

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS
SUPERIORES DE MONTERREY

CAMPUS MONTERREY

DIVISION DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
PROGRAMA DE GRADUADOS EN INGENIERIA



TECNOLÓGICO
DE MONTERREY.

METODOLOGIA PARA LA AUTOMATIZACION
DE PROCESOS EN LA PEQUENA Y
MEDIANA EMPRESA

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS
ESPECIALIDAD EN AUTOMATIZACION

POR:

JUAN FLORES PELCASTRE

MONTERREY, N. L.

DICIEMBRE DE 2005

**INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS
SUPERIORES DE MONTERREY**

CAMPUS MONTERREY

DIVISION DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

PROGRAMA DE GRADUADOS EN INGENIERIA



**TECNOLÓGICO
DE MONTERREY®**

**METODOLOGIA PARA LA AUTOMATIZACION
DE PROCESOS EN LA PEQUEÑA Y
MEDIANA EMPRESA**

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE:**

**MAESTRO EN CIENCIAS
ESPECIALIDAD EN AUTOMATIZACION**

POR:

JUAN FLORES PELCASTRE

MONTERREY, N. L.

DICIEMBRE DE 2005

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY

CAMPUS MONTERREY

**DIVISIÓN DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
PROGRAMA DE GRADUADOS EN INGENIERIA**



**TECNOLÓGICO
DE MONTERREY.®**

**METODOLOGIA PARA LA AUTOMATIZACION DE PROCESOS EN LA
PEQUEÑA Y MEDIANA EMPRESA**

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE:**

**MAESTRO EN CIENCIAS
ESPECIALIDAD EN AUTOMATIZACIÓN**

POR:

JUAN FLORES PELCASTRE

MONTERREY, N.L

DICIEMBRE DE 2005

Dedicatoria

A mi mamá Gloria, por su ejemplo de trabajo, amor incondicional y cariño...

A mi papá Francisco, por su entrega a sus hijos y su responsabilidad...

A mi hermano Gabriel, porque nunca estuve solo en Monterrey, no hay ejemplo más grande que el tuyo...

A mi hermana Rayito, por todo ese cariño y amor. Por darme siempre una razón para superarme...

A todos mis amigos de Monterrey con los que compartí tantas y tantas cosas....

Reconocimientos

Al Dr. Carlos Narváez por su apoyo incondicional para el desarrollo de este trabajo de tesis, así como por la transmisión de conocimientos y consejos, no solo lo profesional, también en la vida.

A mis sinodales, por su colaboración en este trabajo de tesis.

A mis compañeros de la maestría especialmente a Sheyla Aguilar, Pablo Ordóñez, Julio César Avila y Luis Carlos Félix. Muchas gracias por su sincera amistad.

Índice General

Reconocimientos	iv
Índice de Figuras	viii
Índice de Tablas	viii
Antecedentes	x
Objetivo	x
Justificación	x
Breve descripción de los capítulos	x
Metodología propuesta	xi
Resumen	xii

Capítulo 1 NORMAS EN LA INDUSTRIA ALIMENTICIA

1.1 Introducción.....	1
1.2 Normas en la Industria Alimenticia.....	1
1.3 Definiciones.....	1
1.4 Disposiciones para el personal.....	1
1.5 Materiales.....	3
1.5.1 Mantenimiento.....	3
1.5.2 Recomendaciones específicas para un buen mantenimiento sanitario del equipo para productos alimenticios.....	4
1.6 Conclusiones.....	5

Capítulo 2 AUTOMATIZACIÓN DE BAJO COSTO (ABC)

2.1 Introducción.....	6
2.2 Definiciones de automatización de bajo costo (ABC).....	7
2.3 Conceptos Básicos de Control Automático.....	7
2.3.1 Definiciones.....	7
2.3.1.1 Elementos básicos de un sistema en lazo cerrado.....	8
2.3.1.2 Elementos básicos de un sistema en lazo abierto.....	10
2.4 Características básicas de la automatización de bajo costo.....	11
2.5 Implicaciones socio-económicas de la automatización de bajo costo.....	12
2.6 Ventajas de la automatización de bajo costo en diferentes áreas de impacto de los sistemas de producción.....	13
2.7 Consideraciones importantes para implementar ABC.....	14
2.8 Conclusiones.....	15

Capítulo 3 ¿CÓMO AUTOMATIZAR LOS PROCESOS?

3.1 Introducción.....	16
-----------------------	----

3.2	Análisis preliminar del proceso.....	16
3.2.1	Factibilidad técnica.....	16
3.2.2	Planteamiento de Objetivos.....	16
3.3	Entendimiento del proceso.....	17
3.4	Ejemplos de análisis funcional.....	18
3.4.1	Descripción del proceso actual.....	18
3.4.2	Aspectos Operativos.....	20
3.4.3	Aspectos Teóricos.....	21
3.5	Objetivos de la automatización.....	23
3.6	¿Es el proceso automatizable?.....	23
3.7	Proceso de obtención de cristales en la industria alimenticia.....	25
3.8	Conclusiones.....	28

Capítulo 4 SELECCIÓN DEL EQUIPO

4.1	Introducción.....	30
4.2	Los instrumentos en el lazo de control.....	30
4.2.1	El bloque de control.....	31
4.2.2	Actuadores.....	32
4.2.3	Medidores.....	32
4.3	Metodología de selección de instrumentos para automatización.....	33
4.3.1	Características y especificaciones para las variables de control, monitoreo y manipulación.....	34
4.3.2	Características y especificaciones técnicas para controladores.....	38
4.5	Conclusiones.....	41

Capítulo 5 SELECCIÓN DE PROVEEDORES

5.1	Introducción.....	42
5.2	Selección de proveedores.....	42
5.3	Factores importantes en la selección del proveedor.....	43
5.3.1	Factores estratégicos.....	43
5.3.2	Factores programáticos.....	44
5.3.3	Factores operativos.....	45
5.4	Cotizaciones.....	45
5.5	Caso de estudio selección de proveedores.....	48
5.6	Conclusiones.....	50

Capítulo 6 SUPERVISION DE LA AUTOMATIZACION

6.1	Introducción.....	52
6.2	Control Supervisorio Humano.....	52
6.3	El correcto manejo de la información.....	52
6.4	Conclusiones.....	55

Capítulo 7 CONCLUSIONES

7.1	Conclusiones y recomendaciones para trabajos posteriores.....	56
-----	---	----

Apéndice A Norma Oficial Mexicana	57
Apéndice B Tabla V de la metodología de selección	69
Bibliografía	71

Índice de Figuras

2-1 Diagrama de bloques de un sistema de control en lazo cerrado.....	8
2-2 Sistema de control en lazo cerrado de la temperatura de una habitación.....	9
2-3 Sistema de control en lazo cerrado del nivel de líquido en un tanque.....	9
2-4 Diagrama de un sistema de control de nivel de líquido autónomo.....	10
2-5 Diagrama de bloques de un sistema de control en lazo abierto.....	10
3-1 El análisis funcional engloba los aspectos prácticos y teóricos del entendimiento de un proceso.....	18
3-2 Diagrama de bloques de la elaboración del dulce de leche.....	20
3-3 Diagrama de elaboración de un proceso de dulce automatizado.....	24
3-4 Diagrama de elaboración de un proceso de obtención de cristales automatizado....	28
4-1 Diagrama de bloques de un sistema de control en lazo cerrado.....	30
4-2 Diagrama de bloques de un sistema de control en lazo cerrado. Detalle en controlador.....	31
4-3 Diagrama de bloques de un sistema de control en lazo cerrado. Detalle en actuador.....	32
4-2 Diagrama de bloques de un sistema de control en lazo cerrado. Detalle en el bloque de medición.....	33

Índice de Tablas

Tabla 3.1 Especificaciones microbiológicas para dulces de leche.....	22
Tabla 4.1a Características y especificaciones a considerar para variables de monitoreo y control para el proceso de fabricación de dulces.....	34
Tabla 4.1b Características y especificaciones a considerar para variables de monitoreo y control para el proceso de elaboración de cristales.....	36
Tabla 4.2a Características y especificaciones a considerar para variables de manipulación para el proceso de fabricación de dulces.....	37
Tabla 4.2b Características y especificaciones a considerar para variables de manipulación para el proceso de elaboración de cristales.....	38
Tabla 4.3a Características y especificaciones a considerar para controladores para el proceso de fabricación de dulces.....	39
Tabla 4.3b Características y especificaciones a considerar para controladores para el proceso de elaboración de cristales.....	40
Tabla 5.1 Reporte para los instrumentos de medición, monitoreo y manipulación seleccionados.....	47
Tabla 5.2 Reporte para los controladores seleccionados.....	47
Tabla 5.4 Tabla comparativa entre distribuidores.....	50
Tabla 5.1a Reporte para los instrumentos de medición, monitoreo y manipulación seleccionados.....	69
Tabla 5.1b Reporte para los controladores.....	69

Introducción General

Antecedentes.

La innovación tecnológica y los procesos de producción debidamente automatizados han creado un diferencial muy significativo entre las tecnologías que se usan en los países desarrollados y los subdesarrollados.

Este diferencial puede ser subsanado por los países en desarrollo mediante la aplicación de estrategias de automatización de bajo costo; encontrando el lugar más adecuado de aplicación de las tecnologías existentes y la participación del recurso humano de la compañía, para incrementar su productividad y proveer de mejores posiciones para la explotación de mercados y la exportación. Estas perspectivas van directamente enfocadas a empresas de recursos limitados y con relativos bajos niveles de tecnologías.

Objetivo.

Desarrollar una metodología para automatizar pequeñas y medianas empresas enfocada al pequeño y mediano empresario mexicano, mediante la utilización de un lenguaje claro y sencillo así como de casos de estudio en la industria alimenticia.

Justificación.

La problemática actual nos sitúa en un contexto en el cual, ante la inminente necesidad de mejorar procesos, se opta por automatizarlos y en donde existe poca información al respecto, no existe una metodología accesible y en algunos casos no existen proveedores confiables de servicios de automatización.

Es primordial tener una metodología accesible y confiable, al momento de tomar la decisión de automatizar. Actualmente, existen trabajos previos realizados por otros estudiantes de maestría en automatización [4] y [5], los cuales tienen un enfoque muy similar a la tesis propuesta. Sin embargo, estos enfoques son complejos de entender para la mayoría de los dueños de las empresas, ya que metodología y el lenguaje que se usa dentro de estos trabajos, está dirigido a estudiantes de ingeniería de últimos semestres o a estudiantes de postgrado, por lo que el problema sigue sin atacarse de fondo.

Breve descripción de los capítulos.

En el capítulo 1 se introduce a las normas que deben conocerse como parte del proceso de automatización.

En el capítulo 2 se detalla el concepto de automatización a bajo costo (ABC) sus beneficios y consideraciones a la hora de implementarla. Además se analiza la teoría básica de control.

En el capítulo 3 se muestra la manera de automatizar los procesos, realizando primeramente un análisis funcional completo y posteriormente un análisis de

factibilidad técnica para conocer cuales procesos son sujetos de automatización. Se muestra mediante casos de estudio prácticos las adecuaciones que se realizan a procesos altamente artesanales para que sean sujetos de automatización.

En el capítulo 4 se continúa con la metodología y se muestra la manera de seleccionar adecuadamente los instrumentos y el equipo de control.

El capítulo 5 trata acerca de los aspectos importantes a considerar al seleccionar un proveedor de servicios de automatización.

El capítulo 6 trata lo correspondiente a la supervisión de la automatización y el manejo de la información.

El capítulo 7 contiene las conclusiones de este trabajo.

Apéndices:

El apéndice A presenta las Normas Oficiales Mexicanas en la Industria Alimenticia.

El apéndice B presenta las tablas 5.1 *Reporte para los instrumentos de medición, monitoreo y manipulación* seleccionados y 5.2 *Características y especificaciones técnicas para controladores*.

Metodología propuesta.

La metodología que se desarrolla a lo largo de esta tesis se muestra a manera de diagrama de bloques en la figura siguiente:

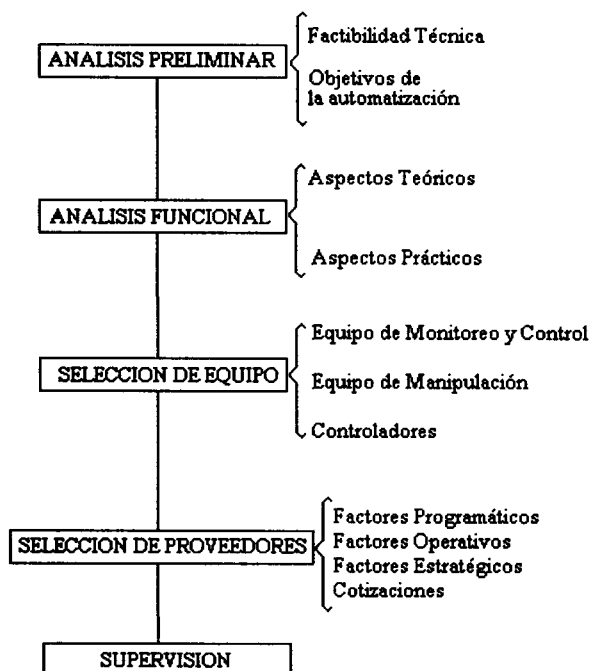


Figura A. Metodología propuesta

Metodología para la automatización de procesos en la pequeña y mediana empresa.

Por

Juan Flores Pelcastre

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey

Campus Monterrey

Asesor de Tesis: Dr. Carlos Narváez Castellanos.

Resumen

La tendencia mundial hacia la globalización de mercados coloca a la industria mexicana, especialmente a la pequeña y mediana empresa, en un entorno nuevo y cambiante. En este contexto, la condición fundamental para alcanzar el éxito es la competitividad de sus productos y servicios, así como su eficiencia operativa. La automatización es una técnica que puede ser usada para reducir costos y/o mejorar la calidad y al mismo tiempo incrementar la velocidad de manufactura. Mucho se ha realizado al respecto, sin embargo estos trabajos tienen un enfoque académico, sin tomar en cuenta las verdaderas necesidades del pequeño y mediano empresario. Este trabajo propone una metodología validada en aplicabilidad por pequeños y medianos empresarios, en un lenguaje claro y sencillo, la cual sirva de apoyo para las necesidades y la toma de decisiones de las empresas durante el proceso de automatización.

Capítulo 1

Normas en la Industria Alimenticia

1.1 Introducción.

En este capítulo se mencionan las normas alimenticias que deben conocerse y aplicarse en la manufactura de alimentos, además se citan los aspectos prácticos de la norma más importantes que deben aplicarse al momento de automatizar.

1.2 Normas en la industria alimenticia.

La norma Mexicana que regula la manufactura de los alimentos en general es la *Norma Oficial Mexicana NOM-120-SSA1-1994, Bienes y servicios. Prácticas de higiene y sanidad para el proceso de alimentos, bebidas no alcohólicas y alcohólicas*, además esta norma esta apoyada por el *Manual de Buenas Prácticas de Higiene y Sanidad*. La norma oficial se presenta completa en el Anexo I de este trabajo de tesis.

Es importante conocer las regulaciones escritas en la norma para los alimentos, muchas veces se realizan productos alimenticios sin estar enterados de la existencia de estas regulaciones. La manufactura alimenticia requiere de consideraciones especiales tanto en el manejo de la materia prima, personal que labora en la planta, materiales de producción, instalaciones, etc. Si se desea automatizar un producto alimenticio, un objetivo primordial es cumplir con la norma. La norma esta desglosada en secciones, en cada sección se puntualiza lo más útil en cuanto a automatización se refiere.

1.3 Definiciones.

Se utilizan palabras dentro del texto que en el glosario de definiciones se describen, al momento de leer la norma es útil buscar alguna de estas definiciones si se desconoce el significado o no se conoce totalmente, el significado de la definición también es útil para ver el contexto donde el término aplica.

1.4 Disposiciones para el personal.

En la norma oficial mexicana se detallan las disposiciones que el personal debe cumplir [1]:

Personal es toda persona que participe o esté relacionada en la preparación o elaboración de alimentos y bebidas.

Toda persona que entre en contacto con materias primas, ingredientes, material de empaque, producto en proceso y terminado, equipos y utensilios, debe observar, según corresponda a las actividades propias de su función y en razón al riesgo sanitario que represente las indicaciones siguientes [1]:

5.1.1 Los empleados deben presentarse aseados a trabajar.

5.1.2 Usar ropa limpia (incluyendo el calzado).

5.1.3 Lavarse las manos y desinfectarlas antes de iniciar el trabajo, después de cada ausencia del mismo y en cualquier momento cuando las manos puedan estar sucias o contaminadas, o cuando exista el riesgo de contaminación en las diversas operaciones del proceso de elaboración.

5.1.4 Utilizar cubreboca.

5.1.6 Usar protección que cubra totalmente el cabello, la barba y el bigote. Las redes, cofias, cubrebocas y otros aditamentos deben ser simples y sin adornos.

5.1.14 Todo el personal que opere en las áreas de producción debe entrenarse en las buenas prácticas de higiene y sanidad, así como conocer las labores que le toca realizar.

Al momento de realizar la automatización, es conveniente revisar la manera en que el personal realiza el proceso.

Muchas de estas disposiciones pueden no cumplirse, por diversas razones como son costumbre, o simplemente nunca se han puesto en práctica estas indicaciones.

Los cambios que se realizarán en las líneas de producción al momento de introducir automatización son el momento ideal para implementar programas de higiene, si no se tienen, o volver a retomarlos si ya no estaban vigentes.

El aspecto más importante en la higiene es el compromiso de producir de manera segura, productos en serie en un ambiente limpio.

Este compromiso debe partir de la gerencia y debe ser comunicado a todos los empleados. Al menos un empleado deberá ser asignado para que las prácticas de higiene se cumplan en la planta.

Existen muchas maneras ingeniosas para resaltar la importancia de las prácticas de higiene; programas de incentivos como concursos de conocimiento acerca de las normas son maneras efectivas para que los empleados se involucren y cumplan estas disposiciones.

La correcta supervisión es necesaria para asegurar que las normas se estén cumpliendo, se deben realizar inspecciones rutinarias en las áreas de proceso y en las áreas del personal como son baños, lugares de descanso.

Una copia de la norma debe darse a todo el personal, el empleado deberá leer la norma y firmar un documento indicando que leyó y está de acuerdo en cumplir las normas.

Un beneficio de la automatización es que menos personal esta en contacto con el producto alimenticio durante el proceso, así que es inherente el cumplimiento de la norma.

1.5 Materiales.

Los materiales dentro de la industria de los alimentos se debe observar lo siguiente [3]:

En el caso específico de la industria de los alimentos, el material más recomendado, es el *acero inoxidable*, especialmente para las superficies que entran en contacto con el alimento. La característica de poder ser pulido con facilidad, lo señala como ideal para obtener una superficie lisa y de fácil limpieza.

En general los tipos AISI 304 y 316 son los más recomendados. Cuando hay que hacer soldaduras se recomienda los tipos AISI 304L y 316L, para evitar la corrosión intergranular, especialmente para los procesos de limpieza "in situ" y en tanques o recipientes donde se almacenan materias primas o productos a granel.

El acabado sanitario tipo número 4 (con abrasivos de grano 100 a 150 de aspereza), es el más utilizado para el equipo en superficies de contacto con los alimentos.

El titanio se recomienda cuando se necesita un material más resistente a la corrosión que el acero inoxidable.

El acero al carbón no es recomendable para las superficies en contacto con los alimentos, debido a que fácilmente puede sufrir corrosión. En cambio pueden usarse en ejes, ya que es un material fuerte y duro.

El hierro negro, o fundido, no es recomendable debido a que tiene una superficie áspera y fácil de sufrir corrosión, el hierro galvanizado debe evitarse a toda costa, ya que la superficie de zinc se gasta con gran facilidad y expone la superficie de hierro a la corrosión, por los ácidos de los alimentos.

El metal monel, es una mezcla de cobre y níquel, y se recomienda para mesas de empaque, pero no debe usarse en contacto directo con alimentos.

Deberá evitarse el uso de materiales que no puedan limpiarse y sanearse adecuadamente, por ejemplo, la madera, a menos que se sepa que su empleo no constituirá una fuente de contaminación.

1.5.1 Mantenimiento.

El mantenimiento de una planta es crucial para lograr productos de calidad. El deterioro de las instalaciones y equipos puede ocasionar accidentes, contaminaciones, tanto físicas, químicas, como microbiológicas. Inclusive afecta rendimientos ocasionando pérdidas económicas y de imagen comercial.

La limpieza, y por tanto la higiene estarán directamente relacionadas con el mantenimiento de la planta.

Los tableros de control deben estar instalados en forma que se evite la acumulación de polvo y que permita su limpieza.

Todos los instrumentos de control de proceso (medidores de tiempo, temperatura, humedad, flujo, torque, peso, etc), deben estar en condiciones de uso para evitar desviaciones de los patrones de operación.

Al lubricar el equipo se deben tomar precauciones para evitar contaminación de los productos que se procesan. El equipo con partes móviles que requiera de lubricación, será diseñado en tal forma que evite la contaminación de los productos.

Los equipos deben ser instalados en forma tal que el espacio entre la pared, el cielo raso y piso permita su limpieza. Las partes externas de los equipos que no entran en contacto con los alimentos, deben estar limpios, sin muestras de derrames.

Los equipos deben ser diseñados en tal forma que no tengan tornillos, tuercas, remaches o partes móviles que puedan caer accidentalmente al producto.

Para el caso específico de manejo de alimentos, se recomienda que los utensilios y equipos sean de diseño sanitario tales como: Materiales inertes que no contaminen o sean atacados por los productos, no deben tener esquinas, bordes o rebordes que permitan la acumulación de residuos y dificulten su limpieza, las superficies deben ser lisas y las soldaduras pulidas.

Los equipos y utensilios deben estar reparados y se les dará mantenimiento permanentemente.

En las operaciones de mantenimiento o reparación, el personal encargado deberá notificar al personal de manufactura para que cuando el equipo sea inspeccionado, se limpie, sanitice previo uso en producción.

1.5.2 Recomendaciones específicas para un buen mantenimiento sanitario del equipo para productos alimenticios.

Soldadura. Debe ser limpia, lisa, y no debe contener aglomeraciones o remolinos que puedan atrapar partículas alimenticias. Las soldaduras deben ser continuas. Una soldadura no continua deja huecos abiertos en la costura dentro de los cuales el alimento queda retenido y no es fácilmente limpiable. Se requiere que las uniones soldadas sean sin costuras. Cuando un equipo no este diseñado para el manejo de alimentos, debe ser remozado para hacerlo adecuado para este uso.

Equipo. Se recomienda que los equipos sean fácilmente desarmables para su limpieza. Los materiales de empaque eventualmente se deterioran y pueden causar problemas por lo que se sugiere que se revisen periódicamente.

Patas de soporte. Se recomienda tengan una altura suficiente entre lo que soportan y el piso y que en las áreas de proceso las patas no sean huecas.

Collarines. Algunos equipos son fabricados utilizando collarines para ensamblar y mantener al equipo unido, estos collarines usualmente toman la forma de los bordes del metal en donde un collarín se empalma con el otro, y entonces los dos son cerrados con algún dispositivo. Esta área en donde los bordes se encuentran, esta abierta a la contaminación por productos, y no es aceptable a menos de que sea fácilmente desarmable por su limpieza. El uso de empaques entre los bordes impide la entrada de productos, pero los materiales del empaque pueden llegar a descomponerse e iniciar un problema de contaminación.

