



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

**ANÁLISIS DE PRODUCTIVIDAD A TRAVÉS DE UN MONITOREO DE TIEMPOS
EFICIENTES Y NO EFICIENTES EN UNA LÍNEA DE ENVASADO DE BEBIDAS**

Juan José Figueroa Hernández

Asesorado por el Ing. Byron Gerardo Chocooj Barrientos

Guatemala, febrero de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS DE PRODUCTIVIDAD A TRAVÉS DE UN MONITOREO DE TIEMPOS
EFICIENTES Y NO EFICIENTES EN UNA LÍNEA DE ENVASADO DE BEBIDAS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

JUAN JOSÉ FIGUEROA HERNÁNDEZ

ASESORADO POR EL ING. BYRON GERARDO CHOCOOJ BARRIENTOS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, FEBRERO DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Julio Ismael González Podszueck
EXAMINADOR	Ing. Oscar Castro Moreno
EXAMINADOR	Ing. José Francisco Gómez Rivera
EXAMINADOR	Ing. Sergio Torres Méndez
SECRETARIO	Ing. Francisco Javier González López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

ANÁLISIS DE PRODUCTIVIDAD A TRAVÉS DE UN MONITOREO DE TIEMPOS EFICIENTES Y NO EFICIENTES EN UNA LÍNEA DE ENVASADO DE BEBIDAS

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 26 de enero de 2016.



Juan José Figueroa Hernández

Guatemala, septiembre de 2016

Ingeniero

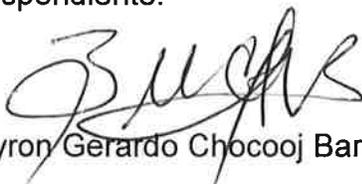
Juan José Peralta Dardón

Director

Escuela Ingeniería Mecánica Industrial

Atentamente me dirijo a usted para informarle que he asesorado el trabajo de graduación **ANÁLISIS DE PRODUCTIVIDAD A TRAVES DE UN MONITOREO DE TIEMPOS EFICIENTES Y NO EFICIENTES EN UNA LINEA DE ENVASADO DE BEBIDAS** realizado por el estudiante Juan José Figueroa Hernández quien se identifica con carné No. 9111943, previo a optar el título de Ingeniero Industrial.

Encuentro satisfactorio el trabajo, por lo que proceso a aprobarlo y remitirlo a usted para el trámite correspondiente.



Byron Gerardo Chocooj Barrientos

Colegiado No. 4509

Asesor

Byron Gerardo Chocooj
INGENIERO INDUSTRIAL
COLEGIADO 4,509



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **ANÁLISIS DE PRODUCTIVIDAD A TRAVÉS DE UN MONITOREO DE TIEMPOS EFICIENTES Y NO EFICIENTES EN UNA LÍNEA DE ENVASADO DE BEBIDAS**, presentado por el estudiante universitario **Juan José Figueroa Hernández**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. José Rolando Chávez Salazar
Ingeniero Industrial
Colegiado No. 4,317

Ing. José Rolando Chávez Salazar
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, octubre de 2016.

/mgp



REF.DIR.EMI.014.017

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **ANÁLISIS DE PRODUCTIVIDAD A TRAVÉS DE UN MONITOREO DE TIEMPOS EFICIENTES Y NO EFICIENTES EN UNA LÍNEA DE ENVASADO DE BEBIDAS**, presentado por el estudiante universitario **Juan José Figueroa Hernández**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. José Francisco Gómez Rivera
DIRECTOR a.i.

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, febrero de 2017.

/mgp

Universidad de San Carlos
de Guatemala

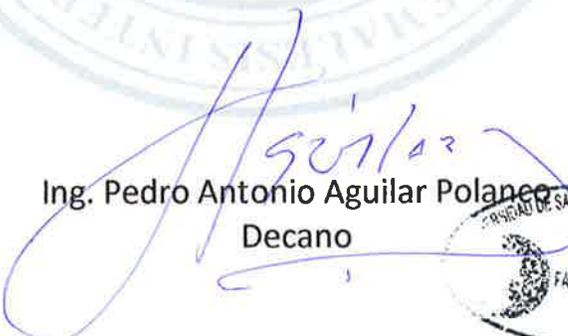


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 104.2017

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **ANÁLISIS DE PRODUCTIVIDAD A TRAVÉS DE UN MONITOREO DE TIEMPOS EFICIENTES Y NO EFICIENTES EN UNA LÍNEA DE ENVASADO DE BEBIDAS**, presentado por el estudiante universitario: **Juan José Figueroa Hernández**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano



Guatemala, febrero de 2017

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

**Luis Salvador Figueroa
Aguilar**

Por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundido siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

**Amelia Hernández de
Figueroa**

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien.

AGRADECIMIENTOS A:

Mi familia

Por el apoyo que siempre me brindaron día a día en el transcurso de cada año de mi carrera.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	XV
1. ANTECEDENTES GENERALES.....	1
1.1. Historia	1
1.1.1. Ubicación geográfica	2
1.1.2. Misión y visión.....	3
1.1.3. Valores.....	3
1.2. Experimentos	4
1.2.1. Experimento determinista	4
1.2.2. Experimento aleatorio.....	4
1.3. Variabilidad de un proceso	5
1.3.1. Causa asignable	6
1.3.2. Causa no asignable	6
1.4. Predicción	8
1.5. Control estadístico	8
1.6. Variabilidad	9
1.7. Herramientas básicas para el control estadístico.....	10
1.7.1. Plantillas de recogida de información.....	10
1.7.2. Histogramas.....	11
1.7.3. Diagrama de Pareto.....	12

1.7.4.	Diagrama causa-efecto	13
1.7.5.	Diagramas de control.....	14
1.8.	Indicadores de gestión.....	15
1.8.1.	Significado del desempeño	15
1.8.2.	Índice	17
1.8.3.	Indicador	17
2.	SITUACIÓN ACTUAL	19
2.1.	Sistema actual de control de los tiempos.....	19
2.1.1.	Características del sistema actual.....	20
2.1.2.	Funcionamiento de la línea de producción.....	20
2.1.3.	Obtención de datos.....	23
2.1.4.	Registro de datos.....	24
2.1.5.	Sistema de control de datos actual	25
2.1.6.	Finalidad de los resultados.....	26
2.1.7.	Ventajas y desventajas del sistema actual.....	26
3.	PROPUESTA DEL MODELO A IMPLEMENTAR	27
3.1.	Modelo estadístico a utilizar	28
3.2.	Diseño del sistema a utilizar	29
3.2.1.	Diseño de datos.....	31
3.2.2.	Diseño arquitectónico	31
3.2.3.	Diseño de interfaz.....	32
3.2.4.	Diseño de procedimientos	32
3.3.	Diseño de salida	33
3.4.	Requerimientos para el diseño del sistema.....	34
3.4.1.	Casos de uso específicos.....	34
3.4.2.	Herramientas para presentación	36
3.4.3.	Herramientas para el desarrollo del sistema.....	36

3.5.	Estudio de viabilidad	37
3.5.1.	Viabilidad económica	37
3.5.2.	Viabilidad técnica	38
3.5.3.	Viabilidad legal.....	38
3.6.	Análisis económico y técnico	38
3.7.	Modelo de la arquitectura del sistema	39
4.	IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA.....	41
4.1.	Mejoramiento de la productividad.....	41
4.1.1.	Programa	42
4.2.	Identificar las causas de los problemas.....	42
4.2.1.	Determinar las actividades críticas.....	43
4.3.	Desarrollo de soluciones apropiadas.....	45
4.3.1.	Actividades grupales.....	46
4.3.2.	Generación de ideas.....	47
4.3.3.	Propuestas más factibles.....	48
4.3.3.1.	Selección de propuestas	48
4.3.3.2.	Planificar cambios	48
4.3.4.	Soluciones propuestas	50
4.4.	Capacitación de usuarios al sistema	50
4.5.	Aceptación de los miembros de la organización	51
4.6.	Evaluación del sistema	52
4.6.1.	Evaluación operacional.....	53
4.6.2.	Impacto organizacional.....	56
4.6.3.	Desempeño del desarrollo.....	56
4.7.	Prueba del sistema	57

5.	MEJORA CONTINUA	61
5.1.	Control de los cambios planeados	62
5.1.1.	Planificar la mejora	62
5.1.2.	Ejecutar.....	62
5.1.3.	Evaluar.....	62
5.1.4.	Actuar.....	63
5.2.	Control de cambios no planeados	63
5.3.	Medida de los beneficios planeados	65
5.3.1.	Estadísticas	65
5.3.2.	Resultados.....	65
5.3.3.	Ventajas y desventajas.....	66
5.4.	Estrategias de mejora.....	67
	CONCLUSIONES.....	69
	RECOMENDACIONES	71
	BIBLIOGRAFÍA.....	73
	ANEXOS.....	75

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	CBC alrededor del mundo	2
2.	Causas de variabilidad	6
3.	Histograma.....	11
4.	Diagrama de Pareto.....	12
5.	Esquema básico de un diagrama causa-efecto	13
6.	Gráfico de control.....	15
7.	Diagrama de operaciones del proceso de embotellado	22
8.	Registro de datos del sistema actual.....	24
9.	Diseño general de un sistema de información	30
10.	Diagrama de Pareto para paros en una línea de producción	57
11.	Diagrama de Pareto para paros en máquina etiquetadora	58
12.	Diagrama de Pareto por tipo de falla en la máquina etiquetadora.....	59

TABLAS

I.	Causas de variabilidad	7
II.	Resumen de símbolos utilizados en el proceso de embotellado	23

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
%	Porcentaje
○	Operación
□	Inspección

GLOSARIO

Avería	Daño, rotura o fallo que impide o perjudica el funcionamiento del mecanismo de una máquina, una red de distribución u otra cosa.
Calidad	Es el grado de aceptación o satisfacción que proporciona un producto o servicio a las necesidades y expectativas del cliente.
Diagrama de Pareto	Constituye un sencillo y gráfico método de análisis que permite discriminar entre las causas más importantes de un problema (los pocos y vitales) y las que lo son menos (los muchos y triviales).
DSS	Sistemas de soporte a la decisión
Gráfico de control	Representación gráfica de la evolución temporal de una característica que mide la calidad de un producto.
Indicador de gestión	Relación entre las variables cuantitativas o cualitativas que permite observar la situación y las tendencias de cambio generadas en el objeto observado, respecto de objetivos y metas previstos.

Operación	Actividad que involucra un cambio físico o químico en el material sobre el que se trabaja.
Productividad	Busca mejorar los resultados sin incrementar los recursos a utilizar, lo cual redundará en una mayor rentabilidad para la empresa.
Rendimiento	Utilidad de una cosa en relación con lo que cuesta, con lo que gasta, con lo que en ello se ha invertido, entre otros.
RGE	Rendimiento global de equipos
SGC	Sistema de Gestión de Calidad
Software	Conjunto de programas y rutinas que permiten a la computadora realizar determinadas tareas.
Tiempos no eficientes	Tiempos en los que no se está realizando un trabajo útil.
TPM	Mantenimiento productivo total
Viabilidad	Posibilidad de ejecutar un proyecto y darle la continuidad que precisa.
Variabilidad	Son cambios inevitables que modifican el proceso y afectan al producto que se produce o al servicio que se ofrece.

RESUMEN

Las horas efectivamente trabajadas se refieren al tiempo dedicado al desempeño de actividades que contribuyen a la producción de bienes y/o servicios, durante un período de referencia determinado, ya sea corto o largo. La productividad se relaciona de forma directamente proporcional a dicho tiempo, es decir, si el tiempo efectivo de trabajo es poco o menor a lo planeado, la productividad será menor a la planeada. Cabe mencionar que algunas de las causas de improductividad son: métodos inadecuados de trabajo, fallas en los estándares, errores en mediciones, mala planeación de la producción, manejo ineficiente de inventarios, desperdicios de tiempo y materiales, reproceso.

El análisis de la productividad a través de un monitoreo de tiempos eficientes y no eficientes se llevará a cabo en una línea de producción de envasado de bebidas. La empresa donde se realizará el presente trabajo cuenta con una demanda bastante grande y, para satisfacerla, debe cumplir con los planes y metas de producción.

En repetidas ocasiones, puede que se necesiten horas extra, mantenimiento correctivo a los equipos y otras medidas que permitan cumplir con la demanda. Sin embargo, los paros de maquinaria y equipos, la escasez o poca calidad de las materias primas, errores de diseño, accidentalidad y ausentismo, son causas de incumplimiento del plan que, al ser identificadas la primera vez, no impiden elaborar un plan de acción para cubrir las operaciones diarias. Es por eso que se propone implementar un sistema que permita el monitoreo y control de los tiempos no eficientes.

OBJETIVOS

General

Ayudar en el análisis y mejora de la productividad, implementando un monitoreo de tiempos para que estos sean más eficientes, para la industria de bebidas en el territorio nacional.

Específicos

1. Elaborar un sistema de análisis de control de tiempos eficientes para los responsables de los procesos de producción y clientes internos.
2. Identificar los indicadores de gestión básicos en una línea de producción.
3. Evaluar el sistema actual de toma de datos para el control de tiempos en una línea de producción.
4. Definir el aspecto que se le dará al sistema, así como los procesos y procedimientos que solucionen el problema según especificaciones que se harán con el diagnóstico.
5. Automatizar el proceso de recolección, ingreso y búsqueda de datos para el control de tiempos no eficientes y emisión automática de reportes.

6. Diagnosticar el funcionamiento actual del sistema de tiempos no eficientes; identificar fallas y encontrar soluciones óptimas en corto tiempo.
7. Desarrollar metodologías para el diseño de la herramienta de control.

INTRODUCCIÓN

Con este trabajo de graduación se busca mostrar las fases que se enfrentan para poder desarrollar una herramienta de monitoreo de tiempos eficientes y no eficientes, para la mejora de la líneas de producción de bebidas. Esto surge de la necesidad de que en producción en línea el paro en una máquina es crítico, pues detiene el proceso de producción y reduce la cantidad de producto terminado, por lo que el desafío más grande que enfrentan el o los fabricantes es reducir los tiempos no eficientes o bien los tiempos muertos en los procesos de producción.

Diseñar e implementar un sistema de control para disminuir el tiempo de paro en las líneas de producción ayuda a la toma de decisiones para la mejora de la disponibilidad de las máquinas, y la sistematización y coordinación de todos los esfuerzos de las unidades que integran la organización, encaminados a maximizar la eficiencia global, considerando los niveles de competitividad (interna y externa). Para su desarrollo se tomaron en cuenta algunos aspectos tales como: antecedentes generales, donde se describe tanto la empresa para la cual se elaboró la herramienta de control, como algunas definiciones que adquieren particular interés desde la perspectiva de los aspectos conceptuales, como métodos estadísticos que se aplican en la recolección, organización, presentación, análisis e interpretación de datos numéricos, siendo estos de gran utilidad en las ciencias, ya que los ingenieros las aplican para la toma de decisiones.

