



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

“LA ADMINISTRACIÓN ENERGÉTICA Y LA IMPORTANCIA DE LA INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL EN LOS PROCESOS PRODUCTIVOS”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO QUÍMICO

P R E S E N T A:

GABRIELA CHÁVEZ ROJAS

DIRECTOR DE TESIS: M. EN I. FRANCISCO MARTÍN MENDOZA MÉNDEZ



MÉXICO, D.F. OCTUBRE 2013



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

ZARAGOZA

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

SOLICITUD DE REGISTRO DE TESIS PROFESIONAL

Nombre del Alumno (a): Chavez Rojas Gabriela

No. de cuenta: 408035732

Tema propuesto: La administración energética y la importancia de la instrumentación y control en los procesos productivos.

Modo de titulación: TESIS PROFESIONAL

Director de Tesis: M. en I. Francisco Martín Mendoza Méndez*

Firma:

Escuela o Facultad de adscripción del Director Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE).

México D.F., a 19 de marzo de 2013

Vo.Bo.

DR. ROBERTO MENDOZA SERNA
JEFE DE CARRERA

ANEXOS:

1. Protocolo en base al reglamento de exámenes Profesionales.
2. Curriculum Vitae del director de Tesis.

NOTA: Una vez aprobado y registrado el tema, NO se podrá modificar el contenido.
c.c.p. Jefe de la Carrera de Ingeniería Química.
c.c.p. Servicios Escolares



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

ZARAGOZA

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

ASUNTO: Revisión Oficial de
Tesis Profesional

AL JEFE DE LA CARRERA
DE INGENIERÍA QUÍMICA
P R E S E N T E

Por medio del presente, hago de su conocimiento la aprobación al trabajo recepcional, desarrollado bajo mi asesoría por parte del alumno(a):

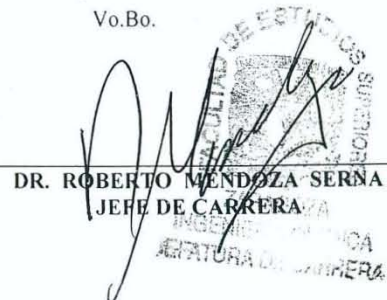
Chavez Rojas Gabriela

Pasante de la carrera de Ingeniería Química bajo el título:

La administración energética y la importancia de la instrumentación y control en los procesos productivos.

A T E N T A M E N T E
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"
México D. F., a 1 de abril de 2013


M. en I. FRANCISCO MARTÍN
MENDOZA MÉNDEZ
ASESOR

Vo.Bo.

DR. ROBERTO MENDOZA SERNA
JEFE DE CARRERA
INGENIERÍA QUÍMICA
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

c.c.p. Unidad de Administración Escolar

c.c.p. Interesado

NOTA: La impresión definitiva del trabajo, no se podrá efectuar hasta obtenida la aprobación por parte de los sinodales para Examen Profesional



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

ZARAGOZA

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

OFICIO: FESZ/JCIQ/ 134/13

ASUNTO: Asignación de Jurado

Alumno (a): Chavez Rojas Gabriela

PRESENTE

En respuesta a su solicitud de asignación de jurado, la jefatura a mi cargo, ha propuesto a los siguientes sinodales:

PRESIDENTE	I.Q. RAUL RAMÓN MORA HERNÁNDEZ
VOCAL	M. en I. FRANCISCO MARTÍN MENDOZA MÉNDEZ*
SECRETARIO	DRA. ELOISA ANLEU AVILA
SUPLENTE	I.Q. DELFINO GALICIA RAMÍREZ
SUPLENTE	M. en I. CRESENCIANO ECHAVARRIETA ALBITER

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
México D.F. a 4 de abril de 2013

JEFE DE CARRERA


DR. ROBERTO MENDOZA SERNA



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

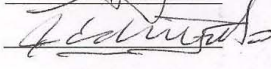
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES "ZARAGOZA"

DIRECCIÓN

JEFE DE LA UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN

ESCOLAR
PRESENTE.

Comunico a usted que al alumno(a) Chavez Rojas Gabriela con número de cuenta 408035732 de la carrera Ingeniería Química, se le ha fijado el día 4 del mes de octubre de 2013 a las 12:00 horas para presentar su examen profesional, que tendrá lugar en la sala de exámenes profesionales del Campus II de esta Facultad, con el siguiente jurado:

PRESIDENTE	I.Q. RAUL RAMÓN MORA HERNÁNDEZ	
VOCAL	M. en I. FRANCISCO MARTÍN MENDOZA MÉNDEZ*	
SECRETARIO	DRA. ELOISA ANLEU AVILA	
SUPLENTE	I.Q. DELFINO GALICIA RAMÍREZ	
SUPLENTE	M. en I. CRESENCIANO ECHAVARRIETA ALBITER	

El título de la tesis que se presenta es: La administración energética y la importancia de la instrumentación y control en los procesos productivos.


Opción de Titulación: Tesis profesional

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
México, D. F. a 5 de septiembre de 2013.


