diarios y semanales de producción así como al departamento de mantenimiento su ejecución.
- Incluir en el presupuesto anual el servicio externo de mantenimiento de equipos por parte de cada uno de los proveedores de equipos así como capacitación para retroalimentar los conocimientos de operación de los equipos al personal operativo de líneas de procesamiento en el caso de eficiencias de líneas.
- Para el caso de rendimiento de edulcorante planificar oportunamente el mantenimiento de las mallas del filtro a fin de evitar desviaciones en la operación del filtro.

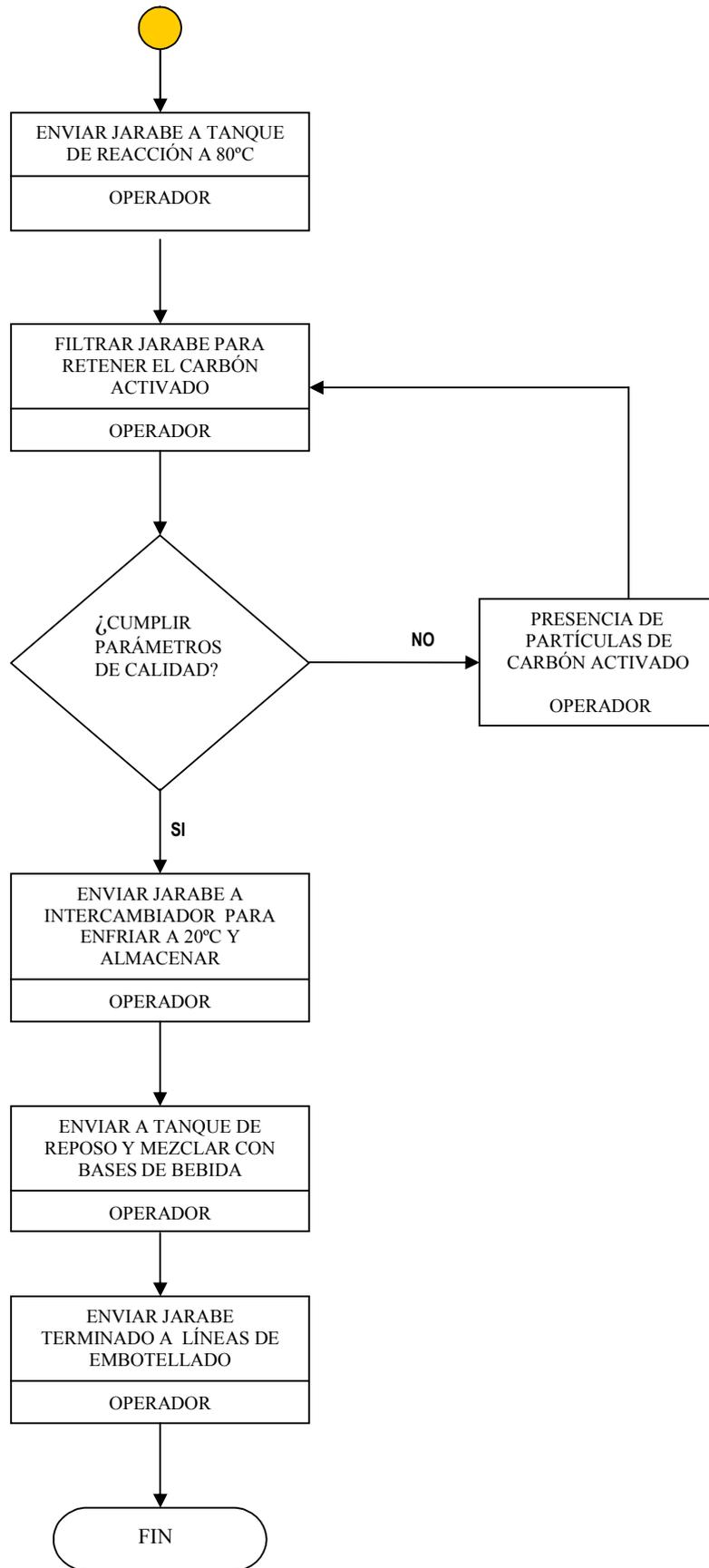
### 5.3 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BUTLER Howard. Control Estadístico de Procesos Simplificado para Servicios. Editorial Panorama. México Edición 2006.
- ECKES, George. El Seis Sigma para Todos.- Grupo Editorial Norma.- Colombia, Tercera Edición. 2006.
- KATZENBACH, Jhon. El Trabajo en Equipo.- Editorial Granicia.- Argentina, Edición 2008.
- LINDSAY WILLIAM. Administración y Control de Procesos.- Grupo Editorial Iberoamericana.- México 2005.
- LOWENTHAL Joffey N. Administración de Proyectos Seis Sigma.- Editorial Panorama, México 2005.
- MAGNUSSON, Kjell. El Seis Sigma – Una Estrategia Pragmática.- Editorial Gestión 2000, España 2006.
- MONTGOMERY Douglas C. Control Estadístico de Proceso. Grupo Editorial Iberoamericana. México 2005.
- TROSINO Carlos Jesús. Equipos de Trabajo Efectivos y Altamente Productivos.- Editorial Panorama, México D.F., Edición 2006.
- PANDE Peter y Holpp Larry. ¿Qué es Seis Sigma?.- Editorial McGrawHill.- México 2005.
- PANDE Me ter, Neuman Robert, CAVanagh Roland. Las Claves del Seis Sigma. Editoral McGraw Hill, Edición 2005.
- PLOTKIN, Hal. Six Sima, Qué es y cómo utilizarlo. Harvard Business Review / Management Herald. Mayo 2005.
- COCA-COLA Company. Capacitación y Formación Green Belt en Seis Sigma.
- WHEAT Bárbara. SEIS SIGMA, Una parábola sobre el camino a la excelencia. Editoral Norma, Colombia. Edición 2005
- [www.seis\\_sigma.com](http://www.seis_sigma.com)
- HERNÁNDEZ Sampieri Roberto. Metodología de la Investigación Científica. Editorial MacGraw – Hill. México Segunda Edición 2006.