Asimismo, se hizo un diagnóstico, evaluación y estudio del sistema actual, para facilitar la determinación de las causas que generan el tiempo improductivo

en las líneas de producción, siendo esta realizada sobre la base del funcionamiento de una línea de producción, así como el proceso de toma de datos, ordenamiento y registro de los mismos. Con base en el diagnóstico del sistema actual se realiza la propuesta del modelo a implementar, eligiendo la herramienta estadística que mejor se acopla al sistema deseado, y el software a utilizar, teniendo en cuenta que sea amigable para el usuario, diseñando las salidas y decidiendo de qué manera es más conveniente mostrar los resultados para que sirva al propósito deseado.

La información que se fue obteniendo debió ser lo bastante clara, completa y comprensible para facilitar la toma de decisiones. Debió considerarse el tiempo de procesar los datos, aplicando el concepto de eficiencia. En la implementación de la propuesta se pone en práctica el sistema proyectado, documentando cada uno de los procesos del programa, a través del registro de datos, diseñando el proceso de análisis de la información, capacitando a los encargados de áreas, evaluando y probando el sistema. Y, por último, se asegura la estabilización del proceso y la posibilidad de mejora a través de una mejora continua, a través de llevar un control de cambios planeados y no planeados, revisando los resultados, adaptando las nuevas etapas en el sistema y actualizando la información, contribuyendo a la mejora de las debilidades y afianzando las fortalezas de la línea de producción.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Historia

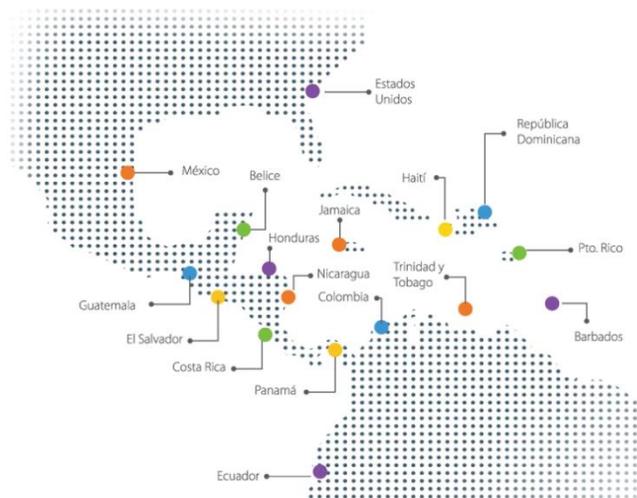
Enrique Castillo Córdoba fue el fundador de la fábrica de bebidas gaseosas “La centroamericana”, en Guatemala en el año 1885. En ese entonces las bebidas eran elaboradas artesanalmente. En 1941 se convierte en embotellador exclusivo de PepsiCo y en 1942 se lanza la primera campaña de la marca.

Un acontecimiento importante ocurrió en 1996, debido a que PepsiCo nombra a The Central America Bottling Corporation –CBC– como la embotelladora principal de Centroamérica. De esta forma, las operaciones se extienden a Honduras, Nicaragua y El Salvador. Debido a su excelencia operativa, –CBC– ha sido reconocida por PepsiCo en varias ocasiones como el “Mejor Embotellador de América Latina” y, en el año 2012, como el “Mejor Embotellador a Nivel Global”.

En el año 2003, CBC establece una alianza estratégica con el grupo AB InBev, la empresa cervecera más grande del mundo, con el fin de desarrollar este mercado en Centroamérica. Por otro lado, en el año 2009 surge la unidad de negocios LivSmart, enfocada en el desarrollo, producción y comercialización de bebidas saludables, exportando sus productos a más de 20 países alrededor del mundo. En el mismo año surge una alianza con Pepsi Américas, dando lugar a la operación en Puerto Rico, Jamaica, Trinidad y Tobago y Barbados.

Se planteó el reto de expandir operaciones a Sudamérica, por lo que en el 2012 se llevó a cabo una sociedad con el grupo Tesalia, embotellador en Ecuador con la misma convicción. La proyección de la corporación hacia la comunidad se ve fortalecida por la creación de puestos de trabajo, la realización de importantes inversiones en infraestructura productiva, el apoyo a las actividades deportivas (especialmente el fútbol) y la realización de proyectos educativos y de interés social a través de la Fundación María Luisa Monge de Castillo.

Figura 1. **CBC alrededor del mundo**



Fuente: *CBC alrededor del mundo*. <http://cbc.co/quienes-somos/#nuestra-historia>. Consulta: 9 de marzo de 2016.

1.1.1. **Ubicación geográfica**

La empresa está ubicada en la 43 calle 1-10 zona 12 colonia Monte María.

1.1.2. Misión y visión

La misión es la razón de ser de una empresa, el motivo por el cual existe. En esta parte se determinan las funciones básicas que la empresa va a desempeñar: “Somos gente competitiva que crea relaciones sólidas con nuestros clientes y consumidores a través de las mejores propuestas de valor”¹.

Por su parte, la Visión se refiere a lo que la empresa quiere crear, la imagen futura de la organización. La visión se realiza formulando una dimensión ideal del proyecto: “Ser la mejor compañía de bebidas de las Américas, creando valor sostenible, ofreciendo a los consumidores las mejores experiencias con nuestras marcas y contribuyendo a un mundo mejor”².

1.1.3. Valores

Los valores que practican y a los que están comprometidos todos los integrantes de esta organización son los siguientes:

- “Soñamos en grande
- Somos dueños
- Gente excelente
- Integridad
- Gestión
- Nos apasiona lo que hacemos”³

¹ CBC. *Quiénes somos*. <<http://cbc.co/quienes-somos/>>. Consulta: mayo de 2016.

² *Ibíd.*

³ *Ibíd.*

1.2. Experimentos

Se entiende por experimento la observación de un suceso u obtención de un resultado en el que se controla la influencia de ciertos factores. Tomando en cuenta lo anterior, se dirá que se está repitiendo el experimento cada vez que se obtiene un resultado, manteniendo constante la influencia de dichos factores. Para que un experimento pueda repetirse, es importante saber qué factores son los que se están manteniendo constantes.

1.2.1. Experimento determinista

Los experimentos deterministas permiten predecir el resultado antes de realizado. Esto se debe a que con anterioridad el experimento se ha llevado a cabo en diferentes condiciones y el resultado ha sido el mismo.

1.2.2. Experimento aleatorio

Se dice que un experimento es aleatorio cuando en similares condiciones experimentales se obtienen distintos resultados, es decir, no se puede predecir lo que va a ocurrir.

- Ejemplo: número de artículos defectuosos del modelo A que produce la línea de producción B en una hora

Los factores que se mantendrán fijos son el tipo de artículo (modelo A) y la línea de producción (línea B). El número de artículos defectuosos que se produzca en cada hora (repetición del experimento) será diferente, pues hay muchos factores influyentes que cambiarán de una hora a otra y que en este experimento no se están controlando: cambios de personal, heterogeneidad de

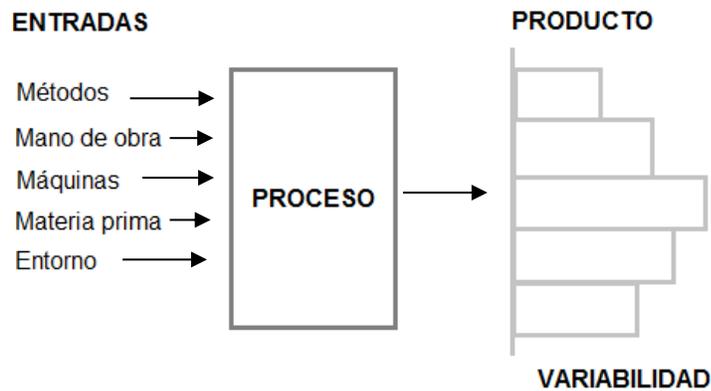
la materia prima, desajustes de las máquinas, ritmo de la producción, entre otros.

1.3. Variabilidad de un proceso

El proceso industrial es una sucesión de operaciones que, siguiendo un orden lógico, le añaden valor al producto (o servicio) intermedio hasta lograr el producto final. Cada operación o proceso intermedio está sujeto a la influencia de muchos factores no controlados, y por tanto a variabilidad en el resultado final. Además de la variabilidad intrínseca del proceso debido a los factores no controlados, la medición de las características de interés también estará sujeta a variabilidad, ya que no existe el sistema de medición perfecto. Entonces, la variabilidad no es más que la suma de la variabilidad real más la variabilidad de la medición.

La variabilidad es requerida para modificar el proceso cuando se desea obtener resultados distintos, ya sea para mejorar o sea para corregir un proceso que requiera ajuste. En un proceso de producción, el principio de variabilidad es inobjetable, a pesar de que en este proceso se lleve a cabo la misma operación, el mismo método de trabajo, la misma herramienta, la misma maquinaria e inclusive el mismo operador, nunca existirán dos artículos iguales. En la página siguiente se presenta un esquema útil para resumir los distintos factores que afectan a un proceso.

Figura 2. **Causas de variabilidad**



Fuente: *Causas de la variabilidad*.

<http://www.edicionsupc.es/ftppublic/pdfmostra/ME00802M.pdf>. Consulta: 10 de marzo de 2016.

1.3.1. **Causa asignable**

Representa menos del 10 % de los problemas de calidad de un cierto proceso. Causas asignables serán aquellas producidas por factores importantes, posibles de controlar para mantenerlos en un nivel aceptable y cuya eliminación es más fácil, siendo la responsabilidad del operario. Se debe tener claro que sobre una causa asignable se tiene (o ha de tener) un control suficiente para que cuando esta aparece, se pueda disponer de los recursos necesarios para actuar sobre ella y restablecer el control del proceso.

1.3.2. **Causa no asignable**

Causas no asignables son aquellas producidas por factores secundarios cuyo efecto se considera poco significativo, y cuya eliminación es responsabilidad de la dirección de la empresa. El concepto clave es que una causa no asignable produce una variabilidad en la calidad que la organización

está dispuesta a asumir, por lo tanto no intentará actuar sobre ella. Estas causas no asignables serán el componente aleatorio. La siguiente tabla muestra las características de estos dos tipos de causas de variabilidad.

Tabla I. **Causas de variabilidad**

Causas asignables	Causas no asignables
<ul style="list-style-type: none"> • Suelen ser pocas pero con efectos importantes en la variabilidad. • Aparece esporádicamente. • Son fáciles de identificar y de eliminar por parte de los operarios. • Por lo general su efecto está localizado en una máquina u operario. • No admite representación estadística. 	<ul style="list-style-type: none"> • Suelen ser muchas y cada una produce pequeñas variaciones. • Son parte permanente del proceso. • Son difíciles de eliminar. • Forman parte del sistema y es responsabilidad de la dirección disminuir sus efectos. • Afectan a todo el conjunto de máquinas y operarios. • La variabilidad debida a estas causas admite representación estadística.

Fuente: elaboración propia.

Si se mantiene constante el sistema de causas que producen variabilidad en las entradas, las frecuencias con que se observan los distintos valores tienden a estabilizarse en forma de una distribución predecible. Cabe mencionar que una vez conocida la presencia de cualquier causa en el proceso, la eliminación o reducción de sus efectos corresponderá a distintos niveles de

autoridad y responsabilidad dentro de la organización, no únicamente a la dirección u operarios.

1.4. Predicción

La predicción trata del análisis racional de lo que va a suceder. Se asigna una confianza total a la afirmación de un suceso futuro. Si un proceso funciona correctamente, la variable aleatoria que describe su calidad tendrá una varianza constante y predecible a partir de un conjunto de datos históricos. Aunque la calidad final de una pieza no sea predecible, sí se pueden hacer predicciones de la calidad del conjunto.

1.5. Control estadístico

El control estadístico es una técnica para monitorear un proceso y verificar su estabilidad. El control de un proceso, a través del control de su variabilidad, es lo que se denomina control estadístico de procesos (o Statistical Process Control -SPC-). Se pretende medir si la variabilidad observada es la que se espera si solo actuaran causas no asignables. Debe realizarse a lo largo de todo el proceso para que la dirección tome la decisión estratégica de qué factores está dispuesta a controlar y cuáles no controlará. De los factores controlados, la dirección debe especificar qué niveles de variabilidad está dispuesta a aceptar. Al hacer esto, la dirección está definiendo la calidad final que tendrá su producto. El fin del SPC será asegurar que el producto final tenga esa calidad deseada.

Todos los procesos están sujetos a ciertos grados de variabilidad. Es necesario distinguir entre las variaciones por causas naturales y por causas imputables, desarrollando una herramienta simple y eficaz que las separe: el

gráfico de control. El proceso debe controlarse estadísticamente, detectando y eliminando las causas especiales (imputables) de variación. Se dice que un proceso está funcionando bajo control estadístico cuando las únicas causas de variación son causas comunes (naturales).

Las variaciones naturales afectan a todos los procesos de producción, y siempre son de esperar. Por otro lado, las variaciones imputables de un proceso suelen deberse a causas específicas como el desgaste de la maquinaria, equipos mal ajustados, trabajadores fatigados o insuficientemente formados, así como nuevos lotes de materias primas, entre otros. El reto del director de operaciones está en asegurar que el proceso solamente tendrá variaciones naturales, además de identificar y eliminar variaciones imputables para que el proceso funcione bajo control. El control estadístico de procesos es un medio por el cual un operario o directivo puede determinar si un proceso genera el producto final ajustado a las especificaciones, así como la probabilidad de que los siga generando.

1.6. Variabilidad

Esta propiedad se refiere a lo que varía, cambia o se modifica. Existen dos formas de variabilidad: la variabilidad instantánea y la variabilidad a lo largo del tiempo. Si un proceso funciona correctamente, la variable aleatoria que describe su calidad (longitud, peso, tiempo y demás) tendrá una varianza pequeña. Se dirá que este proceso posee baja variabilidad. La calidad de los productos está directamente relacionada con la calidad de los procesos, es por eso que se debe controlar y reducir la variabilidad, de forma que los procesos sean estables, consistentes y predecibles.

1.7. Herramientas básicas para el control estadístico

El objetivo de estas herramientas es el uso eficiente de la información. Un problema frecuente de las organizaciones es la presencia de abundantes datos pero escasa información. Un dato es simplemente un conjunto de caracteres numéricos, mientras que la información es un valor añadido que el analista proporciona al dato. Las herramientas más importantes para el control estadístico de un proceso son:

- Plantillas de recogida de información
- Histogramas
- Diagramas de Pareto
- Diagramas causa-efecto
- Diagramas de control

Cada herramienta es simple en cuanto a su ejecución. Estas herramientas se utilizan generalmente para complementarse, no tanto como técnicas independientes.