Pintura. El equipo no debe ser pintado en superficies que estén en contacto con el alimento, la pintura se desgasta y descarpela y cae al producto. La porción exterior del equipo, no debe ser pintada si es anticorrosiva e inoxidable.

Equipo Interior. El interior del equipo para el manejo y tratamiento de los alimentos debe ser inspeccionado debido a la existencia de bordes y grietas que pueden acumular alimentos por largo tiempo, o prevenir la limpieza adecuada. Todo el equipo para el manejo de los alimentos debe ser de fácil limpieza.

1.6 Conclusión.

Al momento de decidir automatizar, se realiza un análisis a profundidad del proceso, de la manera en que se están realizando las cosas, es oportuno entonces tomar las normas como una pauta a seguir y corregir donde sea posible lo que se esta haciendo mal.

Una industria que produce con calidad, higiene y cumple con las normas, puede posicionar su producto en un mercado más amplio, tener menos perdidas en su producción, menos devoluciones, menores accidentes laborales e incurrir en menores costos de mantenimiento de equipo, etc.

Debido a lo anterior es fundamental el conocimiento de las Normas Alimenticias.

Capítulo 2

Automatización de bajo costo (ABC)

2.1 Introducción.

La innovación tecnológica y los procesos de producción debidamente automatizados han creado un diferencial muy significativo entre las tecnologías que se usan en los países desarrollados y los subdesarrollados. Este diferencial puede ser subsanado por los países en desarrollo mediante la aplicación de estrategias de automatización de bajo costo; encontrando el lugar mas adecuado de aplicación de las tecnologías existentes y la participación del recurso humano de la compañía, para incrementar su productividad y proveer de mejores posiciones para la explotación de mercados y la exportación. Estas perspectivas van directamente enfocadas a empresas de recursos limitados y con relativos bajos niveles de tecnologías.

El concepto de automatización puede ser entendido como un sistema que consiste en relacionar, coordinar e integrar máquinas, mecanismos, dispositivos, controles, etc. para el procesamiento automático parcial o completo de un proceso con la mínima intervención humana.

Debido a que en un proceso se deben realizar mediciones constantes de algunas variables, se obtienen flujos de información muy valiosa acerca del proceso beneficiado por la automatización, tales como la velocidad, la temperatura, la cantidad de flujo, el tiempo, etc.

Toda esta información utilizada de manera inteligente permite realizar la toma de decisiones operativa y administrativa de una manera confiable y eficiente.

La automatización de bajo costo (ABC), simplifica las actividades, operaciones y / o la mejora en la velocidad y precisión de los elementos involucrados en la operación, mediante modificaciones sencillas y económicas colocadas alrededor de equipos, o estructuras existentes [5] . Los conceptos y principios de automatización de bajo costo son básicamente los mismos que los de automatización total, excepto por la formación de mejoras añadidas alrededor del equipo existente y sus sistemas, no reemplazar sistemas con procesos automatizados, tal como lo hace la automatización total. La automatización de bajo costo involucra crecimientos, adecuaciones o mejoras dentro y/o alrededor de equipos estándar del sistema de producción, con mecanismos y componentes para convertir operaciones manuales seleccionadas, en operaciones automáticas. La automatización de bajo costo impacta de mejor manera a las pequeñas y medianas empresas.

La tecnología involucrada en el diseño y operación de automatización de bajo costo es relativamente simple. El operador es quien conoce mejor el proceso que desempeña, aplicar automatización de bajo costo no exige entonces de mucha

preparación, debido que sus aplicaciones se basan en adaptaciones y combinaciones simples a equipos o mecanismos ya existentes.

2.2 Definiciones de automatización de bajo costo (ABC).

La automatización de bajo costo es un medio para simplificar las tareas de producción y/o proveer velocidad y precisión a los elementos de trabajo. En términos técnicos, automatización de bajo costo puede ser definida como un sistema que consiste en relacionar, coordinar e integrar maquinas, mecanismos, dispositivos y controles para el procesamiento automático parcial o completo de las entradas de producción con la mínima asistencia o intervención del humano, al menor costo posible [5]. No debe confundirse automatización de bajo costo con automatización barata, una exitosa automatización de bajo costo es aquella que con una mínima inversión, maximiza el retorno de beneficios al proceso.

La aplicación de automatización de bajo costo generalmente involucra el diseño dentro y alrededor del equipo ya existente del sistema de producción y convierte ciertas operaciones manuales a operaciones automáticas con inversiones menos costosas. Es por eso que es fundamental para la automatización de un proceso, entenderlo a la perfección, saber que para lograr que el proceso funcione de manera autónoma, se requiere ver de manera integrada al proceso, como un todo.

2.3 Conceptos básicos de control automático.

Se mostraran algunos conceptos básicos de control automático, estos son requeridos con la finalidad de orientar de una mejor manera al lector que no esta familiarizado con control automático.

2.3.1 Definiciones.

Variable controlada. Es la cantidad o condición que se mide y controla.

Planta. Una planta puede ser una parte de un equipo, tal vez un conjunto de las partes de una máquina que funcionan juntas. Planta es cualquier objeto fisico que se va a controlar. Ejemplo: Un horno, un reactor químico, un tanque.

Variable de Referencia También conocido como Setpoint, es el valor deseado de la variable controlada, se refiere a un valor que se fija como entrada y que se espera tener a la salida de la planta. Ejemplo: Fijar a 25°C la temperatura para una habitación, da el valor de referencia para la misma.

Controlador Se compone de dos partes, un elemento de control que toma las decisiones basadas en la variable de referencia y la señal de error, y produce un cambio en la variable controlada al valor requerido; y un elemento fisico que altere la variable manipulada, a la parte fisica de un controlador se le conoce como Actuador (ejemplo: una válvula, una resistencia, un motor)

Error Es la diferencia entre el valor de la variable de referencia y el valor de la variable controlada, el error indica al controlador la manera en la cual debe ajustarse para lograr la condición requerida para la planta.

Retroalimentación. La variable controlada es siempre medida, y la retroalimentación es el medio a través del cual se compara esta medición, con el valor de referencia.

2.3.1.1 Elementos básicos de un sistema en lazo cerrado.

En un sistema en lazo cerrado operan juntos todos los elementos mencionados anteriormente de la siguiente manera:

Se fija a la planta o proceso que se requiere controlar un valor de referencia (también llamado setpoint), este valor pasa a través del controlador, el cual en base a la diferencia entre valor real de la planta y el valor de referencia (que es el error), decidirá la acción de control, mandando alterar la variable de manipulación mediante un elemento físico, comúnmente llamado actuador. En la planta, existe un elemento físico de medición, que toma lectura del valor real, y manda por el lazo de retroalimentación esta medición para volverla a compararla con el valor de referencia y volver a iniciar en caso requerido el ciclo. La condición para que el valor real de planta y el valor de referencia sean los mismos es que el error sea cero.

Se mostrará mediante el siguiente diagrama la relación existente entre los elementos del lazo cerrado. Este diagrama es llamado diagrama de bloques.

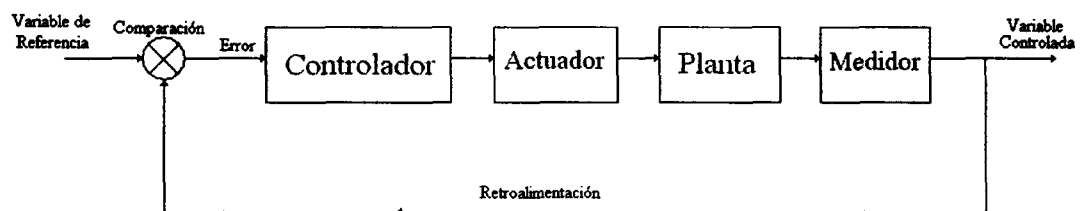


Figura 2.1 Diagrama de bloques de un sistema de control en lazo cerrado.

Un ejemplo de un sistema de control en lazo cerrado, es el sistema de control de temperatura de una habitación. Midiendo la temperatura real y comparándola con la temperatura de referencia 25°C, (que es la temperatura a la cual se desea este la habitación) una persona activa o desactiva el equipo de calefacción o de enfriamiento para asegurar que la temperatura de la habitación se conserve en un nivel cómodo sin considerar condiciones externas.

En este ejemplo, la *variable controlada* es la temperatura de la habitación, la *variable de referencia* es el valor que la persona desea a la que este la habitación, para este ejemplo es 25°C, el sistema de control tiene un *medidor*, que es un termómetro, con el cual la persona verifica la temperatura actual del cuarto. La persona toma la decisión de modificar la temperatura en base a la lectura del termómetro y a la diferencia existente entre la temperatura actual y la temperatura que desea, a esta diferencia se conoce como *error*. Moviendo con su mano el elemento calefactor, la habitación entonces aumenta o disminuye su temperatura, cuando la variable de referencia y la variable controlada alcanzan el mismo punto, el error es cero y se ha alcanzado la temperatura deseada para la habitación.

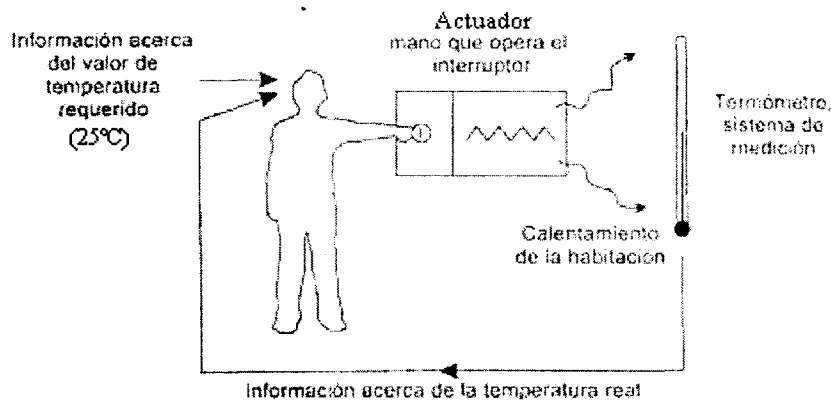


Figura 2.2 Sistema de control en lazo cerrado de la temperatura de una habitación.

Otro ejemplo de un sistema de control en lazo cerrado es el control de nivel de líquido. Un trabajador mantiene el nivel de líquido en un contenedor a un nivel constante. Para esto observa el nivel a través de una mirilla de vidrio en una de las paredes del tanque y ajusta la cantidad de líquido que sale del tanque con la apertura o cierre de una válvula.

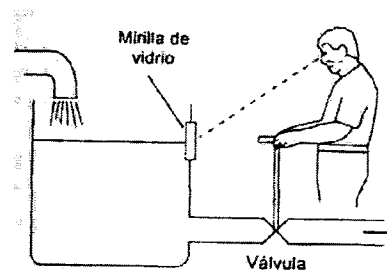


Figura 2.3 Sistema de control en lazo cerrado del nivel de líquido en un tanque.

En este ejemplo la *variable controlada* es el nivel de líquido en el tanque, su *valor de referencia* es el nivel requerido, quizá ese nivel requerido este marcado en el vidrio.

El elemento que se emplea para *comparar* es la persona, que utiliza como *señal de error* la diferencia que existe entre el nivel requerido y el real. El *controlador* es la misma persona, que con sus manos acciona el *actuador* que es la válvula. El *proceso* es el agua en el contenedor.

La automatización permite reemplazar la operación humana en este sencillo proceso, mediante la incursión de un controlador electromecánico, electrónico y además de un dispositivo de medición de nivel.

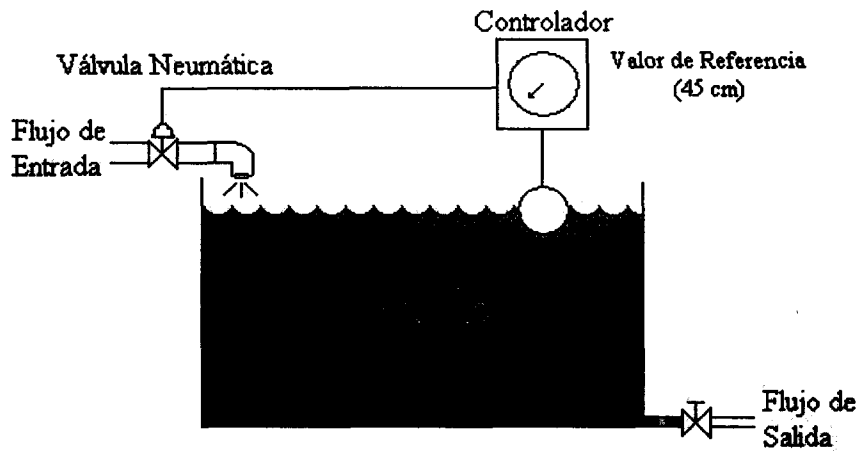


Figura 2.4 Diagrama de un sistema de control de nivel de líquido autónomo

El flotador es el dispositivo que mide el nivel del líquido, este se compara contra el valor de nivel que se desea en este caso 45 centímetros, si existiera una diferencia se genera una señal de error que indica al controlador mandar una señal al actuador, que es la válvula, la cual se abre o cierra dejando entrar mas o menos líquido al proceso, disminuyendo así de manera gradual el error entre el nivel deseado y el actual, esta operación es automática y se realiza hasta que ambos niveles (el actual y el deseado) son los mismos, en ese momento el controlador recibe una señal de error igual a cero y no toma acción de control alguna.

Este es un sencillo ejemplo de una automatización de bajo costo, mediante una modificación existente a un proceso se logra eficientar la operación y volverla autónoma.

2.3.1.2 Elementos básicos de un sistema en lazo abierto.

En un sistema de control en lazo abierto no se mide la salida ni se realimenta para compararla con la entrada.

En general, un sistema en lazo abierto se compone de un *controlador* y de la *planta o proceso* que se quiere controlar. Además de las *variable controlada* y la *variable de referencia*.

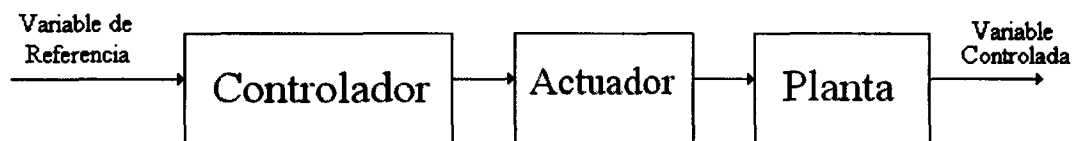


Figura 2.5 Diagrama de bloques de un sistema de control en lazo abierto.

Un ejemplo práctico de un sistema de control en lazo abierto, es el control de tránsito mediante señales operadas con una base de tiempo, un semáforo. En este sistema las luces encienden siempre en el mismo orden y la misma cantidad de tiempo.

El controlador del semáforo puede ser un tambor electromecánico, el cual tiene programado en cada ciclo, cuanto tiempo le corresponde a cada luz estar encendida y apagar las otras dos,

En el control de lazo abierto, el controlador no tiene retroalimentación, ni existe una señal de error, el semáforo no puede medir la cantidad de automóviles que existen en la calle y determinar cuanto tiempo más tiene que prender la luz verde para eliminar el tráfico, el tiempo para el encendido y apagado de las luces es independiente de la cantidad de tráfico existente en una vialidad.

Otro ejemplo práctico de un sistema de control en lazo abierto es una lavadora. El remojo, el lavado y el enjuague en la lavadora operan con una base de tiempo. La máquina no mide la señal de salida, que es la limpieza de la ropa. El controlador, al no retroalimentarse, no sabe si la ropa está limpia o no, sin embargo siempre da el mismo tiempo de lavado independientemente si la ropa está muy sucia o poco sucia.

Cualquier sistema de control que opere con una base de tiempo es en lazo abierto. En todo sistema de control en lazo abierto, la variable controlada no se compara con la variable de referencia. Por tanto, a cada variable de referencia le corresponde una condición operativa fija; como resultado, la precisión del sistema depende de su calibración.

En la automatización de bajo costo, muchas de las operaciones resultan ser de lazo abierto, ya que la retroalimentación la sigue realizando el operador, la automatización de bajo costo tiene como fin, como se ya se había mencionado, mejorar el equipo existente y se hace con adecuaciones realizadas sobre el mismo equipo.

2.4 Características básicas de la automatización de bajo costo.

La automatización de bajo costo es ideal para las necesidades de las industrias de baja escala, emprendedores de bajo desarrollo, y operaciones de lotes pequeños, sin embargo todo tipo de industria puede beneficiarse de la aplicación de los conceptos de automatización de bajo costo en sus procesos [4].

La automatización de bajo costo encuentra sus mejores rangos de aplicación en procesos de trabajo por lotes con bajos volúmenes (de 50 piezas o menos) y / o procesos intermitentes.

Algunas de las características principales de la automatización de bajo costo son las siguientes [5]:

1. Se usa regularmente el equipo existente y se mejora con adecuaciones realizadas sobre el mismo.

2. El diseño y operación de los componentes son simples y el mismo personal de planta les puede dar mantenimiento, sin prácticamente ninguna capacitación especializada.
3. Los componentes estándares usados, son comercialmente disponibles y a costos razonables. Los componentes necesarios, se pueden adquirir en comercios o distribuidores de equipos y maquinaria local o regional.
4. Los componentes de la automatización son reutilizables; esto es, porque pueden ser usados una y otra vez sin necesidad de ser desechados, al dejar de ser útil la aplicación en la que se encontraban.
5. Los componentes tienen una alta flexibilidad de aplicación, ya que pueden fácilmente adaptarse o ajustarse según el desempeño deseado del equipo. Así como a las funciones del proceso a las que ha sido asignado.
6. Los componentes son fáciles de adecuar y remover del sistema, sin incurrir en paros de tiempo muy significativos.
7. Las mejoras del sistema total puede darse haciendo por etapas o fases (de manera escalonada)
8. La inversión correspondiente de las mejoras, no es tan costosa como el reemplazo del sistema de producción actual por equipo automático. Más aun, la posibilidad de instalar las mejoras paso a paso, permite hacer inversiones en etapas menos pesadas para la empresa.

2.5 Implicaciones socio-económicas de la automatización de bajo costo.

La automatización de bajo costo propone una plataforma de optimización de la mano de obra actual tratando de no impactar directamente (de una manera drástica) en la reducción del personal que desempeña la operación.

Plantea el mejoramiento de sus actividades mediante la eficientización de dichas operaciones, haciendo más competitiva y rentable la mano de obra ocupada. La automatización de bajo costo se enfoca especialmente en las actividades menos productivas o con mayores márgenes de ganancia en caso de mejora. Toma como prioridad hacer mejoras puntuales o en pequeños grupos de operaciones, que el cambiar radicalmente toda una línea de proceso acarreado con eso la sustitución de casi toda la mano de obra por costosos equipos automatizados.

La automatización de bajo costo no esta precisamente peleada con la automatización total, sino que más bien recomienda la utilización de la tecnología más adecuada dependiendo las características propias de la empresa en cuestión, siendo en este caso las PYMES que razonablemente se encuentran limitadas a realizar grandes inversiones que arriesguen su patrimonio. La automatización de bajo costo es una estrategia adecuada para todas aquellas empresas ubicadas en zonas donde la mano de obra es relativamente económica con respecto a las mismas empresas de su ramo.

Las empresas pueden mejorar su desempeño haciendo más flexibles sus operaciones y por tanto más ágiles para adaptarse a cambios inesperados en el mercado, ya que enfocándose a ser más eficientes usando equipos dedicados y costosos se pueden ver mas restringidas para moverse fácilmente de un mercado a otro.

2.6 Ventajas de la automatización de bajo costo en diferentes áreas de impacto de los sistemas de producción [5].

Mano de Obra Directa. En las labores de producción modificadas por la implementación de dispositivos y sistemas de automatización de bajo costo, los requerimientos de habilidades por parte del operador se ven disminuidos.

Todo esto es por la sencillez a la que es reducida las tareas asignadas a los operadores, los cuales propiamente solo han de supervisar el buen desempeño del equipo asignado y/o alimentar de materia prima o piezas de trabajo procesado en ella.

Otra ventaja es el aumento de la productividad de la operación, por la disminución del cansancio o fatiga acumulada provocada por la operación, la cual permite un desempeño uniforme y constante por parte del operario. Las tareas que se tenían que realizar por varios operarios trabajando de manera simultanea, son simplificadas fácilmente disminuyendo el número de operarios por medio del uso de dispositivos diseñados especialmente para ello.

Mano de Obra Indirecta. No solamente se requiere de menos personal para poder dar mantenimiento a los equipos o dispositivos de automatización de bajo costo, sino que tampoco se requiere de personal con muchas habilidades o conocimientos formales de ingeniería.

Esto trae consigo el hecho de requerir también menos servicios externos para la empresa y menos capacitación para el personal o el uso de servicios externos más económicos.

Materiales. Al implementar dispositivos de automatización de bajo costo para manejo de materiales, se provee de un mejor manejo de ellos, disminuyendo las mermas y la fabricación de productos fallados, por falta de precisión en los mecanizados requeridos.

Equipos y Componentes. Al desarrollar mejoras e implementaciones con dispositivos que cubren las características de la automatización de bajo costo, se obtienen ventajas directas y tangibles por los bajos costos con los que son adquiridos, por la facilidad con la que pueden ser localizados con distribuidores locales, y la disponibilidad o existencia en almacén.

Al ser altamente estandarizados, el mismo servicio postventa es personalizado y permite mantener un crecimiento escalonado en la implementación de mejoras y crecimiento de las líneas de producción.

Distribución de planta e instalaciones. Como la automatización de bajo costo es regularmente la implementación de equipos y dispositivos de automatización sobre los mismos equipos o sistemas, para modificar o mejorar el desempeño del equipo

existente, se basa mucho en aprovechar la condición de las instalaciones y distribución de planta actuales, por lo que los gastos de modificación de layout y creación de instalaciones especiales por la adquisición de nuevos equipos no son necesarios o son minimizados.

2.7 Consideraciones importantes para implementar ABC.

Todo cambio o insinuación del mismo en las líneas de operación puede causar algún tipo de extrañeza al personal que desempeña dichas operaciones. Normalmente las tareas que realiza algún operador son siempre adecuadas o correctas para él, ya que no se fija mucho en qué tan eficientes sean si no en qué tan efectivas son. Por lo tanto decirle o hacerle cambiar la manera de hacer las cosas le hace caer en contradicciones haciéndole pensar que su trabajo no es o no ha sido bueno.

Esto es un problema muy común en lugares donde la mano de obra es el medio principal de hacer las cosas, y cuando las solicitudes de hacer las cosas de manera diferente no vienen propuestas por ellos normalmente se rehúsan a cambiar. Muchas veces mantienen el cambio propuesto cuando son supervisados y al primer descuido continúan haciendo las cosas a su modo rechazando de ese modo el cambio propuesto.

Para evitar los problemas anteriores es muy importante involucrar al personal que va a interactuar con los cambios, para que él mismo sea el promotor de ellos y la intención de mejora la abrigue como suya.

Es muy importante que el primer convencido en aplicar y desarrollar esta estrategia, sea el principal beneficiado de su éxito, es decir, el dueño de ella, el gerente de la planta, los socios principales, o quien se considere realmente comprometido con ella.