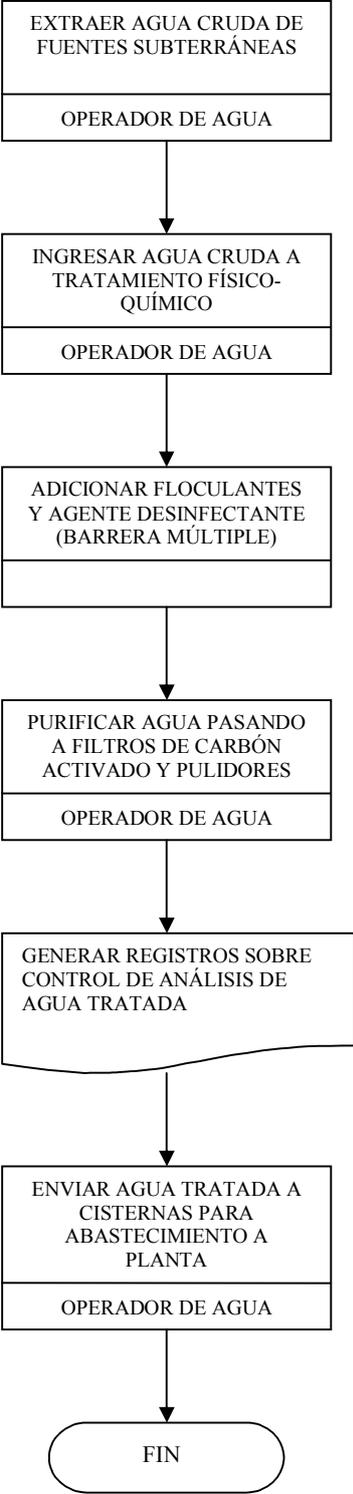
## 5.4 APÉNDICES

**FIGURA 3.1 DIAGRAMA DE FLUJO ELABORACIÓN DE JARABE SIMPLE**

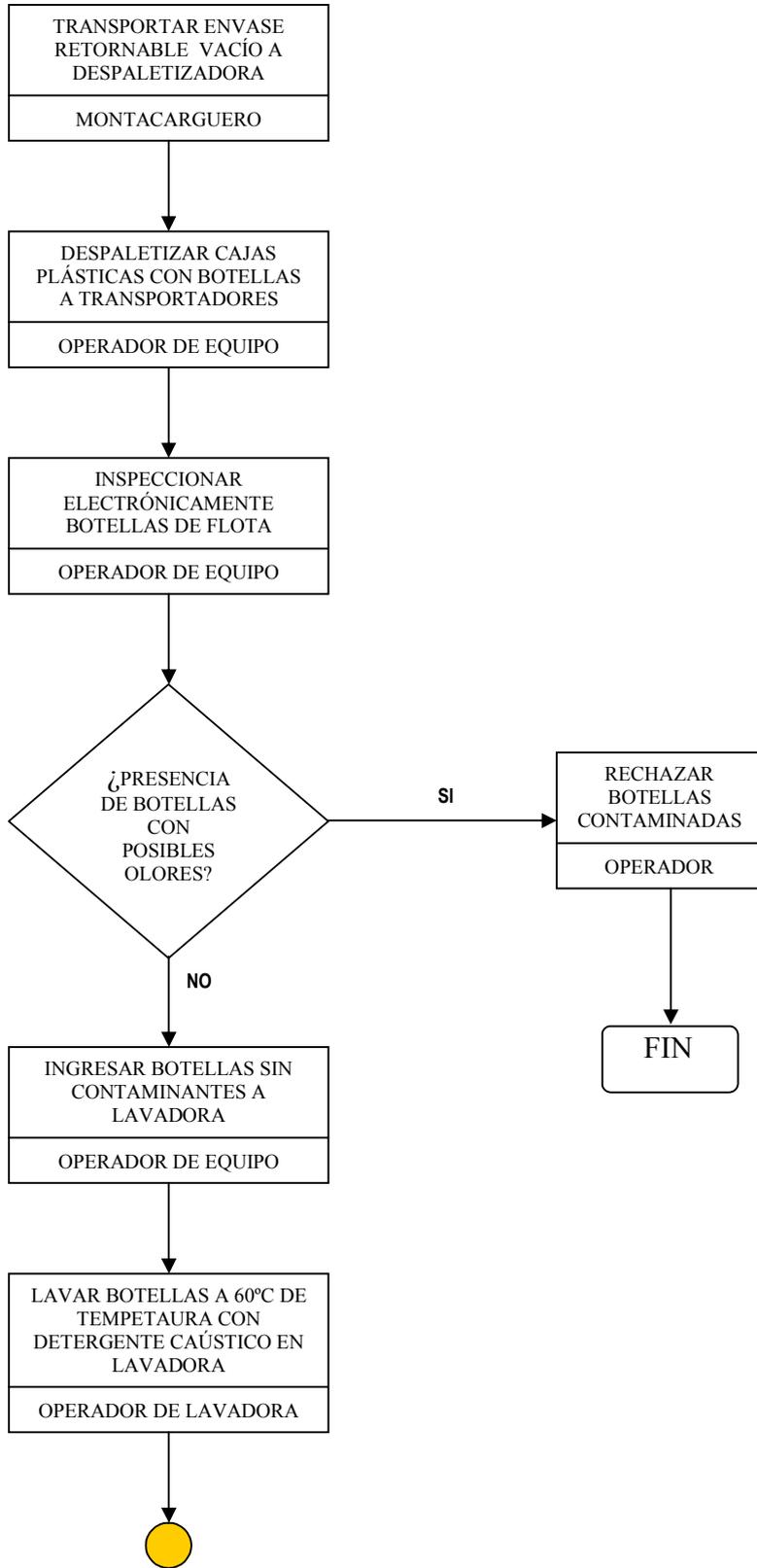