1.7.1. Plantillas de recogida de información

Las plantillas de recogida de información consisten en un formato construido especialmente para recabar datos, de tal forma que sea sencillo su registro sistemático y que sea fácil analizar la manera en que los principales factores que intervienen influyen en una situación o problema específico.

La hoja de verificación o plantilla es un paso natural dentro de un análisis de Pareto, y una estratificación para recabar datos o confirmar pistas de

búsqueda. Algunas de las situaciones en las que resulta de utilidad obtener datos a través de las hojas de verificación son las siguientes:

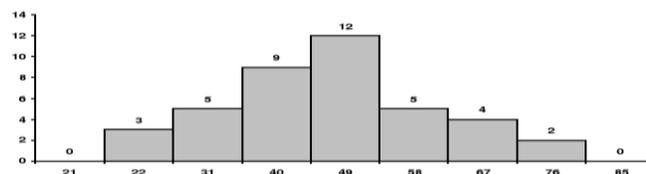
- Describir los resultados de operación o de inspección
- Examinar artículos defectuosos
- Confirmar posibles causas de problemas de calidad
- Evaluar el efecto de los planes de mejora

1.7.2. Histogramas

El histograma es una gráfica de barras que permite describir el comportamiento de un conjunto de datos en cuanto a su tendencia central, forma y dispersión. El histograma permite que de un vistazo se pueda tener una idea objetiva sobre la calidad de un producto, el desempeño de un proceso o el impacto de una acción de mejora. Se utiliza cuando se quiere comprender mejor el sistema, específicamente al:

- Hacer seguimiento del desempeño actual del proceso
- Seleccionar el siguiente producto o servicio a mejorar
- Probar y evaluar las revisiones de procesos para mejorar
- Obtener una revisión rápida de la variabilidad dentro de un proceso

Figura 3. **Histograma**



Fuente: *Histograma*. <http://carmesimatematic.webcindario.com/estadisticamat.htm>. Consulta: 12 de marzo de 2016.

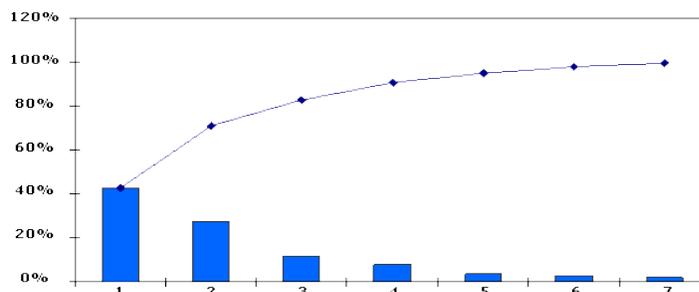
1.7.3. Diagrama de Pareto

El análisis de Pareto es una comparación cuantitativa y ordenada de elementos o factores según su contribución a un determinado efecto. Dentro de las características de esta herramienta se pueden mencionar:

- Priorización: identifica los elementos que más peso o importancia tienen dentro de un grupo.
- Unificación de criterios: enfoca y dirige el esfuerzo de los componentes del grupo de trabajo hacia un objetivo prioritario común
- Carácter objetivo: su utilización fuerza al grupo de trabajo a tomar decisiones basadas en datos y hechos objetivos y no en ideas subjetivas.

El diagrama de Pareto es un diagrama de barras donde cada barra corresponde a una causa de fallo y la altura es proporcional a la frecuencia de aparición de dicho fallo en el período considerado. Ayuda a jerarquizar las prioridades a la hora de actuar sobre un sistema. Habrá que actuar en primer lugar sobre las causas que originen la mayor proporción de fallos.

Figura 4. Diagrama de Pareto



Fuente: *Diagrama de Pareto*. http://www.sedic.es/autoformacion/S6_pareto_diagrama.htm.

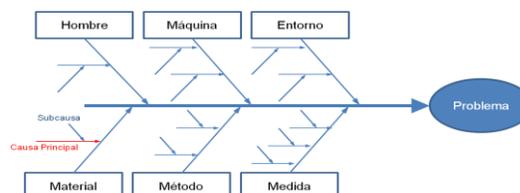
Consulta: 12 de marzo de 2016.

1.7.4. Diagrama causa-efecto

El diagrama causa-efecto es una forma de organizar y representar las diferentes teorías propuestas sobre las causas de un problema. Se conoce también como diagrama de Ishikawa o diagrama de espina de pescado y se utiliza en las fases de diagnóstico y solución de la causa. Es utilizado para identificar las posibles causas de un problema específico. La naturaleza gráfica del diagrama permite que los grupos de trabajo organicen grandes cantidades de información sobre el problema y determinen exactamente las posibles causas. Finalmente, aumenta la probabilidad de identificar las causas principales. Dentro de las ventajas que tiene utilizar esta herramienta se encuentran:

- Ayuda a determinar la causa raíz de un problema de forma estructurada.
- Utiliza y ordena en un formato fácil de leer las relaciones del diagrama.
- Anima a la participación grupal y utiliza el conocimiento del proceso que tiene el grupo de trabajo.
- Identifica las áreas para el estudio adicional donde hay una carencia de información suficiente.

Figura 5. **Esquema básico de un diagrama causa-efecto**



Fuente: *Diagrama causa-efecto*. <http://www.fcojesuslopez.es/diagrama-causa-efecto-ishikawa>.

Consulta: 12 de marzo de 2016.

1.7.5. Diagramas de control

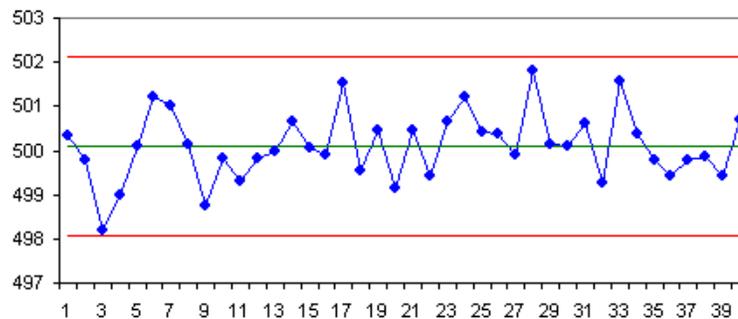
En las organizaciones se cuestiona ocasionalmente acerca del efecto que tiene lo que se hace sobre la calidad, la eficiencia y las ventas. El hecho es que la empresa reacciona de alguna manera ante los cambios y situaciones adversas. Por ejemplo, se reacciona y actúa ante:

- Disminución de ventas
- Cancelación de pedidos
- Deterioro de la calidad
- Lotes rechazados
- Reclamos y quejas de los clientes
- Retraso en la producción
- Aumento de los costos de producción y administración
- Excesiva rotación de personal
- Accidentes de trabajo
- Nuevos productos de la competencia
- Fallas en equipos
- Problemas con proveedores

Existen muchos tipos de gráficos de control. Básicamente, consisten en la representación gráfica de la evolución temporal de una característica que mida la calidad de un artículo o servicio. Las corridas permiten evaluar el comportamiento del proceso a través del tiempo, medir la amplitud de su dispersión y observar su dirección y los cambios que experimenta. Se elaboran utilizando un sistema de coordenadas, cuyo eje horizontal indica el tiempo en que quedan enmarcados los datos, mientras que el eje vertical sirve como escala para transcribir la medición efectuada. Los puntos de la medición se unen mediante líneas rectas.

La idea básica de una carta de control es observar y analizar gráficamente el comportamiento de un proceso, con el propósito de distinguir las variaciones debidas a causas comunes de las ocasionadas por causas especiales (atribuibles). Esto permitirá detectar cambios y tendencias importantes en los procesos.

Figura 6. **Gráfico de control**



Fuente: *Gráfico de control*. <http://administracion.blogspot.com/grafico-de-control.html>. Consulta: 12 de marzo de 2016.

1.8. Indicadores de gestión

Son instrumentos, medios o mecanismos que producen información para analizar el desempeño de cualquier área de la organización y verificar el cumplimiento de los objetivos en términos de resultados.

1.8.1. Significado del desempeño

El desempeño toma como referencia el logro de resultados con base en normas establecidas. Toma en cuenta la administración y/o establecimiento de acciones concretas para hacer realidad las tareas y/o trabajos programados y

planificados. Se define desempeño como aquellas acciones que son relevantes para lograr los objetivos de la organización, y que pueden ser medidas en términos de contribución a las metas de la empresa. Los elementos fundamentales de un sistema de administración del desempeño son tres:

- Objetivos
- Competencias
- Indicadores de gestión

Los objetivos tienen como finalidad guiar el desempeño hacia el logro de la estrategia organizacional. Las competencias tienen tres finalidades: la primera es orientar el desempeño a través de la definición de los comportamientos requeridos por la organización; la segunda es controlar riesgos, ya que los objetivos se ven afectados por comportamientos inapropiados, perjudicando el desempeño organizacional en el futuro, y la tercera finalidad es la de explicar los desvíos en el logro de los objetivos a partir de la identificación de los comportamientos disfuncionales de una persona o grupo. Por último, los indicadores de gestión tienen la finalidad de guiar y controlar el desempeño objetivo y comportamiento requerido para el logro de las estrategias organizacionales.

Para medir el desempeño, se necesita evaluarlo a través de indicadores de desempeño. Estos indicadores deben ayudar a la gerencia para determinar cuán efectivo y eficiente ha sido el logro de los objetivos, y por ende, el cumplimiento de la metas.

1.8.2. Índice

Valor que da la expresión matemática (indicador) al introducirle datos y obtener estos para evaluarlos a través de diagnóstico.

$$\text{Índice} = \frac{10 \text{ toneladas}}{100 \text{ HH}} = 0,1 \text{ toneladas/HH}$$

1.8.3. Indicador

Es una expresión matemática de lo que se quiere medir, con base en factores o variables claves que tienen un objetivo y cliente predefinido. Los indicadores de acuerdo a sus tipos (o referencias) pueden ser históricos, estándar, teóricos, por requerimiento de los usuarios, por lineamiento político, planificado, entre otros.

$$\text{Indicador} = \frac{a \text{ (unidad)}}{b \text{ (unidad)}}$$

2. SITUACIÓN ACTUAL

Las evaluaciones de los métodos de producción en cada línea y para cada producto deben realizarse de manera periódica, puesto que se ven afectadas por cambios en la producción, productos, presentaciones nuevas, rotación de personal, ingreso de nuevos competidores, entre otros, que exigen un mejor o nuevo planteamiento estratégico. Cuando se está al tanto de la situación actual de la empresa y del contexto externo, se pueden tomar decisiones efectivas para enfrentar los nuevos retos que surgen o solucionar rápidamente los problemas.

El costo del tiempo muerto no programado es un problema continuo en muchas industrias, pues puede llegar a ser muy elevado. El tiempo muerto también provoca la interrupción de una cadena de abastecimiento integrada y, en muchos casos, detiene a su fuerza de trabajo. Es por ello que se lucha por mejorar la puntualidad de las entregas con el objetivo de reducir los períodos sin existencias y, al mismo tiempo, reducir el exceso de inventario en sus operaciones.

2.1. Sistema actual de control de los tiempos

El sistema actual muestra que los distintos datos de las actividades están archivados de forma ineficiente. Los datos se han registrado demasiado tarde, se han recabado de manera inadecuada o, finalmente, no se analizan ni se utilizan de manera sistemática para tomar decisiones, lo que lleva a hacer el siguiente análisis:

2.1.1. Características del sistema actual

Luego de iniciada la producción, se procede a realizar los respectivos ajustes que la línea de producción requiera para su correcto funcionamiento. Estos ajustes en la línea de producción son asignados a los encargados del área de mantenimiento mecánico y mantenimiento eléctrico. Los datos de todas las actividades realizadas durante el proceso de producción de cada bebida a producir son obtenidos a través de hojas de control previamente diseñadas, que supervisores, operarios, mecánicos y electricistas deben anotar para su posterior registro. Este registro de datos es realizado por supervisores y jefes de área para su posterior análisis. El análisis de los datos es la manera en que los jefes de área manejan la información que se obtiene de las hojas de control.

2.1.2. Funcionamiento de la línea de producción

El funcionamiento de una línea de producción se da a través de un flujo de producción continua, en el que las estaciones y recursos se distribuyen linealmente y a lo largo de la ruta de producción, donde la línea puede adoptar formas ya sea de L, O, S o U. El funcionamiento de una línea de producción de bebidas tiene como proceso básico lo siguiente: ingreso de insumos (envase) a la máquina posicionadora de envase, seguidamente se transporta hacia la máquina etiquetadora, que realiza la actividad de etiquetar el envase; una vez etiquetado, se transporta a una máquina que realiza el proceso de enjuague, para luego ser transportado al área de llenado y taponado del producto.

