IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL

De supervisión humana a computarizado, por etapas en una línea de producción de salsa de tomate

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades
Departamento de Ingeniería Química

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL

De supervisión humana a computarizado, por etapas en una línea de producción de salsa de tomate

Juan José Lira Prera

Guatemala

1995

Vo. Bo.:

(f) _____

Ing. Químico Eduardo Calderón
Asesor

Tribunal:

(f) _____

Ing. Químico Eduardo Calderón

(f) _____

Ing. Químico Leonel S. De la Roca

(f) _____

Ing. Químico Henry Cukier

Fecha de aprobación: 9 de junio de 1995

A mis padres

Miguel Angel Lira T.
Hilda J. Prera de Lira

Mis Hermanos

Miguel Angel Lira P.
Estuardo Enrique Lira P.
Marlon Fernando Lira P.

Mis Abuelos

Juan José Prera S.
Alba Argentina Girón de Prera
Catalina Trujillo de Lira

A la Familia Hernández Prera

A la Familia Lira Trujillo

Amigos y Compañeros.

RESUMEN

El procedimiento maestro de implementación de un sistema de control que se describe en este documento, tiene por objeto ser aplicable a las condiciones existentes en la pequeña y mediana industria guatemalteca. Con este trabajo se trata de ayudar a superar la falta de control y supervisión adecuada de la producción en buena parte de la misma.

El procedimiento parte de la supervisión exclusivamente humana hasta un sistema complemetamente automatizado en base a ordenadores, explicándose los pasos a seguir y las referencias necesarias en cada etapa.

Se utiliza una línea de producción de salsas de tomate saborizadas para ejemplificar la aplicación del método, ya que sus características desde el punto de vista de proceso cumplen con los objetivos de este trabajo.

Los cálculos de la justificación económica mostraron que resulta rentable mejorar los sistemas de control aún trabajando con volúmenes relativamente pequeños de producción, aunque los beneficios sean más impresionantes cuando se manejan volúmenes grandes.

Este documento puede usarse a nivel de gerencia y mandos medios para que sirva de base o sea modificado el procedimiento según las necesidades específicas de cada empresa.

INDICE

TABLAS Y GRÁFICAS

I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo establece un procedimiento de implementación por etapas de un sistema de control computarizado para una línea de producción, adaptado al medio guatemalteco.

El método parte del control por supervisión humana hasta llegar al control por computadora, justificando la relación costo-beneficio de la inversión.

Con ese fin, se diseña una línea de producción para salsas de tomate que posee características comunes a las distintas líneas de producción existentes en el medio industrial guatemalteco, desde el punto de vista de control. Esta línea se utilizara como ejemplo y es la base de cálculo de costos de implementación de las distintas etapas del sistema de control de procesos, así como de los beneficios obtenidos.

Con este trabajo, se busca estructurar una metodología de implementación, aplicable a cualquier línea de producción, que permita desarrollar sistemas de control cada vez más completos a partir de la etapa anterior, a la vez que se pretende dar una justificación económica para su aplicación.

II. ANTECEDENTES

En la actualidad existe un notable incremento en el interés por la calidad, tanto por parte de la industria como de la sociedad en general. Existen muchas razones que justifican este fenómeno: demandas más altas de calidad por parte de los consumidores, mayor competencia por abertura de mercados, legislaciones más exigentes respecto a los estándares de los productos y normas de fabricación, etc.

La calidad es importante, no sólo para los consumidores, también lo es para los fabricantes. Una calidad pobre implica para éstos invertir más tiempo y recursos en encontrar y rectificar defectos. El costo que conlleva la inspección, separación de productos defectuosos, composturas y reclamos puede constituirse en una parte significativa del total de costos de producción. La mala calidad también conlleva a una pérdida del mercado, debido a la falta de confianza en el producto por parte de los clientes.

Para obtener buenos resultados en mejorar la calidad de un producto, es necesario considerar la totalidad del proceso productivo: estudios de mercado, desarrollo del producto, diseño del proceso, control e inspección de la producción, mercadeo y servicios post-venta. (1)

Definición de calidad: La calidad de un producto se puede definir como qué tan adecuado o qué tan bien se ajusta al uso para el que está destinado. También se puede definir, como la capacidad de un producto de satisfacer las expectativas del cliente (1). Otra definición

es la contenida en la norma ISO 8402:1994: Calidad es la totalidad de características de una entidad que le confieren la aptitud para satisfacer las necesidades establecidas y las implícitas.

Calidad de manufactura: Es el nivel o grado con que un producto cumple con las especificaciones establecidas dentro del proceso de producción. (1)

Ingeniería de manufactura: Comprende la elección del proceso de manufactura, provisión de maquinaria y herramientas, la preparación de las especificaciones del proceso, métodos de medición y control y, la selección y entrenamiento del personal. (1)

Causas de la variación en calidad: Ciertas variaciones corresponden a la categoría de variaciones casuales, acerca de las cuales es poco lo que se puede hacer para evitarlas en el proceso. Éstas constituyen la suma de los efectos del complejo total de causas posibles. El efecto de cada causa es leve y ninguna parte importante de la variación total se puede atribuir como consecuencia de una causa simple. El efecto de la suma de causas casuales es una variación al azar. (2)

Existen también las causas atribuibles que son variaciones relativamente grandes que pueden adjudicarse a causas especiales. En su mayor parte son consecuencia de:

1. Variaciones en o entre máquinas.
2. Diferencias entre trabajadores.
3. Variaciones en las materias primas.
4. Variaciones en cada uno de los factores anteriores en función del tiempo.
5. Variaciones en las relaciones entre ellas. (2)

Costos Relacionados con la calidad: Son los costos que están limitados o determinados por la eficiencia con que se llevan a cabo las actividades relacionadas con la calidad del producto.

Estos costos deben dividirse en cuatro categorías:

* Costos preventivos: Son aquellos que involucran inversiones preventivas (ciclos de mantenimiento, chequeo de maquinaria y equipo, etc.), con el fin de evitar que ocurran defectos.

* Costos de monitoreo (estimación): Son los debidos a la inspección y control de la manufactura o procesos de producción.

* Costos por fallas internas: Éstos incluyen los costos debido a defectos o productos fuera de especificación detectados por el productor antes de que éstos sean despachados a los clientes (separación, composturas, reinspección, etc.).

* Costos por fallas externas: Son los debidos a defectos detectados después de que el producto ha sido enviado al cliente (reclamos, garantías, descuentos por defectos, etc.).

Invirtiendo más en trabajo preventivo, el número y el costo de los defectos se reducen. Los costos por defectos o fallas son usualmente la mayor parte de los costos de calidad. Mas inversión y trabajo preventivo reduce los costos tanto en inspección como en reparación, pudiéndose alcanzar ahorros considerables. (1)

Control de procesos: El objetivo de controlar un proceso de manufactura es el de obtener un producto con la calidad requerida. Esto significa que sólo las variaciones aleatorias pueden ser aceptadas. Las causas asignables de variación deben ser detectadas rápidamente y eliminadas.

Una herramienta excelente para realizar esto son las gráficas de control (tipo de diagrama de control) que permiten darle seguimiento al proceso a partir de parámetros medidos y describir gráficamente como varía éste con respecto al tiempo.

Existen dos tipos de gráficas de control: de variables (utilizadas en medición) y de atributos (que emplean únicamente conteo de defectos o productos fuera de rango, ver diagramas de control). (1)

Métodos de inspección y control: Estos se agrupan según el método empleado en la inspección, siendo estos:

* Medición: Incluye la determinación de un valor numérico de una característica con la ayuda de un instrumento.

* Verificación de límites de aceptación: Implica el uso de límites fijos para determinar si una característica se encuentra arriba o abajo de cierto valor (el límite de especificación).

* Verificación funcional: Incluye la prueba de funcionamiento del producto por simulación de su uso.

* Inspección visual: Utilización del ojo humano para juzgar si el color, acabado, etc. puede ser aceptado. Aquí se pueden emplear estándares visuales. (1)

Diagramas de control: Es un método estadístico utilizado principalmente para el estudio y control de los procesos repetitivos.

Su creador, el Dr. Walter A. Shewhart, sugiere que el diagrama de control puede servir en primer lugar, para definir la meta o el estándar de un proceso que la gerencia desee alcanzar; en segundo lugar, puede ser utilizado como instrumento para alcanzar dicha meta; y en tercer lugar puede servir como procedimiento para juzgar si la meta fue alcanzada. Resulta así un

instrumento a utilizar en la especificación, producción e inspección. Cuando se le utiliza de esta manera reúne tres fases de la industria en un conjunto interdependiente. (2)

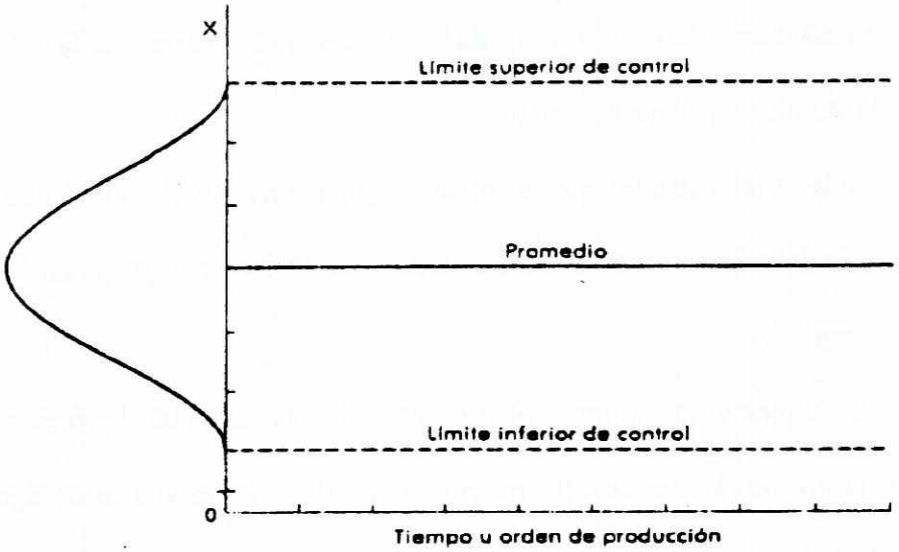
En la gráfica o diagrama de control hay una línea central que representa el valor sobre el que se mantendrá la variable aleatoriamente. Las líneas límites a cada lado representan el intervalo permisible para dicha variable.

Si la variable se mantiene dentro del rango, se dice que el proceso está "bajo control". Si ésta sale del rango, entonces existe una causa de variación asignable en el proceso que se debe corregir. (1)

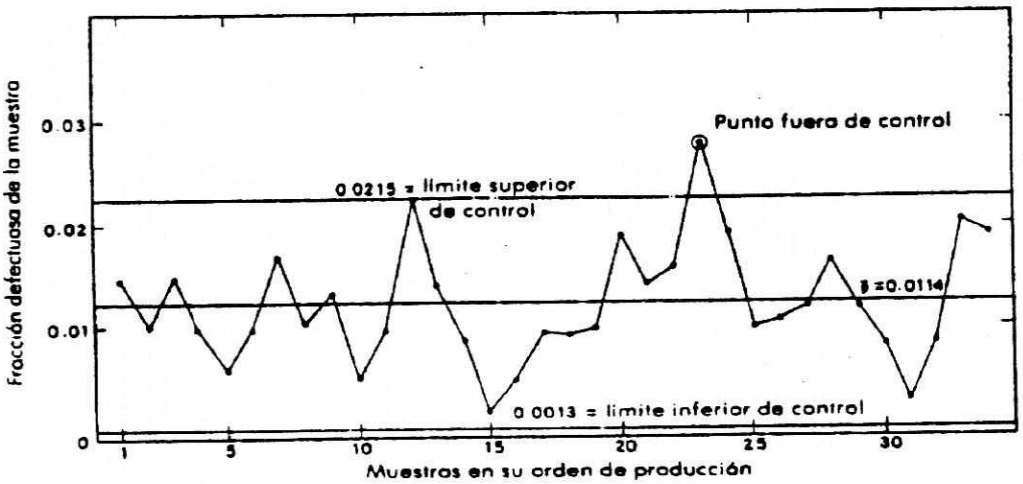
El diagrama de control forma parte de las llamadas herramientas básicas de mejoramiento entre las que se incluyen: la hoja de inspección, diagramas de flujo, diagramas de causa y efecto, histogramas, diagrama de pareto, diagramas de dispersión y diagramas de tendencias. (19)

Diagramas de Control

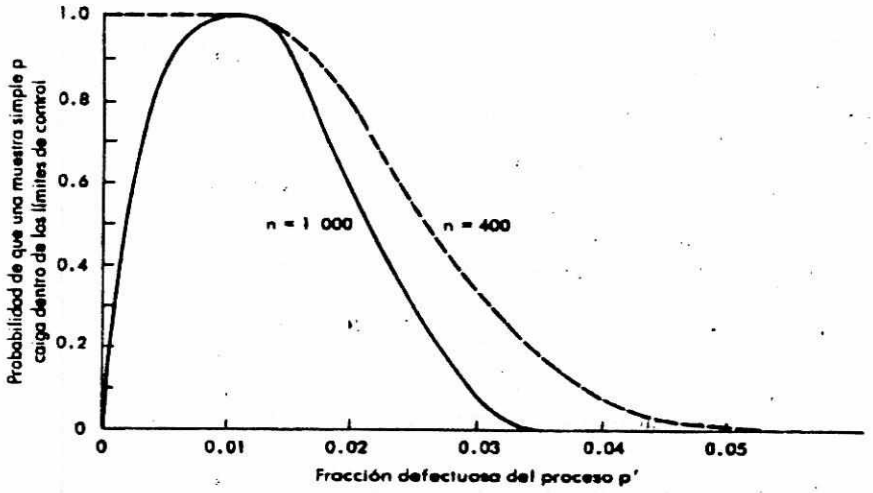
Ilustración de la base teórica de un diagrama de control



Ejemplo de un diagrama de control por fracción defectuosa (diagrama *p*)*

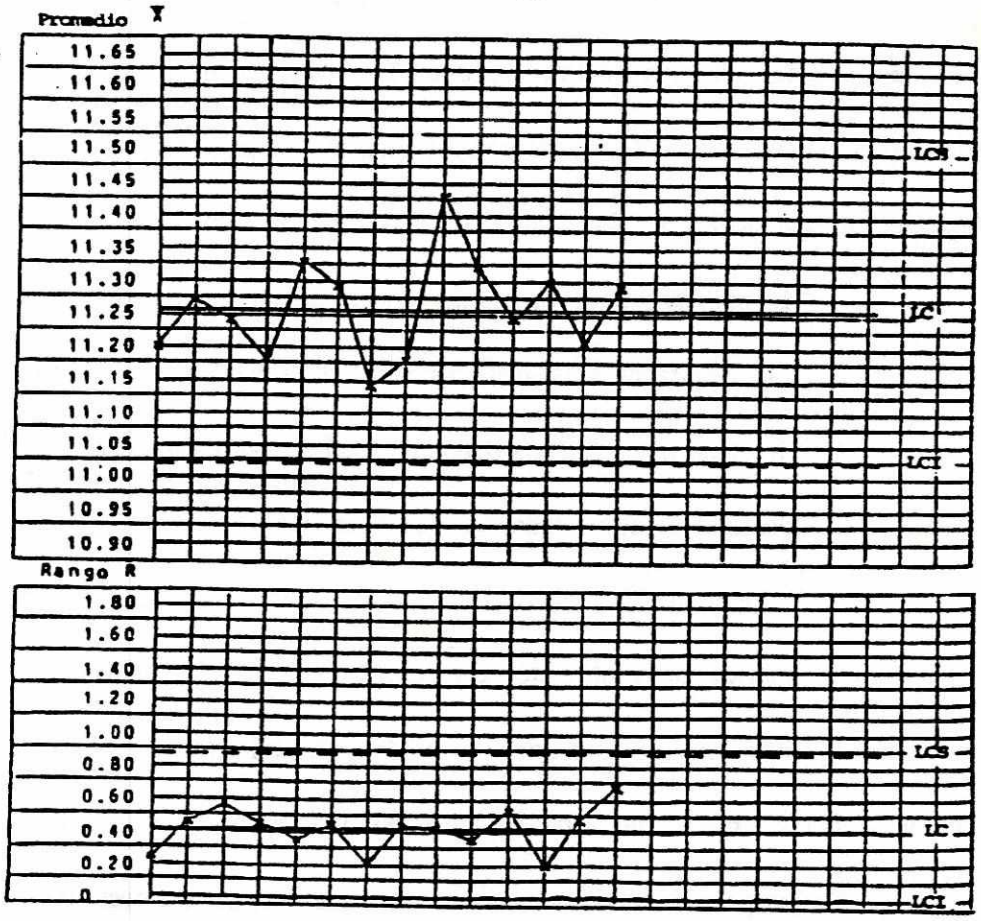


Curvas características de operación para dos diagramas *p* con muestras de diferente tamaño (ambos diagramas tienen la misma línea central)



En ambos diagramas $\bar{p}$ = 0.0114.