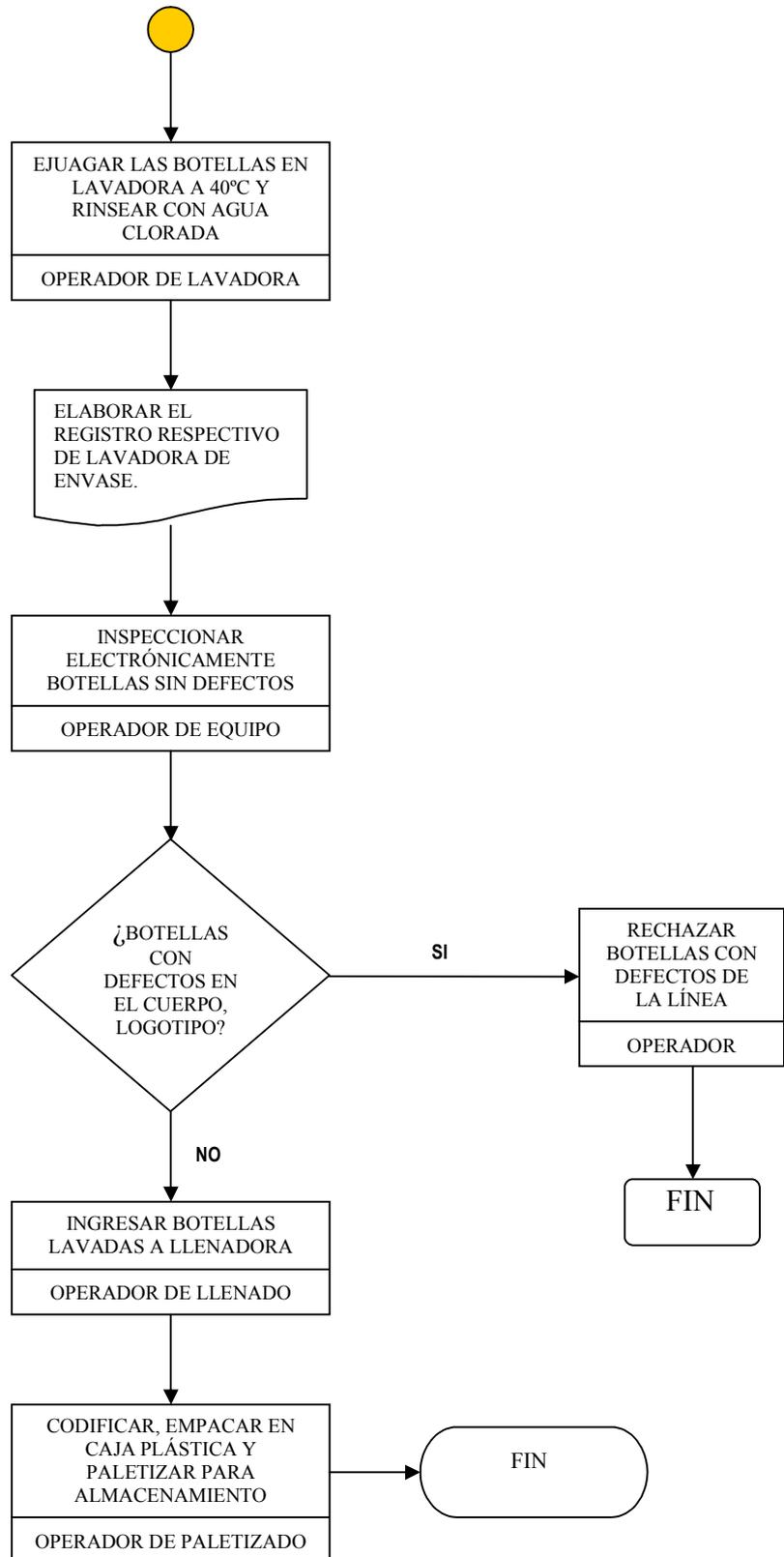


**FIGURA 3.2 TRATAMIENTO DE AGUA PARA ELABORACIÓN DE JARABE Y BEBIDAS**