Siempre hay que tomar muy bien en cuenta hasta dónde se deseara llegar con la implementación de esta estrategia y cuánto están dispuestos a invertir para su implementación (en términos económicos o de tiempo).

La clave es: “Lograr el adecuado balance entre las operaciones manuales y automáticas para asegurarse de tener las mayores ventajas de ambas”.

La gente es buena manejando objetos de contornos irregulares o de comportamiento inestable. Estas actividades serían muy caras si se hicieran mediante equipos automatizados. Por esta misma razón, los operadores son muy recurridos a colocarlos en las entradas y salidas de las líneas de producción.

La gente es infinitamente más flexible que las máquinas, mas sin embargo menos precisa y confiable que la máquina. Las máquinas pueden repetir una actividad miles de veces sin fallar, aburrirse, cansarse o solicitar un día libre, son particularmente adecuadas para realizar trabajos muy peligrosos, en ambientes hostiles o con mucha limpieza.

Cuando se escoge entre operaciones manuales o automatizadas, normalmente no se puede lograr la opción perfecta, sin embargo sí se puede obtener la más adecuada combinación posible, todo esto en función de las ventajas que proporciona el recurso humano y las máquinas trabajando juntos.

2.8 Conclusiones.

Se deben tomar en cuenta todos los puntos anteriores al momento de tomar la decisión de automatizar un proceso, automatizar no es solamente sustituir al personal que labora en la empresa por una máquina, es trabajar con las ventajas de ambos.

Una automatización exitosa requiere de un conocimiento profundo del proceso, entender el proceso y tener conocimientos de sistemas de control automático, permiten detectar áreas de oportunidad en procesos productivos de la empresa. En ocasiones, es la costumbre y/o la falta de información quien dicta seguir haciendo operaciones repetitivas manualmente las cuales tienen poco impacto en el proceso, pudiendo estas ser sustituidas por controles automáticos simples.

La persona que mejor conoce el proceso es quien lo realiza día tras día, los operarios poseen información valiosa sobre el proceso, esta información puede ser utilizada para mejoras sustanciales en el desempeño de las operaciones.

Es importante también conocer las áreas de impacto que tendrá la automatización, ya que a menudo se piensa erróneamente que esta resolverá todos los problemas de la empresa, creando falsas expectativas acerca de los beneficios que la automatización traerá, convirtiendo a la automatización en una inversión de antemano fallida.

663187

Capítulo 3

¿Cómo automatizar los procesos?

3.1 Introducción.

La automatización de un proceso requiere un conocimiento profundo del mismo, conocer el proceso es la parte medular de una automatización exitosa, entender la manera en que las cosas se están haciendo y cómo se deben hacer es parte del análisis funcional de un proceso, el análisis funcional tiene dos partes importantes, la parte operativa y la parte técnica o ingenieril. La parte operativa plantea cómo se hacen las cosas; por su parte la parte ingenieril es la respuesta técnica a cómo se deberían hacer las cosas. Es importante entonces revisar el proceso, la operación se está realizando y preguntarse ¿Cómo lo puedo hacer mejor?

La automatización, da respuesta a la interrogante antes planteada, mediante la recolección de información gracias a un análisis a detalle del proceso con el fin de detectar áreas de oportunidad para operaciones en la planta.

Se mostrará por medio de ejemplos la manera en cómo se han llevado a cabo automatizaciones paso a paso de diversos procesos, pertenecientes a la industria alimenticia, los cuales han seguido la misma metodología que se desglosará durante los siguientes tres capítulos.

3.2 Análisis preliminar del proceso.

Cuando se plantea la necesidad de hacer una automatización de un proceso, lo primero que se necesita hacer es una evaluación de la factibilidad de llevarla a cabo y un análisis preliminar costo/beneficio de ella.

3.2.1 Factibilidad técnica.

La factibilidad técnica de llevar a cabo la automatización engloba aspectos tales como el estado actual de la planta, qué tan eficiente es en sus operaciones, cuántos instrumentos tiene la planta, cuál es el perfil del personal que la opera, etc. Existen casos en los cuales la automatización de una planta no es factible debido a una fuerte incidencia de algunos de estos aspectos. Cuando un proceso es altamente manual es importante saber si el proceso es factible técnicamente, es decir si es *sujeto de automatización*.

3.2.2 Planteamiento de objetivos.

Si la automatización es factible técnicamente. Es necesario establecer entonces un estimado de los costos de llevarla a cabo y de los beneficios al concluirla. Para justificar la automatización, deben plantearse objetivos, estos tienen que ser lo más claros y cuantitativos posibles, en la medida de lo posible, sobre bases reales, tangibles, preferentemente económicas, para medirlos posteriormente y determinar entonces que tan rentable es la automatización.

Se debe evitar objetivos con consideraciones subjetivas tales como son: “aumentar la calidad del producto”, “apoyo a la competitividad”, “posicionamiento estratégico de la empresa”, etc. Las consideraciones subjetivas muchas veces no significan lo mismo para cada persona, el termino “calidad”, puede tener diversas acepciones y al llevarse a cabo la automatización, esta no cumplirá con las expectativas de todos debido a que desde el principio no se planteó claramente el objetivo.

Es por esto, que deben utilizarse indicadores cuantitativos de cumplimientos de objetivos tales como: Reducción en un 5% en el consumo de gas natural, mantener la pureza del producto en todo momento en un 99.5%, cumplimiento de estándares de producción, reducción en un 3% de la variabilidad en el peso del producto, etc.

Los objetivos generales planteados de la automatización, deben estar integrados con las expectativas de la empresa, tiene que quedar claro también cual debe ser el alcance de la automatización para lograr cumplir con los objetivos que se pretenden.

3.3 Entendimiento del proceso.

Para lograr una automatización exitosa, el punto de partida es un conocimiento profundo del proceso que se quiere automatizar. Para automatizar un proceso primero hay que entender como funciona el proceso.

Un 50% del beneficio que se obtiene al automatizar un proceso, es la información que se adquiere del proceso cuando éste se logra entender, el otro porcentaje se obtiene al aplicar este entendimiento al proceso por medio de equipo de control moderno.

Es común que muchas operaciones que se realizan en planta se hagan así porque así se han hecho siempre, por costumbre, sin entender lo que se esta haciendo. El operario quizá no detecte áreas de oportunidad debido a que solo entiende la operación que realiza, solo conoce su operación y sabe que es parte de un todo, pero no visualiza a este todo integrado, junto.

El operario es quien mejor conoce su operación, el conoce mejor que nadie la manera actual en que se están haciendo las cosas, cómo responde ante un cambio la máquina que usa todos los días, qué hacer en caso de falla, cuántas vueltas debe dar a una válvula para tener siempre el mismo nivel en un tanque, cuál es el tiempo en el que la mezcla alcanza su mejor punto, el tiempo que tiene que dejar una resistencia prendida para lograr la temperatura óptima de secado en un producto, y así muchos otros ejemplos pueden ser citados.

La manera como se esta realizando actualmente el proceso es información muy relevante para la automatización y se conoce como la parte operativa del análisis funcional del proceso.

Sin embargo entender un proceso no significa solamente saber el cómo se están haciendo las cosas actualmente, sino es necesario saber además por qué y cómo ocurren

los cambios en el proceso. Esto nos lleva a la necesidad de establecer las bases físicas, químicas, mecánicas, termodinámicas, eléctricas, etc. sobre las cuales el proceso se comporta como lo hace. Esto quiere decir que se debe estudiar el proceso desde un punto de vista teórico para entender cómo y por qué funciona.

La base teórica en la cual el proceso esta fundamentado, se conoce como la parte teórica-ingenieril del análisis funcional del proceso, esta parte dictamina la manera en la cual el proceso debe funcionar.

Ambos puntos de vista son imprescindibles para el entendimiento del proceso, sin estos puntos de vista no es posible establecer de manera correcta, la mejor manera en la cual puede el proceso puede funcionar. Con los dos puntos de vista del entendimiento de un proceso, el teórico y el práctico se obtiene una comprensión global profunda de lo que se quiere automatizar.

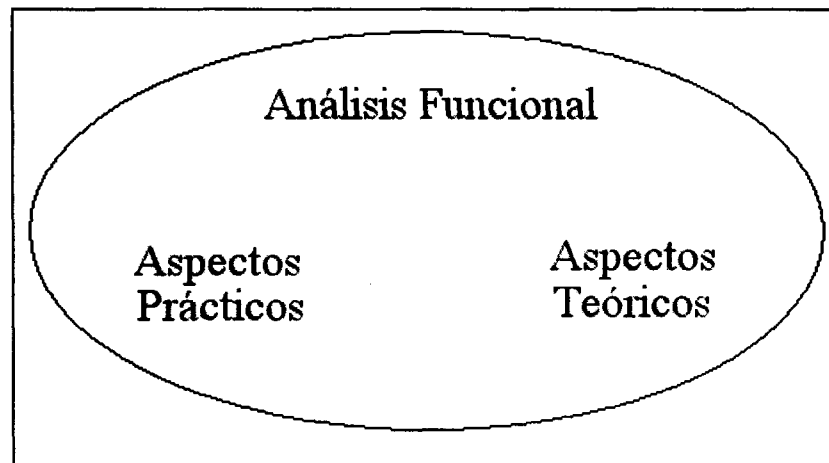


Figura 3.1 El análisis funcional engloba los aspectos prácticos y teóricos del entendimiento de un proceso

Entonces podemos decir que el análisis funcional consiste en determinar la forma en que un proceso funciona (el ser) y la forma en que debe funcionar (el deber ser).

Automatizar una planta sin un entendimiento correcto de cómo funciona da como resultado una planta con las mismas deficiencias, pero de manera automática. Debe revisarse bien el proceso, no se deben automatizar los errores y vicios operativos.

3.4 Ejemplos de análisis funcional.

En la ciudad de León Guanajuato existe una fábrica regional de dulces a base de leche quemada, este proceso de elaboración de dulces es completamente artesanal y servirá como ejemplo de cómo se debe llevar a cabo el análisis funcional de un proceso de la industria alimenticia.

3.4.1 Descripción del proceso actual.

El proceso de elaboración de dulces de leche utiliza como materias primas leche sin tratar (leche bronca), azúcar refinada, nuez, piñón y almendra molidas, además de

papel celofán (variedad dulce), nuez, piñón y almendra entera para darle su presentación final. El proceso de elaboración tiene las siguientes etapas:

a) Precalentamiento.

La leche bronca se somete a un proceso de calentamiento gradual, se vacía en un perol, junto con azúcar en la proporción de la receta (Aproximadamente 125 gr de azúcar por litro de leche). El perol junto con la leche y la azúcar se colocan en un quemador de gas butano, la temperatura de la leche se mantiene constante durante todo el proceso. La leche al ser sometida a alta temperatura durante un tiempo prolongado hierve, con lo que se garantiza la destrucción de las bacterias presentes en la leche. La leche cuando hierve alcanza un volumen mayor al del perol, por lo que se tiene que tener cuidado, ya que se derrama del recipiente, el operario por medio de una cuchara de madera mueve de abajo hacia arriba la leche con el fin de evitar que se derrame del perol durante la mayor parte del proceso.

b) Condensación.

La leche comienza a perder agua y se va haciendo viscosa. Por lo que se tiene que ir moviendo la leche para que no se pegue en las paredes del tanque por medio de una pala de madera, raspando constantemente el fondo y los lados del perol, la persona que hace los dulces verifica el punto exacto de la condensación levantando la pala y viendo la manera en que las gotas de leche condensada resbalan de la pala, esta es la manera en la que el operario sabe si la leche esta ya en su punto óptimo de condensación, su experiencia es el único medio que tiene para saber el punto en el que la pasta esta lista.

c) Mezcla de la leche condensada con nuez, piñón o almendra.

Después de la condensación, y que el operario verifica el punto, se agrega la materia prima molida (nuez, piñón o almendra), el operario agita vigorosamente con una pala de madera los lados y el fondo del perol para mezclar la nuez, el piñón o la almendra (según la variedad de dulce que se desea) con la pasta. El operario por medio de sus conocimientos empíricos da la consistencia final del dulce.

d) Vaciado de la pasta.

El dulce se saca manualmente del perol, se tiene que raspar de manera uniforme todo el perol hasta asegurarse que no queda dulce dentro de él. Se extiende sobre una piedra plana donde se deja secar de dos a tres horas. El operario lava el perol y la pala de madera con agua para volverlos a utilizar.

e) Moldeado y decorado.

Cuando el dulce esta seco, se corta manualmente en porciones pequeñas, cada porción se pone en una balanza y se verifica que pese lo correcto, dependiendo de la variedad se tienen distintos pesos. Se le da la forma al dulce y se decora con las manos. El resultado es dulces en diferentes tipos y tamaños.

d) Empaquetado.

El dulce se envuelve en papel celofán (variedad dulce).

e) Reprocesamiento.

El dulce puede reprocesarse, pero solo en cantidades pequeñas y correspondiendo solo a la misma variedad.

En la figura 3.2 se muestra el diagrama de proceso de fabricación de dulces de leche.

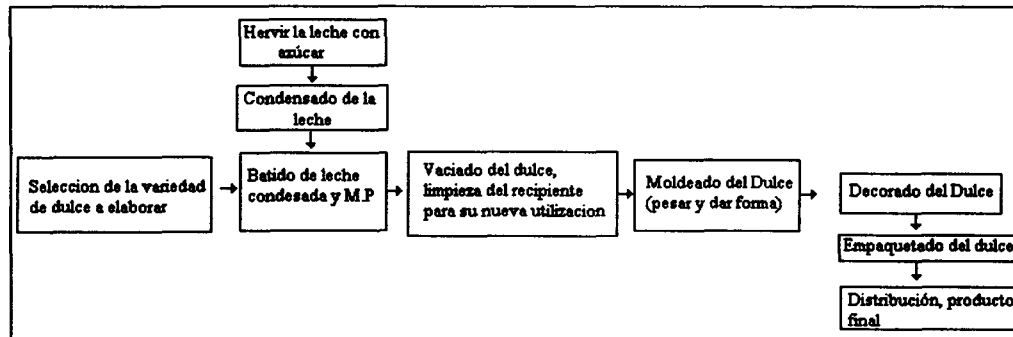


Figura 3.2 Diagrama a bloques de la elaboración del dulce de leche.

3.4.2 Aspectos operativos.

La parte operativa del análisis funcional es muy importante en el entendimiento del proceso, como anteriormente se mencionó, esta información valiosa está en manos de las personas encargadas de realizar los dulces, ellos por medio de su experiencia conocen los aspectos más importantes de cómo se realiza actualmente el dulce. Los siguientes son los aspectos operativos más relevantes en la elaboración de los dulces de leche.

La nuez que se utiliza para hacer dulce, debe ser de tamaño pequeño o incluso pedazos de nuez, la nuez para decorar se selecciona de manera manual, tomando en cuenta el tamaño y la variedad de nuez.

Existe una persona encargada de prevenir que la leche se derrame del perol cuando esta se encuentra en el proceso de condensación. Cuando el nivel de la leche sube, el operario mueve con una cuchara de madera la leche para que no se derrame o cierra el flujo de gas, hasta que la leche regrese a un nivel adecuado. Se deben agregar 125g de azúcar por litro de leche. El azúcar debe ser refinada.

El operario verifica que la leche condensada alcance un punto óptimo de viscosidad (ni con un nivel bajo ni alto de viscosidad). El operario cuenta con la suficiente experiencia para saber el tiempo y la viscosidad a la cual el dulce está listo.

Se debe verificar que el batido del dulce con la materia prima se haga de manera adecuada, el dulce debe quedar perfectamente mezclado en una pasta homogénea. Al terminar se vacía y la pasta se extiende a secar y se deja de dos a cuatro horas. Esto se

hace porque la pasta se encuentra a una temperatura muy alta lo que hace imposible que un operario pueda manipularla.

El peso de cada dulce debe ser de 40, 80 y 160 gramos dependiendo de la variedad de dulce, para esto, se cuenta con una persona que toma una porción de masa, la pesa en una báscula y le da la forma al dulce con la palma de su mano.

El dulce solamente se envuelve en papel celofán, de manera individual. No se empaqueta ni etiqueta. El personal que realiza el dulce de manera artesanal no conoce las normas que regulan la calidad e higiene del dulce de leche.

El personal esta siempre en contacto directo con el producto, y en todas las etapas de la elaboración del dulce, aunque se siguen medidas de higiene básicas, no se puede garantizar la inocuidad del producto terminado y en general de todo el proceso.

Las instalaciones y los materiales de los equipos con los que se fabrican los dulces de leche no son los adecuados, no cumplen con las normas. Se sabe que para posicionar al dulce en un mejor mercado, como puede ser el de grandes empresas transnacionales, o exportación, se debe garantizar la higiene del producto, y el cumplimiento de estándares nacionales e internacionales para la industria alimenticia. (Norma Oficial Mexicana, Good Manufacturing Practices, Codex Alimentarius, etc).

3.4.3 Aspectos teóricos.

No se necesita ser un experto en industrias alimenticias para conocer todo el proceso de elaboración de los dulces de leche, pero sí es necesario saber los aspectos teóricos básicos como ocurren todos los procesos a los que se somete el dulce. Los aspectos teóricos se pueden plantear como una serie de preguntas por ejemplo: ¿Cuánto tiempo tengo que dejar hervir la leche? ¿Por qué la leche se condensa? ¿Cuál es la densidad y la temperatura a la que el dulce esta listo? ¿Cuál es la leche que conviene utilizar? ¿Qué instalaciones son las adecuadas para hacer mis dulces? ¿De que material deben estar hechas las instalaciones? ¿Qué practicas de higiene debe seguir mi personal? ¿Qué parámetros miden y garantizan que mis dulces estén limpios?, estos son ejemplos de los aspectos teóricos que deben conocerse con el fin de tener un entendimiento profundo de la elaboración del dulce de leche. Los aspectos teóricos del dulce de leche son entonces los siguientes:

“La pasteurización consiste en un calentamiento de la leche a altas temperaturas. Alrededor de 80°C durante 15 segundos” [8]. Este proceso se realiza, ya que las bacterias presentes en la leche no soportan tales condiciones y mueren. Esto libera a la leche de posibles microorganismos que pudieran afectar al ser humano.

“Se recomienda realizar un precondensado para la leche. La leche se calienta hasta llegar a un rango de temperaturas de 100 a 101 °C y lograr una densidad aproximada de 1.215 g/ml (la leche sin procesar posee una densidad de 1.028 g/ml, aproximadamente a 25 °C)” [9]. La leche a medida que hierve pierde agua en forma de vapor, convirtiéndose en un fluido completamente distinto, la densidad de la leche aumenta a medida que se va perdiendo la concentración del agua. Después se termina el proceso de condensación hasta lograr una densidad aproximada de 1.3 g/ml [9]. Con esta información sabemos el rango de temperatura de la leche durante el proceso, y el

cambio en la densidad que el dulce sufrió debido a la pérdida de agua en forma de vapor, de igual manera el valor de densidad al cual el dulce alcanza su valor óptimo de condensación.

“Se debe usar leche de buena calidad con una acidez máxima de 19°D¹ y un 1.5% de grasa ya que el mismo tiene influencia sobre la cantidad de azúcar a ser usada (a mayor grasa mayor cantidad requerida de azúcar)” [9]. Es por esto que se debe ajustar el contenido de materia grasa para obtener la composición deseada: estandarizar la leche para un 1.5% de grasa (proceso de normalización).

El azúcar por su parte deber ser igualmente de buena calidad y sin acidez, por esta razón es que se debe utilizar azúcar refinada.

Para conocer las practicas de higiene, el tipo de instalaciones y los materiales que se deben utilizar, es necesario recurrir a las normas oficiales, con esto una vez mas se pone de manifiesto la relevancia que tiene el conocimiento de las normas que se mencionaron en el capítulo 1.

Las normas entonces especifican lo siguiente:

- El personal debe estar capacitado en las buenas prácticas de higiene, así como de su papel y responsabilidad en la protección de las materias primas y productos terminados en relación con su contaminación o deterioro, y la repercusión de su consumo en la salud de la población. De esta capacitación debe existir evidencia documental. [1]
- En el caso específico de la industria de los alimentos, el material más recomendado, es el acero inoxidable, especialmente para las superficies que entran en contacto con el alimento. La característica de poder ser pulido con facilidad, lo señala como ideal para obtener una superficie lisa y de fácil limpieza, en general los tipos AISI 304 y 316 son los más recomendados. [1]

En cuanto a especificaciones microbiológicas la norma especifica también lo siguiente [2]:

Los dulces a base de leche no deben exceder las siguientes especificaciones microbiológicas con lo que se garantiza que los dulces estén limpios y sean aptos para el consumo humano:

Especificaciones	Límite Máximo
Coliformes totales UFC/g	10
<i>Staphylococcus aureus</i> UFC/g	<100
<i>Salmonella spp</i> ** en 25 g	Ausencia

Tabla 3.1. Especificaciones microbiológicas para dulces de leche [2]. ** Para aquellos que contienen chocolate, cocoa, coco, huevo y semillas.

Cualquier información adicional referente a higiene, debe ser consultada en las normas oficiales mexicanas, las cuales se anexan en este trabajo de tesis. Con los dos puntos de vista, el teórico y el operativo, es posible ahora tener una visión global del

¹ °D significa Grados Dornic. 1°D es equivalente a 1mg de ácido láctico en 10 ml de leche.

proceso y un mejor entendimiento del proceso. El cual es el primer paso de una automatización exitosa.

3.5 Objetivos de la automatización.

Es importante para esta empresa, obtener un mercado más amplio para la colocación de los dulces de leche, se sabe que posicionando al dulce en un mercado trasnacional, el precio de venta puede incrementarse. Sin embargo esto no se puede lograr ya que un requisito para posicionarse en un mercado trasnacional es cumplir con las normas oficiales de higiene, es decir garantizar su inocuidad, es por esto que la expectativa principal de la empresa al automatizar es garantizar que el dulce cumpla con todas las normas. Con base en lo anterior se plantearon los siguientes objetivos:

- Incrementar el precio de venta del dulce en 7%, colocando el producto en un mercado más amplio y de mayor poder adquisitivo, mediante el cumplimiento de estándares nacionales de calidad e higiene.
- Cumplir con la Norma Oficial Mexicana NOM-185-SSA1-2002 referente a productos y servicios lácteos, entre los cuales incluye los dulces de leche.
- Cumplir con la Norma Oficial Mexicana NOM-120-SSA1-1994 que concierne a higiene en procesos de alimentos.

3.6 ¿Es el proceso automatizable?

Los procesos artesanales, no deben ser automatizados sin antes verificar su posterior viabilidad operativa. En estos procesos las operaciones manuales, al ser automatizadas, pueden dar soluciones muy complejas y económicamente irrealizables.

Podemos ejemplificar esto con el proceso de elaboración de dulces. Si automatizáramos la parte de la condensación del dulce, tal y como se hace ahora, tendríamos que poner un “algo” que sustituya la mano del operador. Este aditamento movería de arriba a abajo la leche, rasparía el perol de un lado para el otro sujetando la pala, la levantaría y revisaría mediante un sistema de inspección por visión, cuantas gotas se quedan en la pala para saber si el dulce ya esta listo. Esto es sin duda algo muy complejo e irrealizable económicamente.