Gráfico de control $\bar{X}$ y R



Recolección de datos: Es importante estructurar la recolección de datos, para poder obtener fácilmente la información requerida de los distintos reportes y poder llevar un buen control del proceso. Otros métodos empleados para obtener información son:

* A partir del sistema de contabilidad.
* Ampliar el sistema de contabilidad (que incluya contabilidad interna interunidades y de procesos).
* De reportes ya existentes (para obtener la historia del proceso)
* Introducción de nuevos reportes (para la obtención de datos o grupos datos específicos).
* Hacer estimaciones (en base a uno o varios parámetros de referencia). (1)

Importancia de la retroalimentación: Al carecer de retroalimentación obtenida por medio de un sistema de reportes, es muy dificil controlar y mantener la calidad en cierto nivel establecido. El sistema de retroalimentación debe incluir:

* La información del producto (especificaciones del mismo y de su proceso).
* Los resultados de las distintas inspecciones y pruebas realizadas.
* Información sobre los defectos o fallas encontradas en cualquier etapa del proceso, así como el análisis de las causas.
* Sugerencias recabadas en los distintos niveles involucrados (compras, fabricación, ventas, etc.) con el fin de mejorar la calidad. (1)

Principio de Pareto: Este principio es de gran utilidad en el análisis de control de procesos, ya que establece que: "Un pequeño número de factores suman la mayor porción de los costos". A éstos pocos se les conoce como los "pocos vitales" y al resto como los "muchos

triviales". Esto significa que, se debe determinar que factores son los "pocos vitales" y sobre estos se debe implementar el sistema de control, sin darle mucha importancia a los "muchos triviales" salvo que se requiera un control demasiado estricto sobre el producto. (1)

Secuencia para mejorar la calidad: A largo plazo, se debe incrementar la prevención sistemática en todas las etapas de preproducción con el fin de reducir defectos dentro del proceso, cuyos costos, a la larga, son más elevados que los de prevención.

La secuencia recomendada para eliminar defectos crónicos es la siguiente:

1. Obtener información de la situación actual de la calidad: Nivel de calidad y sus problemas.

2. Seleccionar proyectos de mejoras: Los problemas deben ser enumerados en orden de prioridad (empezando por los más costosos y/o más frecuentes -los pocos vitales-) y luego se seleccionan las medidas correctivas más adecuadas en base a sus costos de implementación.

3. Determinar posibles causas de defectos o problemas de los proyectos seleccionados.

4. Definir posibles soluciones para estos problemas.

5. Aplicar los proyectos con todo y sus medidas correctivas.

6. Darle seguimiento a la evolución de los proyectos: Retroalimentación. (1)

Factores humanos relacionados con calidad: Es un pensamiento común que la mayoría de los problemas de calidad, tanto de producto en proceso como en productos terminados, son causados por falta de interés y cuidado por parte de los trabajadores en el proceso de producción.

Sin embargo, usualmente no es al operador al que hay que culpar. Por lo general no existen las condiciones que le permitan realizar un trabajo adecuado: instrucciones insuficientes, maquinaria inadecuada, materia prima defectuosa, falta de instrumentos de inspección y medida, etc.

Hay muchas condiciones sobre las que el trabajador no tiene control, pero que conducen a un trabajo defectuoso que parece ser culpa de él.

Los defectos pueden ser clasificados en: controlables por el operador y controlables por la administración. Usualmente estos últimos son los más numerosos. Los primeros son por lo general de menor importancia tanto en frecuencia como en consecuencias financieras.

La dependencia de un defecto del trabajador o de la administración se relaciona con la extensión con que se cumplan las siguientes condiciones:

* El trabajador sabe lo que se supone debe hacer.
* El trabajador sabe los resultados de su propio trabajo o de sus acciones en el mismo.
* El trabajador tiene la posibilidad de influenciar el resultado.

Si una o más de estas condiciones no se cumplen, la corrección del defecto depende de la administración.

Prevalece también la idea de que la calidad del producto puede ser mejorada mediante propaganda u otras actividades de motivación. Ésta se basa nuevamente en la falsa asunción que los errores son resultado de falta de interés y/o cuidado.

La experiencia muestra que se obtienen resultados mucho mejores si, en vez de lo anterior, se asegura que existan las condiciones apropiadas para realizar un buen trabajo, con la calidad deseada.

Estas condiciones son:

* Los requisitos de calidad deben ser claros y sin ambigüedades.
* Las condiciones técnicas deben llenar los requisitos de calidad: Material adecuado para el trabajo, maquinaria capaz de producir con la calidad requerida, etc.
* Todo trabajador debe ser capaz de juzgar si el resultado de su trabajo cumple con los requisitos.
* Todos deben saber como prevenir un mal trabajo.
* Todos deben saber las consecuencias de un mal trabajo para el proceso o empresa. (1)

Actualmente están muy de moda los "círculos de calidad" que consisten en pequeñas sesiones entre trabajadores con el fin de solucionar los problemas que se les presentan en sus unidades de trabajo. Éstos sirven casi exclusivamente para resolver problemas interunidades que usualmente representan los "muchos triviales".

Los "pocos vitales" generalmente son producto de la ausencia de políticas administrativas, mala coordinación, entrenamiento insuficiente, problemas de diseño, falta de equipo o deficiencia del mismo, etc.

* Para obtener un incremento exitoso y sostenido de la calidad, es necesario hacer uso de un acercamiento estructural inmerso en una secuencia de actividades: desde los síntomas, vía las causas, hasta el remedio. (1)

Implementación de un control de procesos: La fuerza impulsora básica de cualquier inversión industrial es la de incrementar la ganancia. Desde el punto de vista de control, un proceso se identifica teniendo una o más variables asociadas a él que son suficientemente importantes por sus valores para ser conocidas y controladas. Las variables se agrupan en:

- Variable controlada: Es aquella variable del proceso que se quiere mantener estable en un valor predeterminado o dentro de un rango definido.

- Variable manipulada: Es la variable que se maneja (se puede hacer variar su valor) con el objeto de controlar el proceso (mantener estable la variable controlada).

- Variable de carga: Es aquella que no siendo manipulada afecta a la variable controlada.

Por lo general, el problema de control es determinar el valor de la variable manipulada que establece un balance entre todas las influencias que afectan a la variable controlada, manteniéndola estable en el valor deseado.

Otros factores como la velocidad de respuesta, forma de la misma y la interfase con el operador también son importantes en el diseño del sistema de control. (8, 10, 11)

La implementación de un proyecto de este tipo abarca cuatro fases bien marcadas:

* Definición de la estrategia de control y estimación de beneficios.

* Ingeniería de diseño detallada, programación de aplicación y etapas de implementación.

* Integración y comisionado.

* Evaluación posterior (retroalimentación).

Entre las razones que se tienen para el lento avance de la tecnología de control, en comparación con los países más avanzados, en los países en vías de desarrollo se encuentran:

* Falta de recursos foráneos de intercambio para invertir en una investigación de esta naturaleza.

* Falta de recurso humano calificado y entrenado para asimilar esta tecnología y mantenerla.

* Resistencia por parte de los países avanzados de emprender proyectos sobre una base de transferencia tecnológica en ciertos sectores esenciales.

* Desde la perspectiva de reducir mano de obra dentro del proceso, es dificil justificar este tipo de proyectos. (8)

Situación industrial de Guatemala: Estudios recientes en distintos sectores industriales tales como el "Estudio del Sector Metal-Mecáncio en Guatemala" realizado por el ICAITI y el realizado por la CEPAL, "Las Pequeñas y Medianas Empresas Industriales de Guatemala y el Funcionamiento de los Mercados" (ver citas bibiográfica 12 y 15), muestran que la mayoría enfoca sus productos al mercado local y que los responsables consideran que su calidad es buena, al menos para el mercado local. Pero esta calidad no es suficiente para competir con los productos importados.

Entre los principales problemas que tiene el sector industrial se encuentra:

* Instalación inadecuada de maquinaria y equipo: Muchas empresas industriales no cuentan con una distribución adecuada de su equipo dentro de la planta. Existe hacinamiento, problemas de ventilación y de flujo de materia prima dentro del proceso.

* Problemas de materia prima: Muchas empresas argumentan que la materia prima disponible en el mercado nacional no llena los requisitos necesarios para una producción de alta calidad y que la importación de insumos resulta muy cara. Muchas industrias grandes importan la mayoría de sus insumos principales, comprando en el mercado nacional sólo aquellos productos cuya calidad o variación no afecten el resultado final de su producción.

* Calificación de la mano de obra: Existen grandes diferencias en el grado y tipos de calificación de los operarios y supervisores en las distintas empresas industriales. Algunas contratan personal no calificado temporalmente para incrementar su capacidad productiva. La mayoría de las industrias no cuenta con personal calificado a nivel operario y estos en su mayoría han sido capacitados internamente, ya que las empresas prefieren "formar" a sus trabajadores.

* Supervisión y control de calidad: Esta es una deficiencia común a muchas empresas industriales ya que o su supervisión es deficiente o sus métodos de inspección son muy antiguos o inadecuados. La mayoría de empresas pequeñas y medianas se basan en la supervisión humana con unos pocos instrumentos de medición. Industrias más grandes tienen mejores sistemas de control aunque en muchos casos carecen de una política continua de mejoras en el área de control de procesos.

El principal argumento para no implementarlo es el costo que implica la instalación de un sistema de control más complejo, ya que la mayoría de sus componentes, si no la totalidad,

son importados. Esto conlleva un costo extra para la capacitación del personal relacionado por que en el medio no existe o es muy escaso el ya calificado para ello.

* Planeación y cálculo de costos: Es muy común en las empresas, principalmente en las de pequeña y mediana escala, una falta de planificación a mediano y largo plazo, así como una deficiencia en el cálculo correcto de los costos de producción. De ahí que no se disponga de fondos de inversión para la adquisición de nuevo equipo, o que se opere con pérdidas cuando los niveles de producción aumentan repentinamente. Además existe una mentalidad reactiva (se actúa cuando el o los problemas se presentan), en vez de una preventiva (tratar de evitar en lo posible que los problemas se presenten o minimizar sus efectos por adelantado). Esto se aplica tanto al control de la producción como a la administración de la empresa. De ahí que se carezca de programas de: mantenimiento preventivo de la maquinaria y equipo, de mejoramiento continuo de los procesos, de inversión y actualización, etc.

* Apertura de mercados: Durante muchos años la industria nacional se mantuvo en un ambiente más o menos estable, con poca competencia externa. Actualmente, con la tendencia general de apertura de mercados y la fuerte competencia comercial a nivel global, la industria nacional se ha visto en la necesidad de mejorar sus productos con el objeto de sobrevivir, ya que la protección estatal se ha reducido y se seguirá reduciendo. La adhesión de Guatemala al GATT en 1991, las constantes medidas con el objeto de incrementar la unión Centroamericana y el intento de esta ultima de incorporarse al Tratado de Libre Comercio firmado por México, Estados Unidos y Canadá son claros indicios que los mercados se abrirán aún mas con la consiguiente reducción de la protección a la industria nacional. Es por ello que

la misma debe preocuparse por alcanzar niveles de calidad que le permitan competir en igualdad de condiciones con productos extranjeros que cada vez serán más comunes y abundantes en el mercado interno, así como intentar penetrar más en los mercados externos. (12, 15).

Adhesión de Guatemala al GATT (Acuerdo General sobre Aranceles Aduaneros): Guatemala ratificó su adhesión al GATT mediante el decreto número 64-91 del Congreso de la República publicado en el Diario de Centroamérica el 30 de julio de 1991.

El protocolo de adhesión entró en vigor el 7 de octubre del mismo año. (6, 7)

La finalidad básica del GATT es "liberalizar" el comercio mundial y darle una base estable, contribuyendo así al crecimiento y desarrollo económico y al bienestar de los pueblos.

Los principíos y objetivos fundamentales sobre los que se basa el Acuerdo General son:

* Comercio sin discriminación: Plasmado en la famosa cláusula de la nación más favorecida, establece que las partes contratantes de este acuerdo están obligadas a concederse mutuamente un trato tan favorable como el que le den a cualquier otro país en lo relativo a comercio. No se puede dar concesiones especiales a un país particular para que éste tenga ventajas comerciales sobre los demás.

* Protección exclusivamente arancelaria: No se pueden utilizar medidas comerciales que no sea arancelarias para proteger las industrias nacionales, de modo que la competencia sea posible y que se pueda ver claramente el grado de protección.

* Base estable para el comercio: Mediante consolidación, por negociación entre las partes contratantes, de los niveles de los derechos aduaneros.

* Consultas: Para evitar perjuicios a los intereses comerciales de las partes contratantes. Tanto países grandes como pequeños pueden acudir.

* Exenciones y medidas de urgencia: Se norman los procedimientos de "exención" cuando las circunstancias económicas o comerciales de un país lo justifiquen.

* Prohibiciones cuantitativas a la importación: Relacionado con la protección únicamente arancelaria, se busca evitar al máximo y eliminar en lo posible las restricciones cuantitativas a la importación.

* Consultas y reclamos: Este principio fundamental establece que los países miembros deben consultarse entre sí sobre los asuntos y problemas comerciales. Si un país considera que los derechos adquiridos con el acuerdo están siendo perjudicados puede solicitar consultas con las partes interesadas. Si no se obtiene una solución satisfactoria, puede presentar una reclamación y las partes contratantes (países miembros) deben adoptar una resolución o decisión conjunta.

* Acuerdos regionales de comercio: Se permite que los países se agrupen en bloques comerciales en distintos grados de integración, pero se exige que los aranceles y las disposiciones que afecten al comercio de los países miembros del bloque con los países externos a él, no sean más restrictivos que los aplicados antes de la creación del grupo. (5)

Producción de salsa de tomate (etapas): Dependiendo de las características finales deseadas en la salsa de tomate a producir, el procedimiento de elaboración puede sufrir algunas modificaciones. Sin embargo la secuencia general a seguir, partiendo de la recepción del tomate es:

Recepción -> Selección en seco -> remojo -> lavado -> acondicionado -> picado -> tratamiento térmico ("hot break") -> extracción o reducción a pulpa -> concentrado -> llenado envase -> cerrado y codificado -> enfriamiento con agua. (13)

La primera etapa que abarca de la recepción hasta el acondicionado involucra supervisión humana, ya que ésta se realiza, por lo general, sobre una banda continua por donde se ingresa el tomate. Un grupo de supervisores ubicados en la línea se encargan de separar los tomates defectuosos (golpeados, podridos, etc.).

El picado es una reducción de tamaño mediante cuchillas que puede realizarse de distintas formas, según el proceso sea continuo o por etapas y el volumen manejado.

El tratamiento térmico es un calentamiento a alta temperatura que sirve para obtener un producto de mejor calidad respecto del sabor, color y cuerpo. Esto se debe a que el tratamiento térmico destruye las enzimas pécticas y permite una extracción más eficiente de la pectina (82°C / 180°F). (3)

La extracción consiste en separar los productos sólidos de la pasta para incrementar la homogeneidad de la misma, así como evitar que éstos alteren el producto en alguna fase posterior. La extracción se lleva a cabo mediante filtración (4).

El concentrado en este proceso tiene dos fines: Para facilitar y economizar en el transporte y almacenaje del producto y para mejorar la textura del producto final. La concentración se realiza por evaporación, utilizando para ello, por lo general, evaporadores con presión negativa (vacío). Esto último se debe a que la evaporación debe realizarse a la más baja temperatura y tiempo posible para retener el máximo de las características originales de la salsa:

sabor, olor y gusto (54°C / 130°F). La sal y otros saborizantes se adicionan luego de la concentración. (3, 4)

Para el llenado de envases, hay que elevar la temperatura a aproximadamente 194°F para esterilizar el producto. El llenado se realiza en caliente sellando el envase inmediatamente. Luego se enfrían estos envases no siendo necesario otro tratamiento posterior. Con los envases fríos, se etiqueta y empaca terminando el proceso. (13, 3)

Aunque el proceso es relativamente sencillo, según el equipo disponible y el grado de control deseado, éste varía de complejidad. Así, en cada etapa puede haber un grado distinto de control, pero estas son comunes a las producción de distintos tipos de salsas.