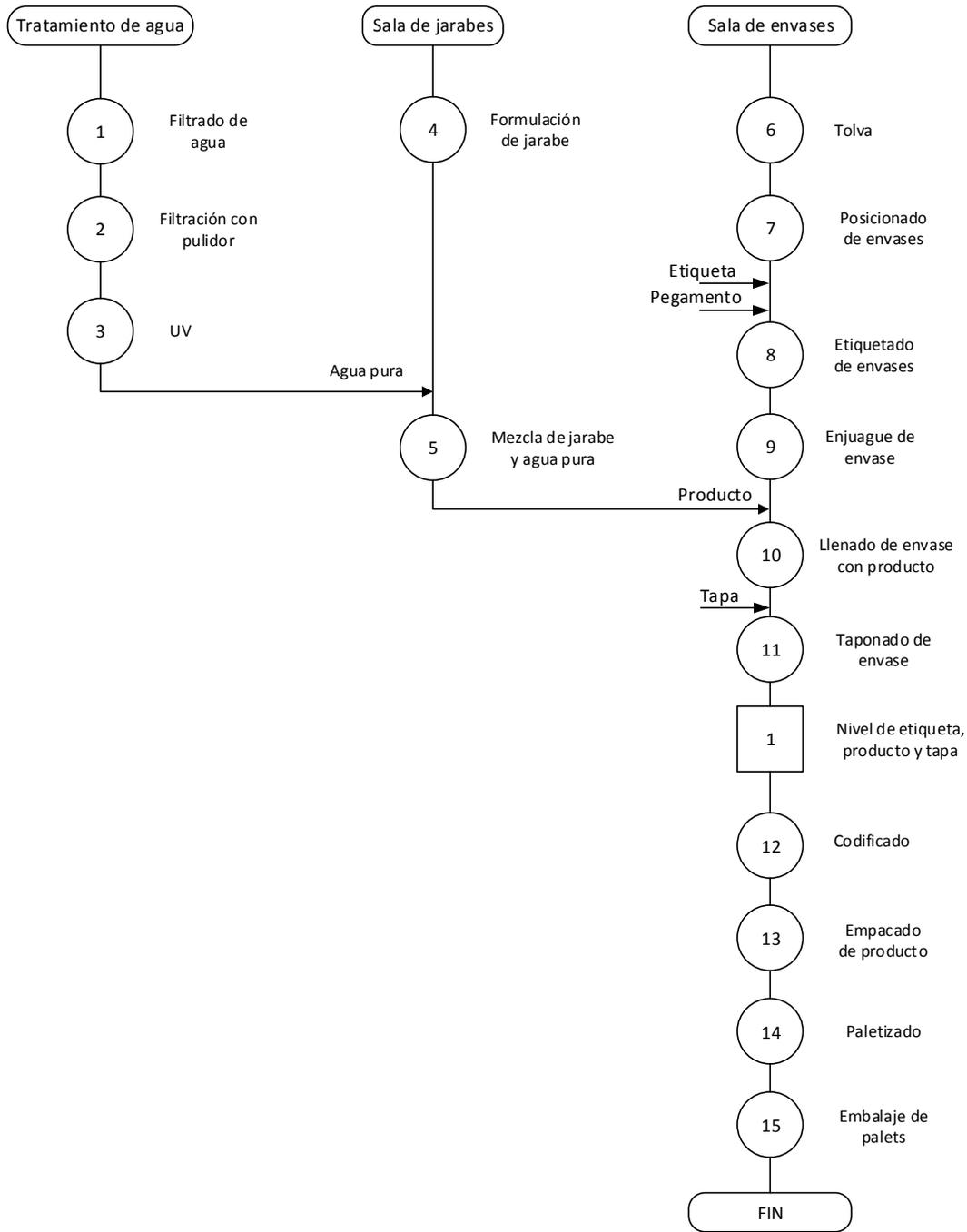
El producto con el que será llenado el envase es extraído de un equipo proporcionador, donde se encuentra el producto mezclado con los porcentajes requeridos de jarabe (sabor) y agua. Luego de que al envase se le coloque la tapa, es transportado para una inspección que consiste en verificar que el

producto esté bien sellado, que la etiqueta sea la correspondiente al tipo de producto y que el nivel de producto sea el adecuado. Ya que el producto final cumple con estas características, es transportado para su respectiva codificación. Esta corresponde a fecha de producción y fecha de vencimiento del producto. Después de que el producto es codificado, se transporta al área de empaque. El empaque del producto es realizado por paquetes, cada paquete tiene un número específico de envases, este número varía dependiendo de la presentación que se esté trabajando.

Una vez empaqueado el producto, los paquetes son transportados al área de paletizado. El paletizado es realizado por un número específico de camas, cada cama tiene un número específico de paquetes, este número es especificado por el tipo de presentación. Una vez realizado este proceso, el producto es transportado para su respectivo embalaje; realizado este, el producto es trasladado a bodega de producto terminado.

En la página siguiente se presenta el diagrama de operaciones que muestra el proceso básico de una línea de producción de bebidas.

Figura 7. Diagrama de operaciones del proceso de embotellado



Fuente: CBC. Diagrama tomado de la línea de producción de la empresa. Junio de 2016.

Tabla II. **Resumen de símbolos utilizados en el proceso de embotellado**

Símbolo	Actividad	Cantidad
○	Operación	15
□	Inspección	1
TOTAL		16

Fuente: elaboración propia.

2.1.3. **Obtención de datos**

La obtención de datos es una técnica fundamental en el sistema de control de tiempos no eficientes y para el análisis en la toma de decisiones con respecto a los paros de actividad durante una corrida de producción. La obtención de los datos se realiza en cada corrida de producción por supervisores, mecánicos, electricistas y operarios que se encuentran en la línea. La obtención de datos es iniciada desde el momento en que la línea comienza su actividad de producción, la información es anotada en hojas de control que previamente han sido diseñadas y entregadas a cada responsable de anotar los paros que surjan durante la actividad de producción. En las hojas de control se registra el número de línea de producción, la presentación del producto, sabor, turno en que se trabaja, fecha de producción, hora de inicio de la producción, tiempo de paro, máquina que causó el paro, la causa que generó el paro y la actividad que se realiza para solucionar la causa del paro.

Las hojas de control de tiempos no eficientes que llevan mecánicos y electricistas tienen como información básica la fecha, turno, tiempo perdido, presentación, causa y solución que se da para poner en marcha nuevamente la

producción. Además, deben detallar si el paro fue ocasionado por un ajuste, cambio de piezas, falla en sensores, entre otras; cada mecánico o electricista debe reportar todas estas actividades al jefe o encargado de mantenimiento mecánico y eléctrico, para su análisis y toma de decisiones.

2.1.4. Registro de datos

Una vez obtenidos los datos a través de las hojas de control llenadas por supervisores, operarios, mecánicos y electricistas, se procede al registro de los mismos. Este registro consiste en tomar la información presentada en las hojas de control e ingresarla a un sistema de cómputo. Dentro de la información principal que debe registrarse se encuentra el tipo de causa que ocasiona el paro, el tiempo que llevó identificar la causa y darle solución, la frecuencia con que ocurren los paros y la máquina que ocasionó el paro en cuestión.

Figura 8. Registro de datos del sistema actual

TIEMPOS PERDIDOS LÍNEA 3
REFRESCOS
MES DE ABRIL DE 2016
15 ONZAS

TIEMPO PROGRAMADO: 792.4 MINUTOS

EXTERNAS		Frecuencia	Minutos	Promedio por vez	% tiempo perdido
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN				
EX01	Falta de suministro de aire				
EX02	Falta de suministro de agua tratada				
EX03	Falta de energía eléctrica				
EX04	Falta de envase				
EX05	Falta de jarabe terminado				
EX06	Falta de material de empaque				
EX07	Toma de muestras aseguramiento de calidad				

Continuación figura 8.

EX08	Situaciones relacionadas con seguridad industrial				
	Transporte de paquetes				
	Material de empaque dañado				
	SUB TOTAL				

Fuente: CBC. *Registro de datos*. Junio de 2016.

2.1.5. Sistema de control de datos actual

El sistema de control de datos actual muestra cierta pérdida de información debido a que algunas anotaciones de las causas que generan los paros en su mayoría no son especificadas ni descritas de forma puntual. Es aquí donde el encargado de producción se ve obligado a hacer suposiciones de la causa que generó el paro y con una probabilidad de error bastante alta. Otro de los problemas con respecto a la medición de tiempos no eficientes es la falta de toma de tiempos reales de paros en la producción. El manejo de los datos comienza desde su obtención y registro, hasta la toma de decisiones. Los datos registrados son trasladados a los jefes de área, quienes son los encargados de tomar las decisiones precisas para la solución de los problemas presentados en las líneas de producción.

Generalmente los planes de mantenimiento se anteponen a actividades de mayor importancia; actividades que requieran mayor atención y pronta solución. Dependiendo de la gravedad de las causas que originan los paros, el encargado de mantenimiento realiza planes de mantenimiento preventivo y correctivo. Esta programación de actividades realizada por el encargado es trasladada al personal a su cargo, siendo estos los encargados de realizar dicha actividad.

2.1.6. Finalidad de los resultados

El sistema actual tiene como finalidad identificar los puntos críticos en las líneas de producción, así como encontrar las causas principales y más frecuentes de los paros para darles pronta solución. Además, pretende ayudar a los encargados de producción a la toma de decisiones con respecto a los problemas que se presentan en las líneas, y a que la información obtenida y procesada ayude a una generación de lluvias de ideas para así mejorar la eficiencia de cada línea de producción.

2.1.7. Ventajas y desventajas del sistema actual

El sistema actual tiene como ventaja la ayuda de:

- Conocimiento de la situación actual en todos los aspectos
- La proposición de mejoras
- Toma de decisiones
- Solución rápida de los problemas
- Encontrar la operación más crítica
- Identificar otros problemas relacionados con la situación actual

Entre las desventajas que presenta el sistema actual están:

- Pérdida de información al momento de obtener los datos
- La información recabada no es homogénea
- No hay una toma de tiempo real en paros
- No hay generación de reportes
- No se tiene información para dirigir de manera objetiva

3. PROPUESTA DEL MODELO A IMPLEMENTAR

Los procesos industriales que requieren control automático implican la consideración de múltiples factores que buscan mantener las variables dentro de los márgenes requeridos. El diseño de un buen controlador puede ser una herramienta útil para llevar a cabo el proceso de control. Este aparato se debe acoplar al comportamiento del sistema.

Uno de los agentes derivados de la interacción entre los elementos de la planta (sensores, actuadores, entre otros) que interviene en las acciones de control es el tiempo muerto o tiempo improductivo, debido a que los retrasos en la acción que debe desarrollar el controlador están limitados por el retardo al recibir la señal del sensor, la velocidad de maniobra del actuador u operador y su propia capacidad de respuesta. En un sistema que presenta tiempo muerto o tiempo improductivo la salida es igual a la entrada, pero retardada un tiempo determinado.

Para poder realizar estudios de desempeño, de la estabilidad y el diseño del sistema de control, es necesario aproximar entonces el tiempo muerto o tiempo improductivo por alguna función que permita la inclusión de dicho parámetro en la modelación matemática en el lazo de control. Dadas las características del tiempo muerto y sus efectos frente a una tarea de control automático, debe disponerse de herramientas que permitan el diseño de una adecuada acción de control. Sin embargo, la utilización de aproximaciones a un modelo, puede ser un acercamiento a la solución del problema, más todavía si se utilizan técnicas analíticas que permitan el desarrollo de herramientas que lleven al controlador a efectuar su gestión solo cuando realmente es requerido.

3.1. Modelo estadístico a utilizar

En una empresa existen muchos problemas que esperan ser resueltos o atendidos. Cada problema puede deberse a diferentes causas, es imposible e impráctico pretender resolver todos los problemas o atacar todas las causas al mismo tiempo. En este sentido, el diagrama o análisis de Pareto facilita seleccionar el problema más importante y, al mismo tiempo, en un principio, centrarse solo en atacar su causa más relevante.

La idea central del diagrama de Pareto es localizar los pocos defectos, problemas o fallas vitales, para concentrar los esfuerzos de solución o mejora en estos. Una vez que sean corregidos, entonces se vuelve a aplicar el principio de Pareto para localizar, de entre los que quedan, los más importantes, volviéndose este ciclo una filosofía. El análisis de Pareto se puede aplicar a todo tipo de problemas: calidad, eficiencia, conservación de materiales, ahorro de energía, seguridad, entre otros.

En ocasiones, las empresas no tienen cuantificados e identificados los problemas, solo una vaga idea de los mismos. Las organizaciones deben buscar, mediante la aplicación de la estratificación y el diagrama de Pareto, la identificación precisa de sus principales problemas. Dentro de las ventajas de esta herramienta se pueden mencionar:

- Cuantifica con objetividad la magnitud real de los problemas, lo cual es un punto de partida para buscar su reducción.
- Permite evaluar con el mismo diagrama las mejoras logradas, observando la trascendencia y el direccionamiento de los esfuerzos.

- Proporciona una visión simple y rápida de la importancia relativa de los problemas.
- Ayuda a evitar que se empeoren algunas causas al tratar de solucionar otras y ser resueltas.
- Su formato altamente visible proporciona un incentivo para seguir luchando por más mejoras.

El problema en el manejo de información para el control de la eficiencia de las operaciones es que los datos archivados se han registrado demasiado tarde, se han recabado de manera inadecuada o no se analizan ni se utilizan de manera sistemática para tomar decisiones. De lo anterior se desprende la necesidad de contar con métodos que faciliten la obtención y el análisis de datos, para que estos se conviertan en información que se use de manera cotidiana en la toma de decisiones. Uno de tales métodos es la hoja de verificación o de registro. Utilizando hojas de verificación se garantiza que se han tomado ciertas medidas o acciones, como la verificación de las condiciones de arranques y parada de equipos y las formas de control de procedimientos analíticos, con el objetivo de reducir la variabilidad creada en los operadores y/o equipos. Luego de que el problema se ha localizado y establecido cuándo y bajo qué circunstancias ocurre por medio de un diagrama de Pareto, es el momento de localizar la causa fundamental del mismo. Una vez delimitado el problema (cuantificar su magnitud), es el momento de analizar todas sus causas potenciales, y para ello se puede utilizar el diagrama causa-efecto.

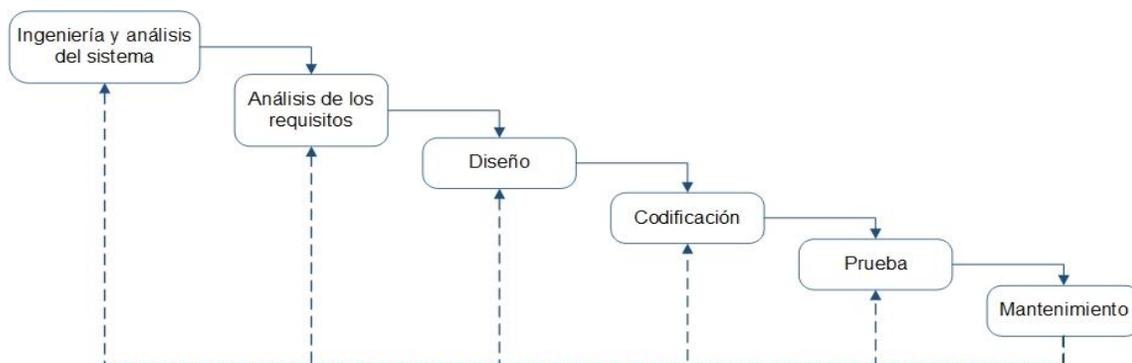
3.2. Diseño del sistema a utilizar

Se entiende como diseño de sistemas la evaluación de las distintas soluciones alternativas, y la especificación de una solución detallada a un problema de información.

El primer paso en el diseño del sistema es identificar las salidas que el sistema producirá, entre ellas informes o reportes, así como los datos específicos que cada uno de estos señalan. Por otro lado, el diseño también debe incluir los cálculos que se realizarán con los datos almacenados. Los procedimientos deben mostrar cómo se van a procesar los datos y cuáles van a ser las salidas. Se puede hacer uso de diagramas, tablas y símbolos especiales para comunicar las especificaciones del diseño.