Es por eso que se recurren a soluciones basadas en ambos aspectos del análisis funcional, el teórico y el operativo, para determinar cual es la mejor manera de realizar el proceso de condensación. Se sabe que la condensación es la pérdida de agua, en forma de vapor, de la leche, debido a un proceso de calentamiento gradual; que la leche tiene que estar sometida a calentamiento constante, y que al evaporarse aumenta su volumen pudiéndose derramar del recipiente.

Entonces la solución correcta, para automatizar este proceso, es cambiar la manera en que se realiza el proceso. No se debe automatizar el perol con el que se hacen los dulces, ni la pala de madera con la que se mueve. No se trata de automatizar todo el proceso, de llegar presionar un botón y esperar a que salgan dulces envueltos y decorados, sino encontrar dónde es factible que la automatización de bajo costo tenga

un mayor impacto, identificar las operaciones claves del proceso y analizar si es posible automatizarlas y cuál es la mejor manera de hacerlo.

Los procesos clave en la elaboración del dulce de leche, es el **precalentamiento**, la **condensación de la leche** y la **mezcla de la leche condensada con la materia prima**.

La manera en que se automatizaron estas tres partes del proceso fue la siguiente:

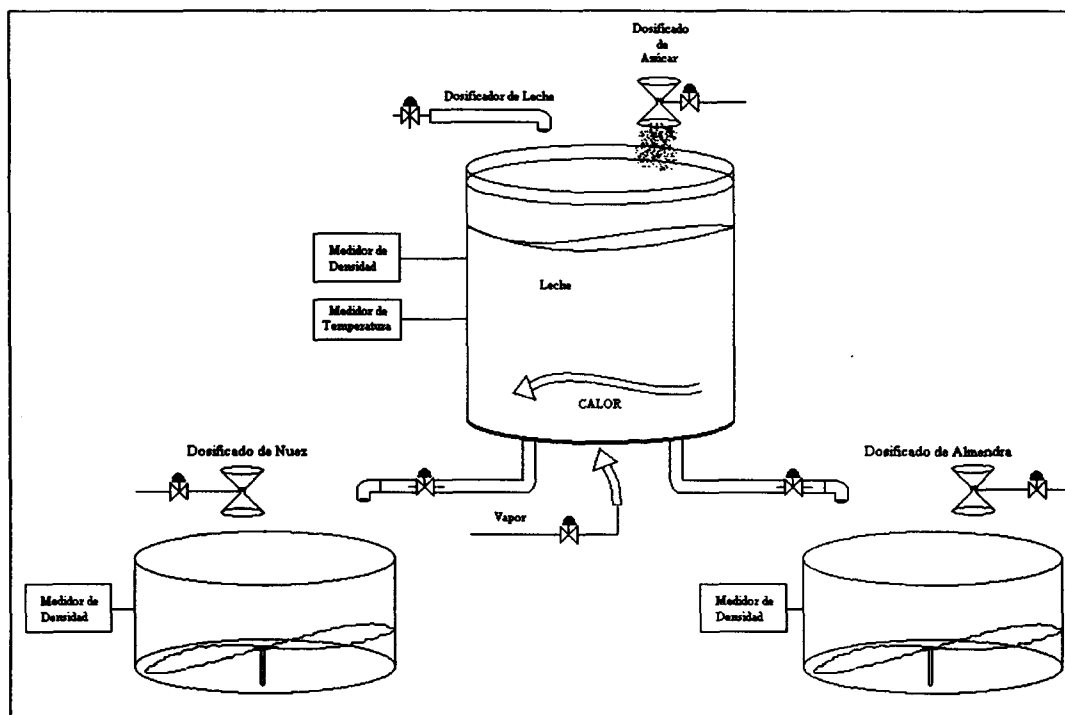


Figura 3.3 Diagrama de elaboración de un proceso de dulce automatizado.

El perol fue sustituido por un tanque de condensación, de acero inoxidable, y paredes antiadherentes, válvulas y dosificadores tanto de leche como azúcar. Estos dosificadores reciben una señal de un *controlador* que les indica abrir las válvulas tanto de leche como de azúcar. Cuando el tanque de condensación está en el nivel adecuado, el medidor de nivel manda una señal al *controlador* para cerrar las válvulas.

El controlador entonces manda una señal para el encendido del vapor, que será el encargado de mantener durante todo el proceso la leche a una temperatura constante. El recipiente está diseñado de tal manera, que el volumen de la leche al condensarse no exceda las dimensiones del recipiente, con lo que se garantiza que la leche no se derrame.

La densidad es medida en todo momento, mediante un medidor de densidad (densímetro) y es el parámetro que indica cuando el dulce está listo. La leche condensada, se vacía entonces a dos tanques pequeños, que tienen revolventes automáticas y dosificadores de productos sólidos, los cuales mezclan la leche condensada con la materia prima molida y dan consistencia final al dulce.

Estas tres operaciones claves del proceso, han quedado debidamente automatizadas, aunque todavía quedan operaciones por hacer, la manera significativa en que se incrementan la eficiencia de estos procesos clave, hacen que todo el proceso de fabricación se agilice, que se realice de una manera mas limpia, más segura y mejor.

3.7 Proceso de obtención de cristales en la industria alimenticia.

Otro ejemplo de automatización de un proceso es el siguiente:

Mediante la reacción de dos sustancias químicas, se logra la obtención de un sólido cristalino. Este producto tiene que ser tratado de manera muy especial, ya que su valor en el mercado aumenta cuando los cristales obtenidos son puros y de tamaño uniforme. La mezcla debe realizarse con las condiciones de temperatura y humedad adecuadas, ya que la una reacción química fallida produce que toda la producción sea desechada. Los cristales se elaboran de la siguiente manera:

a) Mezclado.

Se adicionan al tanque reactor dos sustancias, de manera manual el operador vacía una por una, estas sustancias se mezclan mediante un agitador mecánico. La mezcla tiene que permanecer a una temperatura constante de 57°C para garantizar que la reacción química se realice de manera eficiente. El mezclado también es importante ya que debe siempre permanecer a las mismas revoluciones. El mezclado se realiza durante 40 minutos, al final de este tiempo, la mezcla se reposa durante 2 minutos.

b) Decantación.

Después del reposo de 2 minutos, en el fondo del tanque, debido al peso, los cristales se juntan y el líquido que queda (licor) es desechado por medio de la inclinación del tanque a través de una canaleta hacia el drenaje. La decantación la realiza un operario en forma manual, inclina cuidadosamente el tanque, con el fin de tirar la mayor cantidad posible de líquido y dejar los cristales en el fondo. El licor es biodegradable.

c) Cribado y Lavado.

Los cristales en el fondo del tanque reactor son retirados por medio de un papel especial para llevarse a otro cuarto, donde estos son enjuagados y filtrados en una criba especial. El peso de los cristales para cada corrida promedio es de 3.5 Kg. Después el tanque reactor es lavado y enjuagado para quedar listo para otra corrida.

En esta parte existe también un control de humedad relativa, cuyo valor mínimo debe ser de 50% de humedad relativa.

d) Empaque.

El empaque se hace de manera cuidadosa, los cristales son frágiles y pueden romperse, y se almacenan dentro de un papel especial, a temperatura ambiente.

Los *objetivos* que la empresa productora de cristales, pretende lograr con la automatización son los siguientes:

- Realizar la decantación del licor generado por los cristales en forma automática, así como los procesos de lavado y cribado para evitar el contacto directo del personal de operación y garantizar la inocuidad del producto.
- Asegurar la humedad relativa dentro de los subprocesos críticos a un 50%.
- Asegurar la temperatura de la mezcla durante el proceso a 57°C.
- Registrar los datos del proceso (producción y mantenimiento) en forma electrónica para proveer al personal de supervisión e ingeniería la información necesaria en forma oportuna.

El análisis funcional del proceso de elaboración de cristales es descrito a continuación:

Respecto a la *parte operativa* podemos mencionar que los cristales son sensibles a cambios de humedad, ya que se pueden pegar unos con otros sin posibilidad de volverlos a despegar. Esta condición sucede cuando la reacción química se lleva a cabo con un porcentaje menor a 55% de humedad relativa. Asimismo la temperatura de la reacción debe mantenerse siempre a 57 °C para garantizar que se lleve a cabo en su totalidad.

El operador no debe estar cerca de los cristales, ya que la atmósfera que despiden la reacción del cristalizado es nociva, además al tener contacto el operador con los cristales disminuye la pureza de los mismos reduciendo así su calidad.

Respecto a la *parte teórica*, mencionaremos lo siguiente:

La medición y control de la humedad son aplicados en gran cantidad de procesos industriales. Uno de los grandes retos de la medición de la humedad es la variedad de parámetros utilizados en esta. Existen al menos media docena que se utilizan en forma común, los cuales son humedad relativa, partes por millón y humedad absoluta, etc.

Entender la relación entre humedad, temperatura y presión es el primer paso en el camino hacia la medición y control de la temperatura.

La humedad es simplemente agua en la fase gaseosa, llamada formalmente vapor de agua. Virtualmente todas las mediciones de humedad están relacionadas con la pregunta ¿Qué tanto de gas es el vapor? Debido a que el vapor es un gas, la mayoría de las leyes de los gases aplican en él, incluyendo la ley de Dalton. La ley de Dalton es particularmente utilizada cuando hablamos de humedad. Esta ley dice que la presión total de un gas es igual a la suma de las presiones parciales de cada componente del gas [10].

$$P_{\text{total}} = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n$$

Si consideramos el aire, esto significa que la presión atmosférica total de 1.013 bars (14.7 libras por pulgada cuadrada absoluta) es la suma de las presiones parciales de todos los componentes que lo componen: nitrógeno, oxígeno, vapor de agua, argón, dióxido de carbono y otros varios gases en pequeñas cantidades [10].

La temperatura fija la máxima presión parcial de vapor de agua. Esta presión máxima es la presión de saturación del vapor de agua. Mientras mayor sea la temperatura, mayor será la presión de saturación del vapor de agua.

El aire tibio tiene mayor capacidad para vapor de agua que el aire frío. Si la presión de saturación del vapor esta presente en el aire o en un gas mezclado, y se introduce vapor de agua adicional, la consecuencia será que una cantidad igual de vapor de agua sea condensada y salga de la mezcla en forma líquida o sólida.

Conociendo el vapor de agua como gas, es fácil llegar a la definición de la humedad relativa. Primero se define el símbolo e para denominar “presión parcial de vapor de agua” y e_{sat} para denominar a la “presión de saturación del vapor”. La humedad relativa es entonces [10]:

$$(e/e_{sat}) \times 100 = \% RH$$

En otras palabras, la humedad relativa es la relación de la presión parcial de vapor de agua con la presión de saturación del vapor a temperatura de gas, o “que tanto vapor de agua existe en el aire contra cuanto podría existir en el aire a esa temperatura”

La temperatura es crítica en la humedad relativa. En un cuarto con una humedad relativa del 50% a una temperatura de 20°C, incrementado la temperatura del cuarto a 25°C, la humedad relativa decrecería cercana al 37%, aun cuando la presión parcial del vapor de agua permanezca igual.

Respecto a la factibilidad técnica, es decir, qué procesos son sujetos de automatización, se menciona en base a los objetivos planteados que la decantación, el cribado y lavado tienen que ser automatizados, sin embargo no se automatizaran de la manera en que se realizan actualmente.

Automatizar el proceso de decantado, en la manera actual, implica poner un manipulador robótico para que poco a poco decante el reactor, o una serie de motores que lentamente puedan mover el reactor hasta decantarlo, siempre teniendo cuidado de solamente tirar el licor y no los cristales. Luego tendría que sacar los cristales de alguna manera, con una pala mecánica y finalmente lavarlo. Esto es incosteable, por lo que se deben plantear soluciones se puedan automatizar. En la figura 3.4 se muestra de manera gráfica la manera en que se automatizó el proceso.

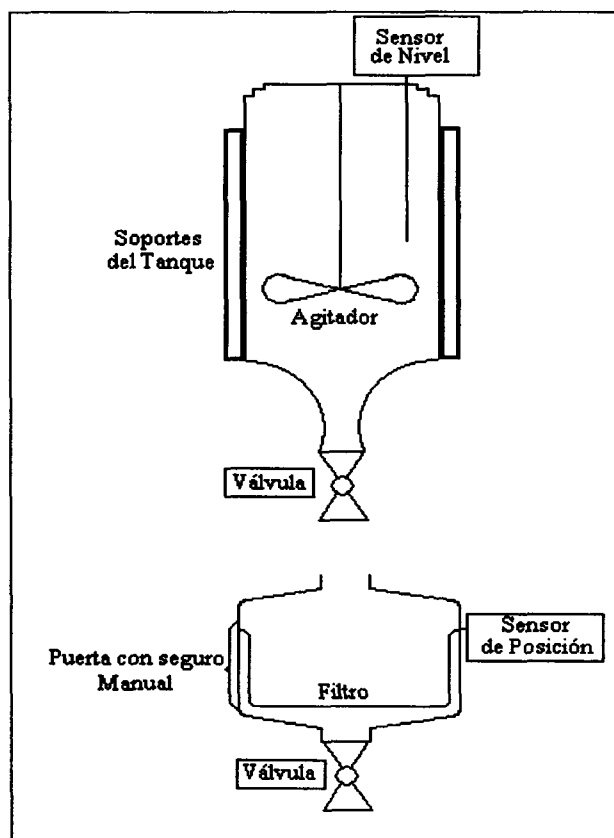


Figura 3.4 Diagrama de elaboración de un proceso de obtención de cristales automatizado.

La solución es modificar el tanque reactor, ya que es mucho más sencillo realizar un agujero abajo del tanque, y poner la criba debajo. De esta manera se puede realizar la reacción, y posteriormente abrir la compuerta de desagüe. Los cristales quedarán atrapados en la criba y el licor saldrá hacia el drenaje por gravedad. Posteriormente una válvula de agua se accionará, limpiando los cristales y el reactor para dejarlo listo nuevamente. Los cristales ya lavados serán entonces empacados de manera manual por los operadores.

3.8 Conclusiones.

La automatización de procesos parte de un análisis preliminar, este estudio determina la factibilidad operativa de las operaciones tentativas a automatizar, es decir si un proceso es o no sujeto de automatización. La empresa debe crear expectativas de lo que se pretende lograr con la automatización en base a objetivos claros y siempre cuantitativos, los términos subjetivos deben ser eliminados, ya que no siempre son claros y pueden tener distintos significados, creando falsas expectativas acerca de los beneficios de la automatización.

Analizar la manera en cómo se están haciendo las cosas, es una parte muy importante del proceso para llevar a cabo una automatización, este análisis detecta errores y vicios operativos los cuales deben corregirse. El estudio se complementa mediante la visión teórica del proceso, juntando ambas partes se logra un conocimiento profundo de lo que se quiere automatizar.

Mediante dos ejemplos utilizados en la industria, se pone de manifiesto la manera adecuada en la que se deben automatizar los procesos, haciendo hincapié en procesos altamente artesanales, los cuales predominan en las pequeñas y medianas empresas, estos procesos deben ser evaluados operativamente y no necesariamente deben automatizarse tal y como operan.

En este sentido, tal y cómo se describió en el capítulo anterior, se deben obtener todas las ventajas de las máquinas y personas operando juntas. Las expectativas de lo que se quiere lograr con la automatización, el análisis de la viabilidad técnica y económica de lo que se quiere automatizar, además de un entendimiento profundo del proceso son la clave para lograr una automatización exitosa.

Capítulo 4

Selección del Equipo

4.1 Introducción.

El siguiente paso en la consigna de automatizar un proceso es la selección del equipo. Este equipo será instalado en los procesos que se seleccionaron para ser automatizados. ¿Cómo seleccionar correctamente el equipo? ¿Qué información requiere la persona, acerca del proceso, para proveer el equipo adecuado? ¿Quién proporciona estos servicios? Este tipo de preguntas son comunes a la hora de realizar la selección del equipo que se necesita para automatizar el proceso.

Mediante una metodología integral y sistemática, basada en las características del equipo, se seleccionarán los instrumentos para automatizar [4]. Esta metodología primeramente clasifica los diferentes tipos de instrumentos de acuerdo a la función que realizan dentro del proceso. Esta clasificación proporciona una gran ayuda al momento de realizar la búsqueda de un instrumento y permite una manera organizada de clasificar la información.

4.2 Los instrumentos en el lazo de control.

Instrumentar el proceso significa seleccionar equipos que permitan que el proceso se lleve a cabo de manera automática. Estos equipos se instalan en el proceso. La manera de representar a cualquier proceso de manera general es mediante un lazo de control. Conviene entonces retomar el lazo de control, descrito en el capítulo 2, para saber de qué manera y cuáles son los factores importantes a tomar en cuenta, para llevar a cabo la instrumentación de un proceso. La figura 4.1 muestra el diagrama de bloques de un sistema de control en lazo cerrado.

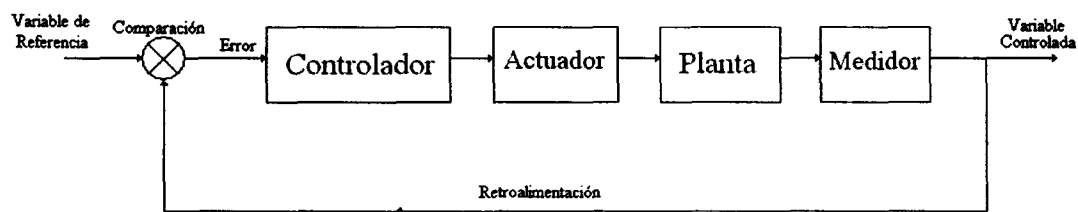


Figura 4.1 Diagrama de bloques de un sistema de control en lazo cerrado.

El lazo de control comienza a trabajar con un valor de referencia. Este valor de referencia pasa a través de un controlador. El bloque simbolizado en el diagrama como **controlador**, en realidad se compone de una parte “inteligente”, la cual compara el valor que se desea contra el valor actual de la variable de proceso. El controlador regula la diferencia existente entre el valor actual y el valor deseado de la variable de proceso, definido como error, y trata de disminuirlo mandando una señal para el actuador. El **actuador** se compone de partes físicas, como son válvulas, motores, etc que modifican al proceso de acuerdo a la orden del controlador. La **planta** es la operación que se quiere controlar. El **medidor** se compone de instrumentos de sensado, los cuales mandan constantemente información al controlador acerca del estado actual de la

variable de proceso que se desea controlar. El valor actual de la variable se manda a través del lazo de retroalimentación. Este se compara contra el valor de referencia y nuevamente se envía la señal de error al controlador, iniciando nuevamente el ciclo. Cuando no existe diferencia alguna entre el valor de referencia y el estado actual de la variable, es decir el error es cero, el trabajo del lazo de control termina.

4.2.1 El bloque de control.

Es importante conocer a detalle las características importantes de cada bloque descrito anteriormente, iniciando con el controlador. La figura 4.2 resalta al controlador dentro del lazo de control.

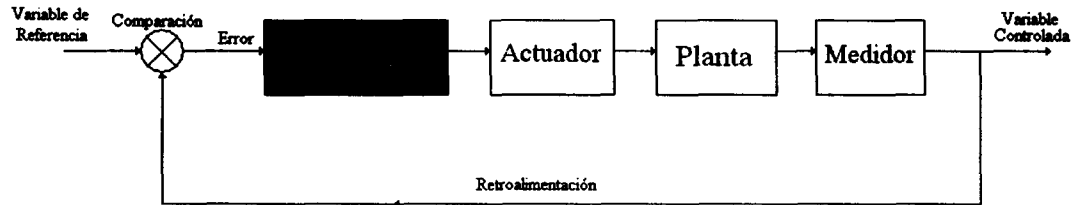


Figura 4.2 Diagrama de bloques de un sistema de control en lazo cerrado. Detalle en controlador

Existen diversos tipos de controladores, estos se escogen de acuerdo a la función que se desea regular dentro del proceso. Un proceso típicamente se puede comportar de dos maneras:

- a) *Proceso continuo*: La variable que se desea controlar, esta cambiando constantemente a través del tiempo. En un proceso continuo se mide constantemente a la variable y se regula para que las condiciones de operación se mantengan uniformes en todo momento. Un ejemplo de un proceso continuo es un horno, donde la variable que se desea controlar es la temperatura. La temperatura puede cambiar debido a diferentes factores que la modifican, como es abrir el horno, o añadir material adicional al horno. Estas perturbaciones modifican la temperatura indeseablemente. El controlador entonces tiene la consigna de mantener la temperatura uniforme en todo momento.
- b) *Proceso discreto*: En un proceso discreto, la variable se modifica a través de una serie de eventos que suceden en el tiempo. El controlador tiene la consigna de activar secuencias, combinar tareas, para llevar a cabo la tarea asignada. Una máquina para estampar automática trabaja mediante secuencias de eventos, los cuales se activan en el orden adecuado por un controlador. En general cualquier operación que se realice por lotes es un ejemplo de un proceso discreto.

Un proceso puede además comportarse como una combinación de ambos, a este tipo de proceso se le conoce como *híbrido*. Actualmente muchos de los procesos en la industria son de este tipo, debido a que tienen ambas partes, la parte continua y la parte discreta.

El controlador utilizado para procesos continuos, es el controlador proporcional / integral / derivativo (PID). El controlador PID debe su nombre debido a las tres

funciones que realiza con la variable del proceso para mantener en el valor deseado a la planta. Estos controladores son los más utilizados en la industria debido a su gran campo de aplicación, su fácil programación, pudiendo ser implementados en el control de procesos de: temperatura, nivel, densidad, posición, etc.

En los procesos discretos, el controlador por excelencia es el controlador lógico programable o autómatas programables, típicamente conocido por sus siglas en inglés PLC. Un PLC puede manejar muchas variables de entrada, para combinarlas, seguir secuencias, para activar diferentes actuadores, según los requerimientos del proceso. Actualmente el PLC, es el controlador más utilizado en la industria debido a su gran adaptación a los entornos industriales, a la facilidad de conexión y comunicación, así como por su relativo bajo costo.

4.2.2 Actuadores.

El siguiente bloque en el lazo de control, es el bloque referente a los actuadores. La figura 4.3 resalta el bloque del actuador dentro del lazo de control.

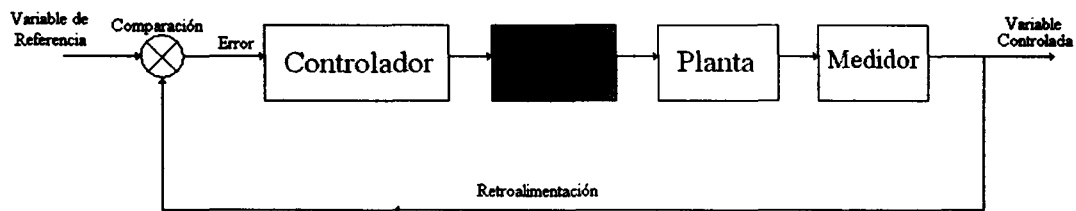


Figura 4.3 Diagrama de bloques de un sistema de control en lazo cerrado. Detalle en Actuador

Los **actuadores**, o elementos finales de control, realizan la tarea de modificar la respuesta de la planta a un valor deseado. Para lograr esto son manipulados por una señal eléctrica o digital que envía el **controlador**. Existen diferentes tipos de actuadores, entre ellos los eléctricos, como servosistemas, diferentes tipos de válvulas, bombas dosificadoras, elementos electrónicos como tiristores, relevadores, contactores, etc.