III. JUSTIFICACIÓN

Ante el incremento de la competencia, debido a la apertura de mercados, se hace necesario plantear estrategias que permitan que los productos guatemaltecos puedancompetir con los extranjeros en igualdad de condiciones, con el objeto de asegurar la supervivencia de los mismos en el corto, mediano y largo plazo.

Uno de los principales problemas es la variabilidad y deficiencia de la calidad de los productos nacionales. Esto se debe en gran parte a la falta de control e inspección adecuado de la producción, campo que por diversos motivos se ha descuidado en varios sectores de la industria guatemalteca. De ahí que en el mercado nacional se disponga de una variedad satisfactoria de productos, pero estos, salvo algunas excepciones, no llenan los requisitos para competir con productos importados en lo que a calidad se refiere o, si al principio la poseen, no logran mantenerla cuando sus volúmenes de producción aumentan.

Aunque existe mucha literatura respecto a como implementar un sistema de control de procesos, en la elaboración de un procedimiento maestro se debe tomar en cuenta las características propias del país o región donde se va a aplicar, ya que éste debe adaptarse a las condiciones existentes en el mismo.

Como la principal fuerza impulsora para toda inversión o modificación industrial es incrementar la ganancia, es necesario mostrar la relación costo/beneficio para justificar la inversión desde el punto de vista económico.

Es el objeto de este trabajo desarrollar una metodología de implementación de un sistema de control de procesos industriales, con su justificación económica, que supere en lo posible problemas estructurales de la industria nacional como lo son: calificación de la mano de obra, disponibilidad de recursos, etc., a la vez que establezca un marco de referencia para implementar estrategias al respecto sobre las que se puedan coordinar medidas a corto, mediano y largo plazo sin que los efectos de unas se conviertan en obstáculo para el logro de los objetivos de las otras. Además, se busca dar a conocer la tecnología más actual, que tenga aplicabilidad en el medio.

Se seleccionó para ejemplificar una línea de elaboración de salsas de tomate por ser este un proceso representativo de la industria nacional que permite mostrar claramente como se puede implementar un sistema de control por etapas, partiendo de la fase anterior. Además, la industria de alimentos y bebidas ocupa el primer lugar en importancia como grupo en Guatemala, siendo éste otro motivo para escoger una línea perteneciente a esta rama.

Esta metodología busca ser una guía que pueda aplicarse a otras líneas de producción, tomando en cuenta la condiciones particulares de cada planta, permitiendo su implementación en base a las mismas.

IV. OBJETIVOS

A. Generales:

1. Identificar los principales problemas a los que se enfrenta la implementación de sistemas de control en este medio.
2. Plantear un modelo de implementación de un sistema de control por etapas aplicable al medio guatemalteco.
3. Justificar desde el punto de vista económico dicha implementación.
4. Diseñar una metodología para mejorar el control de procesos aplicable a otras líneas de producción.

B. Específicos:

1. Dar a conocer el por qué de la necesidad de mejorar los sistemas de control de procesos.
2. Estructurar un sistema en base a las características propias del lugar de aplicación.
3. Dar a conocer las distintas etapas en el procedimiento de implementación de un sistema de control.
4. Mostrar la relación costo-beneficio para cada una de estas etapas en el proceso productivo.
5. Dar a conocer la tecnología más actual relacionada con el control de procesos, con buenas posibilidades de aplicabilidad al medio nacional.

V. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La falta de inspección y control adecuada de la producción en buena parte de la industria guatemalteca, tiene como consecuencia la variabilidad y deficiencia de la calidad en muchos productos nacionales.

Se carece de un lineamiento general específico para el medio guatemalteco que permita superar en la medida de lo posible la insuficiencia generalizada de métodos, técnicas e instrumentos de control de procesos apropiados en la industria nacional principalmente a nivel de pequeña y mediana empresa.

VI. METODOLOGÍA

a. **Caracterización de la industria guatemalteca:** Realizada en los antecedentes (pág. 15), consiste en enumerar los principales problemas que enfrenta la industria guatemalteca.

b. **Definición de términos y conceptos de control:** Incluido en los antecedentes (pág. 3), define los términos más empleados en la implementación de sistemas de control de procesos.

c. **Diseño de la línea de producción:** Aquí se determinan las principales características operativas de los diferentes componentes de la linea de producción que sirve de ejemplo en la implementación del procemiento maestro de mejoras al sistema de control. Esto incluye:

- Componentes principales.
- Características operativas de cada componente.

d. **Procedimiento de implementación del sistema de control:** Constituye la parte central del trabajo, describe las etapas que deben considerarse en la implementación de un sistema de control mejorado aplicable al medio industrial guatemalteco. En cada paso se emplea la linea de producción diseñada para mostrar cómo se debe trabajar en cada fase. Los incisos que componen este título son:

- Procedimiento general.
- Identificación de variables y su relación con los objetivos de control.
- Etapas de implementación.
- Instalación de sistema digital
    * conección a computadora (obtención de datos)
    * control de procesos por computadora.

e. **Costos de implementación:** Utilizando la linea de producción ejemplo, se hace una estimación de los costos para implementar el sistema de control mejorado, de los beneficios obtenibles, así como de indicativos de rentabilidad de la inversión (tiempo de recuperación de la inversión, etc.). Estos cálculos se dividen en dos grupos:

- Costos por la implementación en cada etapa.
- Relación costo-beneficio (ejemplos).

VII. RESULTADOS

A. Diseño del modelo de la línea de producción de salsas de tomate:

El diagrama 1 (pág. 32), muestra el esquema general del proceso de producción de salsas de tomate saborizadas, desarrollado en base a referencias de la literatura y de plantas guatemaltecas, que tienen procesos similares. Este proceso es utilizado como ejemplo en la implementación del sistema de control por etapas.

La complejidad del equipo varía de una planta a otra según éste sea comprado (equipo de marcas conocidas), sea mandado a hacer o una combinación de ambas opciones (parte se compra, parte se manda a hacer).

Componentes principales: A continuación se hace una descripción detallada de las características operativas más importantes, desde el punto de vista de control, de cada componente haciendo énfasis en las empleadas con más frecuencia en el medio nacional. Se comienza con el tomate ya seleccionado y lavado y se finaliza con el producto envasado y listo para su empaque y despacho final.

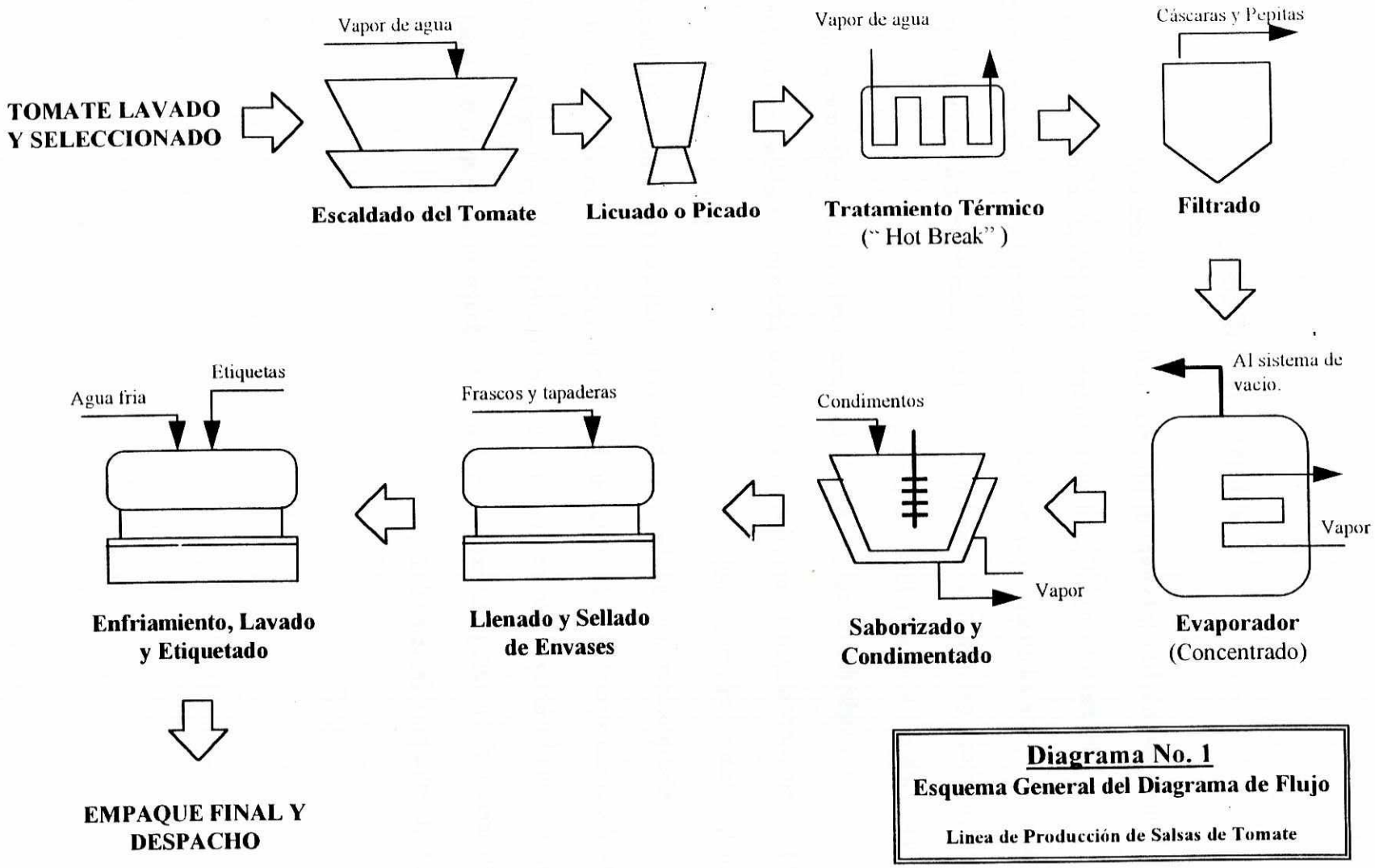


Diagrama No. 1

Esquema General del Diagrama de Flujo

Linea de Producción de Salsas de Tomate

1. Escaldado del tomate: Consiste en aplicar vapor vivo al tomate o sumergirlo en agua caliente con el objeto de facilitar el desprendimiento de la cáscara, de la pulpa y la carne.

En el primer caso, el tomate es transportado a través de una cámara, la cual contiene rociadores de vapor. Para un escaldado satisfactorio, la temperatura de operación debe estar entre 98° a 100°C (208° a 212°F) y el tiempo de exposición varía entre 30 a 60 segundos. Incrementando la temperatura, se puede reducir el tiempo de exposición.

En el segundo caso, los tomates son sumergidos en agua caliente agitada mecánicamente o mediante vapor por un corto período de tiempo.

Ambos procedimientos se pueden emplear para pelar el tomate previo a su proceso posterior. Para esto, se adicionan regaderas de agua fría a la salida de la cámara lo cual produce el agrietamiento de la cáscara y facilita su remoción en el equipo adecuado. Este paso se puede obviar, removiendo la cascará después del tratamiento térmico en el proceso de filtración pero hay que considerar que este será más lento por el incremento de la carga a filtrar. (3)

2. Licuado o picado: Este proceso consiste en deshacer los tomates mediante el empleo de licuadoras industriales o molinos de cuchillas, según sea el volumen de tomate manejado. En el primer caso, se deja un tiempo de residencia adecuado para asegurar que todo el tomate sea llevado al tamaño de partícula deseado y en el segundo, se utilizan cribas con este objeto controlándose únicamente el ritmo de alimentación para evitar atascamiento.

Al utilizar licuadoras, se debe controlar la elevación de temperatura del producto, pues afecta la etapa siguiente, pudiéndose en algunos casos descartarse si ésta llega al nivel requerido. (Ver tratamiento térmico pág. 34).

3. Tratamiento térmico ("Hot Break"): Este proceso consiste en elevar la temperatura rápidamente hasta 82°C (180°F) o más para destruir las enzimas pécticas, lo cual mejora la consistencia, sabor y cuerpo del producto final al hacer más eficiente la extracción de la pectina.

Este proceso puede ser una etapa independiente o consistir en el precalentamiento de la salsa antes de ingresar al evaporador. Si durante el proceso de picado o licuado se alcanza esta temperatura, el producto puede pasar directamente al evaporador.

Si se considera como proceso independiente, el sistema más efectivo consiste en un tanque rotatorio con serpentines o algún otro tipo de intercambiador de calor para alcanzar una temperatura de 104°C (220°F). Esto tiene la ventaja de que la violenta ebullición producida elimina el aire (deaereación) lo cual es importante desde el punto de vista nutricional, pues aumenta la retención de la vitamina C original. Esta se destruye en presencia de aire disuelto u ocluido a altas temperaturas. (3)

4. Filtración: Operación unitaria que es usada para separar sólidos insolubles de una mezcla sólido-líquido. La mezcla es forzada a través de un medio filtrante donde los poros o aberturas son demasiado pequeñas para que los sólidos pasen pero permiten el paso del líquido. (4)

La filtración ha evolucionado más como un arte práctico que como una ciencia teórica. En un sentido muy simple, los esfuerzos teóricos han consistido principalmente en tratar de cuantificar la relación de ingeniería:

Razón= fuerza impulsora/resistencia

La fuerza impulsora es proveída por la gravedad, vacío, presión o fuerza centrífuga. (14)

La razón de filtrado (dV/dQ; V= volumen, Q= tiempo) es directamente proporcional a la diferencia de presión existente en el filtro y al cuadrado del área del medio filtrante. Es inversamente proporcional a la viscosidad del líquido, la concentración de sólidos en el mismo y el volumen del filtrado. (4)

Para poder optimizar la filtración, se deben manipular estas variables según las posibilidades que ofrezca el proceso. Por ejemplo, se puede aumentar la temperatura de operación para disminuir su viscosidad e incrementar la razón de filtrado.

En el caso de filtros para salsa de tomate, las aberturas del medio filtrante van de 0.058 a 0.068 cm (0.023 a 0.027 pulgadas), siendo su configuración más común la de un cilindro rotatorio con un tornillo o paletas internas para mejorar la extracción. (3)

5. Evaporación (concentración): Esta operación se emplea para concentrar el jugo de tomate. Se realiza en tanques con tubos o recipientes al vacío.

La temperatura de ebullición de un líquido en el evaporador depende de tres factores:

a. La presión externa (o vació) en el evaporador.

b. La composición del líquido, incluyendo los sólidos disueltos.

c. La profundidad del líquido en el evaporador (la carga estática).

Un líquido ebulle a la temperatura en la que su presión de vapor es igual o mayor que la presión ambiental. La evaporación debe ser llevada a cabo a la más baja temperatura (54°C /130°F máximo) y dentro del menor tiempo posible para retener el máximo de la calidad original de sabor, olor y gusto. (4)

El éxito de la concentración del jugo en la evaporación depende, cuando se utiliza vapor para calentar el medio, de un buen suplido del mismo a presión adecuada (6.9 bar/100

psi o más) y de trampas de vapor. Serpentines operando a baja presión provocan que los sólidos se peguen a la superficie quemando el producto, resultando en una baja, si no es que ninguna evaporación.

Antes se acostumbraba a evaporar hasta alcanzar la mitad del volumen original o hasta alcanzar cierta consistencia determinada por la apariencia al romper la superficie con una cuchara o cucharón. Actualmente, se emplea la gravedad específica o el contenido de sólidos (índice de refracción) como indicador del punto final de la concentración.

Cuando se trabaja por lotes, el tiempo de evaporación debe ser inferior a los 30 minutos. (3)

Una configuración de evaporador empleado para este propósito muy común en el medio guatemalteco consiste en un intercambidador de concha y tubos vertical modificado, con o sin agitación interna conectado a un sistema que produzca vacío (compresor, condensador barométrico, etc.). La salsa pasa por los tubos mientras que por la "chaqueta" circula vapor. Esto se debe a que el diseño y construcción de este equipo es relativamente sencillo y por lo tanto, fácil y económicamente fabricable localmente. En producciones continuas o volúmenes más grandes, es común el empleo de evaporadores de varios efectos (generalmente 2 efectos), ya que economizan el uso de vapor.

6. Saborizado y condimentado: Esta etapa se lleva a cabo en un recipiente enchaquetado provisto de agitación. Aquí se adicionan los condimentos y aditivos necesarios para darle las características finales de sabor, color, textura, etc. al producto.

Por las características del proceso, el control se lleva a cabo mediante supervisión humana utilizándose en algunos casos patrones para comparar. Se emplean fórmulas

preestablecidas manejándose los aditivos por peso (cuando se trata de sólidos) y/o por volumen (cuando se manejan líquidos), pero los ajustes finales de sabor se hacen manualmente.