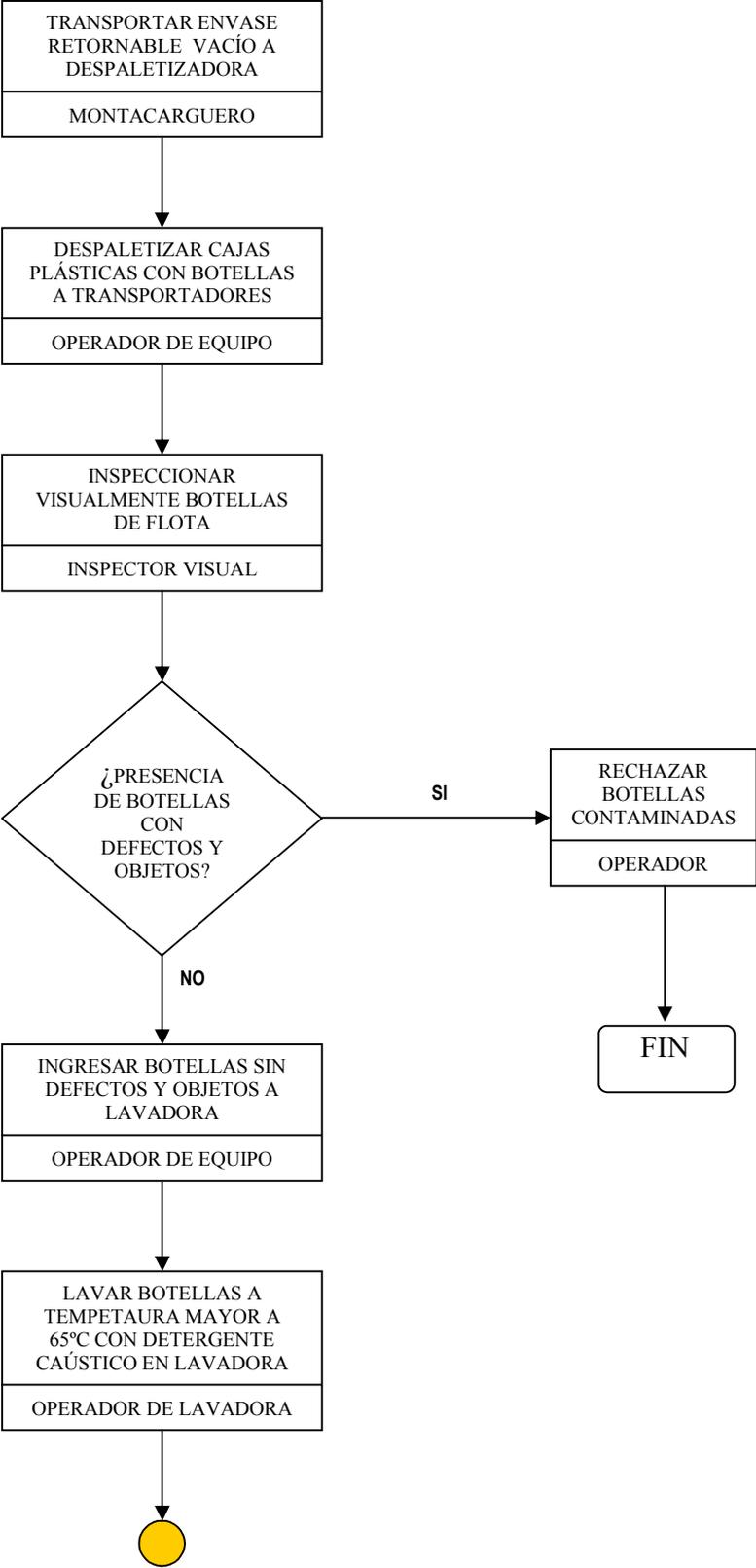


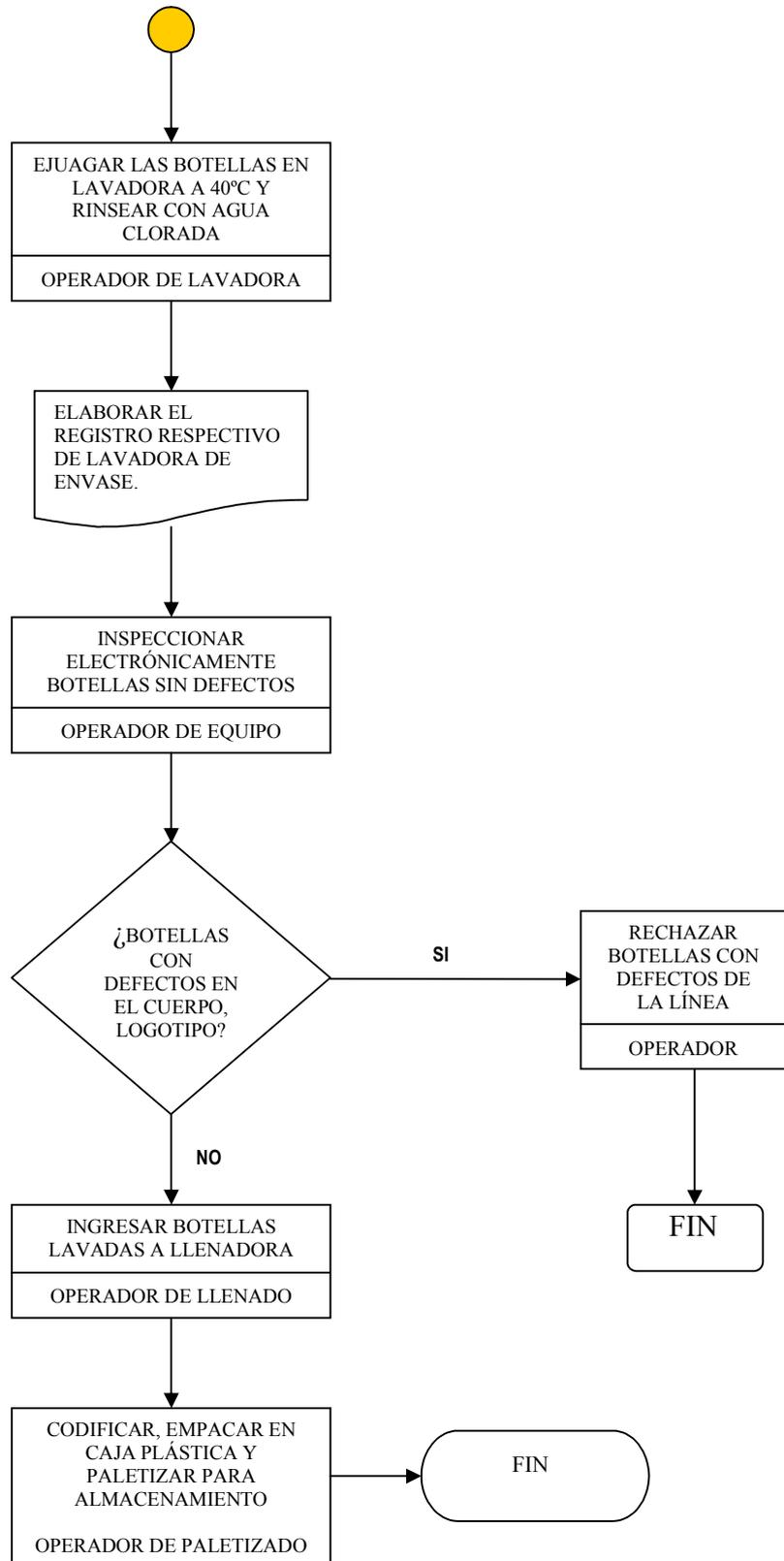
**FIGURA 3.3 LÍNEA DE EMBOTELLADO CON ENVASE RETORNABLE PLÁSTICO**