Un ejemplo de actuador en los sistemas de automatización industriales es la válvula de control. El controlador tiene la consigna de enviar la señal para indicar que la válvula actúe, es decir que abra o cierre para ajustar algún proceso. La manera en la cual se acciona la válvula puede ser de diversas maneras, ya sea neumáticamente (por aire), eléctricamente (por un solenoide o bobina) o mecánicamente (por una leva).

4.2.3 Medidores.

En el lazo de control, es importante la medición en todo momento de la variable de proceso. Esta información sirve al controlador para tomar acciones, como se mencionó anteriormente. Esta acción se realiza en el bloque de medición. La figura 4.4 resalta al medidor dentro del lazo de control.

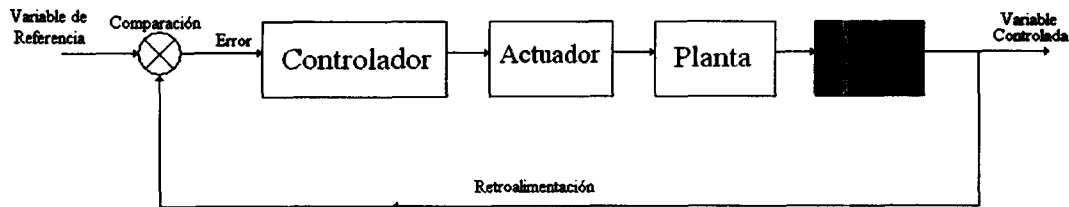


Figura 4.4 Diagrama de bloques de un sistema de control en lazo cerrado. Detalle en el bloque de medición.

Físicamente los medidores, son sensores que miden el estado actual de la variable. El término sensor es usado para nombrar a un elemento que produce una señal relativa a una cantidad dada medida. Los sensores usados en equipos automatizados caen generalmente dentro de dos categorías, basado en la manera en la cual ellos proveen el estado de la información deseada al controlador del equipo.

Sensores discretos. Estos sensores detectan cuando sucede un evento específico e indican el evento con una señal de salida digital (prendido / apagado). Ejemplo: una alarma, una sirena, etc.

Sensores continuos. Estos sensores miden variables físicas tales como: posición, velocidad, aceleración, temperatura, presión, fuerza, etc., y proveen una señal de salida representativa de la magnitud de la variable en el tiempo.

Dentro de los elementos de sensado pueden mencionarse una amplia gama para la industria, tales son los casos de sensores de **temperatura, nivel, presión, flujo, posición, velocidad, etc.**

4.3 Metodología de selección de instrumentos para automatización.

Para seleccionar los instrumentos adecuados que sustituyen físicamente a cada uno de los bloques del lazo de control, se desarrolló una metodología [4]. Mediante el uso de esta metodología, se podrá realizar la selección de instrumentos de manera que se cubran todas las especificaciones que se requieren y se consideren las características del proceso.

Las siguientes definiciones son utilizadas durante la metodología, por lo que resulta conveniente proporcionar una definición:

Variable de Control. Es la variable que se pretende mantener en un valor especificado (variable de referencia).

Variable de Monitoreo. Variable de proceso de la cual se desea saber su estado actual. Esta puede ser visualizada mediante muchas maneras (Desplegadores, registradores, et).

Variable de Manipulación. Es la variable a modificar para poder mantener a la variable de control dentro de los límites preestablecidos.

4.3.1 Características y especificaciones para las variables de control, monitoreo y manipulación.

Las características y especificaciones de las variables sirven como orientación para la selección de los equipos de automatización. Estas características son muy importantes para el proveedor de servicios de automatización, ya que mediante las especificaciones que se requieran, el proveedor de servicios propondrá su solución.

Las características y especificaciones para variables de **monitoreo y control** son las siguientes:

- a) **Nombre:** El nombre de la variable física de control o monitoreo, ejemplo: temperatura del horno 1, presión en el tanque 1, velocidad del motor 4, etc.
- b) **Factores especiales a considerar.** Se deberán mencionar los factores que se consideren pertinentes para la descripción de la variable, los cuales pueden ser: materiales especiales de construcción, líquidos o sustancias corrosivas, radioactivas, etc.
- c) **Rango.** El rango de operación en el cual estará operando la variable, se debe especificar el mínimo y el máximo. Incluir además, si se conocen, las unidades que utiliza para medir.
- d) **Precisión.** La precisión que se espera tenga el control de la variable para mantenerse en la referencia especificada.
- e) **Condición ambiental.** El ambiente en el cual estará el instrumento de medición. Es necesario considerar si el área de operación para cada caso es de alta temperatura, con cambios bruscos de temperatura, si existe mucha humedad, esfuerzos físicos externos, polvo excesivo, etc.

Como parte de la metodología, se desarrolló una tabla, donde es posible vaciar esta valiosa información para el proveedor de manera ordenada. La tabla 4.1a muestra un ejemplo del llenado de esta tabla para el proceso de fabricación de dulces.

Características y especificaciones para variables de control y monitoreo						
Nombre	Factores especiales a considerar	Rango	Precisión	Condiciones ambientales		
				Hum.	Temp.	Polvos
Nivel de leche	Material de construcción para industria alimenticia	on/off		alto	15°C-150°C	Nulo
Temperatura de la leche en el tanque	Material de construcción para industria alimenticia, Humedad alta	20-150°C	± 1°C	alto	15°C-150°C	Nulo
Densidad de la leche	Material de construcción para industria alimenticia	0.5-3g/ml	±0.005g/ml	alto	15°C-150°C	Nulo
Presencia caja		0-6		bajo	15°C-40°C	bajo
Número de dulces		0-6		bajo	15°C-40°C	bajo

Tabla 4.1a Características y especificaciones a considerar para variables de monitoreo y control para el proceso de fabricación de dulces.

Puede verse en el segundo renglón de la tabla 4.1a, que se requiere un “algo” para poder medir la temperatura de la leche. Quizás no se conozca todavía completamente qué instrumento, o cómo funciona, sin embargo se sabe por el análisis teórico que tiene que ser un instrumento fabricado con un material especial, debido a que trabajará en un ambiente muy limpio. El material tiene que ser grado alimenticio y por eso se especifica en la parte de factores importantes a considerar.

El instrumento debe poder medir la leche cuando esta hirviendo. Esta característica nos da el rango de operación en el cual trabajará el sensor de temperatura. Nuevamente del análisis funcional, se conoce que la temperatura de la leche con la que se trabajará es aproximadamente 150°C. Queda especificado entonces el rango de operación para la variable el cual es de 20°C a 150°C.

La precisión es también importante especificarla. El costo asociado al sensor se atribuye a varios factores, entre los cuales se incluye de manera considerable la precisión y el rango. Mientras más preciso sea el instrumento tendrá un costo mayor, así mismo con un mayor rango. Es importante entonces especificar la precisión con la que se requiere que se mida la temperatura. De no hacerse así, el proveedor podrá tomar la decisión de traer desde un termómetro de vidrio, hasta un sofisticado y costoso aparato que pueda medir milésimas de grado centígrado.

Las condiciones ambientales también son importantes. Puede verse en la tabla 4.1a que son tres las principales a considerar:

- a) *Humedad*: No es necesario saber el porcentaje de humedad relativa, simplemente se especifica como alta, media o baja humedad. En el ejemplo nuestro sensor de temperatura opera en una atmósfera de alta humedad, debido al proceso de condensación de la leche.
- b) *Temperatura*. Este es el rango de temperatura ambiental en el cual los instrumentos estarán trabajando. No debe confundirse con el rango de operación. Las condiciones ambientales de temperatura modifican las mediciones por lo que es importante especificarlas para que el proveedor calibre los instrumentos adecuadamente.
- c) *Polvos*. Existen industrias como la cementera en el cual el nivel de contaminación por polvo es muy alta. El proveedor entonces dará una protección especial al instrumento. En el caso del sensor de temperatura de la leche, por estar en una industria alimenticia, se asume que la atmósfera esta libre de polvo.

Otro ejemplo ilustrativo de especificación de instrumentos se muestra en la tabla 4.1b la cual se refiere al proceso de elaboración de cristales, la información queda entonces clasificada de la siguiente manera:

Características y especificaciones para variables de control y monitoreo						
Nombre	Factores especiales a considerar	Rango	Precisión	Condiciones ambientales		
				Hum.	Temp.	Povos
Presión de Aire comprimido		0-100 psi	± 1 psi	alto	0-50°C	medio
Presión de Agua		0-100 psi	± 1 psi	alto	0-50°C	medio
Temperatura de cuarto	Alta Humedad, Atmósfera Corrosiva	0-50°C	± 0.5 °C	alto	0-50°C	nulo
Humedad Relativa del cuarto	Atmósfera Corrosiva	0-100%	± 1 %	bajo	0-50°C	nulo
Nivel de tanque de mezcla	Material de construcción industria alimenticia	0-2.20mts	± 2 cm	bajo	15-25°C	nulo

Tabla 4.1b Características y especificaciones a considerar para variables de monitoreo y control para el proceso de elaboración de cristales.

De la humedad relativa existente en el cuarto depende en gran parte la calidad de los cristales, (ver capítulo 3). Es por esto que se debe especificar un sensor de humedad relativa de acuerdo a nuestras necesidades. En el cuarto renglón de la tabla se vació la información necesaria para este sensor.

Del análisis funcional sabemos que el ambiente de operación de los cristales es corrosivo, esta información es muy importante y se debe especificar al proveedor, es por esto que se anota dentro de “Factores especiales a considerar”.

Al igual que en el sensor de temperatura en el caso de fabricación de dulces de leche, se especifican también el rango, la precisión y las condiciones ambientales de operación del instrumento.

El rango es entonces 0 a 100 y sus unidades, como se detalló en la parte teórica del análisis funcional, es porcentaje de humedad. La precisión en este caso es muy importante, ya que la calidad de los cristales depende fuertemente de la humedad. Para garantizar tener una medición adecuada se requiere un instrumento muy preciso, es por eso que la precisión debe ser de +/- 1%.

Este sensor de humedad relativa será instalado en un cuarto, donde las condiciones ambientales serán de alta humedad, temperatura máxima aproximada de 45°C, y sin polvo.

Con esta información obtenida del proceso y clasificada en las tablas, el proveedor tendrá la información adecuada y podrá ofrecer una solución de acuerdo a las verdaderas necesidades existentes.

Las características que deben cumplir las variables de **manipulación**, son técnicamente más complejas, debido a que se tienen que especificar necesidades con mayor nivel ingenieril. Sin embargo conviene mencionar cuales son algunas de estas especificaciones:

- a) **Tipo de Actuador:** Se refiere a la manera física de cómo se llevara a cabo el control, ya sea por medio de una válvula, un motor, un servomecanismo, etc.

- b) Señal de entrada mecánica o eléctrica. Aquí se especifica la manera en la cual el controlador opera al actuador, ya sea de manera neumática (por aire), hidráulica, o eléctricamente.

Aunque del análisis funcional, no se desprende mucha información acerca de las necesidades que requieren los actuadores, si se puede mencionar al proveedor características útiles adicionales. Por ejemplo, si se cuenta con instalación de aire en la planta, el tipo de voltaje que esta disponible para operar en la planta, si se requiere de algún material especial o protección para el producto, etc.

La tabla 4.2a muestra un ejemplo de llenado de esta tabla para el proceso de elaboración de dulces de leche.

Características y Especificaciones para las variables de manipulación					
Tipo de actuador	Señal de Entrada			Instalación en la planta	
	Neumática	Hidráulica	Eléctrica	Aire	Voltaje
Válvula para leche			X	No	
Dosificador de productos secos			X	No	
Válvula para regulación de vapor			X	No	
Motor Monofásico para agitador			X		110V

Tabla 4.2a Características y especificaciones a considerar para variables de manipulación para el proceso de fabricación de dulces.

En el primer renglón de la tabla se muestra que es necesario especificar una válvula para la leche. Esta válvula permite el paso de la leche hacia el tanque para llevar a cabo la condensación de la misma.

La válvula funciona típicamente con una señal eléctrica. Esta señal es enviada directamente del controlador, quien le ordena abrir o cerrar, según sea el caso. Cabe señalar que en este ejemplo, la válvula pudo haber tenido un accionamiento neumático (por aire), o incluso mecánico (mediante una leva). El proveedor de servicios de automatización proporciona la mejor solución técnica de acuerdo a las instalaciones existentes en la planta.

Debido a esto es importante especificar en la tabla si se cuenta con una instalación de aire (compresor) dentro de la planta. En el caso de utilizar motores conviene además especificar los voltajes disponibles en la planta, los cuales son típicamente 110V y 220V.

Continuando con el ejemplo de la fabricación de cristales, la tabla 4.2a muestra las características que deben cumplir las variables de manipulación:

Características y Especificaciones para las variables de manipulación					
Tipo de actuador	Señal de Entrada			Instalación en la planta	
	Neumática	Hidráulica	Eléctrica	Aire	Voltaje
Damper en ducto			X	120V	
Aspersor	X			Si	
Extracción de Aire	X			Si	
Válvulas manuales					

Tabla 4.2b Características y especificaciones a considerar para variables de manipulación para el proceso de elaboración de cristales.

En la elaboración de cristales, la combinación de temperatura y humedad relativa regulan la calidad del cristal. En este caso para mantener la temperatura del cuarto en la referencia adecuada se utiliza un damper, el cual abre o cierra por orden del controlador dejando entrar más o menos aire, según se requiera. Es necesario especificar con cuales instalaciones se eléctricas se encuentran en la planta, debido a esto se especifican 120 volts, que es voltaje del que se dispone.

La humedad relativa se controla mediante un aspersor, el controlador regula la apertura y cierre de este, dejando entrar más o menos agua al proceso, según sea necesario. Es necesario especificar si se cuenta con una instalación neumática (compresor), debido a que los aspersores comúnmente operan mediante aire.

4.3.2 Características y especificaciones técnicas para controladores.

Las características y especificaciones que debe cumplir un controlador se basan principalmente en la cantidad de procesos continuos o discretos que tenga la planta. Es importante entonces hacer un análisis acerca de cuáles de las operaciones que se realizan en la planta son del tipo continuo o discreto. Esto se puede llevar a cabo con la ayuda del proveedor.

En el ejemplo de la elaboración de los cristales (ver capítulo 3), una necesidad importante es mantener en las condiciones adecuadas la humedad relativa y la temperatura. Este es un ejemplo de un proceso continuo. La solución mas adecuada entonces será la implementación de un controlador tipo PID.

Conviene especificar al proveedor, cuántos sensores se instalarán al controlador para poder medir la humedad y la temperatura, cuántas válvulas operará el PID, etc.

Una parte característica muy importante es especificar al proveedor, cuales de nuestros procesos son clave y no pueden parar por ningún motivo. Estos procesos requieren de un segundo controlador de respaldo. Un equipo que esta configurado para realizar la misma función y entra como respaldo de otro igual, en caso de falla, se le conoce como equipo redundante.

El equipo de control tiene que tener además un respaldo principalmente en el caso de una falla eléctrica. Existe siempre la necesidad de mantener operando los controladores, en caso de interrupción del suministro eléctrico, esta necesidad puede ser cubierta por bancos de baterías, o plantas generadoras de diesel, gas o gasolina.

El costo del respaldo se puede estimar proporcional al producto de la potencia que se requiere y el tiempo de duración. Mientras mas carga se requiera mantener operando más tiempo, mayor será el costo.

Cabe mencionar que el costo de los equipos de emergencia para respaldo suele ser relativamente caro, pero estos tienen un reembolso de inversión que esta directamente relacionado con el tiempo que mantienen el control de la producción en momentos de falla, lo que puede justificar su compra.

Las condiciones ambientales donde operará el controlador deben también especificarse, en este caso se añaden ruido eléctrico y corrosividad. Además de las anteriores: humedad, temperatura y polvo.

La corrosividad es importante debido al efecto que tiene sobre la circuitería de los equipos electrónicos y sobre la estructura física de los instrumentos. Se puede especificar como nulo, medio o alto.

Si el controlador esta conectado cerca de motores o líneas de transmisión de energía, puede ocurrir una falla por ruido eléctrico. Es importante entonces dar una protección especial contra el ruido eléctrico previniendo al proveedor en que situación de ruido estará el controlador. Se especifica como nulo, medio o alto.

La tabla 4.3a muestra el llenado de la tabla de especificaciones para controladores utilizando como ejemplo el proceso de fabricación de dulces de leche:

Características y especificaciones técnicas para controladores									
Cantidad (+redundancia)	Tipo de controlador	Número de Entradas	Número de Salidas	Condición ambiental					Consideraciones especiales
				Hum.	Corrosividad	Temp.	Polvos	Ruido Elect.	
				Nivel	Nivel	(Rango y unidades)	Nivel	Nivel	
1(1)	PLC	14	11	medio	nulo	20-50°C	nulo	bajo	Opera en ambiente alimenticio

Tabla 4.3a Características y especificaciones a considerar para controladores para el proceso de fabricación de dulces.

El proceso de fabricación de dulces es en gran parte discreto, las operaciones del proceso generalmente son en etapas y ocurren en secuencias controladas.

Llenar el tanque, prender el fuego, dosificar azúcar, mover el agitador y demás etapas tienen que ser controladas. Algo les tiene que decir cuando accionarse a cada una. Esto algo es un PLC, este se encarga de ejecutar la secuencia en el orden correcto mediante una programación previamente realizada.

Es importante conocer cuantas etapas o procesos se desea que controle el PLC. Para esto se dividen en dos partes:

- a) **Entradas:** Las entradas al PLC indican cuando se debe realizar una acción sobre una salida. Son ejemplos de entrada de un PLC los sensores, botones, etc.

b) **Salidas:** Las salidas de un PLC son los elementos que tienen acción directa sobre el proceso. Ejemplo: pistones, válvulas, motores, etc.

Para este ejemplo, son aproximadamente 14 entradas y 11 salidas que tiene que controlar el PLC. El número de entradas y salidas se puede estimar de acuerdo al proceso y a la tabla 4.1 y 4.2. En estas tablas aparece el número total de entradas (variables de monitoreo y control) y las salidas (variables de manipulación).

Sin embargo aunque en este ejemplo no se visualizan en las tablas 4.1 y 4.2 tantas entradas y salidas, el caso real de estudio si arrojaría estos resultados.

Las condiciones ambientales de operación son muy similares a las existentes para los sensores. Solo se añadió una característica importante: el ruido eléctrico.

El ruido eléctrico puede interferir en las comunicaciones del PLC y el proceso, entorpeciendo la secuencia y provocando un mal funcionamiento. Las fuentes generadoras de ruido son por lo general motores y líneas de transmisión de alto voltaje. Por lo que se debe considerar una protección especial si se sabe que trabajarán cerca de alguno de estos elementos anteriormente mencionado.

La tabla 4.3b muestra el llenado de la tabla de especificaciones para controladores utilizando como ejemplo el proceso de elaboración de cristales:

Características y especificaciones técnicas para controladores									
Cantidad (+redundancia)	Tipo de controlador	Número de Entradas	Número de Salidas	Condición ambiental					Consideraciones especiales
				Hum.	Corrosividad	Temp.	Povos	Ruido Elect.	
				Nivel	Nivel	(Rango y unidades)	Nivel	Nivel	
1(1)	PID	2	2	medio	alto	20-50°C	nulo	bajo	Opera en ambiente alimenticio
	Respaldo trifásico de energía eléctrica a partir de diesel								

Tabla 4.3b Características y especificaciones a considerar para controladores para el proceso de elaboración de cristales.

El proceso de elaboración de cristales es un proceso con una parte fuertemente continua, para esto el mejor controlador es un PID. Este controlador tiene la consigna de controlar dos variables continuas del proceso: la temperatura y la humedad relativa.

En la parte de manipulación se vió que la temperatura será regulada mediante un damper y la humedad relativa por medio de un aspersor. Al PID deben entonces especificársele, el número de entradas y salidas. En este caso son dos entradas: el sensor de temperatura y humedad relativa, así como dos salidas: el damper y el aspersor.

En cuanto a las condiciones ambientales son similares a las de los sensores, además debe especificarse la cantidad de ruido eléctrico existente.

Un aspecto importante en esta tabla, es el respaldo que se requiere en caso que la corriente eléctrica falle. Este respaldo es especificado en la tabla de controladores para ser cotizado por el proveedor. En la tabla aparece como "respaldo trifásico de energía eléctrica a partir de diesel". Es muy importante, como se mencionó anteriormente, tomar en cuenta estos respaldos y el costo asociado a ellos.

4.4 Conclusiones.

La selección de equipo debe realizarse en colaboración con un proveedor de servicios de automatización. Este proveedor muchas veces desconoce nuestras necesidades, por lo que es importante tener un medio para clasificar la información que requiere el proceso, además de las necesidades del mismo.

Las tablas mostradas en este capítulo ofrecen una fuerte ayuda para proveer información relevante al proveedor de servicios de automatización. Los ejemplos descritos sirven como referencia para el llenado de los mismos, sin embargo, toda esta información parte del análisis funcional que se realizó previamente de la planta.

El conocimiento básico de los instrumentos que hacen funcionar a un lazo de control es importante también, ya que proporcionan una idea acerca de lo que se requiere en el proceso. Hay que realzar que la persona que esta junto al proceso es quien más lo conoce operativamente. Este conocimiento traducido en las tablas hacia un proveedor confiable proporciona el camino hacia una automatización rentable y exitosa.

Capítulo 5

Selección de proveedores

5.1 Introducción.

Seleccionar un proveedor confiable de servicios de automatización requiere de un cuidadoso proceso de selección. Existen varios factores a evaluar en un proveedor de servicios de automatización para garantizar el servicio mas adecuado. Existen preguntas frecuentes tales como ¿Cómo escojo al mejor proveedor? ¿Qué factores debo tomar en cuenta para escoger un buen proveedor? ¿Cómo realizar la compra del material? Estas son realizadas al momento de seleccionar a un proveedor.

En esta sección se analizarán los factores que intervienen en la selección de un proveedor de servicios de automatización. También la manera en cómo se analizan las diferentes propuestas de los proveedores. Los parámetros que se utilizan para realizar comparaciones entre las mismas, así como una manera, mediante consejos prácticos y ejemplos, de llevar a cabo este análisis.

Nuevamente las tablas realizadas en la sección anterior (ver capítulo 4) juegan un papel determinante en este proceso, ya que es la información de las tablas las que proporcionaran una información confiable y ecuanime para todos los proveedores de servicios de automatización. La información de las tablas garantiza cotizaciones en igualdad de condiciones, esto es muy importante a la hora de tomar una decisión de compra.