Es necesario que este equipo tenga fuente de calentamiento, pues algunos condimentos deben cocinarse para que cumplan su función. La agitación también es importante para asegurar la homogeneidad del producto final.

Hay que cuidar que el período de calentamiento sea bien controlado pues de no hacerlo, puede variar la concentración final de sólidos o quemar el producto, alterando el sabor de todo el lote.

7. Llenado, tapado y sellado de envase: El envasado se realiza en caliente, a una temperatura de apróximadamente 90°C (194°F) para asegurar la eliminación de microorganismos que puedan descomponer el producto durante su almacenamiento. No se requiere un posterior calentamiento, por lo que el llenado en caliente y sellado inmediato son parte esencial del proceso de empaque.

Se pueden utilizar latas como envase pero para salsas saborizadas, es más común emplear recipientes de vidrio. Con estos últimos se da un tiempo de espera antes de pasarlos por el sistema de enfriamiento, el cual consiste en regaderas de agua, para reducir el riesgo de botes estallados por el brusco cambio de temperatura.

El diseño de las tapaderas aseguran la formación de vacío cuando el producto se enfría, alargando la vida de almacenamiento del producto. Para esto último, es importante revisar de forma periódica que el sello esté cumpliendo su función y hacer pruebas aleatorias de duración del producto para los distintos lotes de producción.

8. Enfriamiento, lavado y etiquetado de los envases llenos: El enfriamiento puede ir combinado con el lavado y sirve para asegurar que la etiqueta quede bien adherida al frasco o lata. El sistema de etiquetado depende de los volúmenes manejados variando desde manual hasta máquinas etiquetadoras que realizan el proceso automáticamente. En industrias de pequeña y mediana escala es común el empleo de pequeñas máquinas que facilitan la tarea al operario, teniendo éste que colocar los envases en la máquina y asegurarse que ésta trabaje correctamente.

Después de esta operación, los envases se colocan en cajas, de cartón por lo general, quedando listo el producto para su almacenamiento y despacho final. De cada lote se toman muestras aleatorias para realizar pruebas de estabilidad, controlar presentación, sello, sabor del producto, etc.

B. Procedimiento maestro de implementación del sistema de control:

1 Procedimiento general: En esta parte se dan los lineamentos generales a seguir para implementar un sistema de control en una línea de producción ya existente. Se parte de la evaluación del sistema de control actual, definiendo los diferentes pasos a seguir para poder, al final, dejar instalado un sistema completamente automático. Se hará referencia a la línea descrita en la primera parte con el objeto de ejemplificar las distintas etapas.

a. Elaboración de un diagrama de flujo de la línea de producción: Similar al diagrama 1 (pág. 32), consiste en una representación gráfica de las distintas operaciones que se llevan a cabo en la línea de producción. Éste tiene el objeto de ayudar a visualizar la secuencia lógica del proceso y facilitar el análisis del mismo con el fin de optimizar el recorrido de

materiales, eliminar interferencias, etc. Además, se constituye en la base de trabajo, donde se van indicando los cambios realizados y por realizar.

b. Caracterización de cada equipo en la línea: Consiste en obtener la información operativa de los equipos y operaciones que constituyen la línea, como se hizo en los puntos 1 al 8 del título A. (págs 33 a la 38).

Con esto se tiene un criterio más amplio en la toma de decisiones. Con el propósito de no hacer pruebas al azar, se seleccionan las variables operativas que ofrezcan mejores posibilidades. Para seleccionar las mismas, se requiere conocer bastante bien la forma en que opera o los principios en que se basa el equipo de proceso. En pocas palabras, hay que saber por qué trabaja en determinada forma y no de otra y que otras opciones existen con sus respectivas ventajas y desventajas.

c. Determinación de cada control y punto de supervisión existente: Esto es parte de la evaluación inicial de la línea y consiste en determinar los puntos de control y supervisión existentes en la misma. Se hace énfasis en establecer en que consiste el control, por qué se lleva a cabo en ese punto y si se lleva algún registro de los resultados del mismo.

Para ejemplificar este punto, el diagrama 2 (pág. 40) muestra el estado inicial de la línea de trabajo.

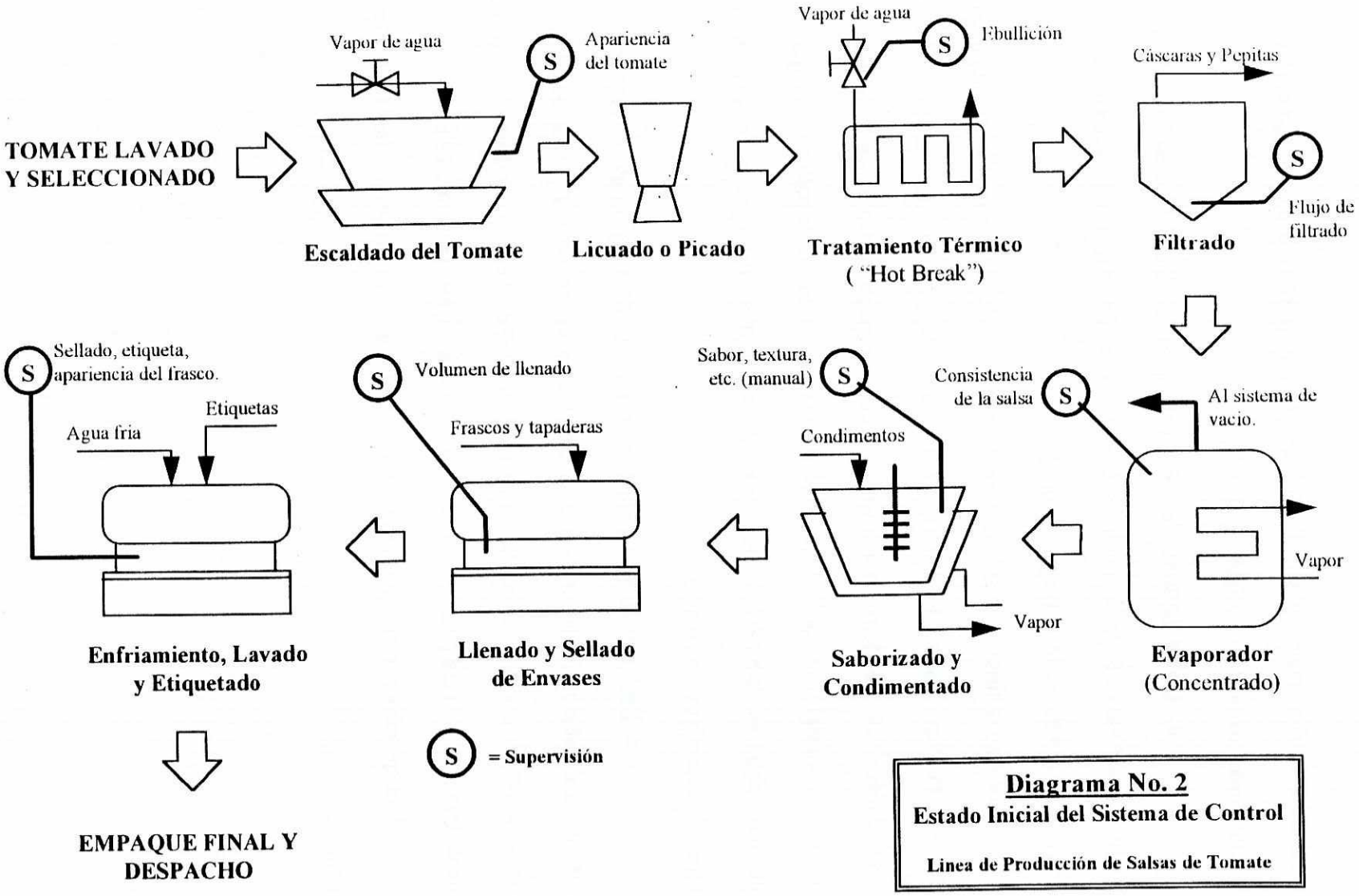


Diagrama No. 2
Estado Inicial del Sistema de Control
Linea de Producción de Salsas de Tomate

* Existe un puesto de supervisión a la salida del escaldador para asegurarse que el tomate haya sido escaldado correctamente. El supervisor debe conocer la apariencia deseada del producto. Si esto no se cumple, debe ajustar el equipo (velocidad de la banda, flujo de vapor, revisión de regaderas, etc.) hasta corregir el problema.

* El siguiente punto de control está en la tubería de vapor que conduce al equipo de tratamiento térmico. Éste consiste en una llave de paso donde se regula el flujo de vapor en función de lo que el operario observa que ocurre en el equipo. Si la ebullición es demasiado violenta cierra la llave, si no ebulle lo suficiente, la abre.

* En el filtro, que consiste en un cilindro rotatorio de acero inoxidable perforado con paletas internas, lo único qué se supervisa es que tanto líquido sale del mismo. Cuando el flujo es demasiado poco, se procede a limpiar el filtro.

* En el evaporador, se alimenta un volumen establecido y por experiencia se sabe que tiempo aproximado se tarda el mismo en llegar a la concentración requerida. Al estar cerca de cumplir dicho tiempo, se revisa periódicamente la consistencia de la salsa (mediante un cucharón o un refractómetro) para determinar el punto final.

* En el tanque de saborizado, se adicionan los condimentos previamente pesados por un operario, se cocina un tiempo preestablecido y el supervisor revisa el producto para determinar si no requiere de algún ajuste antes de pasar al envasado.

* En el envasado, el producto caliente de la etapa anterior se alimenta a unas tolvas con una válvula en la parte inferior, donde un operario llena los frascos previamente lavados y esterilizados en un autoclave, regulando el volumen de llenado abriendo y cerrando la llave de paso. Otro operario va colocando las tapas de rosca, cerrando los frascos mediante la ayuda de

una pequeña máquina mecánica. El sistema de llenado fluye por gravedad y se alimenta con un volumen que permita que la temperatura no baje demasiado durante el proceso.

* Después de un tiempo dado de espera, los frascos se rocían con agua para terminar de enfriarlos, se limpian y secan procediéndose a colocar las etiquetas y los sellos de seguridad a las tapaderas. Aquí la supervisión sigue siendo humana, pues si el operario encargado de etiquetar siente los frascos aún muy calientes procede a esperar un tiempo o si los observa sucios los limpia con más agua. La calidad de etiquetado y sellado depende del cuidado del operario, del supervisor y del estado del equipo.

d. Determinación las variables más importantes de control: En este punto se combinan los resultados obtenidos de aplicar los dos incisos anteriores. Luego de hacer un estudio más detenido de las operaciones y equipos de la línea de producción y un análisis del sistema de control existente, se procede a definir las variables más importantes.

El objeto es definir qué variables son las que más afectan el producto final en cada etapa y luego, se agrupan según la facilidad de control. Cuando se encuentra que una variable importante es muy difícil o cara de controlar (el equipo requerido es demasiado costoso o complicado), se buscan formas indirectas de control. Por ejemplo, determinar continuamente el grado de inactivación de las enzimas pécticas en el tratamiento térmico podría requerir de equipo muy complicado o específico y por lo tanto costoso. Resulta más práctico, desde el punto de vista de una pequeña industria, obtener curvas de consistencia final de la salsa contra temperatura y tiempo de exposición en el tratamiento térmico, luego se controlan estas dos variables en el proceso que únicamente requieren un termómetro y un cronómetro, equipo común y por lo tanto más accesible. Esto último sería control indirecto del grado de

inactivación de las enzimas, pues lo que se manipula es la temperatura y el tiempo vrs. la consistencia de la salsa.

Siendo la identificación de variables muy importante para asegurar el éxito de las mejoras al sistema de control, se trata este tema en un título aparte (B.2 pág. 45). En el ejemplo sólo se resume los resultados de aplicar el método a la línea de estudio.

* En el escaldado del tomate, las variables más importantes de control son: el tiempo de residencia y la temperatura de la cámara. Estos son parámetros fácilmente controlables y tienen incidencia directa sobre el proceso.

* En el picado, trabajando con un molino de cuchillas, la variable a controlar es el flujo de alimentación. Se asume que se está utilizando el tamiz más adecuado para el producto deseado.

* El tratamiento térmico se puede trabajar en forma continua o por lotes. En la primera, las variables a estudiar son la temperatura de salida de la salsa y el tiempo de residencia (flujo de salsa a través del intercambiador de calor). En el segundo caso, es importante la temperatura de trabajo y el tiempo en que ésta es alcanzada.

* En el equipo de filtrado, la variable a controlar es la caída de presión a través del medio filtrante, ya que ésta es un buen indicador de cuando hay que empezar el ciclo de limpieza del mismo.

* La variable manipulada mas importante en el evaporador, la constituye la presión de vacío en el mismo. Las variables de control son la temperatura de la salsa y la densidad relativa o el índice de refracción.

* En el tanque de saborizado los parámetros más importantes a controlar son: el volumen de salsa alimentada, los pesos y/o volúmenes de los condimentos y aditivos agregados, el tiempo y temperatura de cocimiento y el grado de homogeneización.

* En el llenado de envases, las variables más importantes son la temperatura de envasado y el volumen de llenado de envase. La colocación correcta de la tapa, así como el apretado de la misma, también son muy importantes, pero no se puede incluir como una variable de control, aunque su inspección es un punto crítico de supervisión.

* Tanto en el enfriamiento como en el lavado no existen variables de control importantes, solo puntos de supervisión. En el etiquetado si se debe controlar que el frasco esté seco y que su posición sea correcta para un etiquetado uniforme.

e. Etapas de implementación del sistema de control: Partiendo de la evaluación del sistema de control y supervisión existente (como la ejemplificada en el inciso B.2.c. pág. 39) y de la determinación de las variables de control más importantes, se divide en etapas la implementación del sistema de control mejorado.

Esta división depende de los recursos disponibles (tiempo, dinero, personal, etc.) y la situación actual de la línea de producción donde se va a aplicar. Dicha división se basa en agrupar las variables y equipos de control según su complejidad y forma de operación. La idea que se persigue, es que cada etapa sirva de apoyo en la implementación de la siguiente. Comenzando con la instrumentación mínima necesaria para asegurar la continuidad del proceso (la más sencilla y con efecto más directo sobre el mismo), se va elevando la complejidad (en términos de capacidad) del sistema hasta alcanzar el grado de automatización deseada (idealmente automatización completa o mínima supervisión humana).

Por ser este tema la parte medular de este trabajo, la explicación detallada con su respectiva ejemplificación se desarrolla en un tema aparte (subtítulo B..3 pág. 51).

f. Implementación de las etapas de control: Aquí se pone en práctica el programa desarrollado en el inciso anterior. Es importante tomar muy en cuenta la retroalimentación. El programa no debe ser rígido, pues los resultados y experiencias obtenidas en cada etapa deben servir para mejorar la misma y a su vez, optimizar la implementación de las siguientes, aunque algunas veces implique hacer modificaciones significativas a los conceptos originales.

Por ejemplo, si en las primeras etapas se determina que con solo fijar la presión de vacío y la temperatura a alcanzar en el evaporador, se puede obtener una salsa con consistencia homogénea y reproducible, se descartará en etapas posteriores la implementación de un control de la densidad relativa o de sólidos disueltos, dándose más énfasis al sistema de control de las dos primeras variables.

2. Identificación de las variables de control: Este paso es muy importante pues define las acciones a tomar. Si se hace una buena selección de las variables a manipular, la implementación del sistema de control será más sencilla y efectiva de llevar a cabo.

a. El primer paso consiste en hacer un breve listado de la mayoría de variables de proceso, junto con una pequeña descripción, que podrían servir como variables manipuladas o de control. Aquí nuevamente se toma como referencia la descripción del proceso, como la realizada en los incisos 1 al 8 del título A (págs. 33 a la 38) y se seleccionan las variables más factibles.

Esta selección se basa en determinar que variables son las más importantes (las que tengan más incidencia sobre las características finales a alcanzar en cada etapa) y que exista alguna posibilidad de controlarlas. Por ejemplo, el flujo de vapor es fácilmente controlable mediante una válvula y un manómetro, por lo que al querer controlar temperatura, el flujo de vapor será la variable a manipular y la temperatura la que se controlará.

En el presente ejemplo serían:

Escaldador:

Temperatura de operación (regulada por la cantidad de vapor adicionada).

Tiempo de exposición (regulada por el tiempo de residencia dentro de la cámara).

Licuado o picado:

Tiempo de residencia (sólo para el caso del licuado).

Tamaño de agujeros del tamiz (para el picado).

Flujo de alimentación (permite una operación homogénea del equipo).

Tratamiento térmico ("hot break"):

Temperatura de operación (determinada por la cantidad de vapor alimentada a la unidad).