El diseño de sistemas es un proceso altamente creativo que en gran medida puede ser facilitado por una definición sólida del problema, una clara y ordenada descripción del sistema existente y un conjunto de requerimientos específicos del nuevo sistema. Además, requiere principalmente la coordinación de actividades, los procedimientos de trabajo y la utilización de equipo para alcanzar los objetivos organizacionales. En la siguiente figura se puede observar el enfoque metodológico de las etapas del sistema, es decir, que el inicio de cada etapa debe esperar a la finalización de la inmediatamente anterior.

Figura 9. **Diseño general de un sistema de información**



Fuente: *Sistema de información*. <http://carolina.terna.net/ingsw2/Datos/Cascada-ModeloV.d>.

Consulta: 2 de junio de 2016.

El análisis del sistema describe lo que el sistema debe hacer para satisfacer los requerimientos de información, mientras que el diseño del sistema muestra cómo este debe satisfacer este objetivo. Los recursos de la organización, las necesidades de información de los usuarios o de otros sistemas, el método de procesamiento de datos, y las operaciones con los datos y herramientas del diseño, son algunos de los elementos que se deben tomar en cuenta para crear el nuevo sistema.

3.2.1. Diseño de datos

Las especificaciones de entrada describen la manera en que los datos ingresarán al sistema para su procesamiento. Las características de diseño de la entrada, utilizando una herramienta para su almacenamiento, pueden asegurar la confiabilidad del sistema y producir resultados a partir de datos exactos, o también pueden dar como resultado la producción de información errónea. La recopilación de datos incluye tomar nota de las actividades realizadas para el control de tiempos no eficientes en la línea de producción. Estas notas son expresadas en su mínima expresión y dejando nota del tiempo insumido, ordenamiento o secuencia. Así también se debe tomar nota de la forma en que se efectúan dichas actividades (formas, medios, útiles, componentes, personas, entre otros).

3.2.2. Diseño arquitectónico

El diseño arquitectónico define la relación entre cada uno de los elementos estructurales del programa. La adquisición de datos consiste en la manera en que los datos ingresan al sistema. El manejo y almacenamiento de datos tiene lugar en una base de datos, mediante el registro de los diversos acontecimientos que ocurren en cualquier línea de producción. La hora en que

se puso en marcha tal o cual equipo, los paros de las máquinas que estén o no planificados, las velocidades con que funciona una máquina, son ejemplos de datos que se deben registrar.

Es importante que la base de datos cumpla con las condiciones dadas del problema que se quiere resolver. Una de las características más versátiles es que los usuarios pueden definir sus propios indicadores de rendimiento mediante la programación de ecuaciones. En la visualización y realización de informes, los usuarios pueden crear acontecimientos y modificar las clasificaciones, tanto de productos como de pedidos, utilizando el teclado o los botones. Pueden modificar o desarrollar en detalle la causa de una avería simplemente pulsando en el ratón. También es posible acceder al historial de no conformidades y a los datos del indicador de rendimiento definido por el usuario.

3.2.3. Diseño de interfaz

El diseño de interfaz es la herramienta gráfica en donde se lleva a cabo la comunicación entre el programa y el usuario, con el fin principal de almacenar los datos de forma efectiva y eficiente. El entorno gráfico que utilizará el usuario como medio para interactuar con el sistema consiste en una serie de ventanas.

3.2.4. Diseño de procedimientos

Un procedimiento consiste en el seguimiento de una serie de pasos bien definidos que permiten y facilitan la realización de un trabajo. En el sistema que se implementará, los procedimientos especifican qué tareas deben efectuarse y quiénes son los responsables de llevarlas a cabo. Dentro de los procedimientos principales se encuentran:

- Procedimientos para entrada de datos. Métodos para la captura de datos de las transacciones y su ingreso en el sistema de información.
- Procedimientos durante la ejecución. Pasos y acciones emprendidos por los operadores del sistema que interactúan con este para alcanzar los resultados deseados.
- Procedimientos para el manejo de errores. Acciones a seguir cuando se presentan resultados inesperados.
- Procedimientos de seguridad y respaldo. Acciones para proteger al sistema y sus recursos contra posibles daños.

3.3. Diseño de salida

En este caso, la salida se refiere a los resultados e informaciones generadas por el sistema, la base de su utilidad. Las siguientes actividades deben ser realizadas por el analista que desarrollará el sistema:

- Determinar qué información se va a presentar.
- Decidir si la información será presentada en forma visual, verbal o impresa, y seleccionar el medio de salida.
- Disponer de un formato aceptable y amigable para la presentación de la información.
- Decidir la forma en que se dará a conocer la salida del sistema entre los posibles destinatarios.

El sistema de información debe alcanzar los siguientes objetivos:

- Expresar información relacionada con actividades pasadas, estado actual o protecciones para el futuro.

- Señalar eventos, oportunidades, problemas o advertencias.
- Iniciar una acción.
- Confirmar una acción.

Dentro de los reportes generados por el sistema respecto a los tiempos no eficientes que posee la empresa están:

- Tiempos muertos por fallas mecánicas
- Tiempos muertos por máquinas
- Tiempos muertos por fallas operarias
- Tiempos muertos por líneas de producción

3.4. Requerimientos para el diseño del sistema

Representan un apoyo en el proceso de formular las características que el sistema debe tener para satisfacer los requerimientos detectados durante las actividades del análisis.

3.4.1. Casos de uso específicos

Están presentes en el proceso de formular las características que debe tener una aplicación: entradas, salidas, procesamiento y especificaciones de control, entre estas están:

Actores

- Cualquier cosa que se comunica o interacciona con el sistema y que es externo a este.

- Representan roles que interpretan personas u otros sistemas cuando el sistema está en uso.
- Un usuario puede interpretar distintos roles. Cada uno de ellos será un actor.

Se conocen tres tipos de actores: los primarios, aquellos que trabajan de forma directa y frecuente con el sistema para explotar su funcionalidad; los secundarios, que actúan como soporte del sistema para que los primarios puedan trabajar, y los iniciadores u operarios, que no utilizan directamente el sistema pero desencadenan el trabajo de otro actor.

Las herramientas de especificación son un modo en que un actor interactúa con el sistema. Es una narración que describe el rol de un actor como una interacción con el sistema.

Diagrama de flujo de datos

Es la representación gráfica de un sistema, ya que ilustra cómo fluyen los datos a través de distintos procesos que se comunican entre sí a través de flujos de información. Los elementos que componen el diagrama de flujo de datos son:

- Flujo de datos: canal de circulación de información
- Proceso: transforman la información que les llega a través de los flujos de datos de entrada, en la información que sale a través de los flujos de datos de salida
- Fichero: lugares donde se guardan los datos
- Fuente/destino de información: persona y organización fuera del sistema que origina o recibe datos

3.4.2. Herramientas para presentación

Se utilizan para describir la posición de datos, mensajes y encabezados sobre las pantallas de las terminales, reportes y otros medios de entrada y salida. Las decisiones de diseño para el manejo de entradas especifican la forma en que serán aceptados los datos para su procesamiento por computadora. Los analistas deciden si los datos serán proporcionados directamente, quizás a través de una estación de trabajo, o por el uso de documentos, donde los datos a su vez son transferidos hacia la computadora para su procesamiento. Para el manejo de salidas las herramientas de presentación para el usuario son utilizadas por el analista de datos para organizar y presentar los mismos. Esta herramienta ayuda al usuario a seleccionar el formato de presentación más apropiado, como un reporte de resumen, mapa, gráfica circular, gráfica de barras o gráficas combinadas.

3.4.3. Herramientas para el desarrollo del sistema

Estas herramientas ayudan a convertir diseños en aplicaciones funcionales. Los sistemas de soporte para este tipo de herramientas son:

- Sistemas de cómputo que combinan una serie de modelos e información para resolver problemas. Involucran variables y el análisis de información.
- Sistemas de soporte a la decisión o DSS.

Cabe mencionar que estas herramientas servirán como apoyo en la toma de decisiones, siendo estas estructuradas, no estructuradas o semiestructuradas.

DSS

Es un sistema creado para dar soporte a la toma de decisiones en situaciones de decisión semiestructuradas. Tiene la misión de apoyar y mejorar la toma de decisiones. Está integrado de los siguientes elementos:

- Modelo de decisiones.
- Análisis de escenarios: es proyectar a un futuro los resultados de la decisión que se tome.
- Base de datos: donde se encuentran todos los datos actuales e históricos de la compañía. Debe estar organizada de manera sencilla.
- Interfaz de usuario: da facilidad al usuario de extraer información por medio de pantallas claras y reportes bien estructurados.

3.5. Estudio de viabilidad

La viabilidad y el análisis de riesgos están relacionados de muchas maneras. Si el riesgo del proyecto es alto, la viabilidad de producir el sistema de calidad se reduce, sin embargo, se deben tomar en cuenta cuatro áreas principales de interés, a continuación descritas.

3.5.1. Viabilidad económica

En esta parte se calcula la rentabilidad del proyecto. Es necesario analizar todas las alternativas que resulten de combinar las diversas opciones técnicas, financieras, de gestión y de mercado encontradas en los respectivos estudios de viabilidad. En esta parte se ordenan los ítems de inversiones, de ingresos, los costos de operación, impuestos, depreciación, entre otros. Con estos ítems

ordenados se construyen los flujos netos de ingresos futuros, que son el insumo básico utilizado en la evaluación económica del proyecto. El sistema debe cumplir con los objetivos que se establecen, por ejemplo que tenga un coste eficiente y que sobrepase en calidad, cantidad y otros aspectos relacionados al sistema actual.

3.5.2. Viabilidad técnica

El sistema reúne características y condiciones técnicas y operativas que aseguran el cumplimiento de las metas y objetivos, tales como detección de fuentes de pérdida de producción, averías y operaciones ineficientes. Contribuye con el análisis de los datos de producción y con alcanzar propuestas de mejoras en las mismas (impresión de informes y exportación de datos hacia otras áreas). La transferencia de tecnología es un componente diseñado para mejorar los sistemas de productividad dentro de las líneas de producción en las plantas manufactureras de bebidas. El desarrollo de un programa de capacitación complementa las acciones propuestas y refuerza los componentes descritos en el funcionamiento del sistema.

3.5.3. Viabilidad legal

Debido a que el nuevo sistema a implementarse es la mejora de uno ya existente, el marco de restricciones legales que puede enfrentar el nuevo sistema está regido por las normas y políticas propias de la empresa.

3.6. Análisis económico y técnico

Actualmente, en la era de la globalización, los cambios en el mercado son bastante frecuentes y rápidos. Las demandas de variedad por parte de los

consumidores aumentan y vienen acompañadas de mayores conocimientos y exigencias respecto a los ingredientes utilizados en las bebidas. El sistema aplica a la solución de problemas, de forma que los usuarios puedan:

- Mejorar la capacidad de los recursos para procesar pedidos incorporando todas las restricciones necesarias.
- Crear una planificación más viable.
- Identificar cuellos de botella y resolverlos como corresponde.
- Ser proactivos y tomar decisiones en el momento oportuno.
- Mejorar la calidad.
- Mejorar la productividad.
- Reducir el tiempo ocioso de la maquinaria.
- Reducir el tiempo de ciclo.
- Reducir los costos por mantenimientos.
- Reducción de mermas.

Lo anterior conduce a una reducción de costos a nivel general.

3.7. Modelo de la arquitectura del sistema

En un ambiente cada vez más competitivo, donde reaccionar a tiempo e incrementar la eficiencia es cada vez más importante, más y más empresas están desarrollando sus sistemas de información. Es por ello que se representa esta información a través de un diagrama de flujo, en el cual se detallan las actividades que el sistema realiza.

4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

4.1. Mejoramiento de la productividad

La productividad es conocida como la relación entre la producción obtenida por un sistema de producción y los recursos utilizados para obtenerla. También puede ser definida como la relación entre los resultados y el tiempo utilizado para obtenerlos. La productividad evalúa la capacidad de un sistema para elaborar los productos que son requeridos y a la vez el grado en que se aprovechan los recursos utilizados.

La rentabilidad de una empresa es directamente proporcional a la productividad de la misma, por lo que el Sistema de Gestión de Calidad trata de aumentarla. Cabe mencionar que la productividad va relacionada con la mejora continua del SGC, y gracias a este sistema de calidad se reducen las unidades dañadas o defectuosas de un lote de producción. Esto también ayuda a satisfacer las necesidades del cliente y a crear una relación segura y confiable hacia el producto y hacia la empresa. Por otro lado, la productividad tiene relación con los estándares de producción; si se mejoran estos estándares, entonces existe un ahorro de recursos que se refleja en el aumento de la utilidad. La mejora de la productividad es importante porque ésta provoca una “reacción en cadena” en el interior de la empresa, fenómeno que se traduce en una mejor calidad de los productos, menores precios, estabilidad del empleo, permanencia de la empresa, mayores beneficios y mayor bienestar colectivo.

4.1.1. Programa

El sistema procede a relevar el proceso de preparación. Durante el relevamiento se toma nota tanto de las actividades a realizar, registrando el tiempo insumido, como de su ordenamiento o secuencia. De la misma forma se deben registrar las formas, medios, útiles, componentes, personas, es decir, la forma en que se efectúan dichas actividades y los involucrados. Una vez acumulada la información necesaria se procede a presentarla dentro de un control estadístico de procesos, determinando tanto el tiempo medio como los límites de control superior e inferior, analizando luego las variaciones y, en consecuencia, determinando la capacidad del actual proceso de preparación. Se procede a representar para cada actividad los respectivos histogramas.

Después se analiza cada una de las actividades mediante las preguntas: ¿Por qué?, ¿Para qué?, ¿Dónde?, ¿Quién?, ¿Cuándo? y ¿Cómo?, de tal forma que se podrá determinar para cada actividad si realmente es necesaria, quién lo hace y quién debería hacerlo, en qué otro momento podría hacerse, en qué otro lugar podría efectuarse y de qué otra forma. Todo ello a efecto de eliminar, combinar, reordenar, efectuarlos en paralelo o simplificar las actividades de manera tal de reducir los tiempos y sus respectivos costos, además de hacerlos más seguros y convenientes.

4.2. Identificar las causas de los problemas

Un problema recurrente es un problema que aparece con frecuencia en una actividad, proceso, método, entre otros. Resolver un problema implica realizar tareas que demandan procesos de razonamientos más o menos complejos y no simplemente una actividad asociativa y rutinaria. La identificación de las causas fundamentales de los problemas conduce a que

todas ellas se hallan directa o indirectamente relacionadas con los equipos, y desde luego dan lugar a reducciones de eficiencia del sistema productivo, en tres aspectos fundamentales:

- Tiempos muertos o de paro del sistema productivo.
- Funcionamiento a velocidad inferior a la capacidad de los equipos.
- Productos defectuosos o malfuncionamiento de las operaciones en un equipo.