5.2 Selección de proveedores.

Para seleccionar un proveedor de automatización es necesario conocer el área principal en el cual tiene experiencia el proveedor. Generalmente un proveedor de servicios de automatización se especializa en alguno(s) de los siguientes rubros:

- a) **Instrumentación.** Especialista en instrumentos de medición y/o actuación, tales como todo tipo de sensores (temperatura, nivel, presión, etc). Actuadores: válvulas, relevadores, motores, bombas, etc. Cabe señalar que algunos proveedores son especialistas exclusivamente en algún tipo de instrumento, los cuales se requieren para aplicaciones muy especiales y de propósito muy específico. Ejemplo: Sensores para industria aeroespacial, válvulas para industria alimenticia, etc.
- b) **Equipo de control y computacional.** Se especializan principalmente en el ramo de los controladores. Son ideales para proporcionar los equipos de control tanto discretos (PLC's), como continuos (PID's), así como su programación, instalación y correcta puesta en operación.
- c) **Software.** En automatización existen aplicaciones muy complejas y avanzadas, las cuales requieren de una programación especial. Esta programación

generalmente se realiza en el controlador. Estos proveedores son especialistas en proporcionar las soluciones informáticas para procesos complejos, tales como hornos muy grandes, procesos químicos complejos, etc.

- d) **Servicios.** Entre los servicios que proporcionan estas empresas, entran las áreas de mantenimiento, instalación, supervisión y asesoría técnica de procesos automatizados. Estos proveedores cuentan además con programas de capacitación para operadores, ingenieros y en general el personal de la planta que operará el sistema automatizado.

Muchos de los proveedores pueden abarcar varios de estos rubros, sin embargo, un proveedor confiable conoce su área de mayor experiencia. Existen proveedores que pueden proporcionar todos los servicios, sin embargo es conveniente revisar, si la automatización es muy específica, opciones de proveedores con experiencia en esa área determinada.

Cuando se requieren participar varios proveedores en un mismo proyecto, son necesarios los servicios de un proveedor que ofrezca la **integración** de todos los equipos de automatización. Estos proveedores de servicios de integración, generalmente son empresas de consultoría especializada encargadas de la instalación, capacitación al personal y supervisión de todo el proyecto de automatización.

5.3 Factores importantes en la selección del proveedor.

Existen aspectos a considerar para seleccionar el proveedor más adecuado para la automatización, estos factores se pueden dividir en tres aspectos principales:

5.3.1 Factores estratégicos.

Los factores estratégicos se refieren principalmente a tres aspectos:

- a) **Localización geográfica de la planta.** La ubicación geográfica del proyecto de automatización es un factor muy relevante. Proyectos de automatización que están en lugares muy remotos, tendrán un costo asociado para llevar e instalar equipos. Hay que considerar que en caso de una falla en el proceso, no se tendrá acceso de manera rápida a una solución por parte del proveedor.
- b) **Presencia local, nacional y mundial.** Es importante considerar este factor, debido a que en automatizaciones pequeñas un proveedor local puede ser suficiente. Un proveedor pequeño tiene ventajas tales como atención personalizada, tiempo de respuesta y servicio, aunque sus soluciones ingenieriles o de soporte técnico sean mas limitadas. Quizá un proveedor de clase mundial proporcione soporte técnico más especializado y mejor, sin embargo y debido a que tiene una mayor cartera de clientes, la atención proporcionada puede ser impersonal, deficiente, tardada. Es necesario realizar un equilibrio entre las necesidades que requiere la empresa y la presencia del proveedor.

- c) **Tiempo de respuesta y costo.** El tiempo de respuesta es un factor importante y viene asociado en factores tales como la presencia del proveedor y la ubicación geográfica del proyecto. Existen proveedores que pueden no tener el tiempo de respuesta adecuado a las necesidades del proyecto, demorándolo, o teniendo una atención deficiente.

Los factores estratégicos que son desfavorables, pueden ser solucionados por el proveedor en conjunto con la empresa interesada en la automatización.

Un proyecto que se realiza en una localización geográfica desfavorable, tendrá tiempos de entrega muy grandes y no tendrá acceso inmediato a asesoría técnica por parte de ingenieros del proveedor en caso de una falla. Este problema puede ser resuelto tomando acciones tales como:

- Capacitar al personal antes de la instalación del equipo en aspectos como: calibración de instrumentos, mantenimiento, configuración, etc.
- Realizar la instalación, programación, etc. por personal de planta, con supervisión del proveedor. Así cuando el proveedor termine sus servicios el personal estará familiarizado ya con la operación del proyecto. En caso de una falla en la programación, calibración o mantenimiento el personal tendrá una mayor oportunidad de resolver el problema, sin la necesidad del proveedor.

5.3.2 Factores programáticos.

Los factores programáticos se refieren principalmente a las limitaciones técnicas y de abastecimiento existentes para llevar a cabo correctamente el proyecto de automatización.

Entre los factores programáticos encontramos los siguientes:

- a) **Capacidad de entrega de productos.** Se refiere a la capacidad que tiene el proveedor para entregar el material e instalarlo. Un proveedor puede disponer de un inventario limitado, con lo cual tiene que requisitar material o equipo de otro lado o incluso a otro proveedor.
- b) **Personal responsable del proyecto.** Es conveniente nombrar un responsable encargado de la automatización. Este encargado tendrá la consigna de comunicarse con los proveedores y resolver sus dudas acerca del proyecto de automatización. Asimismo si el proveedor tuviera alguna dificultad operativa, el responsable del proyecto será el encargado de facilitar al proveedor soluciones para agilizar el proyecto.
- c) **Instalaciones y capacidad ingenieril.** En proyectos de automatización pequeños se tienen problemas relacionados con la falta de instalaciones o de capacidad ingenieril. Con esto se hace referencia a la falta de personal capacitado adecuadamente para operar un sistema de control automático.

En caso de faltar alguna instalación, o tener poca capacidad ingenieril, el proveedor, junto con el responsable del proyecto puede optar por soluciones tales como:

- Capacitar al personal después de la instalación del equipo en aspectos como: uso de aplicaciones, programación, ingeniería de control, etc. Esta capacitación es muy valiosa para los operadores, puesto que se realiza en su lugar de trabajo, con la máquina que van a operar en todo momento, perdiendo el miedo natural al sistema de control nuevo que es instalado en su operación.
- Realizar la programación de los sistemas, la implantación por primera vez de aplicaciones, etc. por personal de planta, con supervisión del proveedor. De esta manera se pueden resolver dudas operativas bajo la tutela del proveedor.

5.3.3 Factores operativos.

Los factores operativos se refieren a la capacidad que tiene el proveedor para proveer soluciones dentro de las operaciones, así como sugerir posibles mejoras. Tiene injerencia además en los futuros planes de desarrollo que la empresa tiene.

Entre los factores operativos encontramos los siguientes:

- a) Capacidad de apoyo en operación.** Es la capacidad que tiene el proveedor para proporcionar asistencia técnica en las operaciones productivas de la empresa. En todo momento es deseable esta capacidad debido a que puede favorecer en mucho la mejora de los procesos en la empresa.
- b) Experiencia en procesos similares.** Un proveedor con experiencia en procesos similares puede aportar muchas mejoras en las operaciones y en general en el proyecto de automatización sugiriendo cambios en base a la experiencia obtenida en proyectos anteriores. Esta experiencia es un valor agregado muy deseable en el proveedor de servicios de automatización.
- c) Capacidad para nuevos desarrollos.** El proveedor de servicios de automatización debe tener la capacidad de crecer junto con la empresa para poder llevar a cabo nuevos desarrollos y proyectos de expansión. Debe ser capaz de soportar los cambios para lograr nuevos desarrollos y proporcionar las soluciones pertinentes a largo plazo.

En caso de que falte capacidad para apoyar en las operaciones por parte del proveedor puede capacitarse al personal antes de la instalación del equipo en ingeniería de control automático. Con esto el operador podrá sugerir mejoras en el proceso productivo, además de tener menos paros operativos por desconocimiento del funcionamiento del equipo nuevo adquirido.

5.4 Cotizaciones.

Las cotizaciones que realizan los distintos proveedores deben cumplir principalmente tres requisitos: que sean comparables, que estén basadas en hechos medibles y que sean un reflejo de la realidad del entorno.

Para que las cotizaciones sean comparables se recurrirá nuevamente al uso de la metodología vista ya en el capítulo anterior [4]. Como parte de esta metodología la información recopilada en las tablas 4.1, 4.2 y 4.3 son entregadas, debidamente llenadas, a distintos proveedores.

Adicionalmente, se entrega a los proveedores las tablas 5.1 y 5.2, las cuales tienen que ser llenadas. Con esta base en común, se podrá tener un punto para comparar las distintas propuestas entre proveedores y ver las posibles discrepancias entre cotizaciones. Las tablas además cumplen la función de poner en hechos medibles las cotizaciones.

La información que se presenta en las tablas 5.1 y 5.2, es de carácter técnico ingenieril. Estas tablas permiten realizar una comparación importante entre proveedores.

Es deseable además que la cotización de los instrumentos y el equipo de control vayan acompañados por los siguientes documentos:

Un **documento técnico** en el cual se describan las características del equipo que se propone y donde se garantiza el cumplimiento de las especificaciones establecidas. Además de un **documento financiero** donde se detallen los costos del proyecto y los flujos de efectivo y condiciones de pago.

El documento financiero además debe desglosar todos los costos asociados a instalación, capacitación del personal y puesta en operación del equipo. Se debe procurar tener diferentes esquemas de pago. Un proveedor puede proponer atractivos esquemas de financiamiento del equipo y con eso ofrecer ser una mejor opción. Los esquemas que generalmente manejan los proveedores son 50% como pago inicial y un 50% financiado en mensualidades.

Las características importantes que debe saber un proveedor acerca del proceso están contenidas en las tablas 4.1, 4.2 y 4.3. El proveedor propondrá una solución técnica ingenieril, además de los documentos técnicos y financieros.

En el anexo dos están contenidas, en las tablas, la propuesta que el proveedor entregará. En la tabla 5.1 pueden verse características importantes acerca de la instrumentación como son la marca, el modelo, rango y precisión del instrumento.

El proveedor además reporta otras características como linealidad, tiempo de respuesta, alarmas, cableado, y la manera en cómo se comunican estos instrumentos (protocolo de comunicación). Finalmente el costo asociado con la instrumentación para cada uno y un costo total.

Asimismo para la tabla 5.2, que es el reporte del controlador, el proveedor debe mencionar características como son: voltaje en el que se alimenta, que lenguaje de programación utiliza. Además de su protocolo de comunicación y las características ambientales en las que va a operar. Si existiera alguna característica importante adicional, no mencionada en las tablas, se puede informar de esta en la casilla "características especiales". El costo también será reportado dentro del espacio apropiado para ello.

5.5 Caso de estudio de selección de proveedores.

Retomando el caso de estudio del proceso de fabricación de dulces de leche, se realizara una cotización de instrumentos y equipo de control especificados en las tablas 4.1a, 4.2a y 4.3a.

El llenado de las tablas fue realizado en el capítulo 4 y quedaron especificados de la siguiente manera:

Características y especificaciones para variables de control y monitoreo						
Nombre	Factores especiales a considerar	Rango	Precisión	Condiciones ambientales		
				Hum.	Temp.	Polvos
Nivel de leche	Material de construcción para industria alimenticia	on/off		alto	15°C-150°C	Nulo
Temperatura de la leche en el tanque	Material de construcción para industria alimenticia, Humedad alta	20-150°C	± 1°C	alto	15°C-150°C	Nulo
Densidad de la leche	Material de construcción para industria alimenticia	0.5-3g/ml	±0.005g/ml	alto	15°C-150°C	Nulo
Presencia caja		0-6		bajo	15°C-40°C	bajo
Número de dulces		0-6		bajo	15°C-40°C	bajo

Tabla 4.1a Características y especificaciones a considerar para variables de monitoreo y control para el proceso de fabricación de dulces.

Características y Especificaciones para las variables de manipulación					
Tipo de actuador	Señal de Entrada			Instalación en la planta	
	Neumática	Hidráulica	Eléctrica	Aire	Voltaje
Válvula para leche			X	No	
Dosificador de productos secos			X	No	
Válvula para regulación de vapor			X	No	
Motor Monofásico para agitador			X		110V

Tabla 4.2a Características y especificaciones a considerar para variables de manipulación para el proceso de fabricación de dulces.

Características y especificaciones técnicas para controladores									
Cantidad (+redundancia)	Tipo de controlador	Número de Entradas	Número de Salidas	Condición ambiental					Consideraciones especiales
				Hum.	Corrosividad	Temp.	Polvos	Ruido Elect.	
				Nivel	Nivel	(Rango y unidades)	Nivel	Nivel	
1(1)	PLC	14	11	medio	nulo	20-50°C	nulo	bajo	Opera en ambiente alimenticio

Tabla 4.3a Características y especificaciones a considerar para controladores para el proceso de fabricación de dulces.

En el caso del proceso de elaboración de dulces de leche, el proveedor especifica un sensor de nivel de leche marca Able, modelo A 01 195, con un rango de 0 a 150 cm. Debido a ser un sensor tipo ON/OFF no será necesario especificar su resolución ni su precisión. Es resistente a alta temperatura, 150°C, además de que su material de fabricación es acero inoxidable, el adecuado para la industria alimenticia.

Para el controlador se reporta un PLC Siemens Simatic ST-400, con 16 entradas y 16 salidas. Esta cantidad es suficiente para el proceso, el lenguaje y la plataforma con la que se va a programar este PLC es Step 7.

Las características ambientales son importantes y son también especificadas: puede estar operando con alta humedad (0 a 95%), resistente hasta una temperatura ambiental máxima de 60°C y el ruido eléctrico que soporta es del rango de 50 a 180 Hz.

El equipo que reporta el proveedor en las tablas 5.1 y 5.2 deja en claro las características de los instrumentos y controles que se pretenden vender. Verificar las características del equipo que se solicitaron contra las que el proveedor reporta es muy importante.

El proveedor puede especificar productos con características faltantes, o muy sobradas, particularmente en el rubro de rango y precisión. Es muy importante entonces cuestionar al proveedor acerca del equipo y verificar una a una todas las características que se solicitaron.

No es solamente el costo de la propuesta el indicador que se busca para tomar una decisión. Se deben tomar en cuenta para seleccionar al proveedor todos los factores mencionados anteriormente: operativos, programáticos y estratégicos.

La tabla 5.4 muestra una referencia acerca de algunos posibles factores que se evalúan en un proveedor. En este ejemplo se comparan tres proveedores y en la tabla se colocan las características que este proveedor puede cumplir. Esta tabla es solamente una referencia, en caso de ser necesaria tomar en cuenta otros factores se pueden agregar.

Esta ponderación en conjunto con el documento financiero apoya la toma de decisión acerca del proveedor. No es el mejor proveedor el que ofrece el mejor precio o las mejores condiciones de pago.

En este caso, por estar ubicada la planta en León, Guanajuato, el proveedor tendrá que tener presencia local. León es una ciudad con una industria media, pero posee varios proveedores de servicios de automatización. Es imprescindible que tenga una respuesta inmediata y además que tenga experiencia en procesos similares.

Se desea además que sea una atención personalizada y ofrezca un programa de capacitación para su personal.

En base entonces a estos factores deseados se procedió a evaluar a los tres proveedores.

Para realizar la evaluación de los proveedores, se recurrió a la tabla 5.4.

	Peso	Proveedor A		Proveedor B		Proveedor C	
Tiempo de respuesta (asistencia) no mayor a 24 horas.	100	3	300	3	300	3	300
El distribuidor tiene presencia en el bajío del país	50	1	50	2	100	4	200
El equipo de capacitación es multidisciplinario	25	3	75	4	100	2	50
El distribuidor tiene asistencia técnica vía telefónica	25	3	75	3	75	3	75
El distribuidor tiene asistencia técnica en línea	25	2	50	1	25	2	50
El distribuidor tiene asistencia presencial en menos de 24 horas	100	2	200	3	300	4	400
El distribuidor tiene presencia en el mercado de por lo menos 5 años	50	4	200	1	50	2	100
Participación en proyectos similares	100	2	200	1	100	3	300
Ofrece capacitación	75	2	150	3	225	2	150
Ofrece garantía (mínimo tres años)	50	2	100	1	50	3	150
			1400		1325		1775
Total			140		132.5		177.5

Métricas de evaluación: 1 = No cumple las expectativas; 2 = No cumple todas las expectativas; 3 = Cumple las expectativas; 4 = Supera las expectativas

Tabla 5.4 Tabla comparativa entre distribuidores.

Para el correcto llenado de la tabla se deben asignar un determinado peso en número a las características que debe cumplir el proveedor. En este caso se le asigna un peso de 100 a participación en proyectos similares y tiempo de respuesta no mayor a 24 horas.

Un peso de 75 a los programas de capacitación, y un peso menor a la garantía, presencia en el bajío y presencia en el mercado. Los pesos asignados en 25 son características que quizás el proveedor ofrezca, sin embargo estas no son importantes en este proyecto específico.

La métrica que se utiliza para realizar la evaluación se muestra también en la tabla, si el proveedor supera las expectativas o las cumple obtiene un mayor puntaje. Al final la suma de todos los estos pesos da como resultado una calificación que se puede utilizar para comparar cual es el mejor proveedor.

En este ejemplo, el proveedor que obtuvo el mayor puntaje, 177 puntos fue el proveedor C. Este es el proveedor que mejor cumple con todas las expectativas deseadas.

En ocasiones el puntaje puede dar una diferencia mínima entre proveedores. Si la diferencia es de 5 a 10 puntos en realidad no es muy significativa. Se puede entonces tomar una decisión en base a recomendaciones con otras personas que han trabajado con los proveedores, mejor cotización o las facilidades para pagar la inversión, etc.

5.6 Conclusiones.

Seleccionar al mejor proveedor no es una tarea sencilla. Las tablas mostradas en los anexos y en este capítulo simplifican en mucho esta tarea, ya que clasifican las características más importantes y proporcionan un documento al proveedor que debe

respetar. Esto hace que los concursos sean mas equitativos y ponen en términos justos y comparables todas las cotizaciones.

Además de las especificaciones del equipo, del precio y las condiciones de pago, existen otros factores a considerar. El mejor proveedor es aquel que mayormente satisfaga todas las necesidades que el proyecto requiere. El documento financiero es muchas veces engañoso ya que un proveedor que presenta una propuesta con un costo muy bajo o con condiciones de pago muy favorables puede no cumplir con factores imprescindibles en cuanto a asistencia, capacitación, experiencia en proyectos u otros se refiere.

Capítulo 6

Supervisión de la automatización

6.1 Introducción.

Los procesos debidamente automatizados requieren además del mantenimiento a los equipos por parte de técnicos, ingenieros y proveedores, la supervisión de la automatización. Supervisar una automatización no es simplemente verificar que los equipos estén funcionando de manera correcta. La información generada por los equipos como son sensores, medidores, controladores, que están instalados en la planta es un beneficio adicional utilizado como soporte en la toma de decisiones.

La correcta utilización de esta información es clave para el éxito o fracaso de la industria productiva. El control supervisorio de procesos se encarga de la obtención y manejo de la información obtenida de los equipos de control automático.

En este capítulo se mostrarán conceptos básicos acerca de control supervisorio y la manera en que la información puede utilizarse como una herramienta de soporte en la toma de decisiones de la empresa.

6.2 Control Supervisorio Humano.

El control supervisorio humano es aquella supervisión que cuenta con retroalimentación sistemática de resultados de proceso y que logra implementar las decisiones tomadas de forma eficiente [8]. El control supervisorio generalmente es realizado por el humano, aún cuando se cuente el apoyo de computadoras. Existen tareas que una computadora no puede realizar, como por ejemplo la capacidad para predecir o adaptarse.

El control supervisorio humano puede ser auxiliado por herramientas de apoyo para la toma de decisiones. De esta forma las desventajas que presenta el control supervisorio humano, tales como preferencias, procesamientos de datos lentos, gustos o costumbres, se reducen facilitando la toma de decisiones objetiva y eficiente.

6.3 El correcto manejo de la información.

Un administrador es un tomador de decisiones (debe identificar alternativas y seleccionar la mejor). Para tomar decisiones es necesario contar con información [8]. La calidad de la información que se maneje afecta las decisiones y consecuentemente a la empresa.

Para que la información cumpla con su objetivo, el usuario debe [8]:

- Poder interpretarla
- Saber dónde se origina
- Conocer cómo se elabora
- Estar enterado de los criterios aplicados en la selección de datos

- Poder aplicarla

En ocasiones los términos dato e información se utilizan como sinónimos, lo cual es un error. Un dato puede ser un número, una palabra, una imagen. Los datos son independientes, no están relacionados entre sí y pueden ser de una cantidad ilimitada.

Para que los datos sean de utilidad práctica es necesario que se contextualicen, es decir convertirlos en información. Información, por su parte, son datos que dentro de un contexto dado tienen un significado para alguien. Así los conceptos de información y el de dato están íntimamente relacionados.

Para definir los atributos de la información, se debe clarificar el significado de cada uno de estos dos aspectos. Primeramente, un atributo es aquella característica que diferencia de manera única a un elemento de un conjunto de elementos diferentes; esto es, sin el atributo el elemento deja de ser ese elemento. En este caso de la información, los atributos y cualidades que deben de presentar son **confiabilidad, relevancia, oportunidad, precisión y formato** [9]. Si cualquiera de estas tres características faltara entonces no se tendría información sino un conjunto de datos. A continuación se describen los atributos que debe tener la información para ser de calidad.

- **Relevancia:** que tenga sentido para la persona que la recibe. Esto es, que sea importante y proporcione valor agregado al usuario. La relevancia establece que la información además de cumplir con las características anteriores, sólo debe llegar a las personas que realmente la necesitan para llevar a cabo su función. Si la información no es relevante para una persona, aún cuando cumpla con las demás características, será un estorbo en la toma de decisiones. Su contenido se adecua al uso que le va a dar el usuario. La pertinencia de la información está determinada por la *naturaleza* y la *importancia* de ésta. (Naturaleza = forma en que se originó, así como su contenido. Importancia = grado de influencia que puede tener sobre la decisión que se está tomando).
- **Oportunidad:** disponer de la información justo cuando es requerida. La información debe llegar en el momento preciso con la frecuencia adecuada. La sola frecuencia no es suficiente. Es necesario que no llegue con antelación, pues tendría que acumular y luego buscar, ni tampoco con retraso, pues no sería de utilidad y generaría un costo inútil.
- **Confiabilidad:** El usuario cree en ella y la utiliza. La información está completa y libre de errores y prejuicios.
- **Precisión:** en este punto lo que se desea es que la información sea tan exacta, detallada o global como se requiera. Por ejemplo, a un operador le será de gran utilidad conocer si la cantidad de litros por segundo que fluyen a través de cierto dispositivo se encuentra dentro del rango deseado o normal. En cambio, para un administrador, esta precisión es irrelevante e inútil. Él tal vez sólo necesita saber la producción semanal del producto final y la información relacionada a ello.
- **Formato:** por medio de esta característica se le atribuye cierto formato, presentación y orden a la información al momento de ser presentada al tomador

de decisiones. En este punto se pueden establecer estándares que sean utilizados en toda la planta, con el fin de encontrar la información necesaria en el menor tiempo posible y con facilidad. Por ejemplo, en una empresa internacional, el lenguaje utilizado formaría parte del formato del documento.

Las cualidades que debe tener la información para ser de calidad son las siguientes:

- **Claridad:** la información debe ser fácil de revisar. Esta característica está relacionada con la estructura, ya que si la información se encuentra bien estructurada, la claridad sólo dependerá de la legibilidad y comprensión de la información. Esta característica establece que los documentos impresos utilicen un tamaño de letra legible, que los datos en pantalla sean agradables a la vista y fáciles de identificar y distinguir.
- **Concisión:** la información debe ser concisa. Se debe dar la mejor calidad de información en cuanto a cantidad y exactitud, con el menor número de palabras.