Tiempo con que se alcanza dicha temperatura (depende del volumen de salsa presente en el equipo y de la geometría del mismo).

Tiempo de residencia (en un proceso continuo se controla variando el flujo de entrada y salida del equipo, en batch es el tiempo de permanencia del lote).

Filtración:

Área del medio filtrante (determinado por la geometría del equipo).

Diferencia de presión (depende del equipo de bombeo empleado o si es por gravedad, por la carga estática existente).

Viscosidad del líquido (determinado por la temperatura con que el líquido entra al equipo de filtración).

Contenido de sólidos (depende de que tan diluida esté la salsa. Esto se puede controlar adicionando agua pero implicaría más trabajo en la etapa de concentración).

Evaporador:

Presión de operación (controlada por el equipo de vacío empleado).

Temperatura de operación (depende de la presión sobre el líquido, el contenido de sólidos, la profundidad del líquido en el evaporador -presión estática-, así como el flujo de vapor suministrado al equipo).

Saborizado y condimentado:

Sabor, color y textura (depende de la apreciación del operario, se pueden usar estándares para comparar; según lo que se detecte se hacen ajustes manualmente).

Grado de homogeneización (variable muy importante desde el punto de vista de calidad, depende del grado de agitación del equipo).

Temperatura de operación (importante para el cocimiento de algunos condimentos, está regulada por el flujo de vapor).

Llenado y sellado de envases:

Temperatura de envasado (generalmente ésta depende de cómo se maneje la salsa luego del saborizado y homogeneizado).

Volumen de llenado (controlado por el operador, si es manual, o por la máquina de llenado si es automático).

Tapado y apretado de tapaderas (máquina manual, revisión del ajuste).

Sellado (esta revisión por lo general es al azar y en forma manual del sello de seguridad).

Enfriamiento y etiquetado:

Grado de enfriamiento (controlado por el flujo y la temperatura del agua de enfriamiento y el tiempo de exposición).

Etiquetado (depende del operario y del equipo con que éste disponga; es importante, pues afecta la presentación final del producto).

b. El segundo paso consiste en seleccionar las variables más factibles de controlar en base a los recursos y conocimientos disponibles en la empresa. Se hace una breve justificación de por qué se eligió esa variable con el objeto de asegurarse que es la más adecuada para el caso. Esto también ayuda a que cuando se realizan consultas, se cotiza equipo, etc. ya que se tiene más información sobre la que se pueden tomar desiciones. Esto ahorra tiempo y se obtienen mejores resultados pues las discusiones posteriores enriquecen la justificación.

En el presente ejemplo, se asume que se está partiendo de lo más básico. Se utiliza el diagrama 2 (pág. 40) y el listado elaborado en el paso anterior, para la selección de las variables.

Escaldador: Temperatura de operación. Esta es la variable más fácil de regular, pues sólo se necesita variar el flujo de vapor que entra al equipo mediante una válvula. La otra variable, tiempo de exposición, es un poco más complicada ya que requeriere de regular la velocidad del transportador. Esto se puede lograr utilizando un motor de velocidad variable (con controlador electrico, mecánco o hidráulico) pero este equipo es más caro y dependiendo del tipo seleccionado, el mantenimiento y reparación puede ser más dificil. Por lo tanto, resulta más fácil y económico fijar la velocidad del transportador y regular el flujo de vapor para controlar la temperatura.

Licuado o picado: Lo importante aquí es el tamaño de las partículas. Para optimizar el uso del equipo es importante controlar el flujo de alimentación, pues así éste no estará trabajando abajo de su capacidad o demasiado cargado. Esto último requiere más tiempo en el equipo y hay más desperdicio por pedazos demasiado grandes. Este equipo es sencillo y no requiere de mayor control salvo el flujo de alimentación.

Tratamiento térmico ("hot break"): Aquí hay que regular tanto la temperatura de operación como el tiempo de residencia. Como ya se mencionó antes, es relativamente sencillo elaborar curvas a nivel de laboratorio del tiempo de residencia y temperatura versus consistencia final de la salsa y utilizar estos datos dentro el proceso. La temperatura es regulada mendiante el flujo de vapor alimentado al equipo y el tiempo de residencia mediante los flujos

de entrada y salida (si es proceso continuo) o por el tiempo de calentamiento del batch (si es por lotes).

Filtración: La variable a controlar en esta operación es la diferencia de presión a través del medio filtrante. El equipo para controlar esto es sencillo y bien conocido (manómetros). Con esta información se pueden controlar los ciclos de limpieza del filtro y relacionándolos con el tiempo, se pueden detectar problemas cuando existan variaciones bruscas en la duración de los mismos.

Evaporación (concentración del jugo): Aquí se pueden elaborar curvas de contenido de sólidos vrs. presión de ebullición para controlar esta última. El problema es que el equipo para controlar el vacío es caro. Resulta más accesible para una pequeña empresa al inicio fijar el vacio, regular el flujo de vapor mediante una válvula para evitar quemar el producto y controlar el contenido de sólidos mediante un refractómentro. Estó último controlaría la duración del lote. Es importante tener en el equipo un buen sistema de mezclado para obtener datos reales.

Saborizado y condimentado: El uso de recetas o fórmulas simplifica este proceso, pero los toques finales deben hacerse en forma manual. Se pueden utilizar patrones y equipo auxiliar como medidores de pH, viscosímetros, etc., para tener una mayor estandarización. El color se puede normalizar empleando un equipo de colorimetría, pero éste es caro y por lo general fuera del alcanze de la pequeña industria. Sin embargo, se pueden emplear patrones visuales. La homogenización del producto es muy importante por lo que se debe tener un buen equipo de mezclado.

Llenado y sellado de envases: Aquí lo más importante es la temperatura de envasado y el volumen de llenado. La primera, porque de esto depende la buena conservación del producto

y la segunda, porque está reglamentado y es parte importante de la calidad (siempre entregar la misma cantidad). La temperatura de llenado se controla mediante un termómetro y depende tanto de la temperatura con que salga la salsa del equipo de saborizado, como del tiempo que transcurra desde que ésta sale hasta que se envasa. Cuando se manejan lotes muy grandes, resulta adecuado colocar una linea de vapor para mantener la temperatura en el equipo de envasado.

El volumen de llenado, se puede controlar con equipo ya existente cuyo costo varia en función de la complejidad (si no se dispone de una llenadora automática) pero es importante considerar la temperatura de envasado, pues el volumen final varía conforme se enfría el producto. A mayor temperatura mayor volumen hay que adicionar durante el llenado. Una vez lleno el frasco, se coloca la tapadera y se enrosca en una máquina especial.

Enfriamiento y etiquetado: El enfriamiento se controla por la cantidad de agua que se adiciona a los frascos que está en función de la temperatura final de los mismos, pues aquí ocurre algo similar al escaldado. Es más fácil estar variando el flujo de agua que la velocidad del equipo de transporte.

El resto de la inspección se realiza manualmente (colocación del sello, colocación de la etiqueta, limpieza del frasco, etc.) por lo que el sistema de control aplicable en esta parte es más adecuado por métodos estadísticos de control cuando los lotes o volúmenes de producción son demasiado grandes para una inspección individual.

3. Estructuración de las etapas de implementación: A continuación se describen las etapas que componen la metodología de implementación del sistema de control en sí. Para describir el método completo, se asume que en la línea ejemplo, el único control consiste en la

apreciación del operario. Es él quien decide por simple obsevación y experiencia cuando se han alcanzado las condiciones deseadas.

a. Primera etapa (instrumentación básica): Consiste en determinar la instrumentación mínima de medición necesaria para asegurar la continuidad del proceso. Es el equipo más sencillo y con efecto más directo sobre el mismo.

Dadas las condiciones locales mencionadas en los antecedentes, para lograr una implementación exitosa es importante considerar que se debe trabajar con una variable a la vez en cada etapa del proceso. Hay que asegurarse de que el operario comprenda la relación causa-efecto y que aprenda a manejarla en base a los datos que le proporciona el instrumento de medición.

Se utilizan las consideraciones realizadas en el inciso B.2 (pág. 45), para escoger esta variable. Para el ejemplo serían:

Tabla 3.1

Instrumentación Básica

Equipo	Variable	Instrumento
Escaldador	Temperatura de la cámara	Termómetro
Licuado o Picado	Volumen alimentado o masa	Recipiente o balanza
Tratamiento térmico	Temperatura	Termómetro
Filtración	Caida de presión en el medio filtrante	Manómetro diferencial
Evaporador	Concentración de sólidos	Refractómetro
Saborizado y Condimentado	Sabor y Textura	Patrones
Llenado y Sellado de envases	Temperatura de envasado	Termómetro
Enfriamiento y etiquetado	Temperatura del agua de enfriamiento	Termómetro

b. Segunda etapa (equipo electrónico): Una vez el operario está familiarizado con utilizar el instrumento de medición para controlar el proceso y se comprueba que efectivamente las variables escogidas tienen una influencia significativa en el producto, la segunda etapa consiste en sustituir los instrumentos básicos por equipo capaz de dar señal electrónica (siempre que sea posible). Las lecturas en esta etapa siguen siendo locales (el panel de lectura se encuentra cerca del equipo) aunque se pueden escoger instrumentos que tengan alarmas cuando la medición se sale de los rangos establecidos. Exite una gran variedad de equipo con diferentes características para ajustarse lo mejor posible a cada aplicación. En el ejemplo del cálculo de costos se muestran algunos criterios en la selección del mismo, así como fuentes de información (ver pág. 65).

En el presente ejemplo, la 2da. etapa propuesta sería:

Tabla 3.2

Equipo Electrónico

Equipo	Variable	Instrumento
Escaldador	Temperatura de la cámara	Termocopla*
Licuado o Picado	Volumen alimentado	recipiente de volumen constante**
Tratamiento térmico	Temperatura	Termocopla*
Filtración	Caida de presión en el medio filtrante	Transductor diferencial*
Evaporador	Concentración de sólidos	Refractómetro
Saborizado y Condimentado	Sabor y Textura	Patrones
Llenado y Sellado de envases	Temperatura de envasado	Termocopla*
Enfriamiento y etiquetado	Temperatura del agua de enfriamiento	Termocopla*

* Incluye panel de medición

** Sensor óptico que indica cuando el recipiente esta lleno.

c. Tercera etapa (complemento de variables de control): Esta etapa se puede intercambiar en orden con la etapa (e) (pág. 55) según las necesidades del proceso. Aquí se busca completar la instrumentación de las variables de control seleccionadas para cada equipo. El operario, con la implementación de las etapas anteriores, ya está familiarizado con el uso del equipo de medición y cómo emplear los datos para modificar el proceso. Por lo tanto, aquí se agregan mas instrumentos con el fin de estadarizar aún más el producto, incrementando el control. Se utiliza los datos recabados en las etapas previas, pués ahí se detectó si eran suficientes las mediciones establecidas o si se necesitaba controlar otros parámetros para obtener los resultados deseados.

A continuación se complementa la lista de variables a controlar en el ejemplo:

Tabla 3.3

Complemento de Variables de Control

Equipo	Variable	Instrumento
Escaldador	Temperatura de la cámara	Termocopla
Licuado o Picado	Volumen alimentado Tiempo de residencia (licuado)	Sensor óptico Cronómetro
Tratamiento térmico	Temperatura Tiempo de residencia	Termocopla Cronómetro/medidor de flujo
Filtración	Caida de presión en el medio filtrante	Transductor diferencial
Evaporador	Concentración de sólidos Presión de operación Temperatura de op.	Refractómetro Transductor Termocopla
Saborizado y Condimentado	Sabor y Textura Viscosidad pH	Patrones Viscosímetro Medidor de pH
Llenado y Sellado de	Temperatura de envasado	Termocopla

envases	Volumen de llenado	Sensor óptico
Enfriamiento y etiquetado	Temperatura del agua de enfriamiento	Termocopla

e. Cuarta Etapa (colección de datos por computadora): La implementación de esta etapa tiene muchas ventajas desde el punto de vista de control. Primero, se recaban datos continuamente del proceso a intervalos preestablecidos evitandose así, errores de lectura o retrasos por parte del supervisor o encargado. Segundo, se reduce el papeleo al suprimirse muchos de los reportes e informes escritos que se manejan en la supervisión humana. Tercero, utilizando correctamente el equipo es más fácil analizar información ya que los datos se pueden graficar, hacer relaciones entre parámetros diferentes, etc., de forma rápida y sencilla.

La mayoría del equipo de medición y control electrónico actualmente existente en el mercado, incluye la posibilidad de conectar a una computadora PC o similar (esto se discute con más detalle en el inciso B.4 pág. 59), incluso algunos se pueden adquirir con su propio software para ser operados desde la PC.

En esta etapa, luego de conectar los instrumentos a la computadora, se hace un análisis detallado de las lecturas colectadas y su influencia en las características finales del producto.

Esta información es la base para la siguiente etapa, que es donde se implementa el sistema de control automático. La idea es que antes de realizar una inversión fuerte como la que representa esa etapa, se tenga la certeza que los parámetros a controlar son los adecuados y a su vez se disponga de los rangos de operación, así como de la cuantificación del efecto de la variación del parámetro respecto a la característica controlada. Esta información se utiliza en la selección de equipo y en fijar los parámetros de operación.

A continuación se listan las variables controladas en el ejemplo y contra qué se deben comparar para obtener la información deseada (rangos de operación).

Tabla 3.4

Colección de Datos por Computadora

Equipo	Variable	Instrumento	Parámetro a controlar
Escaldador	Temperatura de la cámara	Termocopla	Textura de la cáscara del tomate
Licuado o Picado	Volumen alimentado Tiempo de residencia (licuado)	Sensor óptico Cronómetro	Tamaño y distribución de partículas en la salsa
Tratamiento Térmico	Temperatura Tiempo de residencia	Termocopla Cronómetro o medidor de flujo	Consistencia del producto final
Filtración	Caida de presión en el medio filtrante	Transductor diferencial	Flujo de filtrado
Evaporador	Concentración de sólidos Presión de operación Temperatura de operación	Refractómetro Transductor Termocopla	Tiempo en alcanzar concentración deseada
borizado y Condimentado	Sabor y Textura Viscosidad pH	Patrones Viscosímetro Medidor de pH	Caracteristicas generales de la salsa
lenado y Sellado de envases	Temperatura de envasado Volumen de llenado	Termocopla Sensor óptico	Tiempo de almacenaje, volumen final de la salsa en envase
nfriamiento y etiquetado	Temperatura del agua de enfriamiento	Termocopla	No. de frascos reventados

La idea en esta etapa es la siguiente: los instrumentos de medición envían los datos directamente a la computadora. En ésta, la información se ordena por lecturas (hora y fecha) en una base de datos. Los reportes de supervisión o del laboratorio de control de calidad (textura de la cáscara, consistencia final, color, sabor, etc.) se alimentan a la computadora y con la ayuda de la misma se compaginan los datos (por hora y fecha) tal como se muestra en la tabla 4. De este análisis es posible obtener la información deseada como lo son los rangos óptimos de operación y de ser posible, una correlación entre la variación de un parámetro y las características del producto final. Esta información incrementa la capacidad de controlar el proceso ya que aumenta el conocimiento sobre las características del mismo y sirve de referencia para comprar equipo automático de control.

f. Quinta etapa (control automático de variables): En esta etapa ya se conoce suficiente sobre las características de control del proceso. Se han seleccionado las variables más adecuadas y se conocen los rangos en que éstas deben mantenerse para obtener el producto deseado. Es en esta fase donde la inversión puede ser mayor, ya que es aquí donde comienza la instalación formal del sistema de control automático.

Dependiendo del proceso y las posiblidades de la empresa, se puede optar por un sistema centralizado (todo los equipos de control se conectan directamente a una computadora la cual reporta todas las señales), de una sola vez o comenzar por uno independiente (cada equipo de control funciona independientemente y sólo se siguen recabando las lecturas de los instrumentos de medición en la computadora).

La primera opción es más intensiva en su implementación pues hay que trabajar con todo el proceso en su conjunto. También puede implicar una mayor inversión inicial, pero sólo se hace una vez.

La segunda opción permite una mayor flexibilidad, ya que se trabaja con cada equipo en forma independiente, lo que posibilita una implementación más gradual. Esta opción tiene la desventaja que la conección del equipo de control a la computadora implica un paso más.

La primera opción se recomienda cuando el personal ya está lo suficientemente familiarizado con el proceso y el sistema de control que se pretende implantar. El tiempo de puesta en marcha es menor cuando se tiene el apoyo directo de los operarios. La segunda opción en cambio, es mas viable para empresas donde se tiene mucho cambio de personal o éste no está muy familiarizado con el proceso y equipo. Esta opción permite a la gerencia ir perfeccionando los procedimientos con un mínimo de inversión de tiempo y no distraerse mucho de las actividades de capacitación.

g. Sexta etapa (sistema completamente automatizado): Esta es la última etapa de la implementación del sistema de control considerado aquí. La supervisión humana se reduce al mínimo y es la (o las) computadora (s) quien(es) se encarga(n) de monitorear, controlar y reportar lecturas del proceso.