DR. VÍCTOR MANUEL MENDOZA NUÑEZ
DIRECTOR
DIRECCION

RECIBÍ:
OFICINA DE EXÁMENES PROFESIONALES
Y DE GRADO

Va.Bo.


DR. ROBERTO MENDOZA SERNA
JEFE DE LA CARRERA DE I.Q.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, de quien viene la sabiduría y el entendimiento y el que me ha permitido llegar hasta este punto tan importante en mi vida y en mi carrera profesional.

A mis Ángeles de la Guarda, que me guían y me protegen en mi recorrido por la vida.

A mis Padres, Plácido y María Luisa, de quien eh recibido el amor, cariño, apoyo, y paciencia en todos los aspectos, a lo largo de mi vida, especialmente en mi carrera universitaria y como tesista. MIL GRACIAS!!!

A cada uno de mis sinodales, por su tiempo, comprensión y paciencia en la realización de este trabajo.

Al Ing. Francisco Mendoza, por su apoyo, dedicación y tiempo en la realización de este trabajo.

A mis hermanos, Esperanza, Ana, María de Jesús y Gonzalo, de quienes eh recibido innumerables consejos y apoyo en los momentos más difíciles.

A Samuel, por su amor, cariño, paciencia, comprensión y apoyo en todos los aspectos, desde que hemos compartido nuestras vidas.

DEDICATORIA

A Dios

A mis Padres, Plácido y María Luisa

A mis hermanos, Esperanza, Ana, María de Jesús y Gonzalo

A Samuel

A mi colega, Silveria Yetlanezi Gallardo Cañedo (†)



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



TABLA DE CONTENIDO / INDICE

	Pág.
INDICE DE TABLAS.....	5
INDICE DE FIGURAS.....	5
INDICE DE GRÁFICOS.....	7
SIMBOLOS Y ABREVIATURAS.....	8
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS.....	10
JUSTIFICACIÓN DEL TEMA.....	11
INTRODUCCIÓN.....	12

CAPITULO I ADMINISTRACIÓN

1.1 Introducción a la Teoría General de la Administración.....	14
1.1.1 Administración: Concepto.....	14
1.1.2 Administración (varios conceptos).....	15
1.1.3 Objetivo.....	16
1.1.4 Importancia de la administración.....	17
1.1.5 Características de la administración.....	17
1.1.6 Eficiencia.....	19
1.1.7 Coordinación de recursos.....	19
1.2 Aplicación de la Administración en las organizaciones.....	19
1.3 Administradores y Administración.....	19
1.3.1 Procesos gerenciales.....	19
1.3.2 Funciones.....	20
1.3.3 Roles.....	20

CAPITULO II ADMINISTRACIÓN ENERGÉTICA

2.1 Concepto.....	21
2.2 Importancia en la industria ó procesos.....	22
2.3 Requerimientos informativos para una buena administración energética.....	23
2.4 Herramientas o Elementos empleadas para la evaluación.....	25
2.5 Beneficios en Procesos Industriales o en la Industria.....	25
2.6 Administración del Cambio.....	29
2.7 Administración del Riesgo.....	30
2.8 Análisis de Capas de Protección (LOPA).....	31
2.8.1 Ciclo de vida de un sistema de seguridad.....	35



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



Pág.