El mantenimiento básico y de prevención de averías realizado desde el propio puesto de trabajo y, por tanto, por el propio operario, la gestión de mantenimiento preventivo y correctivo optimizada, la conservación completa y continua, la formación adecuada del personal de producción y de mantenimiento, acerca de los equipos, su funcionamiento y su mantenimiento, son los aspectos fundamentales a considerar en el mantenimiento productivo total.

4.2.1. Determinar las actividades críticas

Para mejorar la eficiencia global de los equipos, es necesario buscar las principales fuentes de pérdida de producción. Será necesario establecer indicadores de cada una de las siguientes seis pérdidas.

Disponibilidad (tiempo de inactividad no planificado)

La disponibilidad es el tiempo total durante el cual el equipo está operando satisfactoriamente, más el tiempo que, estando en receso, puede trabajar sin contratiempos durante un período.

Algunos contratiempos pueden ser:

- Fallos del equipo (pérdidas por averías): entendiendo que una avería es cualquier pérdida significativa de las prestaciones de la máquina; es decir, no solo se debe considerar como avería la parada de máquina sino también cualquier pérdida de su función.
- Pérdidas por instalación y ajuste de los equipos: se relacionan con las pérdidas de rendimiento que ocurren durante la producción normal por pequeños ajustes debido a la pérdida de precisión, cambio de herramientas que se desgastan, arranques y paradas de equipos, entre otros.

Rendimiento (pérdidas de velocidad del proceso)

Es la velocidad de producción real de un equipo, comparada con la ideal o de diseño. Se ve disminuida por las paradas cortas, para corregir defectos en el flujo, o por marchas en vacío o para desatascar. Se clasifican en:

- Funcionamiento a velocidad reducida: suelen ser difíciles de medir, ya que son las causadas por reducción del funcionamiento de la velocidad de la máquina debido a todo tipo de causas. En la mayor parte de los casos se pueden recoger de los sistemas de información de las máquinas.
- Tiempos muertos y paradas cortas: se trata de microparadas o atranques que ocurren con frecuencia y que son imposibles de registrar en un papel.

Calidad (productos y procesos defectuosos)

Es la relación entre la cantidad de producción de buena calidad y la producción total. Este indicador se ve afectado por los rechazos o producción defectuosa, o por productos que no satisfacen las especificaciones de calidad. Este tipo de fallas se clasifican en:

- Defectos de calidad y repetición de trabajos: un producto defectuoso supone en la mayor parte de los casos una pérdida de materia prima, pero, además de esto, supone un tiempo de máquina que se ha desperdiciado en procesar un producto inútil. Es imprescindible traducir las mermas en los minutos de máquina que se han perdido por este motivo.
- Pérdidas por puesta en marcha: el personal de producción puede no conocer los límites operativos reales de los equipos de producción, por no disponer los mismos de especificaciones concretas, o no estar al abasto de dicho personal. El personal puede estar en posesión de los citados límites de velocidad, pero no los aplica en la creencia de que la máquina no será capaz de operar en ellos.

4.3. Desarrollo de soluciones apropiadas

Para el desarrollo de soluciones apropiadas deben tomarse en cuenta los siguientes aspectos:

- Descripción de la necesidad
- Definir metas y criterios
- Identificación de restricciones
- Generar alternativas

- Seleccionar la mejor solución de todas y dar seguimiento a la misma

Las actividades de mejoras pueden ser llevadas a cabo por personal técnico interno o externo (consultores) de la empresa, pero siempre dándole participación activa al personal de planta, con el fin de conocer los procesos, así como de facilitar la puesta en práctica de las recomendaciones. La concientización, motivación y preparación (capacitación y entrenamiento) de los empleados, incrementa la productividad y reduce costes de preparación. Es fundamental el desarrollo de la creatividad aplicada y la innovación de procesos, para lo cual la implementación de conceptos tales como el ORA (Organización de Rápido Aprendizaje) resulta a todas luces crítico. Además, se cuenta con nuevas metodologías, tales como: pensamiento simplificado, pensamiento lateral, mapas mentales, más tendientes todos ellos a servir de inspiración en algunos casos, o a eliminación de límites o paradigmas en otros, para generar más y mejores ideas y soluciones.

4.3.1. Actividades grupales

Dando comienzo a las actividades grupales y utilizando los datos recabados, se procede al análisis conjunto mediante el uso del Diagrama de Ishikawa. Si bien debe haber una persona versada en la metodología de análisis de mejora y reducción de tiempos en su carácter de facilitador, debe darse protagonismo al personal de planta por dos motivos: primero, porque son los que más conocen de cada tarea en concreto, y segundo, para facilitar la puesta en práctica, evitando de tal forma la resistencia al cambio.

4.3.2. Generación de ideas

La técnica más común para la generación de soluciones originales e innovadoras es la tormenta de ideas. Representa una forma de pensamiento creativo encaminada a que todos los miembros de un grupo participen libremente y aporten ideas sobre un determinado tema o problema. Esta técnica tiene como objetivo generar la máxima cantidad y variedad de propuestas. En la medida en que el personal sea capacitado y adquiera experiencia, además de ser motivado e incentivado, las propuestas serán cada vez mejores, más factibles y maduras. Se rige por los siguientes pasos:

- Definir la cuestión, situación o problema. Se debe concretar cuál es el motivo para llevar a cabo la dinámica, para que suponga un punto de partida claro.
- Definir el grupo de trabajo. Es importante buscar personas de actitud abierta, flexibles y tolerantes al cambio. Además, es necesario que un facilitador experimentado dinamice al grupo.
- Establecer las normas. Posibilitar que surjan todas las alternativas posibles, aunque en un primer momento algunas de ellas puedan parecer poco viables.
- Iniciar lluvia de ideas. Esta etapa busca generar el máximo número de alternativas posibles, visibles para todos los miembros del grupo.
- Cerrar la dinámica. Se enunciarán las ideas al grupo, explicando aquellas que puedan ofrecer dudas. Se eliminarán aquellas que sean reiterativas y se irán agrupando según un criterio contrastado.

4.3.3. Propuestas más factibles

La propuesta de las soluciones al comité la debe realizar el personal técnico y sus consultores. Es posible que se soliciten ajustes y reconsideraciones a la propuesta por considerarse pertinentes.

4.3.3.1. Selección de propuestas

Este proceso se realiza mediante la eliminación de las ideas que presentan poca consideración por parte del equipo de trabajo y dando atención a las ideas que recibieron más votos. Se hace una nueva discusión sobre estas últimas y una nueva votación, para así encargarse de atender la propuesta elegida, debiendo tomar en consideración cuestiones de seguridad, recursos financieros y humanos, tiempos de puesta en marcha, entre otros.

4.3.3.2. Planificar cambios

La industria de alimentos y bebidas se enfrenta a fuertes presiones de competitividad, que están forzando a los fabricantes a ofrecer una línea de productos más diversificada para satisfacer las tendencias de los consumidores. Por eso se contempla equilibrar distintas variables, como los productos estacionales y la demanda del mercado en un proceso exigente. La gestión de las restricciones de capacidad y producción, como depósitos con niveles de llenado y tiempos de residencia máximos y mínimos, sustituciones variables y cuellos de botella móviles, para producir con eficiencia productos de calidad y suministrarlos a los consumidores, también puede suponer un reto. El hecho de que el sector sea muy sensible a las influencias del mercado estacional y de las promociones solo añade complejidad al problema. Los fabricantes deben hacer coincidir los datos históricos de ventas con información de expertos internos y

externos para planificar adecuadamente las ventas futuras y las oportunidades de ingresos.

El proceso de cambio

- Diagnóstico de la situación. Incluye todas las actividades encaminadas a lograr una visión clara de la situación, de forma que se pueda determinar si realmente existe la necesidad de cambiar y hacia dónde deben orientarse los esfuerzos de cambio.
- Determinación de la situación deseada. En esta etapa se compara la situación actual, a partir de los resultados del diagnóstico, con la situación ideal, para posteriormente determinar una situación deseada.
- Determinación de los cursos de acción a seguir. En esta etapa el promotor del cambio elige y desarrolla los procedimientos apropiados para actuar sobre la situación que desea cambiar, con base en los resultados del diagnóstico y la determinación de la situación deseada. Las actividades que habitualmente se llevan a cabo en esta fase del proceso son: desarrollo de objetivos, elaboración de estrategias y elección de los medios concretos de acción.
- Ejecución de acciones. Esta etapa consiste en la puesta en práctica de la estrategia que conduce al cambio, en la que también deben preverse los mecanismos de control que permitan verificar periódicamente si el plan es respetado o no, y si la experiencia adquirida indica que se marcha por buen camino hacia el logro de los objetivos.
- Evaluación de los resultados. Analizar los resultados obtenidos para confrontarlos con los objetivos establecidos, a fin de medir el grado de éxito alcanzado y determinar qué factores o influencias explican esos resultados.

4.3.4. Soluciones propuestas

Al considerar las medidas de solución, se debe buscar que eliminen las causas, de tal manera que se esté previniendo la recurrencia del problema, y no considerar acciones que solo eliminen el problema de manera inmediata o temporal. De la misma forma, es indispensable cuestionarse su necesidad, cuál es el objetivo, dónde se implantarán, cuánto tiempo llevará establecerlas, cuánto costará, quien lo hará y cómo. También es necesario ver la forma en que se evaluarán las soluciones propuestas y elaborar de manera detallada el plan con el que se implantarán las medidas correctivas o de mejora. El equipo debe analizar si las medidas de remedio no generan otros problemas (efectos secundarios). De ser este el caso, deben adoptar medidas que contrarresten tales efectos secundarios o considerar otro tipo de acciones.

4.4. Capacitación de usuarios al sistema

Las estrategias de capacitación son determinadas por quien está siendo capacitado y quien lo capacitará. El analista se asegura de que cualquiera cuyo trabajo este afectado por el nuevo sistema de información esté capacitado adecuadamente por el instructor adecuado. Todas las personas que tendrán uso primario o secundario del sistema deben ser capacitadas. Esto incluye a todos, desde el personal de captura de datos hasta aquellos que usarán la salida para tomar decisiones sin usar personalmente una computadora. Hay que asegurarse de que estén separados usuarios de diferentes niveles de habilidades e intereses de trabajo. El analista tiene cuatro lineamientos principales para ajustar una capacitación:

- Establecimiento de objetivos mensurables
- Uso de métodos de capacitación adecuados

- Selección de lugares de capacitación adecuados
- Empleo de materiales de capacitación comprensibles

Los objetivos bien definidos son de una gran ayuda para permitir que los capacitados sepan lo que se espera de ellos. Además, los objetivos permiten la evaluación de la capacitación cuando ha terminado. Cada usuario y operador necesita una capacitación ligeramente diferente. Hasta cierto punto, sus trabajos determinan lo que necesitan saber, y su personalidad, experiencia y conocimientos de fondo determinan cómo aprender mejor. Los métodos para aquellos que aprenden mejor viendo incluyen demostraciones del equipo y exposiciones a los manuales de entrenamiento. Aquellos que aprenden mejor oyendo se beneficiarán de pláticas acerca de los procedimientos, discusiones y sesiones de preguntas y respuestas entre los instructores y capacitados. Aquellos que aprenden mejor haciendo necesitan experiencia práctica con el nuevo equipo. Al planear la capacitación de los usuarios, el analista debe darse cuenta de la importancia de materiales de capacitación bien preparados. Estos incluyen manuales de capacitación, en los cuales les sea asignado a los usuarios un trabajo por medio de un caso que incorpora la mayoría de las interacciones comúnmente encontradas con el sistema, prototipos y esquemas de la salida.

4.5. Aceptación de los miembros de la organización

Esta etapa se realiza por medio de sesiones conjuntas y en discusión práctica de los nuevos procesos. Si el método no es aceptado correctamente, significa rechazo y retroceso por parte de los empleados. En consecuencia, si el proyecto continúa, trasladará los problemas al final, cuando ya hay mayor tiempo transcurrido, dinero y prestigio invertido, y la exposición es mayor. Un cambio se logrará solo cuando se agregue valor y cuando la gente perciba ese

valor. El gerente del proyecto de cambio es un facilitador que manejará y distribuirá información oportuna para que los verdaderos interesados tomen las decisiones apropiadas.

4.6. Evaluación del sistema

Este proceso garantiza una mejora en la productividad y en la satisfacción del cliente, además de que los regímenes de mantenimiento y seguridad se satisfacen consistentemente y de forma puntual. A continuación se encuentra una breve descripción de los criterios utilizados comúnmente para evaluar el desempeño de un sistema:

- Efectividad del sistema: medida en que el sistema cumple con los objetivos propuestos en el período evaluado, relacionado con tiempos no eficientes.
- Eficiencia del sistema: medida en que el sistema de tiempos no eficientes emplea los recursos asignados y estos se revierten en la reducción y eliminación de tiempos muertos.
- Eficacia del sistema: medida en que el sistema logra satisfacer con su desempeño las expectativas de sus clientes (trabajadores y organización).

La evaluación de un sistema se lleva a cabo para identificar puntos débiles y fuertes. La evaluación ocurre a lo largo de cualquiera de las siguientes dimensiones que se presentan a continuación.

4.6.1. Evaluación operacional

Esta evaluación valora la forma en que funciona el sistema, incluyendo su facilidad de uso, tiempo de respuesta, lo adecuado de los formatos de información, confiabilidad global y nivel de utilización.

Rendimiento Global de Equipos (RGE)

El indicador muestra la disponibilidad, velocidad (rendimiento) y calidad con que funcionan las máquinas y se ejecutan los procesos. El indicador Rendimiento Global de Equipos es seguramente la mejor medida del rendimiento a la hora de mejorar los equipamientos. Este indicador se calcula de la siguiente forma:

$$RGE = Disponibilidad * Rendimiento * Calidad$$

El rendimiento del equipo se maximiza por medio del control y posterior eliminación de las seis pérdidas importantes mencionadas anteriormente. Cabe mencionar las ventajas que ofrece el indicador RGE: el concepto es sencillo, fácil de usar y de entender; se puede utilizar en una gran variedad de ramos industriales y entornos de producción; permite comparar los datos de producción de diferentes productos, turnos de trabajo y plantas; se puede realizar el seguimiento de las mejoras de producción a lo largo del tiempo.