Actualmente existe software y accesorios relativamente sencillos de utilizar y accesibles que realizan todas estas funciones o al menos gran parte de ellas. Muchos son hechos para ser operados desde el sistema Windows™ lo que simplifica su uso.

El software tiene aplicaciones más específicas según hacia que esté dirigido. Este puede ser para recabar y analizar datos unicamente, para colectar datos y controlar procesos, para

algunas aplicaciones muy específicas como cromatografía y control de laboratorios de análisis, etc. Los precios varían según la capacidad del programa, pues uno apto de controlar una planta completa puede costar hasta US $ 3000.00 o más, mientras que otro más pequeño, adecuado para laboratorio o procesos no muy extensos, puede costar unos US $ 300.00. La desición respecto a cual es más conveniente depende de la complejidad del proceso y que tan extenso se desee el control. Este tema se trata con más detalle en el inciso B.4 (pág. 59).

Es importante hacer notar que aunque ya se tenga el sistema completamente automatizado, no se descartan los controles locales. Además de que la inversión ya fue hecha, sirven para chequear si el sistema funciona correctamente. En casos de emergencia, permiten operar el equipo de forma manual. Por ejemplo, aunque en el filtro se tenga un transductor para medir la presión, no hay que desconectar el manómetro diferencial.

4. Consideraciones importantes para instalar un sistema computarizado: Para alimentar datos de proceso en una computadora, se requiere de un sistema completo de adquisición de datos. Muchos de estos sistemas también tienen señal de salida que se puede utilizar para alarmas y aplicaciones de control.

Un sistema de adquisición de datos o interfase de computadora, es un artefacto que permite alimentar datos del mundo real en la computadora. Toma señales producidas por sensores de temperatura, transductores de presión, medidores de flujo, etc. y los convierte en una forma que puedan ser compredidos por la computadora. Con uno de estos sistemas se puede utilizar la misma computadora para recolectar, monitorear, mostrar y analizar datos de proceso. Si el sistema tiene capacidades de salida, también se puede usar la computadora para un control preciso del proceso.

El software permite utilizar la computadora en control de procesos, así como en la colección de datos. El sofware puede controlar instrumentos (válvulas, etc.) reaccionando a los datos que ingresan. Por ejemplo, se puede mantener una temperatura constante, incrementar un flujo a intervalos constantes, etc.

El sofware puede presentar los datos en tablas, histogramas, diferentes tipos de gráficas (pie, barras, etc.) y analizarlos utilizandos transformaciones y ajuste de curvas. Es una manera muy simple de introducirse en las capacidades avanzadas de la adquisición y análisis automatizado de datos.

Existen básicamente dos tipos de interfases: Los de conexión y los independientes.

* Los de conexión (o enchufe) se conectan directamente en la computadora y por lo tanto estan diseñados especificamente para un tipo de computadora tal como las series IBM PC o Apple II. Las tarjetas de interfase tienen una terminal externa por donde se conectan y es aquí, donde también se realizan todas las conecciones a temocoplas y otros sensores y salidas.

La capacidad de estas tarjetas es variable y pueden aceptar entradas analógicas y digitales. Al adquirir un equipo de estos, generalmente se incluye el software que controla el sistema y permite especificar para cada canal de entrada el tipo de señal, rango, escala en unidades de ingeniería, capacidades de entrada y salida digital, colección y control de datos. El sistema se puede expander fácilmente con sólo conectar más tarjetas.

* El interfase independiente tal como su nombre lo indica, no depende del tipo de computadora. Lo único que requiere de ésta es un puerto de comunicación serial estándar. El sistema de interfase puede comunicarse con cualquier computadora por medio de este puerto.

El sistema independiente está disponible en muchos niveles diferentes: desde simples de un solo canal, diseñados para una entrada específica de propósito general, hasta sistemas modulares que pueden aceptar directamente termocoplas, sensores de tensión, posición, etc.

Anteriormente, estos dos sistemas se diferenciaban en que el primero estaba más dirigido a personas no muy familiarizadas con computadoras, ya que permiten una fácil instalación y operación. Los independientes estaban más dirigidos a personas familiarizadas con computadoras y programación, pues no se proporcionaba software con estos productos.

Gracias a los avances tecnológicos, los sistemas independientes ofrecen ahora la misma flexibilidad que los de conexión, manteniendo sus ventajas tales como mayor precisión y flexibilidad, así como su habilidad para trabajar con más tipos de sensores y señales de entrada.

Es más, en la actualidad no se requiere ser un programador experto para operar un sistema de interfase, pues el sofware disponible en el mercado está dirigido a principiantes en este campo. Éstos incluyen instrucciones detalladas de instalación y los programas están diseñados para que cualquiera pueda usarlos sin que tenga que conocer forzosamente principios de programación. Estos operan por medio de menus, ayuda interactiva y tutoriales. Muchos, incluso, se pueden adquirir para ser operado por el programa Windows™.

Otra gran ventaja es que estos sistemas de adquisición de datos pueden ser programados para aplicaciones individuales, en vez de utilizar el software provisto por el fabricante o distribuidor. La mayoría de los interfases utilizan comandos simples permitiendo emplear cualquier lenguaje de computadora, incluyendo BASIC, FORTRAN, "C", PASCAL, Assembler, etc., para programarlos.

Es importante notar que sólo las tarjetas de conexión traen software provisto por el fabricante ya que están diseñadas para un tipo de computadora específico. Los sistemas independientes no lo traen, pues pueden adaptarse a cualquier computadora; sin embargo, se especifica qué tipo de interfase necesitan para comunicarse y algunos ejemplos de uso. Con esto es posible elaborar un programa de operación o adquirir un paquete de software que pueda manejar la computadora y el interfase específico.

Para seleccionar el equipo que más convenga a las necesidades actuales y futuras del proceso, hay ciertos parámetros a considerar: se debe tomar en cuenta la resolución y presición que el interfase debe poseer, el tipo de entradas que se tienen (análogicas o digitales) y cuántas se tienen. Esto último se debe a que algunos sistemas, incluyendo los de conexión, están limitados al número de entradas que pueden aceptar.

Las proyecciones futuras también son importantes, ya que hay que tomar en cuenta si se trabajará con otro tipo de entrada o si se planea agregar canales adicionales de entrada más adelante.

Cuando se compra el equipo de medición y control, se debe verificar que tipo de entradas permite y qué tipo de salidas produce, para determinar si es compatible con el interfase seleccionado o si requiere de alguna adaptación especial.

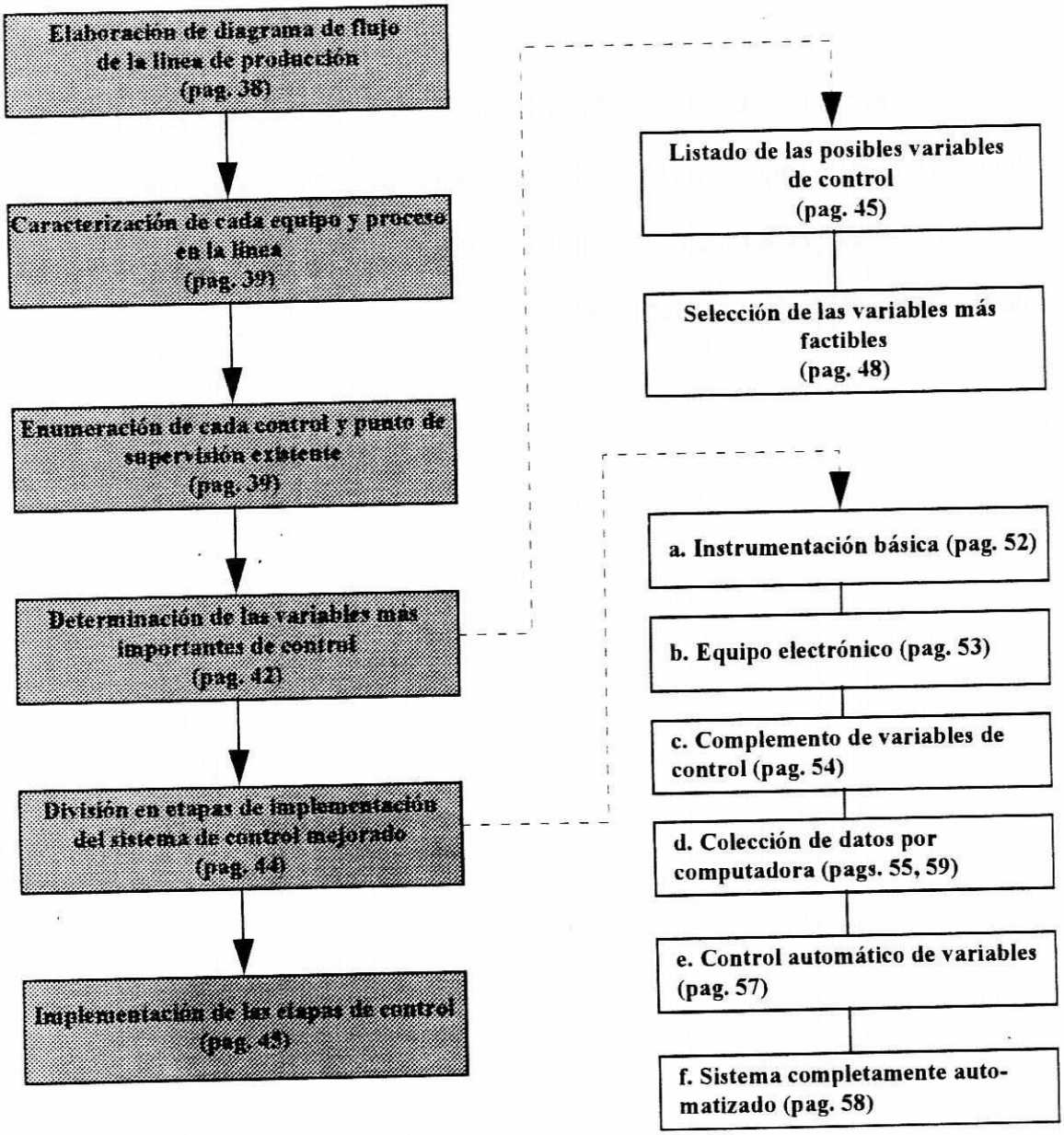
En el mercado hay disponibles instrumentos de lectura que sirven a su vez como interfase, entre el instrumento de medición y un sistema de adquisición de datos. Simplemente hay que estar seguro que efectivamente se está comprando un instrumento que tenga esta característica. La compatibilidad está bastante estandarizada, gracias a la popularización de las

computadoras personales (PC), por lo que en este sentido la elección no presenta mayores problemas. Simplemente hay que asegurarse de que el equipo sea compatible con el tipo de computadora que se posea o se pretenda comprar.

En el medio nacional, las PC compatibles con IBM son las computadoras más populares y de uso más extendido. Existen una gran cantidad de marcas y distribuidores de donde elegir. Es por eso que en el ejemplo manejado aquí se asume que la computadora disponible es una PC IBM compatible 486.

PROCEDIMIENTO GENERAL

Diagrama 3



C. Costos de Implementación: En esta parte se busca dar una idea de los costos aproximados que implica la implementación de cada etapa del sistema de control. Para ello, se utiliza el ejemplo trabajado hasta ahora, con todos los datos que se han agregado en cada una de las fases anteriores.

Este inciso se divide en dos partes: la primera es un cálculo más o menos detallado de cada fase, que muestra algunos criterios en la selección de equipo y sirve para formarse una idea de qué tan costosa es una etapa respecto a la otra. La segunda parte ejemplifica el ahorro que puede obtenerse al implementar un sistema de control, con lo que se busca justificar la inversión inicial requerida.

En ambos casos, se hace énfasis en costos de equipo, lotes de producción, etc. sin profundizar mucho en costos indirectos como lo son inversión en aprendizaje, papelería y documentación necesaria, etc., ya que esto es muy variable y depende de las condiciones específicas de cada empresa y proceso de producción.

1. Costos de implementación por etapa: Aquí se utiliza el ejemplo para dar una idea del peso relativo de cada etapa en la inversión total. Es importante hacer notar que los costos reales dependerán del equipo seleccionado. Existe una amplia gama de opciones, cada una con diferentes características y capacidades, así como de precios. La selección final depende de lo que requiera el proceso y del equipo que mejor se adapte a lo requerimientos de la gerencia o quien tome las desiciones.

Cuando se decide a invertir en el equipo es necesario estudiar todas las posibilidades. Muchos catálogos traen información técnica, descripción detallada sobre las características del

mismo y ejemplos de aplicaciones típicas lo que constituye una gran ayuda a la hora de decidir cuál es el que mejor se ajusta a los requisitos del proceso particular.

En este caso se usan valores medios y no se entra en mucho detalle sobre la selección, simplemente se utilizan las referencias técnicas de los catálogos de OMEGA® (14) entre otros, para determinar cual se adapta mejor al ejempo.

El criterio de selección, tal como se estableció en los incisos B.3 y B.4 (págs. 51 y 59) es que el equipo maneje la precisión y el intervalo requeridos, sea aplicable a las condiciones del proceso (ácidez, producto alimenticio, rangos de temperatura, etc.), sea compatible con el resto y permita adaptarse a los objetivos de la implementación.

Las siguientes tablas (págs. 67 y 68), muestran la distribución de costos por etapa (sólo equipo) y el gráfico 1 (pág. 69), compara los costos por etapa.

Esta distribución de costos puede variar fácilmente. Por ejemplo, si se adquiere equipo de medición con capacidad de control desde el principio, los costos de las etapas (b) y (c) aumentan. Esto reduce el costo de la etapa (f). Sin embargo, en este ejemplo se agrupan por fases para hacer resaltar que, independientemente de como se distribuya la compra e instalación del equipo, el que se incluye en la fase (f) es el más costoso.

Como ya se mencionó, se pueden lograr ahorros signficativos si se hace un estudio detallado de todas las opciones existentes. Teniendo claro que es lo qué se quiere al final, es posible distribuir más homogeneamente los costos de implementación.

Primera Etapa...

	Equipo	Costo ($)*	Costo (Q)***	Cantidad	Subtotal (Q)
A-14**	Termómetro (-20°C A 150°C)	$ 16.00	92.80	4	371.20
	Balanza Industrial	$ 250.00	1,450.00	1	1,450.00
	Manómetro diferencial	$ 25.00	145.00	1	145.00
D-10	Refractómetro (28%-62%)	$ 190.00	1,102.00	1	1,102.00
	Total...				**3,068.20**

Segunda Etapa...

	Equipo	Costo ($)*	Costo (Q)***	Cantidad	Subtotal (Q)
A-5	Termocopla (tipo J)	$ 45.00	261.00	4	1,044.00
A-78	Panel de medición[a]	$ 169.00	980.20	5	4,901.00
[a]A-81	Sensor óptico	$ 43.00	249.40	1	249.40
	Transductor de presión dif.	$ 50.00	290.00	1	290.00
	Total...				**6,484.40**

Tercera Etapa...

	Equipo	Costo ($)*	Costo (Q)***	Cantidad	Subtotal (Q)
	Cronómetro o med. de flujo	$ 20.00	116.00	2	232.00
B-3	Transductor para vacio y panel	$ 240.00	1,392.00	1	1,392.00
A-5	Termocopla (tipo J)	$ 45.00	261.00	1	261.00
	Panel de medición	$ 169.00	980.20	1	980.20
	Viscosímetro	$ 80.00	464.00	1	464.00
	Medidor de pH	$ 60.00	348.00	1	348.00
	Sensor óptico	$ 43.00	249.40	1	249.40
	Total...				**3,926.60**

Cuarta Etapa...

	Equipo	Costo ($)*	Costo (Q)***	Cantidad	Subtotal (Q)
	Computadora PC 486 DX	$ 1,800.00	10,440.00	1	10,440.00
E-39	Controlador lógico programable	$ 425.00	2,465.00	1	2,465.00
	Total...				**12,905.00**

Quinta Etapa...