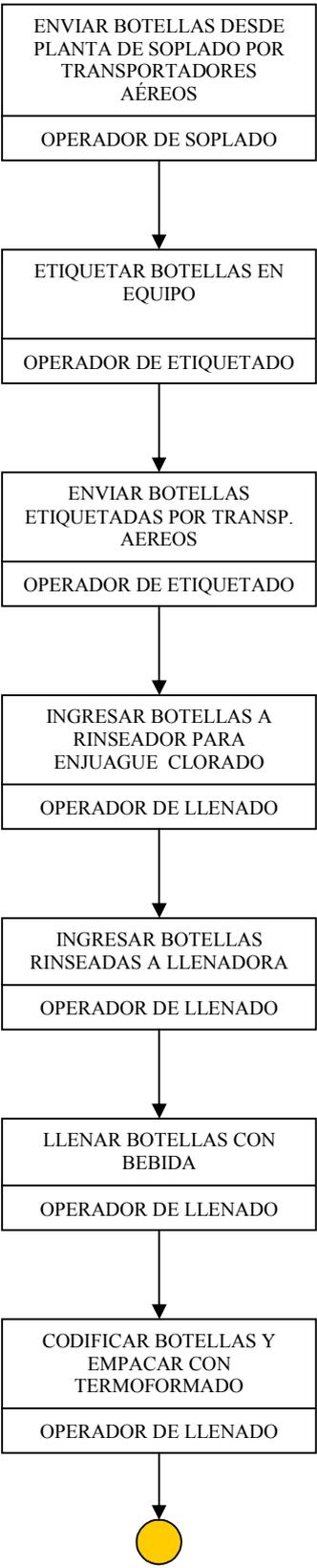


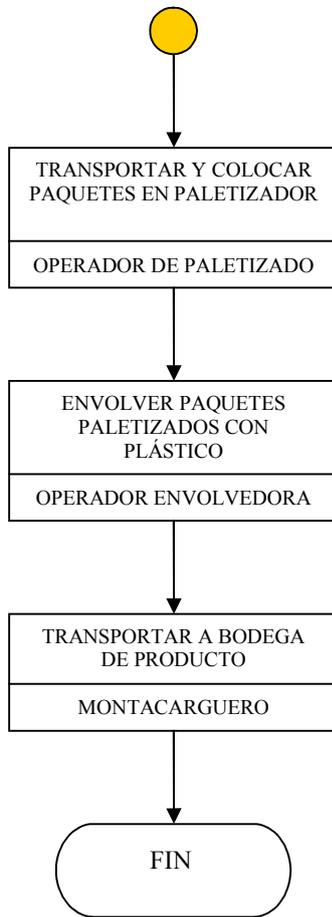
**FIGURA 3.4 LÍNEA DE EMBOTELLADO CON ENVASE RETORNABLE DE VIDRIO (LÍNEA 2)**



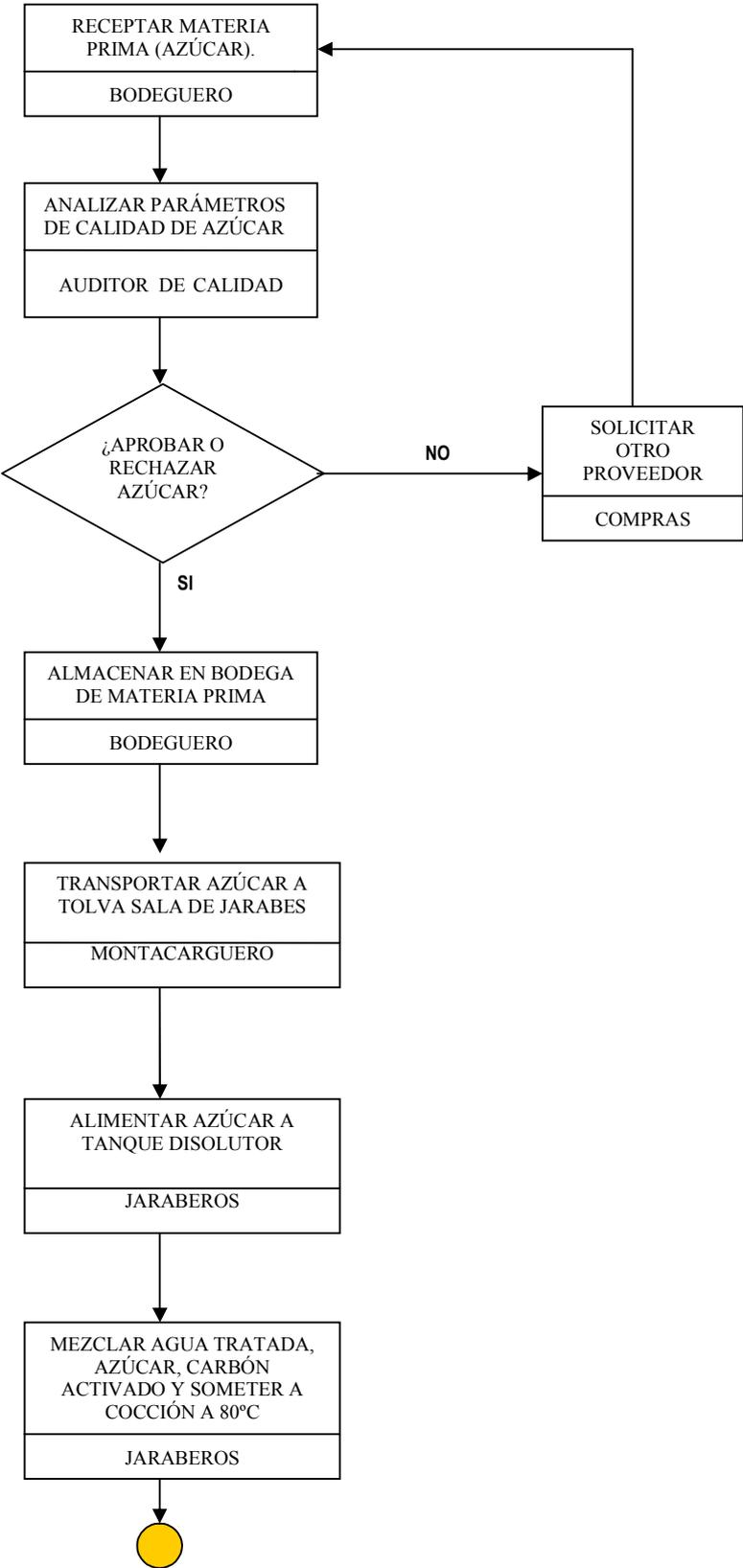


**FIGURA 3.5 LÍNEA DE EMBOTELLADO CON