La información de calidad es aquella que cumple con los atributos y las cualidades antes mencionados, proporcionando valor agregado al usuario. Este tipo de información facilita y eficientiza el sistema de control supervisorio si se cuenta además con la infraestructura adecuada y una buena automatización de la planta.

En el caso del proceso de fabricación de los dulces de leche, al terminar de instalar el equipo por parte del proveedor, se tendrán sensores de nivel, densidad, temperatura. Estos sensores estarán arrojando datos constantemente acerca del proceso.

Un sensor siempre reportará al operario la temperatura a la que se encuentra el proceso. La información que tiene el operario, acerca del sensor, es que esta temperatura debe mantenerse siempre en un rango adecuado.

Para el ingeniero de proceso este dato toma más relevancia. El ingeniero puede predecir cual es el rango de temperatura óptimo para el proceso y además, si existiera una variación, la manera en la que esta afecta al proceso. Con esta información el ingeniero puede llenar un reporte e indicar que debido a variaciones en la temperatura del proceso la cantidad de dulce producido es menor.

Un sensor que de manera automática cuente el número de dulces que pasan a través de una banda transportadora, pone el contexto para otro ejemplo de la utilización de la información.

Al operario le interesa solamente saber cuantos dulces van pasando por la banda, para poder empaquetarlos de veinte en veinte. Sin embargo al ingeniero de producción, no le interesará saber solamente este dato. De este sensor se puede saber además la cantidad de dulces producidos en un turno completo y cuales son los tiempos en que pasan más o menos dulces.

De este mismo sensor puede dársele al gerente de la planta, la cantidad de dulces producidos por mes y el puede tomar la decisión de aumentar o disminuir la capacidad productiva de la empresa. La información de este sensor, con los atributos y cualidades

mencionados, se vuelve entonces un recurso fundamental en la toma de decisiones en la empresa.

6.4 Conclusiones.

La toma de decisiones en una empresa no debe ser realizada de manera arbitraria. Las decisiones deberán ser tomadas por las personas que conocen más y mejor el proceso. En este sentido la automatización proporciona un flujo constante de información valiosa hacia los administradores.

La generación constante de datos por parte del equipo de control debe ser convertida en información oportuna para la persona encargada de tomar la decisión. Un operario no necesita la misma información que un gerente. En este sentido es muy importante darle los atributos y cualidades mencionadas a la información para que sea útil. Los beneficios obtenidos con la información deben exceder siempre al costo de generarla.

Capítulo 7

Conclusiones

7.1 Conclusiones y recomendaciones para trabajos posteriores.

La pequeña y mediana empresa mexicana requiere de información acerca de mejoras en su capacidad para producir. Una de estas herramientas es la automatización a bajo costo. La falta de información acerca de las tecnologías que se tienen para automatizar es común entre la pequeña y mediana empresa.

Aunque en las distintas instancias de gobierno existen programas de apoyo para el crecimiento y fortalecimiento de las empresas, estos apoyos son principalmente económicos y raras veces técnicos. En el caso de las asesorías técnicas, se cuenta con programas basados principalmente en reingeniería y muy poco en automatización de procesos.

Existe mucha información relacionada con la automatización de procesos, sin embargo, esta no es accesible para los pequeños empresarios. Poner en manos de los pequeños y medianos empresarios el conocimiento básico de la automatización de procesos, mediante un lenguaje accesible para ellos, es el tema que se desarrolló en esta tesis.

La metodología seguida a lo largo de todo este trabajo es resultado de experiencias en la práctica profesional del autor y asesor principal, de investigaciones previas [4], [5], [6] y [8], así como de experiencias docentes en educación continua a lo largo de más de 25 años. Por lo que el nivel de conocimiento acerca del tema es profundo y tiene un fuerte apoyo académico.

Como objetivo fundamental, el lenguaje que se utilizó a lo largo de todo este trabajo es amigable y sencillo. Es muy importante proporcionar los conocimientos acerca de la automatización de una manera simple pero completa. Debido a esto la tesis se realizó cuidadosamente teniendo siempre en cuenta al lector final: el empresario.

Para trabajos posteriores se realizan las siguientes recomendaciones:

- Adecuar a las necesidades propias de un sector de la industria la metodología. Crear documentos específicos para cada ramo con ejemplos y aplicaciones.
- Buscar la colaboración de proveedores de servicios de automatización para realizar mejoras a este trabajo y enriquecerlo con su experiencia.
- Trabajar en conjunto con las diferentes instancias de gobierno y el sector privado en la creación de seminarios, cursos y talleres en los que se proporcionen asesorías técnicas a los empresarios utilizando como base el documento mencionado.

Apéndice A

Norma Oficial Mexicana

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Salud.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-120-SSA1-1994, BIENES Y SERVICIOS. PRACTICAS DE HIGIENE Y SANIDAD PARA EL PROCESO DE ALIMENTOS, BEBIDAS NO ALCOHOLICAS Y ALCOHOLICAS.

JOSE MELJEM MOCTEZUMA, Director General de Control Sanitario de Bienes y Servicios, por acuerdo del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Regulación y Fomento Sanitario, con fundamento en los artículos 39 de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 38, fracción II, 47 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 8o. fracción IV y 13 fracción I del Reglamento Interior de la Secretaría de Salud, y

CONSIDERANDO

Que con fecha 28 de abril de 1994, en cumplimiento de lo previsto en el artículo 46 fracción I de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización la Dirección General de Control Sanitario de Bienes y Servicios presentó al Comité Consultivo Nacional de Normalización de Regulación y Fomento Sanitario, el anteproyecto de la presente Norma Oficial Mexicana.

Que con fecha 15 de agosto de 1994 en cumplimiento del acuerdo del Comité y de lo previsto en el artículo 47 fracción I de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, se publicó en el **Diario Oficial de la Federación** el proyecto de la presente Norma Oficial Mexicana a efecto que dentro de los siguientes noventa días naturales posteriores a dicha publicación, los interesados presentaran sus comentarios al Comité Consultivo Nacional de Normalización de Regulación y Fomento Sanitario.

Que en fecha previa, fueron publicados en el **Diario Oficial de la Federación** las respuestas a los comentarios recibidos por el mencionado Comité, en términos del artículo 47 fracción III de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

Que en atención a las anteriores consideraciones, contando con la aprobación del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Regulación y Fomento Sanitario, se expide la siguiente:

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-120-SSA1-1994, BIENES Y SERVICIOS. PRACTICAS DE HIGIENE Y SANIDAD PARA EL PROCESO DE ALIMENTOS, BEBIDAS NO ALCOHOLICAS Y ALCOHOLICAS.

PREFACIO

En la elaboración de la presente Norma participaron los siguientes organismos e instituciones:

SECRETARIA DE SALUD

Dirección General de Control Sanitario de Bienes y Servicios

ASOCIACION NACIONAL DE TECNOLOGOS EN ALIMENTOS DE MEXICO

CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DE CONSERVAS ALIMENTICIAS

CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DE ACEITES, GRASAS Y JABONES

CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DE LA CERVEZA Y LA MALTA

CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DE LA TRANSFORMACION

CONSEJO DIRECTIVO NACIONAL DE LA INDUSTRIA DE LA LECHE

CONSEJO NACIONAL DE LA INDUSTRIA DE LA PASTEURIZACION LACTEA

INDICE

0. INTRODUCCION
1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION
2. REFERENCIAS
3. DEFINICIONES
4. SIMBOLOS Y ABREVIATURAS
5. DISPOSICIONES PARA EL PERSONAL
6. INSTALACIONES FISICAS
7. INSTALACIONES SANITARIAS
8. SERVICIOS A PLANTA
9. EQUIPAMIENTO
10. PROCESO
11. CONTROL DE PLAGAS
12. LIMPIEZA Y DESINFECCION
13. CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES
14. BIBLIOGRAFIA
15. OBSERVANCIA DE LA NORMA
16. VIGENCIA

0. Introducción

La aplicación de prácticas adecuadas de higiene y sanidad, en el proceso de alimentos, bebidas, aditivos y materias primas, reduce significativamente el riesgo de intoxicaciones a la población consumidora, lo mismo que las pérdidas del producto, al protegerlo contra contaminaciones contribuyendo a formarle una imagen de calidad y, adicionalmente, a evitar al empresario sanciones legales por parte de la autoridad sanitaria.

Esta Norma incluye requisitos necesarios para ser aplicados en los establecimientos dedicados a la obtención, elaboración, fabricación, mezclado, acondicionamiento, envasado, conservación, almacenamiento, distribución, manipulación y transporte de alimentos y bebidas, así como de sus materias primas y aditivos, a fin de reducir los riesgos para la salud de la población consumidora.

1. Objetivo y campo de aplicación

1.1 Esta Norma Oficial Mexicana establece las buenas prácticas de higiene y sanidad que deben observarse en el proceso de alimentos, bebidas no alcohólicas y alcohólicas.

1.2 Esta Norma Oficial Mexicana es de observancia obligatoria en el territorio nacional para las personas físicas y morales que se dedican al proceso de alimentos, bebidas no alcohólicas y alcohólicas.

2. Referencias

Esta Norma se complementa con lo siguiente:

- | | |
|-------------------|---|
| NOM-093-SSA1-1994 | Prácticas de Higiene y Sanidad en la preparación de alimentos que se ofrecen en establecimientos fijos. |
| NOM-001-STPS-1993 | Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los edificios, locales, instalaciones y áreas de los centros de trabajo. |
| NOM-006-STPS-1993 | Relativa a las condiciones de seguridad e higiene para la estiba y desestiba de los materiales en los centros de trabajo. |
| NOM-011-STPS-1993 | Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido. |

- NOM-016-STPS-1993 Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo referente a ventilación.
- NOM-025-STPS-1993 Relativa a los niveles y condiciones de iluminación que deben tener los centros de trabajo.
- NOM-028-STPS-1993 Seguridad-código de colores para la identificación de fluidos conducidos en tuberías.

3. Definiciones

Para fines de esta Norma se entiende por:

- 3.1** Agua potable, aquella cuyo uso y consumo no causa efectos nocivos a la salud.
- 3.2** Alimentos potencialmente peligrosos, aquellos que en razón de su composición o sus características físicas, químicas o biológicas pueden favorecer el crecimiento de microorganismos y la formación de sus toxinas, por lo que representan un riesgo para la salud humana. Requieren condiciones especiales de conservación, almacenamiento, transporte, preparación y servicio; estos son: productos de la pesca, lácteos, carne y productos cárnicos, huevo, entre otros.
- 3.3** Almacenamiento, acción de guardar, reunir en una bodega, local, silo, reservorio, troje, área con resguardo o sitio específico, las mercancías, materia prima o productos para su conservación, custodia, suministro, futuro procesamiento o venta.
- 3.4** Basura, cualquier material cuya calidad o características, no permiten incluirle nuevamente en el proceso que la genera ni en cualquier otro, dentro del procesamiento de alimentos.
- 3.5** Conservación, acción de mantener un producto alimenticio en buen estado, guardándolo cuidadosamente, para que no pierda sus características a través del tiempo.
- 3.6** Contaminación cruzada, es la presencia en un producto de entidades físicas, químicas o biológicas indeseables procedentes de otros procesos de elaboración correspondientes a otros productos o durante el proceso del mismo producto.
- 3.7** Contaminación, se considera contaminado el producto o materia prima que contenga microorganismos, hormonas, sustancias bacteriostáticas, plaguicidas, partículas radiactivas, materia extraña, así como cualquier otra sustancia en cantidades que rebasen los límites permisibles establecidos por la Secretaría de Salud.
- 3.8** Corrosión, deterioro que sufre la hoja de lata, los envases o utensilios metálicos, como resultados del diferencial de potencial de intercambio eléctrico producido por el sistema metal-producto-medio ambiente.
- 3.9** Desechos, recortes, residuos o desperdicios sobrantes de la materia prima que se ha empleado con algún fin y que resultan directamente inutilizables en la misma operación; pero que pueden ser aprovechados nuevamente.
- 3.10** Desinfección, reducción del número de microorganismos a un nivel que no da lugar a contaminación del alimento, mediante agentes químicos, métodos físicos o ambos, higiénicamente satisfactorios. Generalmente no mata las esporas.
- 3.11** Desinfectante, cualquier agente, por lo regular químico, capaz de matar las formas en desarrollo, pero no necesariamente las esporas resistentes de microorganismos patógenos.
- 3.12** Detergente, mezcla de sustancias de origen sintético, cuya función es abatir la tensión superficial del agua, ejerciendo una acción humectante, emulsificante y dispersante, facilitando la eliminación de mugre y manchas.
- 3.13** Distribución, acción de repartir algo (materia prima, producto, etc.) y de llevarlo al punto o lugar en que se ha de utilizar.
- 3.14** Elaboración, transformación de un producto por medio del trabajo, para obtener un determinado bien de consumo.
- 3.15** Envasado, acción de introducir, colocar o meter cualquier material o producto alimenticio en los recipientes que lo han de contener.

3.16 Envase, todo recipiente destinado a contener un producto y que entra en contacto con el mismo, conservando su integridad física, química y sanitaria.

3.17 Fabricación, acción y efecto de obtener productos por diversos medios, obteniéndose a granel, en serie o por producción en cadena.

3.18 Higiene, todas las medidas necesarias para garantizar la sanidad e inocuidad de los productos en todas las fases del proceso de fabricación hasta su consumo final.

3.19 Inocuo, aquello que no hace o causa daño a la salud.

3.20 Limpieza, conjunto de procedimientos que tiene por objeto eliminar tierra, residuos, suciedad, polvo, grasa u otras materias objetables.

3.21 Lote, cantidad de producto elaborada en un mismo lapso para garantizar su homogeneidad.

3.22 Manipulación, acción o modo de regular y dirigir materiales, productos, vehículos, equipo y máquinas durante las operaciones de proceso, con operaciones manuales.

3.23 Materia prima, sustancia o producto de cualquier origen que se use en la elaboración de alimentos, bebidas, cosméticos, tabacos, productos de aseo y limpieza.

3.24 Mezclado, acción y efecto de dispersar homogéneamente una sustancia en otra, unir, incorporar, fundir en una sola cosa dos o más sustancias, productos u otras cosas de manera uniforme.

3.25 Microorganismos, organismos microscópicos tales como parásitos, levaduras, hongos, bacterias, rickettsias y virus.

3.26 Microorganismos patógenos, microorganismos capaces de causar alguna enfermedad al ser humano.

3.27 Obtención, acción de conseguir, producir, tener, adquirir, alcanzar, ganar o lograr lo que se desea.

3.28 Personal, toda persona que participe o esté relacionada en la preparación o elaboración de alimentos y bebidas.

3.29 Plagas, organismos capaces de contaminar o destruir directa o indirectamente los productos.

3.30 Plaguicidas, sustancia o mezcla de sustancias utilizadas para prevenir, destruir, repeler o mitigar cualquier forma de vida que sea nociva para la salud, los bienes del hombre o el ambiente.

3.31 Preparación, acción y efecto de ordenar, arreglar, combinar, organizar, predisponer las materias, componentes u otras cosas en previsión de alguna labor ulterior para la obtención de un producto. Conjunto de operaciones que se efectúan para obtener una sustancia o un producto.

3.32 Proceso, conjunto de actividades relativas a la obtención, elaboración, fabricación, preparación, conservación, mezclado, acondicionamiento, envasado, manipulación, transporte, distribución, almacenamiento y expendio o suministro al público de productos.

3.33 Reproceso, significa volver a procesar un producto que está en buenas condiciones, no adulterado, que ha sido reacondicionado de acuerdo a otras especificaciones y que es adecuado para su uso.

3.34 Sanidad, conjunto de servicios para preservar la salud pública.

3.35 Tóxico, aquello que constituye un riesgo para la salud cuando al penetrar al organismo humano produce alteraciones físicas, químicas o biológicas que dañan la salud de manera inmediata, mediata, temporal o permanente, o incluso ocasionan la muerte.

3.36 Transporte, acción de conducir, acarrear, trasladar personas, productos, mercancías o cosas de un punto a otro con vehículos, elevadores, montacargas, escaleras mecánicas, bandas u otros sistemas con movimiento.

4. Símbolos y abreviaturas

°C grados Celsius

Cuando en la presente Norma se mencione al Reglamento, debe entenderse que se trata del Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios.

En el proceso de Bienes y Servicios además de cumplir con lo señalado en el Reglamento se deben seguir las siguientes disposiciones sanitarias:

5. Disposiciones para el personal

5.1 Personal

Toda persona que entre en contacto con materias primas, ingredientes, material de empaque, producto en proceso y terminado, equipos y utensilios, debe observar, según corresponda a las actividades propias de su función y en razón al riesgo sanitario que represente las indicaciones siguientes:

5.1.1 Los empleados deben presentarse aseados a trabajar.

5.1.2 Usar ropa limpia (incluyendo el calzado).

5.1.3 Lavarse las manos y desinfectarlas antes de iniciar el trabajo, después de cada ausencia del mismo y en cualquier momento cuando las manos puedan estar sucias o contaminadas, o cuando exista el riesgo de contaminación en las diversas operaciones del proceso de elaboración.

5.1.4 Utilizar cubreboca.

5.1.5 Mantener las uñas cortas, limpias y libres de barniz de uñas.

5.1.6 Usar protección que cubra totalmente el cabello, la barba y el bigote. Las redes, cofias, cubrebocas y otros aditamentos deben ser simples y sin adornos.

5.1.7 En caso de usar mandiles y guantes se deben lavar y desinfectar, entre una y otra manipulación de producto.

5.1.8 Se prohíbe fumar, mascar, comer, beber o escupir en las áreas de procesamiento y manejo de productos.

5.1.9 Prescindir de plumas, lapiceros, termómetros, sujetadores u otros objetos desprendibles en los bolsillos superiores de la vestimenta en las áreas de producción y manejo de productos.

5.1.10 No se deben usar joyas ni adornos: pinzas, aretes, anillos, pulseras y relojes, collares u otros que puedan contaminar el producto. Solamente se permite el uso de broches pequeños y pasadores para sujetar el cabello cuando se usen debajo de una protección.

5.1.11 Las cortadas y heridas deben cubrirse apropiadamente con un material impermeable, evitando entrar al área de proceso cuando éstas se encuentren en partes del cuerpo que estén en contacto directo con el producto y que puedan propiciar contaminación del mismo.

5.1.12 Evitar que personas con enfermedades contagiosas, laboren en contacto directo con los productos.

5.1.13 Evitar estornudar y toser sobre el producto.

5.1.14 Todo el personal que opere en las áreas de producción debe entrenarse en las buenas prácticas de higiene y sanidad, así como conocer las labores que le toca realizar.

5.2 Visitantes

5.2.1 Todos los visitantes, internos y externos deben cubrir su cabello, barba y bigote, además de usar ropa adecuada antes de entrar a las áreas de proceso que así lo requieran.

6. Instalaciones físicas

6.1 Patios

Debe evitarse que en los patios del establecimiento existan condiciones que puedan ocasionar contaminación del producto y proliferación de plagas, tales como:

Equipo mal almacenado

Basura, desperdicios y chatarra

Formación de maleza o hierbas

Drenaje insuficiente o inadecuado. Los drenajes deben tener cubierta apropiada para evitar entrada de plagas provenientes del alcantarillado o áreas externas.

Iluminación inadecuada.

6.2 Edificios

Los edificios deben ser de características tales, que no permitan la contaminación del producto, conforme a lo establecido en los ordenamientos legales correspondientes.

6.3 Pisos

Los pisos deben ser impermeables, homogéneos y con pendiente hacia el drenaje, suficiente para evitar encharcamiento y de características que permitan su fácil limpieza y desinfección.

6.4 Paredes

6.4.1 Si las paredes están pintadas, la pintura debe ser lavable e impermeable. En el área de elaboración, fabricación, preparación, mezclado y acondicionamiento no se permiten las paredes de madera.

6.4.2 Las uniones del piso y la pared deben ser de fácil limpieza.

6.5 Techos

6.5.1 Se debe impedir la acumulación de suciedad y evitar al máximo la condensación, ya que ésta facilita la formación de mohos y bacterias.

6.5.2 Deben ser accesibles para su limpieza.

6.6 Ventanas

6.6.1 Las ventanas y ventilas deben estar provistas de protecciones en buen estado de conservación para reducir la entrada de polvo, lluvia y fauna nociva.

6.6.2 Los vidrios de las ventanas que se rompan deben ser reemplazados inmediatamente. Se debe tener mucho cuidado de recoger todos los fragmentos y asegurarse de que ninguno de los restos ha contaminado ingredientes o productos en la cercanía. Donde el producto esté expuesto, se recomienda el uso de materiales irrompibles o por lo menos materiales plásticos.

6.7 Puertas

6.7.1 Los claros y puertas deben estar provistos de protecciones y en buen estado de conservación para evitar la entrada de polvo, lluvia y fauna nociva.

7. Instalaciones sanitarias

7.1 Sanitarios

7.1.1 Los baños deben estar provistos de retretes, papel higiénico, lavamanos, jabón, jabonera, secador de manos (toallas desechables) y recipiente para la basura. Se recomienda que los grifos no requieran accionamiento manual.

7.1.2 Deben colocarse rótulos en los que se indique al personal que debe lavarse las manos después de usar los sanitarios.

7.1.3 Los servicios sanitarios deben conservarse limpios, secos y desinfectados.

7.2 Instalaciones para lavarse las manos en las áreas de elaboración.

7.2.1 Deben proveerse instalaciones convenientemente situadas para lavarse y secarse las manos siempre que así lo exija la naturaleza de las operaciones.

7.2.2 Debe disponerse también de instalaciones para la desinfección de las manos, con jabón, agua y solución desinfectante o jabón con desinfectante.

7.2.3 Debe contar con un medio higiénico apropiado para el secado de las manos. Si se usan toallas desechables debe haber junto a cada lavabo un número suficiente de dispositivos de distribución y receptáculo. Conviene que los grifos no requieran un accionamiento manual.

8. Servicios a planta

8.1 Abastecimiento de agua

8.1.1 Debe disponerse de suficiente abastecimiento de agua, así como de instalaciones apropiadas para su almacenamiento y distribución.

8.1.2 Se debe dotar de los implementos necesarios que garanticen que el agua que esté en contacto con el producto o con superficies que a su vez puedan estar en contacto con el producto; así como que aquella para elaborar hielo sea potable.

8.1.3 El vapor utilizado en superficies que estén en contacto directo con los productos, no deben contener ninguna sustancia que pueda ser peligrosa para la salud o contaminar al producto.

8.1.4 El agua no potable que se utilice para la producción de vapor, refrigeración, combate contra incendios y otros propósitos similares no relacionados con los productos, debe transportarse por tuberías completamente separadas identificadas por colores, sin que haya ninguna conexión transversal ni sifonado de retroceso con las tuberías que conducen el agua potable.

8.1.5 Se debe realizar la determinación de contenido de cloro en el agua de abastecimiento, llevando un registro de este control. Y se recomienda realizar los análisis microbiológicos de coliformes totales y coliformes fecales.