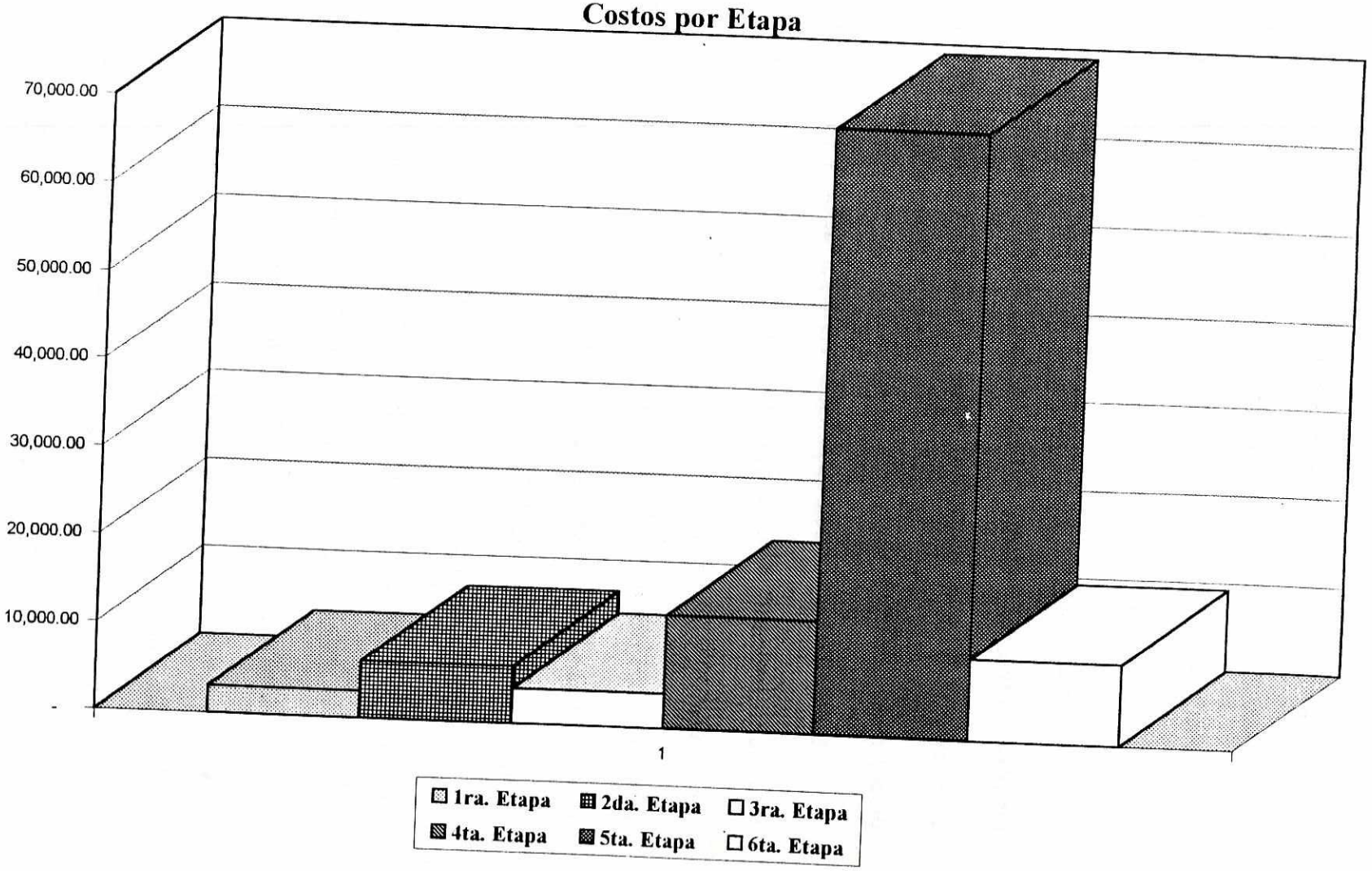
	Equipo	Costo ($)*	Costo (Q)***	Cantidad	Subtotal (Q)
A-97	Controlador de temperatura	$ 850.00	4,930.00	5	24,650.00
B-20	Válvula de control electrónica	$ 990.00	5,742.00	6	34,452.00
B-6	Controlador de presión (vacio)	$ 850.00	4,930.00	2	9,860.00
	Total...				**68,962.00**

Sexta Etapa...

	Equipo	Costo ($)*	Costo (Q)***	Cantidad	Subtotal (Q)
E-3	Software de Control	$ 995.00	5,771.00	1	5,771.00
	Accesorios de comunicación	$ 600.00	3,480.00	aprox. (var.)	3,480.00
	Total...				**9,251.00**
	Total de todas las etapas...				**104,597.20**

*** Precios en Dólares Estadounidenses.**
**** Referencia al catálogo de Omega (14)**
*****Tipo de cambio del día Q/$** 5.80

GRÁFICA No. 1
Costos por Etapa



2. Ahorros operativos optenidos por la implementación (ejemplo): Hacer un cálculo preciso de los beneficios obtenidos por implementar un sistema de control, requiere de un estudio detallado de una línea de producción real, con todo lo que esto conlleva.

Para mostrar más claramente los beneficios del procedimiento, sería más ilustrativo determinar la variación de la productividad con respecto a cada etapa. Esto en este caso, no es representativo pues esta variación es muy específica respecto a las condiciones particulares existentes en la línea de producción, donde se aplica el método (operarios, equipo y procedimiento existentes, etc.).

En este apartado se trata de justificar la inversión desde el punto de vista económico. Para ello se trabajará con la totalidad de la inversión requerida para implementar el sistema de control y se calcula en cuanto tiempo se recupera la misma, basandose únicamente en los costos directos de operación. Tampoco se consideran los costos indirectos como lo son horas-hombre necesarias en capacitación y puesta en marcha de los sistemas, por la misma razón que no permite hacer el estudio en detalle.

La idea es justificar la inversión total basándose en el ejemplo manejado. El método presentado en este trabajo trata de repartir la inversión en varias etapas y que los beneficios obtenidos en cada una de las mismas, sirvan de soporte para la implementación de las sucesivas. Si se puede justifica la inversión total, se estará haciendo lo mismo simultaneamente con la inversión requerida en cada etapa.

En los cuadros (págs. 72, 73), se resumen los cálculos realizados para estimar el tiempo de recuperación de la inversión en equipo de control. Se asume un 50% del costo del equipo como inversión en su implementación fisica (instalación, revisión, accesorios, etc.).

Se establece una curva de aprendizaje para el uso del nuevo sistema, basándose en los ahorros operativos estimados.

Como las perdidas sufridas en cada etapa afectan a las subsiguientes, se elaboró una matriz de pérdidas que muestra como la eficiencia de cada etapa va afectando el resultado final. Para los cálculos se trabajó con la pérdida máxima (última columna).

El costo por frasco de 375 ml terminado (frasco, contenido, etiqueta, tapa y sello), se asumió de Q 5.88 el cual incluye energía, depreciación del equipo, etc. No se incluye mano de obra en este precio. Se empleó un índice de 0.75 litros de producto terminado por kilogramo de tomate fresco (0.34 l/lb tomate).

Para mostrar el retorno de capital en la invesión en diversas circunstancias, se trabajaron dos conjuntos de condiciones: la primera es un lote de 226.8 kg (500 libras) de tomate por semana (nivel casi artesanal, poco personal, ya que hay sufiencente tiempo para que éstos puedan realizar varias funciones en el proceso); y la segunda, es un lote de 226.8 kg (500 libras) de tomate diarias (20 días al mes, requiere de la totalidad del personal -ver cuadros-, pues el trabajo es más intensivo).

En ambos casos se asumió que la eficiencia **por operación** mejora un 50% luego de implementar el nuevo sistema de control.

Condiciones iniciales...

Operación		Personal necesario	Tam. Lote	Unidad	% Pérdida
Escaldado	a	2	226.8	kg tomate	5.0%
Licuado o picado	b	1	226.8	kg tomate	1.0%
Tratamiento térmico	c	1	295.32	litros	5.0%
Filtrado (95%)	d	2	295.32	litros	0.5%
Evaporado (60%)	e	1	280.55	litros	5.0%
Saborizado	f	2	168.33	litros	2.5%
LLenado y sellado	g	4	449	frascos	2.0%
Enf. y Etiquet.	h	4	449	frascos	2.0%
Supervisores		3			
Totales...		20			

Condiciones finales...

Operación		Personal necesario	Tam. Lote	Unidad	% Pérdida
Escaldado	a	2	226.8	kg tomate	2.5%
Licuado o picado	b		226.8	kg tomate	0.5%
Tratamiento térmico	c	1	295.32	litros	2.5%
Filtrado	d		295.32	litros	0.3%
Evaporado	e	1	280.55	litros	2.5%
Saborizado	f	1	168.33	litros	1.3%
LLenado y sellado	g	2	449	frascos	1.0%
Enf. y Etiquet.	h	3	449	frascos	1.0%
Supervisores		1			
Totales...		11			

Porcentaje de mejora		50%
Sueldo operario	1,100.00	
Sueldo supervisor	1,500.00	

Matriz de perdidas por etapa (inicio)...

	a	b	c	d	e	f	g	h
a	215.46	215.46	215.46	215.46	215.46	215.46	215.46	215.46
b	215.46	213.31	213.31	213.31	213.31	213.31	213.31	213.31
c	280.55	277.75	263.86	263.86	263.86	263.86	263.86	263.86
d	280.55	277.75	263.86	262.54	262.54	262.54	262.54	262.54
e	266.52	263.86	250.67	249.41	236.94	236.94	236.94	236.94
f	159.91	158.31	150.40	149.65	142.16	138.61	138.61	138.61
g	426	422	401	399	379	370	362	362
h	426	422	401	399	379	370	362	355
Eficiencia	95%	94%	89%	89%	84%	82%	81%	79%

Matriz de perdidas por etapa (final)...

	a	b	c	d	e	f	g	h
a	221.13	221.13	221.13	221.13	221.13	221.13	221.13	221.13
b	221.13	220.02	220.02	220.02	220.02	220.02	220.02	220.02
c	287.93	286.49	279.33	279.33	279.33	279.33	279.33	279.33
d	287.93	286.49	279.33	278.63	278.63	278.63	278.63	278.63
e	273.54	272.17	265.37	264.70	258.08	258.08	258.08	258.08
f	164.12	163.30	159.22	158.82	154.85	152.91	152.91	152.91
g	438	435	425	424	413	408	404	404
h	438	435	425	424	413	408	404	400
Eficiencia	98%	97%	95%	94%	92%	91%	90%	89%

Ejemplo de cálculo de la matriz de pérdidas...

	a	b	c	d
a	**226.8*efic.(a)°**	igual a (a,a)	igual a (a,a)	igual a (a,a)
b	por rel. igual a (a,a)[a]	**(b,a)*efic.(b)**	igual a (b,b)	igual a (b,b)
c	(b,a)*factor[a]	(b,b)*factor[a]	**(c,b)*efic.(c)**	igual a (c,c)
d	por rel. igual a (c,a)	por rel. igual a (c,b)	por rel. igual a (c,c)	**(d,c)*efic.(d)**

[a] Ver relaciones de operación en el apéndice B (pag. 84)
° eficiencia = (1-% pérdida)/100; % pérdida por proceso (a-h)

BAJO VOLUMEN DE PRODUCCIÓN..

	Antes	Después	
Operarios	6	4	
Supervisores	2	1	
Sueldo Operario	1,100.00	1,100.00	14 Sueldos anuales
Sueldo Supervisor	1,500.00	1,500.00	226.8 kg de tomate/lote
Total Sueldos	134,400.00	82,600.00	52 lotes anuales
Costo pérdidas anuales	28,707.88	15,050.42	1/semanal
			5.80 Tasa de cambio
Inversión equipo	104,597.20		5.88 Costo frasco
Costo Implem. (50%)	52,298.60		
Ahorro anual sueldos	51,800.00		
Ahorro por pérdidas	13,657.46		
Total ahorros	**65,457.46**		

Curva de Aprendizaje

Año	%	Inversión	Ahorro operativo	FF	FFD 0.2	TNRI
0	0%	104,597.20	-	(104,597.20)	(104,597.20)	
1	50%	52,298.60	32,728.73	(19,569.87)	(16,308.22)	(120,905.42)
2	80%	-	52,365.97	52,365.97	36,365.26	(84,540.17)
3	100%	-	65,457.46	65,457.46	37,880.48	(46,659.69)
4	90%	-	58,911.72	58,911.72	28,410.36	(18,249.33)
5	85%	-	55,638.84	55,638.84	22,360.00	4,110.67
		156,895.80	265,102.72	108,206.92	4,110.67	

Resultados

Indice inflación (i)	20%
Años considerados	5
Valor presente neto (VPN)	4,110.67
Tasa neta de retorno (TNR)	0.52
Tiempo de retorno de inversión (años) (TNRI)	5
Tasa interna de retorno (5 años) (TIR)	21%

FF = flujo de fondos = ahorro operativo - inversión

FFD = flujo de fondos descontado = $FF/(1+i)^n$; n=año

ALTO VOLUMEN DE PRODUCCIÓN..

	Antes	Después	
Operarios	17	10	
Supervisores	3	1	
Sueldo Operario	1,100.00	1,100.00	14 Sueldos anuales
Sueldo Supervisor	1,500.00	1,500.00	226.8 kg de tomate/lote
Total Sueldos	324,800.00	175,000.00	240 lotes anuales
Costo pérdidas anuales	132,497.91	69,463.47	1/diario
			5.80 Tasa de cambio
Inversión equipo	104,597.20		5.88 Costo frasco
Costo Implem. (50%)	52,298.60		
Ahorro anual sueldos	149,800.00		
Ahorro por pérdidas	63,034.44		
Total ahorros	**212,834.44**		

Curva de Aprendizaje

Año	%	Inversión	Ahorro operativo	FF	FFD 0.2	TNRI
0	0%	104,597.20	-	(104,597.20)	(104,597.20)	
1	50%	52,298.60	106,417.22	54,118.62	45,098.85	(59,498.35)
2	80%	-	170,267.55	170,267.55	118,241.36	58,743.01
3	100%	-	212,834.44	212,834.44	123,168.08	181,911.09
4	90%	-	191,551.00	191,551.00	92,376.06	274,287.15
5	85%	-	180,909.27	180,909.27	72,703.38	346,990.53
		156,895.80	861,979.49	705,083.69	346,990.53	

Resultados

Indice inflación (i)	**20%**
Años considerados	**5**
Valor presente neto (VPN)	**346,990.53**
Tasa neta de retorno (TNR)	**44.23**
Tiempo de retorno de inversión (años) (TNRI)	**2**
Tasa interna de retorno (5 años) (TIR)	**107%**

FF = flujo de fondos = ahorro operativo - inversión

FFD = flujo de fondos descontado = $FF/(1+i)^n$; n=año

VIII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El tema central de este trabajo consistió en desarrollar un procedimiento para implementar un sistema de control por etapas en una línea de producción.

Partiendo del estado actual de la línea de producción, se estructuró una secuencia que va desde el análisis de la misma, hasta completar la instalación de un sistema completamente controlado por ordenadores.

El método se elaboró basándose en las características existentes en gran parte de la industria guatemalteca, que afectan desde el punto de vista de control de procesos, especialmente a nivel de pequeña y mediana industria. Se explicaron las actividades necesarias en cada una de sus etapas y se empleó una línea de producción de salsas de tomate saborizadas para ejemplificar estas actividades.

La falta de personal capacitado en muchas empresas, así como la carencia de políticas administrativas de mejoramiento continuo en los procesos productivos, hace que se dificulte aplicar directamente en el medio nacional, métodos existentes en la literatura para mejorar el control y monitoreo de procesos. Además, muchos se obtienen de bibliografía técnica manejada en países que se mantienen a la vanguardia en esta área, en condiciones diferentes a las existentes localmente.

La línea de producción diseñada, permitió ilustrar lo que se pretendía en cada paso. Sin embargo, no se entró en muchos detalles operativos de la misma, pues el objetivo principal era

desarrollar un procedimiento general, aplicable a cualquier línea de producción. El fin de esta línea especificamente era "aplicar" el procedimiento en cada una de sus fases.

En este trabajo se parte del análisis y estudio de las características operativas de la línea de producción sobre la que se aplica el procedimiento (diseño de la línea pág. 31). Este paso es básico para obtener buenos resultados, ya que sereducen significativamente las pérdidas de tiempo y recursos en la implementación. De no hacerlo, la optimización tendría que realizarse exclusivamente en base a prueba y error.

A veces pareciera que la misma información se repite en un inciso y en otro, pero esto se hizo con el objeto de que en cada paso quedara bien claro como se iba manejando la información. Además, si se estudia con cuidado, se observa como se modifica el enfoque en base a lo tratado en cada subtítulo.