ENVASE PLÁSTICO NO RETORNABLE (LÍNEA 3)**





**FIGURA 3.6 PLAN DE RESPUESTA: FLUJOGRAMA MEJORADO PARA ELABORACIÓN DE JARABE**



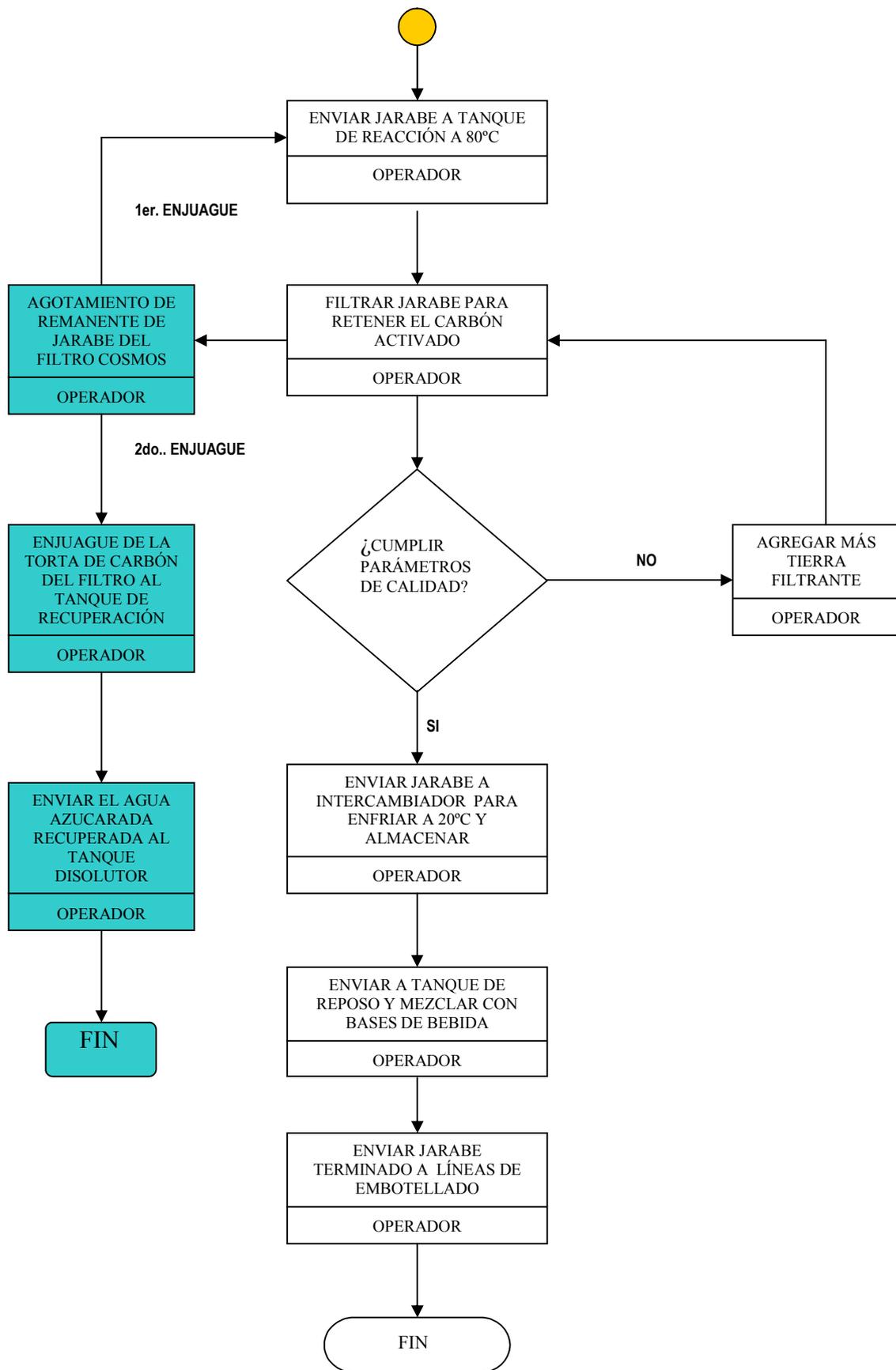




Figura 3.7 Layout de Línea de Producción con Envase de Vidro Retornable.