Análisis de causa raíz

Se aplica siempre que las mediciones del RGE indiquen que la planta tiene un rendimiento deficiente. Es un enfoque estructurado que se ocupa de los fallos y errores, ya que ambos pueden afectar significativamente a la calidad

del producto, al rendimiento del proceso y a la disponibilidad de los equipos. En términos más específicos, la definición de fallo contiene los siguientes aspectos, que son comunes a las plantas industriales:

- Cualquier interrupción de la producción
- Pérdida de disponibilidad de activos
- Falta de disponibilidad de los equipos
- Desviaciones respecto de lo programado
- Incumplimiento de las expectativas

Mantenimiento productivo total

Es un proceso de cambio que puede definirse como una forma sistemática de trabajo para crear un proceso de producción sin pérdidas, al menor costo posible y con la participación de todos los empleados. El sistema es una base de datos especial para la medición y análisis en línea del rendimiento de los equipos. Sus funciones y características principales son las siguientes:

- Detecta y registra automáticamente todas las pérdidas de producción.
- Calcula y presenta en línea el rendimiento de los datos.
- Contribuye a analizar los datos de producción y a alcanzar propuestas para mejorar la misma.
- Imprime informes.
- Fácil instalación en la mayoría de los procesos de producción.

El sistema puede aplicar los tres métodos de rendimiento de las plantas (RGE, Causa Raíz y TPM) con datos sólidos de rendimiento y avanzadas herramientas para el análisis de los mismos. De este modo es posible

identificar, realizar el seguimiento y responder a los problemas que se presentan en la producción. El sistema consta de cuatro módulos principales:

- Adquisición de datos, manejo y almacenamiento de datos, visualización y realización de informes.
- El indicador RGE o cualquier otro indicador de rendimiento definido por el usuario.

Un diagrama de Pareto informa sobre las averías acumulativas de acuerdo con la categoría.

- Presenta el reparto porcentual de las causas de parada en la línea de producción y las clasifica en orden descendente con tiempos acumulados. Para cada tipo de acontecimiento, el diagrama presenta su ponderación en el tiempo, la cantidad y el porcentaje respecto del tiempo total de producción, el tiempo real de producción, la clasificación (tipo de parada operativa) y el tipo real de producción que está en curso en ese momento.

El operador o el jefe de producción pueden constatar la situación global de la línea en una pantalla cronológica para poder centrarse en los acontecimientos más importantes.

- La pantalla muestra cronológicamente todos los acontecimientos relacionados con una máquina, línea de producción, producto o lote concreto durante un período de tiempo dado.

4.6.2. Impacto organizacional

Dentro de los beneficios que la organización adquiere con el nuevo sistema se puede mencionar la mejora de las operaciones de mantenimiento y el tiempo disponible para otras actividades; además, ayuda a identificar áreas problemáticas que presentan obstáculo para la entrega continua y sin interrupciones. En la gerencia, proporciona una herramienta para monitorear y cuantificar el desempeño y los ahorros, optimiza la ingeniería y el mantenimiento de los recursos. En los empleados u operarios, proporciona un medio para minimizar el tiempo de actividad de modo que la planta de producción pueda seguir siendo competitiva y con un costo eficaz en el entorno de manufactura global de la actualidad.

4.6.3. Desempeño del desarrollo

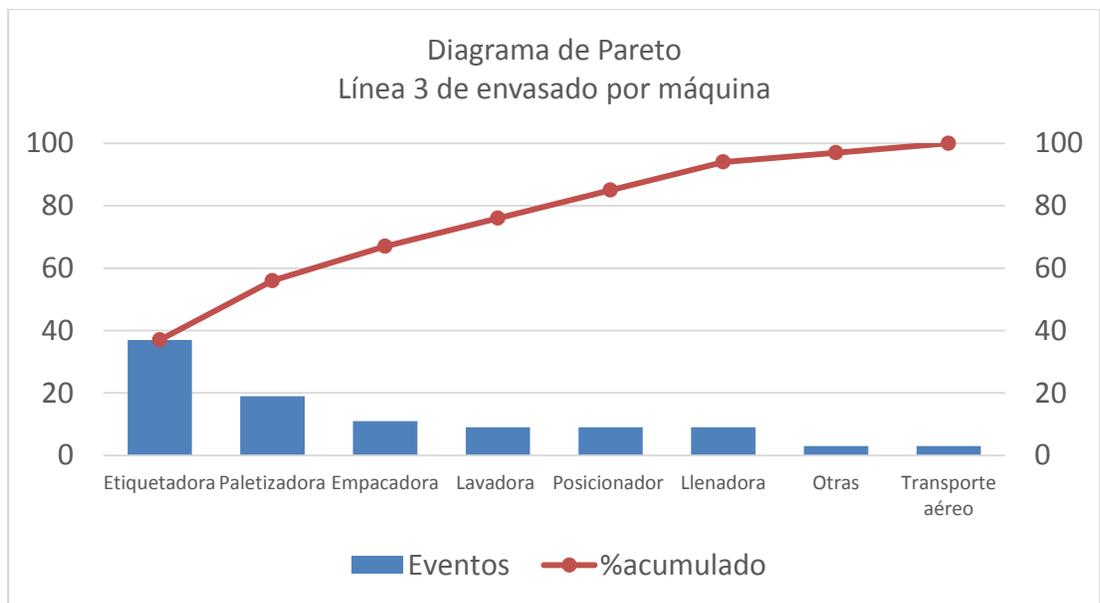
La evaluación del proceso de desarrollo de acuerdo con criterios tales como tiempo y esfuerzo de desarrollo concuerda con presupuestos, estándares y otros criterios de administración de proyectos. Cuando la evaluación del sistema se conduce en forma adecuada, proporciona mucha información que puede ayudar a mejorar la efectividad de los esfuerzos de desarrollo de aplicaciones subsecuentes. Las fases de la evaluación son descritas de la siguiente manera:

- Fase I: desarrollo del sistema.
- Fase II: evaluación de la validez de la base de conocimientos.
- Fase III: evaluación de la funcionalidad en circunstancias controladas (encuestas).
- Fase IV: evaluación del impacto en el escenario de trabajo (pruebas de consecuencias de la aplicación).

4.7. Prueba del sistema

Se inicia recopilando datos sobre el proceso a través de hojas de verificación previamente diseñadas. Seguidamente se diseña y examina el diagrama de flujo del proceso de producción. Una vez realizadas estas actividades e ingresados los datos a una base de datos diseñada específicamente para este tipo de análisis, se procede a presentar los datos en forma efectiva a través de diagramas estadísticos generados por el software, para observar el comportamiento de los datos y hacer un análisis de ellos. El primer paso para hacer un análisis consiste en aplicar un Pareto de primer nivel para determinar cuál es el problema más importante.

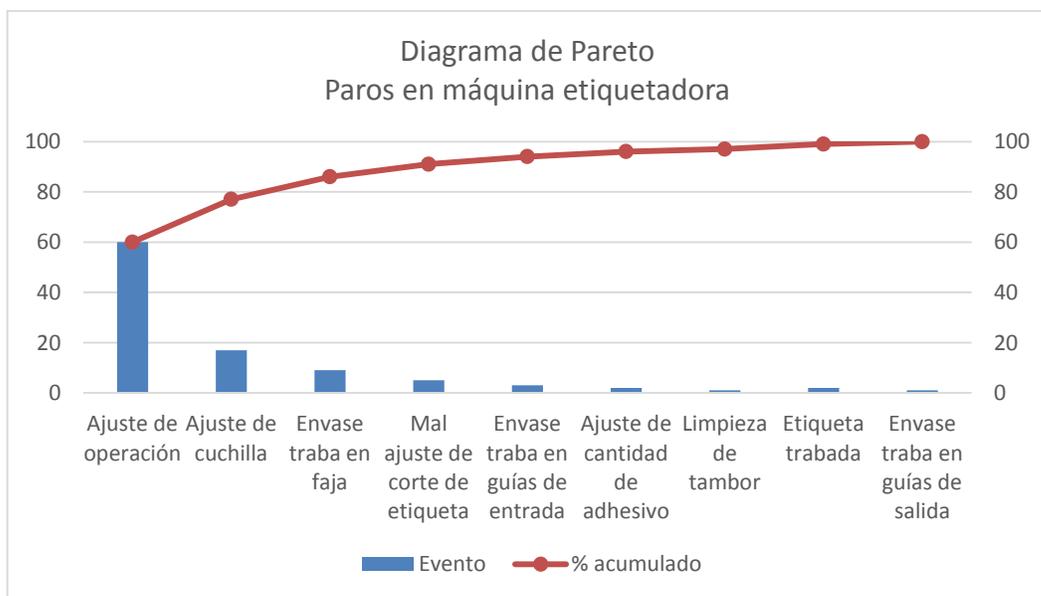
Figura 10. Diagrama de Pareto para paros en una línea de producción



Fuente: elaboración propia, generada por la herramienta de cómputo del sistema a implementar, empleando los registros en las hojas de verificación de la línea de producción 3.

A partir de la figura 10 es posible apreciar que el problema principal en un período de tiempo determinado se encuentra en la máquina etiquetadora con un 37 % del total de paros en la línea durante el mes. La máquina que representa el 18 % del total de paros es la paletizadora.

Figura 11. **Diagrama de Pareto para paros en máquina etiquetadora**

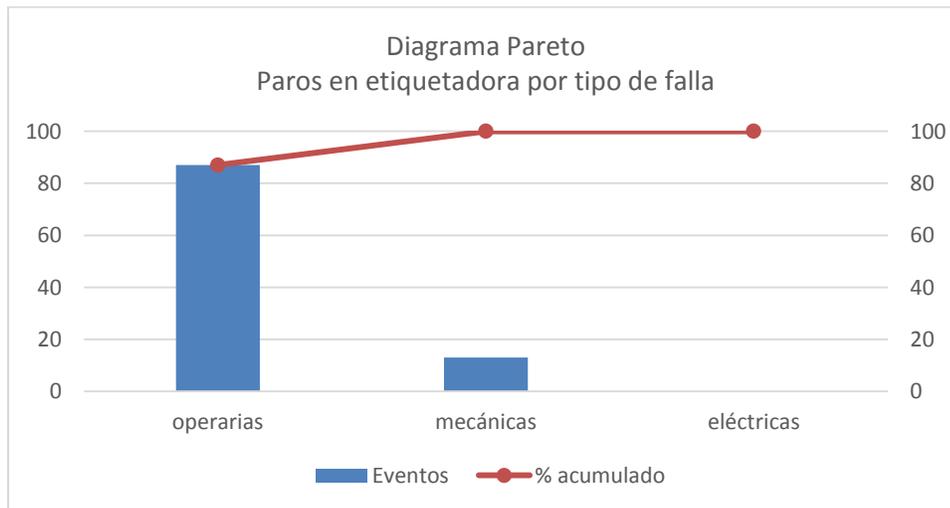


Fuente: elaboración propia, generada por la herramienta de cómputo del sistema a implementar, empleando los registros en las hojas de verificación de la línea de producción 3.

Después de identificar que la máquina etiquetadora es la que representa la causa mayor de los paros en la línea de producción, se debe llevar a cabo un Diagrama de Pareto de segundo nivel, como el que muestra la figura 11, en el que se indiquen los problemas específicos de la máquina en cuestión. El problema principal en la etiquetadora recae en los ajustes de operación de la misma, ya que representan el 60 % del total de paros en un mes. El paro que

sigue en importancia es el ajuste de la cuchilla de corte de etiqueta, el cual representa un 17 % del total.

Figura 12. **Diagrama de Pareto por tipo de falla en la máquina etiquetadora**



Fuente: elaboración propia, generada por la herramienta de cómputo del sistema a implementar, empleando los registros en las hojas de verificación de la línea de producción 3.

Si se analizan los tipos de fallas que tiene cada máquina, aplicando un Diagrama de Pareto, se puede apreciar el problema por el cual la etiquetadora para. En la figura 12 se observa que la mayor parte de los paros en la máquina se deben a fallas operativas, las cuales representan el 87 % de las fallas, siguiendo en importancia las fallas mecánicas con un 13 % sobre el total. Por otro lado, si se desea observar cómo se está comportando la línea a través de su disponibilidad, desempeño, calidad y RGE, se toman en cuenta los datos obtenidos de las hojas de verificación. Estos cálculos muestran que la línea tiene una disponibilidad del 71 %, un desempeño del 89 %, una calidad del 88 % y una eficiencia global del equipo del 56 %, lo que representa un nivel

inaceptable, produciéndose importantes pérdidas económicas y una baja competitividad para esta línea de producción.

5. MEJORA CONTINUA

Después de la implementación del nuevo sistema, es imprescindible diseñar un proceso asistencial para tener mecanismos de control y mejora continua que permitan medir su calidad. Estos mecanismos deben utilizarse sistemáticamente para conocer todos los aspectos claves:

- Si su variabilidad se mantiene dentro de unos márgenes aceptables.
- Si la efectividad del proceso es la deseada.
- Si los usuarios están satisfechos.
- Si se mantienen los niveles de eficiencia previstos y los indicadores demuestran una mejor utilización de los recursos.
- Si se escucha la opinión de los profesionales y las personas que intervienen en el desarrollo del proceso consideran que su trabajo ha mejorado.

Cuando hay crecimiento y desarrollo en una organización o comunidad, es necesaria la identificación de todos los procesos y el análisis mensurable de cada paso realizado. Algunas de las herramientas utilizadas incluyen las acciones correctivas y preventivas y el análisis de la satisfacción en los miembros o clientes. La mejora continua implica alistar a todos los miembros de la empresa en una estrategia destinada a mejorar de manera sistemática los niveles de calidad y productividad, reduciendo los costos y tiempos de respuestas, mejorando los índices de satisfacción de los clientes y consumidores, para mejorar los rendimientos sobre la inversión y la participación de la empresa en el mercado.

5.1. Control de los cambios planeados

Es necesario planificar todos los cambios que se planee realizar.

5.1.1. Planificar la mejora

Es necesario establecer un plan de mejora para introducir los cambios necesarios en el proceso previamente diseñado. Este plan debe contemplar todos los aspectos que permitan conducir el proceso hacia la excelencia, respondiendo las siguientes preguntas: ¿quién lleva a cabo la mejora?, ¿cómo se lleva a cabo?, ¿cuándo?, y, ¿qué se necesita?

5.1.2. Ejecutar

Consiste en “hacer mejorar las cosas”, asegurando que se miden los resultados en cada paso, desde la entrada hasta el final del proceso. Así, se debe medir el tiempo de realización de las tareas previstas y el lugar más idóneo donde estas se ejecutan, es decir, se debe valorar la eficiencia del proceso y su efectividad. Para llevar a cabo este fin se debe contar con un sistema de información integral en el que se contemplen las diferentes dimensiones de la calidad, se utilicen diferentes métodos para obtener la información, y estén diseñados los indicadores de evaluación precisos.

5.1.3. Evaluar

Esta etapa busca continuamente las causas de los errores y desviaciones en los resultados, interrelacionando los flujos de salida del proceso con las expectativas previas de los usuarios. Para la evaluación de los procesos se pueden plantear múltiples herramientas y mecanismos de actuación: repetición

del ciclo de mejora, realización de auditorías de calidad y aplicación de técnicas de *benchmarking*.