Por otra parte, se realizó una explicación lo más detallada posible en cada paso. Esto se debe a que se pretende que este documento sea manejado a nivel de gerencia y mandos medios (todo aquel personal que tenga capacidad de decisión dentro de la empresa), para "convencerlos" de la importancia de cada etapa y de la forma en que debe ser manejada. Además, presenta una base de discusión para que el procedimiento se pueda enriquecer o modificar en base a las características y condiciones particulares existentes en la planta que lo vaya a aplicar.

Como la principal fuerza impulsora de todo cambio dentro de una empresa es incrementar la ganancia, se hizo la justificación económica para la línea ejemplo, basándose en la inversión "teórica" total necesaria para implementar el sistema completo. Se especificaron las limitaciones del cálculo, pero aún así, se muestran claramente los beneficios económicos

obtenibles por mejorar el sistema de control, sin incluir otros de más dificil medición como lo son una calidad estable, personal más consiente de su función y con mejores herramientas de trabajo, historial más completo y preciso sobre el proceso productivo, etc.

El monto real de los beneficios obtenidos por mejorar el sistema de control y medición es directamente proporcional a los volúmenes de producción manejados. A mayor volumen, más impresionantes son los beneficios obtenidos.

Por esta razón, en el ejemplo se manejaron dos volúmenes de producción: uno pequeño (500 libras semanales de tomate) y otro de mayor tamaño (500 libras diárias). Esto se debió a que, en primer lugar, este trabajo está más dirigido a apoyar a la pequeña y mediana industria, cuyos volúmenes de producción en muchos casos no son muy altos y en segundo lugar, para mostrar que aún manejando volúmenes pequeños se obtienen beneficios significativos.

Con esto se trata de romper la creencia que un buen sistema de control debe implementarse hasta que se posean volúmenes de producción demasiado grandes.

Aunque sólo se trabajó con los dos conjuntos de condiciones mencionadas anteriormente, utilizando el modelo de cálculo, el cual se realizó en una hoja electrónica (los modelos de cálculo se encuentran el el apéndice B), se puede observar como modificando las condiciones (cantidad de personal, volúmenes de producción, eficiencias por etapa, etc.) cambian los ahorros obtenibles, el tiempo de recuperación de la inversión, etc. En esta hoja pueden alimentarse los datos reales de un proceso y evaluar que tan rentable será la inversión prevista. Probarla extensivamente queda fuera de los alcances del presente trabajo.

En el modelo de cálculo, se abordaron los ahorros a obtener desde dos puntos de vista: por la reducción de pérdidas por producto defectuoso o errores de operación y por la reducción en el personal necesario para operar correctamente el proceso.

Con este procedimiento no se busca eliminar de entrada personal para sustituirlo por instrumentos. Mas bien, se trata de involucrar al mismo en el mejoramiento de los procesos y, conforme esto se logre, se pueden reasignar funciones o trasladarlos a otros puestos de trabajo. Por otra parte, se trata de darle flexibilidad a la Gerencia para que implemente los cambios al ritmo que ésta considere más adecuado permitiendo a su vez, ir evaluando y capacitando sobre la marcha a su personal.

El empleo de una línea de producción como la manejada en el ejemplo, permitió ilustrar varias cosas. En primer lugar que independientemente del grado de complejidad del proceso y de que tan común sea éste, siempre hay oportunidades de mejorarlo aumentando su eficiencia. En segundo lugar, se mostró que al decir que se va automatizar esto no implica que absolutamente todo tiene que quedar instrumentado, hay operaciones que por sus características siempre requerirán de supervisión exclusivamente humana, tal es el caso del sabor final de la salsa. Y en tercer lugar, se vio que cuando se dice que se va mejorar un sistema de control, esto no significa necesariamente que se va a comprar lo último o lo más sofisticado en lo que a control se refiere; instrumentación muy sencilla (termómetros y manómetros en este caso) permiten crear la base de sistemas más completos.

En los incisos de selección de equipo se mostró que, gracias al avance de la electrónica en los últimos tiempos, ya no es necesario poseer conocimientos tan profundos sobre los principios que rigen los sistemas de control como se requería antes. Esto ha simplificado

grandemente la adquisición, aplicación al proceso y uso de equipo sofisticado, pues éste ya está más dirigido a usuarios no tan expertos y aún principiantes en este campo. Con un buen conocimiento de que es lo que se quiere, las características de la aplicación (condiciones ambientales y de operación), rangos y precisión requerida, etc., se puede adquirir con bastante certeza el equipo más adecuado. Los catálogos y el soporte ofrecido por los distribuidores también se constituyen en una valiosa ayuda en esta tarea.

IX. CONCLUSIONES

1. El primer paso en una implementación exitosa en este medio, es realizar un estudio intensivo de las características operativas del proceso a controlar.
2. La implementación gradual de actividades de control cada vez más complejas permiten capacitar al personal y al mismo tiempo mejorar el sistema de control de procesos existente, ayudando a superar el problema de la falta de personal permanente capacitado a nivel técnico en la mayoría de plantas de la pequeña y mediana industria guatemalteca.
3. El procedimiento maestro mostrado en el presente trabajo,aprovecha el nivel actual de la electrónica y el software que permite adaptar relativamente fácil al medio, los últimos avances en sistemas de control basados en ordenadores.
4. Implementar un sistema de control es justificable desde el punto de vista económico, aún manejando volúmenes de producción relativamente pequeños (como muestra el ejemplo trabajado, que tanto para un volumen de producción de 226.8 kg de tomate por semana como para una de 226.8 kg diarios, se obtienen tiempos de recuperación de la inversión menores a 5 años para una misma inversión inicial).
5. Se pueden lograr mejoras significativas en el control de un proceso con instrumentación muy sencilla siempre que esta sea utilizada correctamente dentro de un procedimiento bien definido.

6. El procedimiento de implementación aquí desarrollado, es aplicable a cualquier línea de producción, independientemente del tipo de proceso (alimenticio, químico, etc.).
7. Se requiere de estudios de campo detallados para determinar la eficacia real de cada etapa ante diversas condiciones.

X. RECOMENDACIONES

1. Involucrar al personal en el proceso de implementación, para capacitarlo sobre la marcha y aprovechar al máximo este procedimiento de implementación.
2. Trabajar en la primera etapa con una variable a la vez, para asegurar la asimilación del método y de la forma de trabajo.
3. Hacer un diagrama de flujo por linea de producción y realizar consultas e investigación para obtener una descripción operativa detallada de cada uno de sus componentes.
4. Consultar catálogos de proveedores de equipo de medición y control para conocer las opciones existentes y los criterios de selección empleados en los mismos.
5. Hacer una evaluación económica de las pérdidas que se tiene por producto defectuoso o por bajas eficiencias de producción, para estimar el monto de la inversión justificable para corregir estos problemas.
6. Distribuir el presente documento, para evaluar sobre casos reales y bajo diversas condiciones, la eficacia del procedimiento propuesto, ya que esto constituye de por sí, un área extensa de trabajo.
7. Involucrar a los niveles gerenciales y mandos medios (personal con capacidad de decisión dentro del proceso de producción) para que éstos lo adapten a sus necesidades. También se requiere el apoyo de personal técnico.

BIBLIOGRAFÍA

1. International Trade Centre UNCTAD/GATT. 1986. **Total Quality Control at Enterprise Level, a Requisite for Successful Export Trade of Developing Countries.** Geneva, Suiss.

2. Duncan, A.J. 1989. **Control de Calidad y Estadística Industrial.** Ediciones Alfaomega, S.A. México.

3. Gould, W.A. 1983. **Tomato Production, Processing and Quality Evaluation.** Avi Publishing Company Inc., 2th edition, Connecticut USA.

4. Clarke, R.J. 1957. **Process Engineering in the Food Industries.** Clark Heywood & Company Ltd. London.

5. **Acuerdo General sobre Aranceles Aduaneros y Comercio, su Estructura, sus Actividades.** Documento informativo. 1977. Suiza.

6. Diario de Centro América. 30 de Julio de 1991. Decreto 64-91, Congreso de la República de Guatemala. **Aprobación del Protocolo de Adhesión de Guatemala al GATT.**

7. Diario de Centro América. 7 de Octubre de 1991. Ministerio de Relaciones Exteriores. **Protocolo de Adhesión de Guatemala al GATT**

8. Stanton, B.D. 1982. **Reduce Problems in New Control System Desing.** Hydrocarbon Precessing, August:67-70.

9. Sivasubramanina, R. & W.V. Penrod. 1990. **Computer Control for Third World Countries: Fantasy or Reality?** Hydrocarbon Processing, August:84-C.

10. Gordon, L.W. 1983. **Basic Concepts, Terminology and Techniques for Process Control.** Chemical Engineering, May 30·58-66.

11. Snyder, D.R. 1989. **Understanding Distributed Control.** Chemical Engineering, May:87-89.

12. Held, F.H., L. De la Roca. 1994. **Estudio del Sector Metal-Mecánico en Guatemala.** ICAITI.

13. Kirk-Othmer. 1961. **Enciclopedia de Tecnología Química.** Unión Tipográfica Editorial Hispano Amerciana. México.

14. **Omega Complete Specifiaction Sheet Handbook Supplement™, Volume 28.** 1993. Omega Engineering, INC. USA.

15. Padilla Lira, Arturo. 1994. **Las Pequeñas y Medianas Empresas Industriales de Guatemala y el Funcionamiento de los Mercados.** CEPAL (Comisión Económica para Amèrica Latina y el Caribe). México.

16. Kennedy, R.H. 1983. **Selecting Temperature Sensor.** Chemical Engineering. August 8: 54-71.

17. Horwitz, B.A. 1980. **The Mathematics of Discounted Cash Flow Analysis.** Chemical Engineering May 19: 169-174.

18. Ward, T.J. 1989. **Estimate Profitability Using Net Return Rate.** Chemical Engineering March: 151-155.

19. Brassard, M. 1989. **The MemoryJogger Plus.** Goal/QPC. USA.

APÉNDICE

A. TÉRMINOS ÚTILES

Analógico: Es aquel dispositivo (sensor) que guarda proporción o relación entre la medición (entrada) y la señal (salida) que produce. Ejemplo: Termocopla (relación entre temperatura y fem). Se necesita de otro dispositivo que transforme la señal a digital para que pueda ser procesada por la computadora.

Control derivativo: Se basa en el principio de que el controlador debe responder también a la tasa de cambio de la medición.

Control encendido/apagado (on/off): Es la forma más sencilla de equipos de control. Tiene dos posiciones unicamente: Encendido y apagado, totalmente abierto o cerrado, etc.

Control integral: Se basa en el principio de que la respuesta del controlador debe ser proporcional tanto al tamaño como a la duración del error.

Control por adelantado: Es aquel sistema de control en que las señales son generadas a partir de los valores de las variables de carga según estos afecten el proceso.

Control por retroalimentación: Sistema de control que genera las señales en base a la diferencia entre la medición del valor actual y el de referencia para un proceso dado.

Control proporcional: Se basa en el principio de que el tamaño de la respuesta del controlador debe proporcional al tamaño del error.

Curva de aprendizaje: Es una función que relaciona el tiempo que tarda el personal en aprender a utilizar correctamente nuevo equipo, procesos, etc. y los beneficios obtenidos de esta implementación.

Digital: Es aquel sensor que transforma la medición (entrada) en un código numérico (binario, hexagesima, etc.) enviando su señal de esta forma. Esta señal puede ser usada directamente por la computadaora.

Flujo de efectivo o de fondos (FF): Son los movimientos de "efectivo" generados por una inversión dentro del tiempo de vida estimado del proyecto. Es la diferencia entre los ingresos y los egresos.

Flujo de fondos descontado (FFD): Es un flujo de efectivo que toma en cuenta el valor del dinero respecto al tiempo. El descuento evalua el flujo de fondos en una misma base.

Factor de descuento = $1/(1+i)^n$ i= tasa de interés empleada..
n= año en que el interés es calculado.

Hardware: Son los componentes físicos de un sistema de cómputo. Ejemplo: La computadora, impresora, tarjetas, dispositivos auxiliares, etc.

Interfase: En computación, dispositivo que pemite a la computadora conectarse y comunicarse con otros equipos. Ejemplo: Impresoras, sensores, etc.

Puerto de comunicación serial: Interfase estándar de las computadoras PC que sirve para conectar otros dispositivos (impresoras, plotters, etc.).

Software: Programas y documentación que capacitan a un sistema de cómputo a operar y realizar tareas específicas.

Tasa interna de retorno (TIR): Es el valor de "i" (interés) que hace al VPN igual a cero en el periódo de tiempo considerado. A mayor TIR, más rentable esl el proyecto.

Tasa neta de retorno (TNR): Es un porcentaje que relaciona al VPN con la inversión realizada y el tiempo de vida estimado del proyecto.

TNR = VPN/(inversión*duración del proyecto) * 100

La TNR es el valor del porcentaje de retorno anual de la inversión más la ganancia obtenida en el periódo considerado. A mayor TNR, más rentable es el proyecto.

Termocopla: Par de conductores hechos de diferentes metales o aleaciones unidos en ambos extremos, uno donde se toma la temperatura de interés y el otro donde se hace la medición. Una fuerza electromotriz (fem) se produce en función de la diferencia de temperaturas entre las dos uniones. (16)

Tiempo neto de retorno de inversión (TNRI): Es el número de años necesarios para pagar la inversión. Es el número de años necesarios para que el flujo de fondos descontado acumulativo sume cero. A menor TNRI más atractivo es el proyecto (menor tiempo de pago de la inversión). (17, 18)

Transductor: Dispositivo que transforma una forma de energía en otra. Ejemplo: transductor de presión que convierte una medida de presión en una señal eléctrica.

Valor presente (VP): Es el valor resultante cuando al FF se le aplia el factor de descuento.

$VP= FF/(1+i)^n$

Valor presente neto (VPN): Es un criterio de factibilidad económica que consiste en la suma de valores presentes del flujo de fondos sobre un periódo de tiempo dado (generalmente el tiempo estimado de vida del proyecto) a una tasa específica de interés (retorno de inversión). A mayor VPN más rentable es el proyecto.

$$VPN = FFo + FF1/(1+i) + \ldots + FFn/(1+i)^n$$

Windows™: Sistema operativo de computadora que utiliza un ambiente gráfico por medio de "ventanas" para ejecutar programas y paquetes de software compatibles. Este sistema se ha popularizado rápidamente por ser bastante amistoso con el usuario (fácil de utilizar).

B. MODELOS DE CÁLCULO

Relación de materia entre procesos:

kilogramos de tomate * 0.75 litros/kg = litros de salsa saborizada.
Litros de salsa saborizada * 1000/375 = No. de frascos envasados y sellados.
Litros salsa a concentrar = litros salsa saborizada / 0.60
Filtrado = litros a concentrar / 0.95

Ideal: kilogramos (libras) tomate escaldado = kilogramos (libras) a licuar o picar.
litros en tratamiento térmico = litros a filtrar.

Matriz de pérdidas:

a) Escaldado = 226.8 kg * % pérdidas (a)/100 (ver hojas de cálculo)
b) Licuado = escaldado * % pérdidas (b)/100
c) Tratamiento térmico = licuado * % pérdidas (c)/100 * 0.75/(0.6*0.95)
d) Filtrado = trat. térmico * % pérdidas (d)/100
e) Evaporado = filtrado * 0.95 * % pérdidas (e)/100
f) Saborizado = evaporado * 0.6 * %pérdidas (f)/100
g) Llenado y sellado * saborizado * 1000/375 * % pérdidas (g)/100
h) Enfriamiento y etiquetado = llenado y sellado * % pérdidas (h)/100

Eficiencia:

Eficiencia = No. frascos obtenidos (fila h) / frascos teóricos ideales (449)

Ahorros obtenibles e inversión necesaria:

Sueldos anuales = salario * 14

Pérdidas anuales = (frascos teóricos(449) - frascos obtenidos(hh)) * Q5.88 * No. Lotes (52 o 240)

Inversión equipo = Total inversión ($) * tasa de cambio (5.80)

Costo de implementación = inversión equipo *0.5

Ahorro anual sueldos = sueldos antes - sueldos después

Ahorro pérdidas anuales = pérdidas antes - pérdidas después

Ahorro total = ahorro sueldos + ahorro pérdidas anuales.

Curva de aprendizaje y flujo de fondos:

Curva de aprendizaje = % eficiencia (arbitrario) * ahorro operativo (por año).

FF = ahorro operativo - inversión

$FFD = FF/(1+i)^n$ n= años; i= 0.2 (arbitrario aprox. tasa bancaria)

Tiempo de retorno = número de años cuando $\sum FFD = 0$

$VPN = \sum FF/(1+i)^n$ n= 5 años (arbitrario)

TNR = VPN/(inversión * n (5 años)) * 100

TIR = interés (i) que hace el VPN = 0 (en n = 5 años).