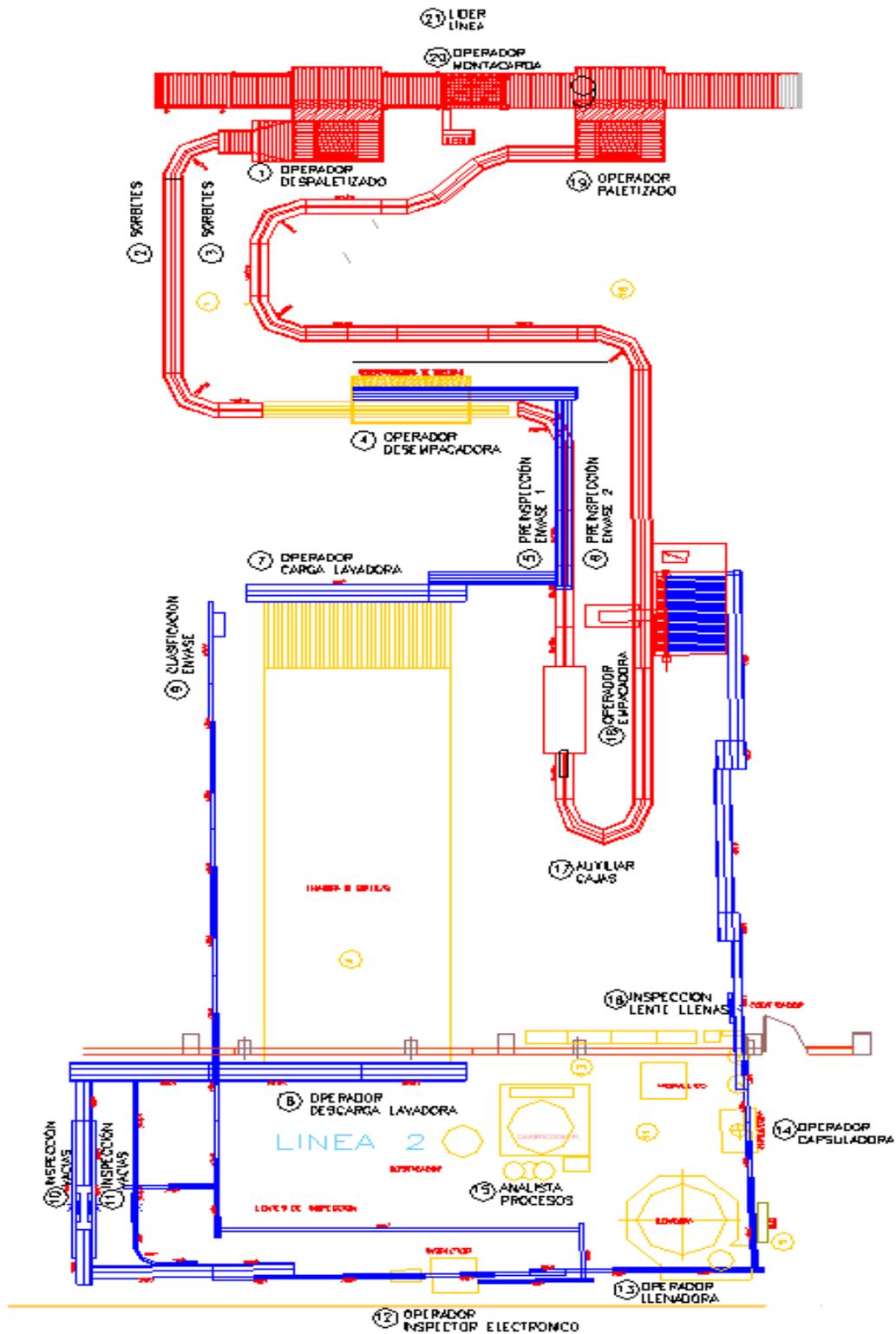
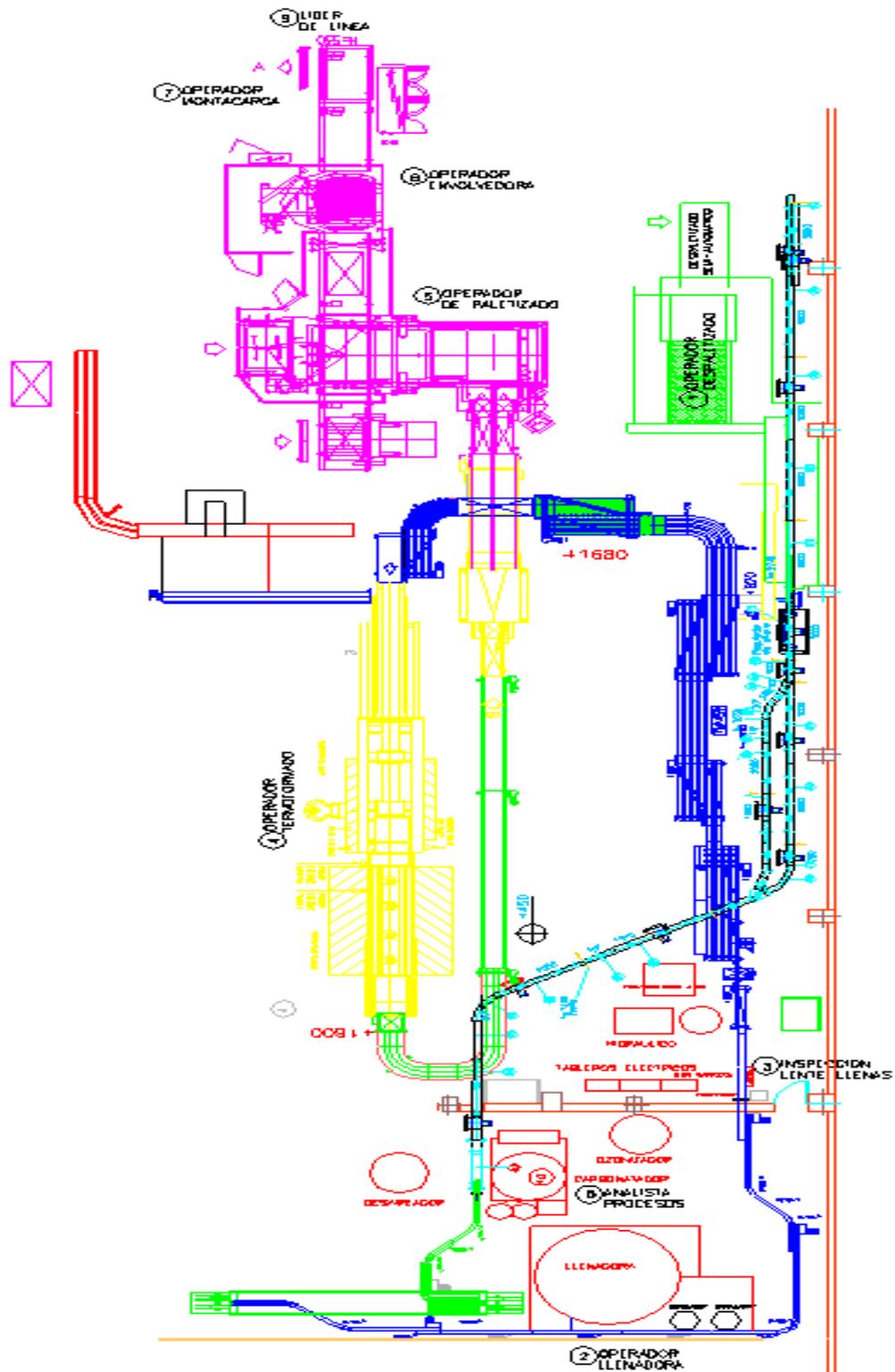