8.2 Drenaje

8.2.1 Los drenajes deben estar provistos de trampas contra olores y rejillas para evitar entrada de plagas provenientes del drenaje. Cuando las tapas de los drenajes no permitan el uso de trampas, se establecerá un programa de limpieza continuo que cumpla con la misma finalidad.

8.2.2 Los establecimientos deben disponer de un sistema eficaz de evacuación de efluentes y aguas residuales, el cual debe mantenerse en todo momento en buen estado.

8.3 Iluminación

Los focos y lámparas que estén suspendidas sobre las materias primas, producto en proceso o terminado en cualquiera de las fases de producción deben estar protegidas para evitar la contaminación de los productos en caso de rotura.

8.4 Ventilación

8.4.1 Debe proveerse una ventilación adecuada a las actividades realizadas, conforme a lo establecido en la Norma correspondiente.

8.4.2 La dirección de la corriente de aire no debe ir nunca de una área sucia a una área limpia.

8.5 Recipientes para desechos y basura

8.5.1 Los establecimientos deben contar con una área exclusiva para el depósito temporal de desechos y basura, delimitada y fuera del área de producción.

8.5.2 Los recipientes para desechos y basura deben mantenerse tapados e identificados.

8.5.3 Los desechos y basura generada en el área de proceso debe ser removida de la planta diariamente.

8.6 Ductos

8.6.1 Las tuberías, conductos, rieles, vigas, cables, etc., no deben estar libres encima de tanques y áreas de trabajo donde el proceso esté expuesto, ya que éstos constituyen riesgos de condensación y acumulación de polvo que contaminan los productos. Y en donde existan deben tener libre acceso para su limpieza, así como conservarse limpios.

9. Equipamiento

9.1 Equipos y utensilios

9.1.1 El equipo y los recipientes que se utilicen para el proceso deben construirse y conservarse de manera que no constituyan un riesgo para la salud.

9.1.2 El equipo y utensilios deben mantenerse limpios en todas sus partes y, en caso necesario, desinfectarse con detergentes y desinfectantes efectivos. Deben limpiarse por lo menos una vez al final y desinfectarse al principio de la operación diaria.

9.1.3 Las partes de equipos que no entren en contacto directo con los productos también deben mantenerse limpios.

9.1.4 Los recipientes para almacenar materias tóxicas o los ya usados para dicho fin, deben ser debidamente identificados y utilizarse exclusivamente para el manejo de estas sustancias, almacenándose en ambos casos, bajo las disposiciones legales aplicables. Si se dejan de usar, deben inutilizarlos, destruirlos o enviarlos a confinamientos autorizados.

9.2 Materiales

Los materiales de acuerdo al riesgo sanitario, deben observar lo siguiente:

9.2.1 Todo el equipo y los utensilios empleados en las áreas de manipulación de productos y que puedan entrar en contacto con ellos, deben ser de un material inerte que no transmita sustancias tóxicas, olores ni sabores, que sea inabsorbente, resistente a la corrosión y capaz de resistir repetidas operaciones de limpieza y desinfección.

9.2.2 Las superficies deben ser lisas y estar exentas de orificios y grietas. Además deben poder limpiarse y desinfectarse adecuadamente.

9.2.3 Tratándose de alimentos y bebidas no alcohólicas no se debe usar madera y otros materiales que no puedan limpiarse y desinfectarse adecuadamente, cuando estén en contacto con materias primas y producto terminado.

9.3 Mantenimiento

9.3.1 Todos los instrumentos de control de proceso (medidores de tiempo, temperatura, presión, humedad relativa, potenciómetros, flujo, masa, etc.), deben estar calibrados en condiciones de uso para evitar desviaciones de los patrones de operación.

9.3.2 Al lubricar el equipo se deben tomar precauciones para evitar contaminación de los productos que se procesan. Se deben emplear lubricantes inocuos.

9.3.3 Los equipos deben ser instalados en forma tal que el espacio entre la pared, el techo y piso, permita su limpieza.

9.3.4 Las bombas, compresores, ventiladores, y equipo en general de impulso para el manejo de materiales deben ser colocadas sobre una base que no dificulte la limpieza y mantenimiento.

9.3.5 Las partes externas de los equipos que no entran en contacto con los alimentos, deben de estar limpios, sin muestras de derrames.

9.3.6 Los equipos y utensilios deben estar en buenas condiciones de funcionamiento, dándoles el mantenimiento necesario.

9.3.7 Después del mantenimiento o reparación del equipo se debe inspeccionar con el fin de localizar residuos de los materiales empleados para dicho objetivo. El equipo debe estar limpio y desinfectado previo uso en producción.

10. Proceso

10.1 Materia prima

10.1.1 El establecimiento no debe aceptar ninguna materia prima en estado de descomposición o con sustancias extrañas evidentes que no puedan ser reducidas a niveles aceptables por los procedimientos normales de inspección, clasificación, preparación o elaboración.

10.1.2 Las materias primas deben inspeccionarse y clasificarse antes de llevarlas a la línea de producción y en caso necesario, deben efectuarse pruebas de laboratorio.

10.1.3 Las materias primas almacenadas en el establecimiento deben mantenerse en condiciones específicas para cada caso.

10.1.4 Los materiales de empaque y envases de materias primas, no deben utilizarse para fines diferentes a los que fueron destinados originalmente. A menos que se eliminen las etiquetas, las leyendas y se habiliten para el nuevo uso en forma correcta.

10.1.5 Las materias primas deben estar separadas de aquellas ya procesadas o semiprocesadas, para evitar su contaminación.

10.1.6 Las materias primas que evidentemente no sean aptas, deben separarse y eliminarse del lugar, a fin de evitar mal uso, contaminaciones y adulteraciones.

10.1.7 Identificación de lotes. Durante la producción las materias primas deben estar identificadas permanentemente.

10.2 Proceso de elaboración

10.2.1 En la elaboración de productos se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones:

10.2.1.1 Seguir los procedimientos dados en los manuales de proceso como son: orden de adición de componentes, tiempos de mezclado, agitación y otros parámetros de proceso y registrar su realización en bitácoras.

10.2.1.2 Las áreas de fabricación deben estar limpias y libres de materiales extraños al proceso.

10.2.1.3 Durante la fabricación de productos, se debe cuidar que la limpieza realizada no genere polvo ni salpicaduras de agua que puedan contaminar los productos.

10.2.1.4 Todas las materias primas o productos en proceso, que se encuentren en tambores y cuñetes deben estar tapados y las bolsas mantenerse cerradas, para evitar su posible contaminación por el ambiente.

10.2.1.5 Se debe evitar la contaminación con materiales extraños (polvo, agua, grasas, etc.), que vengán adheridos a los empaques de los insumos que entran a las áreas de producción.

10.2.1.6 Todos los insumos, en cualquier operación del proceso, deben estar identificados.

10.2.1.7 No deben depositarse ropa ni objetos personales en las áreas de producción.

10.2.1.8 En el proceso se debe asegurar que los equipos que tienen partes lubricadas no contaminen el producto en las diferentes etapas de elaboración.

10.2.2 Todas las operaciones del proceso de producción, incluso el envasado, se deben realizar en condiciones sanitarias que eliminen toda posibilidad de contaminación.

10.2.3 Los métodos de conservación deben ser adecuados al tipo de producto y materia prima que manejen; los controles necesarios deben ser tales, que protejan contra la contaminación o la aparición de un riesgo para la salud pública.

10.2.4 Registros de elaboración o producción. De cada lote debe llevarse un registro continuo, legible y con la fecha de los detalles pertinentes de elaboración. Estos registros deben conservarse por lo menos durante el tiempo que se indique como vida de anaquel.

10.3 Prevención de contaminación cruzada

10.3.1 Se deben tomar medidas para evitar la contaminación del producto por contacto directo o indirecto con material que se encuentre en otra etapa de proceso.

10.4 Envasado

10.4.1 Todo el material que se emplee para el envasado debe almacenarse en condiciones de limpieza.

10.4.2 Los envases reutilizables para envasado deben ser de materiales y construcción tales que permitan una limpieza fácil y completa para evitar la contaminación del producto.

10.4.3 Siempre que sea necesario, los recipientes deben verificarse antes de su uso a fin de tener la seguridad de que se encuentran en buen estado y, en caso necesario limpios y saneados. Cuando se laven, deben escurrirse bien antes del llenado.

10.4.4 El envasado debe hacerse en condiciones que no permitan la contaminación del producto.

10.4.4.1 Todos los productos envasados deben ostentar etiquetas de identificación.

10.5 Almacenamiento

10.5.1 Se debe llevar un control de primeras entradas y primeras salidas, a fin de evitar que se tengan productos sin rotación. Es menester que la empresa periódicamente le dé salida a productos y materiales inútiles, obsoletos o fuera de especificaciones a fin de facilitar la limpieza y eliminar posibles focos de contaminación.

10.5.2 Las materias primas deben almacenarse en condiciones que confieran protección contra la contaminación física, química y microbiológica.

10.5.3 Los plaguicidas, detergentes, desinfectantes y otras sustancias tóxicas, deben etiquetarse adecuadamente con un rótulo en que se informe sobre su toxicidad y empleo. Estos productos deben almacenarse en áreas o armarios especialmente destinados al efecto, y deben ser distribuidos o manipulados sólo por personal competente. Se pondrá el mayor cuidado en evitar la contaminación de los productos.

10.5.4 En el área de manipulación de productos no debe permitirse el almacenamiento de ninguna sustancia que pudiera contaminarlos. Salvo que sea necesario para fines de higiene o control de plagas.

10.5.5 No se permite el almacenamiento de materias primas, ingredientes, material de empaque o productos terminados, directamente sobre el piso ya que se deben almacenar sobre tarimas u otros aditamentos.

10.6 Transporte

10.6.1 Todos los vehículos deben ser revisados por personal habilitado antes de cargar los productos, con el fin de asegurarse de que se encuentren en buenas condiciones sanitarias.

10.6.2 Los productos que se transportan fuera de su embalaje deben ser transportados protegiéndolos contra la lluvia.

10.6.3 Procedimientos de manipulación durante el transporte.

10.6.3.1 Todos los procedimientos de manipulación deben ser de tal naturaleza que impidan la contaminación del producto. Si se utiliza hielo en contacto con el producto, éste debe ser apto para consumo humano.

10.6.3.2 Los vehículos que cuentan con sistema de refrigeración, deben ser sometidos a revisión periódica del equipo con el fin de que su funcionamiento garantice que las temperaturas requeridas para la buena conservación de los productos, estén aseguradas, y deben contar con indicadores y registradores de temperatura.

10.6.4 Almacenamiento y distribución de alimentos perecederos

10.6.4.1 El almacenamiento y distribución de productos que requieren refrigeración o congelación debe realizarse en instalaciones limpias, como cualquier equipo que tenga contacto directo con los alimentos, para evitar el crecimiento de microorganismos psicrófilos. Para ello además de mantener en buenas condiciones higiénicas el área, se debe llevar un control de temperatura y humedad en el almacén que permita la conservación adecuada del producto.

10.6.4.2 La colocación del producto se debe hacer de tal manera que existan los espacios suficientes que permitan la circulación del aire frío en los productos que se almacenan.

10.6.4.3 Todos los alimentos secos se deben proteger contra la humedad.

10.6.4.4 Los alimentos potencialmente peligrosos se deben mantener a temperaturas iguales o inferiores a los 7°C hasta su utilización. Se recomienda que los alimentos que requieren congelación se conserven a temperaturas tales que eviten su descongelación.

11. Control de plagas

11.1 Consideraciones generales

El control de plagas es aplicable a todas las áreas del establecimiento, recepción de materia prima, almacén, proceso, almacén de producto terminado, distribución, punto de venta, e inclusive vehículos de acarreo y reparto.

11.1.1 Todas las áreas de la planta deben mantenerse libres de insectos, roedores, pájaros u otros animales.

11.1.2 Los edificios deben tener protecciones, para evitar la entrada de plagas.

11.1.3 Cada establecimiento debe tener un sistema y un plan para el control de plagas.

11.1.4 En caso de que alguna plaga invada el establecimiento, deben adoptarse medidas de control o erradicación. Las medidas que comprendan el tratamiento con agentes químicos, físicos o biológicos, sólo deben aplicarse bajo la supervisión directa del personal que conozca a fondo los riesgos para la salud, que el uso de esos agentes pueden entrañar.

11.1.5 Debe impedirse la entrada de animales domésticos en las áreas de elaboración, almacenes de materia prima, y producto terminado.

12. Limpieza y desinfección

12.1 Se debe llevar a cabo una limpieza eficaz y regular de los establecimientos, equipos y vehículos para eliminar residuos de los productos y suciedades que contengan microorganismos. Después de este proceso de limpieza, se debe efectuar, cuando sea necesario, la desinfección, para reducir el número de microorganismos que hayan quedado, a un nivel tal que no contaminen los productos.

12.2 Los procedimientos de limpieza y desinfección deben satisfacer las necesidades peculiares del proceso y del producto de que se trate. Debiendo implementarse para cada establecimiento un programa calendarizado por escrito que sirva de guía a la supervisión y a los empleados con objeto de que estén debidamente limpias todas las áreas.

12.3 Los detergentes y desinfectantes deben ser seleccionados cuidadosamente para lograr el fin perseguido. Los residuos de estos agentes que queden en una superficie susceptible de entrar en contacto con los productos, deben eliminarse mediante un enjuague minucioso con agua, cuando así lo requieran.

13. Concordancia con normas internacionales

Esta Norma no tiene concordancia con normas internacionales.

14. Bibliografía

14.1 Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. 1992. Ley Federal de Metrología y Normalización. **Diario Oficial de la Federación**. México, D.F.

14.2 Secretaría de Salud. 1991. Ley General de Salud, decreto que reforma, adiciona y deroga diversas disposiciones de la Ley General de Salud. México, D.F.

14.3 Secretaría de Salud. 1988. Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios. México, D.F.

14.4 Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas (CICOPLAFEST). 1991. Catálogo Oficial de Plaguicidas. México, D.F.

14.5 Departamento del Distrito Federal. 1964. Reglamento de Ingeniería Sanitaria Relativa a los Edificios. Reglamento de Construcciones del D.F., México.

14.6 Secretaría del Trabajo y Previsión Social. 1993. NOM-002-STPS-1993, relativa a las condiciones de seguridad para la prevención y protección contra incendio en los centros de trabajo. México, D.F.

14.7 Secretaría del Trabajo y Previsión Social. 1993. NOM-027-STPS-1993, señales y avisos de seguridad e higiene. México, D.F.

14.8 Secretaría del Trabajo y Previsión Social. 1993. NOM-018-STPS-1993, relativa a los requerimientos y características de los servicios de regaderas, vestidores y casilleros en los centros de trabajo. México, D.F.

14.9 Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. 1993. NOM-008-SCFI-1993. Sistema General de Unidades de Medida. México, D.F.

14.10 Secretaría de Salud. 1993. Guía para la Autoverificación de las Buenas Prácticas de Higiene en su Establecimiento. México, D.F.

14.11 Secretaría de Salud. 1993. Limpieza y Desinfección de Cisternas y Tinacos. México, D.F.

14.12 Secretaría de Salud. 1993. Manual de Aplicación del Análisis de Riesgos, Identificación y Control de Puntos Críticos. México, D.F.

14.13 Secretaría de Salud. 1993. Manual de Buenas Prácticas de Higiene y Sanidad. México, D.F.

14.14 Badui, D. S., 1988. Diccionario de Tecnología de los Alimentos, Ed. Alhambra Mexicana.

14.15 Edward E. Judge & Sons. 1989. The Almanac, 74 TH Edition., Inc. Publ. Westminster, Maryland USA.

14.16 FAO/OMS, Codex Alimentarius CAC/VOL. A, EJ. 2, Código Internacional Recomendado de Prácticas Principios Generales de Higiene de los Alimentos.

14.17 Fernández, E. 1981. Microbiología Sanitaria de Aguas y Alimentos. Vol. I. Editorial U. de G.

14.18 Food & Drug Administration. Departamento de Salud, Secretaría de Salud, Instituto Mexicano de Comercio Exterior. Sanidad e Higiene en Fábricas de Productos Alimenticios.

14.19 Frazier. 1978. Microbiología de los Alimentos, Ed. Acribia, S.A., Zaragoza, España.

14.20 Gould, W. A. CGMP 's, Food Plant Sanitation, Food Industries Consultant, President. Ohio Food Processors Association and Emeritus Professor of Food Processing & Technology The Ohio State University.

14.21 Gould, W. A. 1988. Total Quality Assurance for the Food Industries. CTI Publications, Inc. Baltimore , Maryland USA.

14.22 Lonade & Blaker. Técnicas Sanitarias en el Manejo de los Alimentos. Editorial Pax-Mex.

14.23 Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. 1981. Norma Z-013/02. Guía para la Redacción, Estructuración y Presentación de las normas oficiales mexicanas.

14.24 U.S. Government printing office. Washington office of the Federal Register. 1990. Code of Federal Regulations. 21.110 "Current Good Manufacturing Practices".

15 Observancia de la Norma

La vigilancia del cumplimiento de la presente Norma corresponde a la Secretaría de Salud.

16 Vigencia

La presente Norma Oficial Mexicana entrará en vigor con su carácter obligatorio a los ciento ochenta días siguientes a partir de su publicación en el **Diario Oficial de la Federación**.

Sufragio Efectivo. No Reelección.

México, Distrito Federal, a los diez días del mes de mayo de mil novecientos noventa y cinco.- El Director General, **José Meljerm Moctezuma**.- Rúbrica.

Apéndice B

Tabla 5 de la metodología de selección

Tabla IV: Reporte para los instrumentos de medición, monitoreo y manipulación

Especificaciones técnicas									
Nombre	Marca	Modelo	Proveedor	Rango	Resolución	Presición	Linealidad	Tiempo de respuesta	Tipo de gráfico
Nivel de leche	Able	A 01 195		0 -115 cm	NA	NA			
Temperatura de la leche en el tanque	IFM Electronic	TT0061	IFM Efector, S. de R.L. de C.V.	-40-150°C	0.5°C	±0.2°C			
Densidad de la leche	OMRON	A 324 45	Omron Electronics de México						
Presencia caja	OMRON	E2K-C25ME1	Omron Electronics de México	5-25mm					
Número de dulces	OMRON	E2K-C25ME1	Omron Electronics de México	5-25mm					
Válvula p/ leche *	Alfalaval	13.5 X 1.6 DN 8	Alfalaval México						
Dosificador de productos secos	Prillwitz	DMCA	Prillwitz Argentina	60-1500 L/h					
Válvula para regulación de vapor	Honeywell	V5049	Honeywell						
*Actuador para válvula de leche	Alfalaval	650	Alfalaval México	0-10 bar				1 seg. Máximo	
*Actuador para válvula de vapor	Honeywell	ML640A	Honeywell						
Motor Monofásico para agitador	ABB	M305	Allen Bradley						

Tabla 5.1a Reporte del proveedor para los instrumentos de medición, monitoreo y manipulación para el proceso de fabricación de dulces

Sección Va: reporte de

Tipo de controlador <i>(PLC, PID, PC, DCS, otros)</i>	Marca y modelo	Número de entradas			Número de salidas			Velocidad	Voltaje de alimentación <i>(Volt y Tipo CA o CD)</i>
		Binarias	Continuas	Digitales	Binarias	Continuas	Digitales		
PLC	SIEMENS SIMATIC ST-400		16	16		16	16	.3us	110 CA

Tabla 5.1b Reporte del proveedor de controladores para el proceso de fabricación de dulces

ón seleccionados

				Características especiales	Costo unitario	Costo total
Alarma	Cableado	Protocolo (bus de campo)				
	A-SI			Resiste alta temperatura (150 C), material grado alimenticio Acero Inoxidable	\$ 85.00	\$ 255.00
	A-SI	Profibus		Material Grado alimenticio, acero inoxidable	\$ 150.83	\$ 452.49
	A-SI			Resistente a alta temperatura,, material grado alimenticio Acero Inoxidable	\$ 180.00	\$ 540.00
	AS-I	Profibus		Sensor capacitivo, detecta carton	\$ 70.00	\$ 140.00
	AS-I	Profibus		Sensor capacitivo, detecta adecuadamente la presencia del dulce	\$ 70.00	\$ 70.00
				Válvula acoplada con actuador. Acero Inoxidable grado industria alimenticia	\$ 90.00	\$ 270.00
si					\$ 850.00	\$ 2,550.00
		Profibus		Válvula acoplada mecánicamente con el actuador.	\$ 700.00	\$ 2,100.00
		Profibus		Especial para industria alimenticia	\$ 70.00	\$ 210.00
		Profibus		Válvula acoplada mecánicamente con el actuador.	\$ 500.00	\$ 1,500.00
		As-I			\$ 514.40	\$ 1,028.80
Costo de la instrumentación					\$	9,116.29

controladores seleccionados

Leng. De programación	Interface de programación	Conectividad	Protocolo de comunicación	Condición ambiental					Consideraciones especiales	Costo unitario	Costo total
				Hum. Nivel	Corrosividad Nivel	Temp. Rango y unidades	Polvos Nivel	Fluido Elect. Nivel			
Tipo, y plataforma	Modelo	Tipo	(Bus de campo)								
Escalera,	Step 7	PROFIBUS	PROFIBUS	5-95%	NA	0-60°C	NA	58-150 hz		\$ 3,500.00	\$ 3,500.00

Bibliografía

- [1] NORMA Oficial Mexicana NOM-120-SSA1-1994, *Bienes y servicios. Prácticas de higiene y sanidad para el proceso de alimentos, bebidas no alcohólicas y alcohólicas*. México 1994.
- [2] NORMA Oficial Mexicana NOM-185-SSA1-2002, *Productos y servicios. Mantequilla, cremas, producto lácteo condensado azucarado, productos lácteos fermentados y acidificados, dulces a base de leche. Especificaciones sanitarias*. México 2002
- [3] Secretaría de Salud. 1993. *Manual de Buenas Prácticas de Higiene y Sanidad*. México, D.F 1993.
- [4] Velázquez Salgado Eduardo, *Modelo de apoyo para la automatización de procesos en la micro y pequeña empresa*, Tesis de maestría en automatización, ITESM campus Monterrey, México, 2000.
- [5] Gaytán Juan Francisco, *Borrador de Tesis Maestría en automatización*, ITESM campus Monterrey, México, 2000.
- [6] Mendoza Ortiz Angel Javier, *Desarrollo de una metodología de selección de instrumentos para automatización*, Tesis de maestría en automatización, ITESM campus Monterrey, México, 2000.
- [7] Vázquez Bretón Victor Hugo. *Modelo guía para la implementación de proyectos de reingeniería o automatización en empresas de manufactura*, Tesis de maestría en sistemas de calidad y productividad, ITESM campus Monterrey, México 2003.
- [8] Alvarado Valenzuela Luis Enrique. *Control supervisorio mediante sistemas de ejecución de la manufactura (M.E.S)*, Tesis de maestría en automatización, ITESM campus Monterrey, México 2005.
- [8] Keating, Patrick F. *“Introducción a la Lactología”*, Ed. Limusa: México.1986.
- [9] Warner, James N. *Principios de la tecnología de lácteos*. AGT Editor, S,A. México 1979.
- [10] <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/kinetic/relhum.html>.

Centro de Información-Biblioteca



30002006631873