5.1.4. Actuar

Esta fase consiste en intervenir en el proceso para solucionar los problemas de calidad, analizando las intervenciones factibles dentro del ámbito concreto de aplicación y buscando el consenso entre los profesionales que lo lleven a cabo. Para ello, es necesario apoyarse en las fuerzas a favor y gestionar adecuadamente las posibles resistencias a las soluciones previstas. Dentro de las herramientas que apoyan esta etapa se encuentra el FODA y los grupos de mejora. Estos ofrecen un marco idóneo para que las personas de la organización puedan cambiar y mejorar las cosas, aprender y aplicar metodología de calidad y desarrollar una gestión participativa. Su misión debe estar de acuerdo con la política y objetivos de calidad de la organización, además de que deben contar con el apoyo explícito de la gerencia de la institución. Los componentes del grupo de mejora deben tener y/o recibir formación conceptual y metodológica en Mejora Continua de la Calidad, para poder establecer objetivos realistas, claros y concisos.

5.2. Control de cambios no planeados

Una característica natural de todas las personas es la resistencia al cambio. Dentro de las razones que dan lugar a esta situación están:

- Los nuevos objetivos o metas no son aceptados.
- La gente no está bien informada sobre el cambio mismo, las razones para cambiar o las consecuencias del cambio.
- La gente tiene miedo a lo desconocido.

- Tienen miedo de no poder adquirir las habilidades necesarias para la nueva situación.
- La gente está a gusto como está.
- La persona que propone el cambio tiene mala relación con la gente a quien afecta el cambio.
- Tienen miedo de tener que trabajar más duro o no se les involucró en la planeación del cambio.
- Tienen diferentes perspectivas del problema o sienten que son otros los cambios que se tienen que hacer.

Frente a las inevitables resistencias al cambio, se proponen los siguientes procesos para reducir las o eliminarlas:

- Comunicar claramente al personal qué se va a cambiar y qué se quiere lograr con el cambio.
- Dar tiempo y espacio para aclarar dudas.
- Tomar en cuenta las necesidades del personal.
- Dar espacio para negociar y ser flexible en lo que se pueda.
- Dedicar tiempo a oír los miedos y temores del personal con respecto al cambio.
- No negar los aspectos negativos del cambio. Hablar lo más realista de las consecuencias del cambio.
- Dar recompensas o estímulos para favorecer la aceptación de la nueva situación.
- Si aún no se está decidido a llevar a cabo el cambio, no anunciarlo.

5.3. Medida de los beneficios planeados

La medición y la evaluación de resultados son herramientas de gestión muy valiosas, ya que otorgan credibilidad a las actividades.

5.3.1. Estadísticas

La recopilación, organización, análisis, interpretación y presentación de datos, son parte del proceso de medición que proporciona los datos numéricos. Una manera eficiente y eficaz de obtener información significativa es a través del análisis estadístico, realizado por medio de las herramientas estadísticas que fueron descritas en los capítulos anteriores. También debe ponderarse que la comprensión de los procesos proporciona el contexto para determinar los efectos de la variación y el tipo apropiado de acción gerencial por emprender. Debe entenderse la naturaleza de la variación antes de enfocarse en reducirla.

5.3.2. Resultados

Los resultados se revisan cuando es necesario para determinar oportunidades adicionales de mejora. De esta manera, la mejora es una actividad continua. La información proveniente de los operarios y otras partes interesadas, las auditorias, y la revisión del sistema de gestión de calidad pueden utilizarse para identificar oportunidades de mejora. La acción de medir y controlar la operación del sistema o de hacer un seguimiento de las actividades del mismo se puede llevar a cabo mediante la aplicación de índices o indicadores. Estos son una manera de medir los resultados logrados, además de que los describen en términos cuantitativos o cualitativos. Son un excelente margen de comparación entre lo planificado y lo realizado.

5.3.3. Ventajas y desventajas

La implementación de la propuesta trae consigo las siguientes ventajas:

- Incrementar la ventaja competitiva a través de la mejora de las capacidades organizativas.
- Flexibilidad para reaccionar rápidamente a las oportunidades.
- Mejora la capacidad de los recursos para procesar pedidos incorporando todas las restricciones necesarias.
- Identificar cuellos de botella y resolverlos como corresponde.
- Reducción de tiempos muertos en las líneas de producción.
- Ayuda a un incremento de la productividad y de la eficiencia de las líneas de producción.
- Información disponible para la organización, de forma rápida y fácil, mejorando la administración de la misma.
- Base de datos centralizada.
- Los datos se ingresan solo una vez y son consistentes, completos y comunes.
- Los directivos conocen la situación de la planta de producción, almacén de productos terminados, almacén de materia prima, información financiera en el tiempo.

Dentro de las desventajas se pueden mencionar:

- La duración de la implantación del sistema se prolongará más del tiempo inicialmente proyectado.
- Cambio de cultura, hábitos, resistencia al cambio.
- Costos agregados al software: entrenamiento y capacitación a usuarios, actualizaciones de la base de datos.

- Modificación de procesos de recogida de datos.
- No existe flexibilidad en cuanto a la elaboración y personalización de algunos reportes.
- En algunos casos, se hace lento el proceso de obtención de información.
- Existe dificultad para integrar la información de otros sistemas independientes, o bien, que están en otra ubicación geográfica dentro de la planta.

5.4. Estrategias de mejora

Para que una empresa pueda responder ante los cambios que presenta su entorno y cumplir con los objetivos organizacionales, debe implantar un plan de mejora con el fin de detectar puntos débiles de la empresa y establecer, con base en ellos, cursos de acción que los minimicen. En consecuencia, se generarán mejores resultados globales. Las estrategias de mejora permitirán contar con proceso más competitivos y eficaces, conocer las causas que ocasionan los problemas y encontrar su posible solución, tener mayor control y seguimiento de las acciones que se van a emplear para corregir los problemas, decidir los puntos prioritarios y aumentar la eficacia y la eficiencia de la empresa. Para poder hacer un plan de mejora se deben seguir los siguientes pasos:

- Identificar el proceso o problema a mejorar
- Identificar las causas que originan el problema
- Definir los objetivos generales de la empresa
- Definir los proyectos y acciones de mejora
- Planear y dar seguimiento a las acciones

Cuando ya se han establecido las prioridades, se tendrá entonces un plan de mejora con objetivos generales, proyectos y acciones. Al plan de mejora se le deberá dar un seguimiento cercano con base en los indicadores de impacto y de desempeño. Dicho seguimiento se deberá realizar en un período establecido por el líder del proyecto, en el que se revisará el cumplimiento de las metas y el impacto de las acciones en la empresa.

CONCLUSIONES

1. El monitoreo de tiempos ayuda al análisis y mejora de la productividad, ya que permite conocer con prontitud el comportamiento que presenta una línea de producción y tomar las respectivas medidas ante algún evento inusual que se presente.
2. El sistema de análisis de control de tiempos requiere que los responsables de los procesos de producción y clientes internos ingresen el tipo de causa que ocasiona el paro, el tiempo que llevó identificar la causa y darle solución, la frecuencia con que ocurren y la máquina que lo ocasionó.
3. El análisis de causa raíz, el rendimiento global de equipos (RGE) y el mantenimiento productivo total (TPM), son los indicadores de gestión básicos en una línea de producción. Dentro de los factores a tomar en cuenta para su cálculo está la disponibilidad, el rendimiento y la calidad de los equipos.
4. El sistema actual de toma de datos para el control de tiempos en una línea de producción presenta pérdidas sensibles de información, ya que existen varios encargados de recabar la misma y los formatos no son homogéneos, por lo tanto se dificulta el registro y obtención de los datos.
5. El aspecto que posee el nuevo sistema para mejorar el actual se caracteriza por ser un conjunto de actividades interrelacionadas entre sí,

las cuales permiten tomar nota de los procedimientos realizados durante una corrida de producción.

6. La automatización de los procesos de recolección, búsqueda de datos y emisión de reportes fue posible gracias al diseño del software, de manera que el usuario pueda ingresar, buscar y generar información de utilidad a través de reportes previamente diseñados.
7. El diagnóstico del sistema actual de tiempos no eficientes muestra que la máquina etiquetadora es la causante de la mayoría de los paros en la línea de producción. Muchas veces los ajustes de funcionamiento no son los correctos debido a los constantes cambios de presentación en los productos.
8. La metodología que se desarrolló para el diseño de la herramienta de control siguió un enfoque que ordena rigurosamente las etapas del sistema, de forma que el inicio de cada etapa debe esperar a la finalización de la misma.

RECOMENDACIONES

1. Revisar periódicamente la planificación de producción para disminuir los constantes paros en la línea de producción debido a los cambios de presentación de producto.
2. Capacitar a los responsables de los procesos de producción y clientes internos sobre la importancia del monitoreo de tiempos no eficientes.
3. Diseñar hojas de verificación que sean específicamente para la recopilación de información que después se ingresará al sistema.
4. Generar informes sobre el control de tiempos no eficientes cada mes, para presentarlos en una revisión también mensual de los resultados.
5. Proporcionar ventilación para diluir contaminantes, sacar el aire viciado y dejar entrar aire fresco.
6. Evaluar y clasificar a los proveedores según su desempeño, calidad, servicio, costos y compromiso.
7. Diseñar un plan de mantenimiento preventivo para la máquina etiquetadora de la línea de producción.
8. Realizar mensualmente una copia de seguridad de la información almacenada en el nuevo sistema de monitoreo de tiempos.

BIBLIOGRAFÍA

1. *Causas de la variabilidad.* [en línea]. <<http://www.edicionsupc.es/ftppublic/pdfmostra/ME00802M.pdf>>. [Consulta: 10 de marzo de 2016].
2. *CBC alrededor del mundo.* [en línea]. <<http://cbc.co/quienes-somos/#nuestra-historia>>. [Consulta: 9 de mayo de 2016].
3. CBC. *Quiénes somos.* Colombia, 2016. [en línea]. <<http://cbc.co/quienes-somos/>>. [Consulta: 10 de mayo de 2016].
4. *Diagrama causa-efecto.* [en línea]. <<http://www.fcojesuslopez.es/diagrama-causa-efecto-ishikawa>>. [Consulta: 12 de marzo de 2016].
5. *Diagrama de Pareto.* [en línea]. <http://www.sedic.es/autoformacion/S6_pareto_diagrama.htm>. [Consulta: 12 de marzo de 2016].
6. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. *Industria de las bebidas* [en línea]. <<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo3/65.pdf>>. [Consulta: 13 marzo 2016].

7. GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo. Ingeniería de Métodos y Medición del trabajo*. 2a ed. McGraw Hill. 460 p.
8. *Gráfico de control*. [en línea].
<<http://administracion.blogspot.com/grafico-de-control.html>>.
[Consulta: 12 de marzo de 2016].
9. GUTIÉRREZ PULIDO, Humberto. *Calidad total y productividad*. 2a ed., McGraw Hill, 2005. 421 p.
10. *Histograma*. [en línea].
<<http://carmesimatematic.webcindario.com/estadisticamat.htm>>.
[Consulta: 12 de marzo de 2016].
11. *Sistema de información*. [en línea].
<<http://carolina.terna.net/ingsw2/Datos/Cascada-ModeloV.d>>.
[Consulta: 2 de junio de 2016].
12. SPIEGEL, Murray R. *Probabilidad y Estadística*. McGraw Hill, 1977. 372 p.
13. XITUMUL ÁLVAREZ, Andrea Priscila. *Diseño e implementación de un sistema de control de tiempos no productivos para la mejora de la eficiencia en una línea de producción de bebidas carbonatadas*. Trabajo de graduación Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2009. 81 p.

ANEXOS

Análisis de productividad

Para poder lograr una administración de la producción altamente efectiva, es necesario medir los procesos productivos para afrontar con éxito las necesidades del mercado, tanto presentes como futuras. La productividad se evalúa a través de elementos objetivos y confiables con los cuales se determinan los parámetros de desempeño en cada uno de los equipos o máquinas, puestos de trabajo u operaciones que intervienen en la producción.

La productividad evalúa la capacidad de un sistema para elaborar los productos que son requeridos y a la vez el grado en que se aprovechan los recursos utilizados, es decir, el valor agregado. Una mayor productividad utilizando los mismos recursos o produciendo los mismos bienes o servicios resulta en una mayor rentabilidad para la empresa.

Factores de producción a corto y largo plazo

Son definidos como los recursos de la sociedad que se utilizan en el proceso productivo. Se dividen en tres grandes grupos: tierra, trabajo y capital.

La tierra o, en términos más generales, los recursos naturales, representa los dones de la naturaleza a los procesos productivos. Consiste en la tierra que se utiliza con fines agrícolas o para viviendas, fábricas y carreteras; los recursos energéticos necesarios para poner en marcha los automóviles y calentar las

casas; los recursos no energéticos como el cobre, el mineral de hierro y la arena.

El trabajo es el tiempo que dedican los hombres a la producción: a la fabricación de automóviles, al cultivo de la tierra, a la enseñanza o a la elaboración de pizzas. El trabajo realiza miles de actividades y tareas de todos los niveles de calificaciones. Es al mismo tiempo el factor más conocido y más importante para las economías industriales avanzadas.

Los recursos de capital constituyen los bienes duraderos que produce una economía para producir otros bienes. Entre los bienes de capital se pueden mencionar las máquinas, las carreteras, las computadoras, los martillos, los camiones, las acerarías, los automóviles, las lavadoras y los edificios.

Teoría de cambio

En breve, una teoría del cambio es:

- Un ejercicio de visualización creativa y consciente que permite concentrar la energía en determinadas realidades futuras no sólo posibles, sino también probables y deseables.
- Un conjunto de supuestos y proyecciones sobre cómo se cree que se puede llegar a desplegar la realidad en un futuro próximo con base en: un análisis realista de contexto, una autovaloración de las capacidades de facilitación de proceso y una explicitación crítica de los supuestos.
- Un enfoque de pensamiento-acción que ayuda a identificar hitos y condiciones que han de darse en la senda del cambio que se desea provocar.

- Un ejercicio de aprendizaje colaborativo y multiactor que incentiva el desarrollo de la lógica flexible necesaria para el análisis de procesos complejos de cambio social.
- Un mapa semiestructurado de cambio que enlaza las acciones estratégicas a ciertos resultados de proceso que se quieren provocar en el entorno inmediato.
- Una herramienta de proceso que ayuda a monitorear consciente y críticamente el pensar y la acción de manera individual y también colectiva.

Fuente:

http://www.rootchange.org/about_us/resources/publications/DemistificandolaTeoriadeCambio.pdf

f. Consulta: 13 de julio de 2016.