Figura 3.8 Layout de Línea de Producción con Envase Plástico No Retornable.



**Figura 3.9 Layout de Sistema KHS**  
**Elaboración de Jarabe Simple**  
**(Edulcorante)**

**TABLA 1 ESTADÍSTICAS PARA CÁLCULO DEL VALOR SIGMA DEL PROCESO.**

ÍND. DE CAPACIDAD (Cpk)	DESEMPEÑO SIGMA	% RENDIMIENTO	DPMO 1000000	ÍND. DE CAPACIDAD (Cpk)	DESEMPEÑO SIGMA	% RENDIMIENTO	DPMO 1000000
2.00	6	99.99966	3	0.97	2.9	91.9000	80757
1.97	5.9	99.99946	5	0.93	2.8	90.3000	96801
1.93	5.8	99.99915	9	0.90	2.7	88.5000	115070
1.90	5.7	99.9987	13	0.87	2.6	86.4000	135666
1.87	5.6	99.9979	21	0.83	2.5	84.1000	158655
1.83	5.5	99.9968	32	0.80	2.4	81.6000	184060
1.80	5.4	99.9950	48	0.77	2.3	78.8000	211855
1.77	5.3	99.9930	72	0.73	2.2	75.8000	241964
1.73	5.2	99.9890	108	0.70	2.1	72.6000	274253
1.70	5.1	99.9840	159	0.67	2	69.1000	308538
1.67	5	99.9800	233	0.63	1.9	65.5000	344578
1.63	4.9	99.9700	337	0.60	1.8	61.8000	382089
1.60	4.8	99.9500	483	0.57	1.7	57.9000	420740
1.57	4.7	99.9300	687	0.53	1.6	54.0000	460172
1.53	4.6	99.9000	968	0.50	1.5	50.0000	500000
1.50	4.5	99.8700	1350	0.47	1.4	46.0000	539828
1.47	4.4	99.8100	1866	0.43	1.3	42.1000	579260
1.43	4.3	99.7400	2555	0.40	1.2	38.2000	617911
1.40	4.2	99.6500	3467	0.37	1.1	34.5000	655422
1.37	4.1	99.5000	4661	0.33	1	30.9000	691462
1.33	4	99.4000	6210	0.30	0.9	24.7000	725747
1.30	3.9	99.2000	8198	0.27	0.8	24.2000	758036
1.27	3.8	98.9000	10724	0.23	0.7	21.2000	788145
1.23	3.7	98.6000	13903	0.20	0.6	18.4000	815940
1.20	3.6	98.2000	17864	0.17	0.5	15.9000	841345
1.17	3.5	97.7000	22750	0.13	0.4	13.6000	864334
1.13	3.4	97.1000	28716	0.10	0.3	11.5000	884930
1.10	3.3	96.4000	35930	0.07	0.2	9.7000	903199
1.07	3.2	95.5000	44565	0.03	0.1	8.1000	919243
1.03	3.1	94.5000	54799	0.00	0	6.7000	933193
1.00	3	93.3000	66807	0.00	0	6.7000	933193