CAPITULO III CONTROL E INSTRUMENTACIÓN

3.1 Importancia del Control e Instrumentación.....39

3.2 Importancia del Control e Instrumentación para el Caso de Estudio en particular.....40

3.3 Lazos de Control.....41

 3.3.1 Definición.....41

 3.3.2 Importancia y Necesidad.....41

3.4 Sistemas de Control.....42

 3.4.1 Definición.....42

 3.4.2 Sistema de Control Básico.....44

 3.4.3 Teoría de Control.....45

 3.4.4 Motivos para Implementar un Lazo de Control.....45

 3.4.5 ¿Dónde se instala el Lazo de Control?.....46

 3.4.6 Modos de Control.....47

 3.4.6.1 Cuando usar cada Modo o Respuesta.....47

 3.4.7 Sistemas de Control Multivariables.....49

 3.4.7.1 Sistema de Control en Cascada.....49

 3.4.7.2 Sistema de Control de Relación.....53

 3.4.7.3 Sistema de Control de Relación entre Variables diferentes.....55

 3.4.7.4 Sistema de Control de Relación de Impulso con aviso de señal.....55

 3.4.7.5 Sistema de Control de Predominio.....58

 3.4.7.6 Sistema de Control de Programa de Tiempo.....60

3.5 Sensores de Control.....63

 3.5.1 Definición.....63

 3.5.2 Sensores de Temperatura.....64

 3.5.2.1 Termistores.....64

 3.5.2.2 Transmisores.....64

 3.5.2.3 Sensor de correa o en bombilla y Sensor de inmersión.....65

 3.5.2.4 Sensor de Conducto.....66

 3.5.3 Sensores de Presión.....66

 3.5.4 Medidores de Flujo.....66

 3.5.4.1 De Presión Diferencial.....67

 3.5.4.2 De Desplazamiento Positivo.....67



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



	Pág.
3.5.4.3 De Velocidad.....	67
3.5.4.4 Flujo Másico.....	67
3.5.5 Sensores Eléctricos.....	68
3.5.6 Interruptores.....	68
3.5.7 Actuadores.....	69
3.5.7.1 Definición.....	69
3.5.7.2 Funcionamiento del Actuador Rotatorio.....	69
3.5.7.3 Actuador Rotatorio Hidráulico.....	70
3.5.7.4 Actuadores Rotatorios con posición de falla.....	70
CAPITULO IV CONTROLADORES	
4.1 Definición.....	72
4.2 Tipos de Controladores.....	72
4.2.1 Controladores Neumáticos.....	72
4.2.2 Controladores Eléctricos.....	73
4.3 Sistema Digital de Monitoreo y Control.....	73
4.4 Control Digital Directo.....	74
4.5 Sistema de Control Distribuido.....	75
4.6 SCADA.....	77
4.6.1 Concepto.....	77
4.6.2 Funciones Principales del Sistema.....	78
4.6.3 Elementos del Sistema.....	79
4.7 Control Avanzado del Procesos.....	82
4.7.1 Introducción.....	82
4.7.2 Ventajas del Control Avanzado.....	83
4.7.3 Fases para la Implementación de la Tecnología del Control Avanzado....	84
4.7.4 Como el Control Avanzado de Procesos mejora el rendimiento del proceso.....	85
CAPITULO V CASO DE ESTUDIO	
5.1 Generalidades de la Leche en polvo para su Reconstitución.....	87
5.2 Generalidades de la Planta Industrial Lechera LICONSA.....	88



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



	Pág.
5.3 Características de la Planta Lechera LICONSA.....	88
5.3.1 Identificación de Equipos y Servicios que consumen mayor energía.....	89
5.4 Proceso de Reconstitución de Leche.....	89
5.5 Registros de Producción y Consumo de energía eléctrica de la planta lechera, sin contar con el SCC.....	94
5.6 Registros de Producción y Consumo de energía eléctrica de la planta lechera, utilizando el SCC.....	97
5.7 Administración del Cambio aplicada al proceso de reconstitución de leche en polvo.....	103
5.7.1 Tecnología de proceso.....	104
5.7.2 Equipo e instrumentación.....	104
5.7.3 Registro de Cambios.....	104
5.7.3.1 Producción.....	104
5.7.3.2 Consumos Energéticos.....	105
5.7.3.3 Costos de energía.....	105
5.7.3.4 Tabla general de registro de cambios del proceso de reconstitución de leche en polvo.....	106
 CONCLUSIONES.....	 107
BIBLIOGRAFÍA.....	109
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	113
 ANEXO 1. ANÁLISIS PRELIMINAR DE LOS CONSUMOS ENERGÉTICOS (ANÁLISIS ENERGÉTICOS).....	 119
ANEXO 2. DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO.....	121
ANEXO 3. AUDITORIA ENERGÉTICA.....	129
ANEXO 4. SISTEMA DE MONITOREO DE ENERGÍA.....	134
ANEXO 5. HERRAMIENTAS EMPLEADAS PARA LA EVALUACIÓN DE LA ADMINISTRACIÓN ENERGÉTICA.....	137
ANEXO 6. PROTOCOLO DE KYOTO	144



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



Pág.

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Técnicas de Identificación de riesgos.....34

Tabla 2. Entradas y Salidas de las Etapas del Ciclo de Vida de Seguridad.....38

Tabla 3. Tipos de Acción de los Controladores.....45

Tabla 4. ¿Cómo elegir la mejor respuesta de los modos de control?48

Tabla 5. Características de los Modos de Control con respecto al Tiempo de respuesta.....49

Tabla 6. Partes móviles básicas del Actuador Rotatorio dependiendo el diseño.....69

Tabla 7. Principales características de los tipos de Actuadores.....70

Tabla 8. Control Tradicional vs Control Avanzado.....83

Tabla 9. Leche descremada en polvo de calidad extra (especificaciones ADMI).....87

Tabla 10. Ubicación geográfica de la planta industrial lechera LICONSA.....88

Tabla 11. Jornadas laborales de la planta industrial lechera LICONSA.....89

Tabla 12. Producción anual de leche del año 2011.....94

Tabla 13. Consumos de energía eléctrica para el año 2011.....95

Tabla 14. Costos de energía anual sin contar con el SCC.....97

Tabla 15. Producción anual de leche del año 2012.....100

Tabla 16. Consumos de energía eléctrica para el año 2012.....102

Tabla 17. Costos de energía anual contando con el SCC.....103

Tabla 18. Administración del Cambio aplicada al proceso de reconstitución de leche en polvo.....106

INDICE DE FIGURAS

Figura 2. Estructura de un sistema de ahorro de energía en un proceso general.....27

Figura 2.1 Proceso de Mejora Continua (Ciclo de vida – Eficiencia energética).....28

Figura 2.2 Diagrama de capas de protección basado en un análisis LOPA.....33



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



	Pág.
Figura 2.3 Etapas del ciclo de vida de seguridad funcional.....	35
Figura 3. Esquema de un lazo de control.....	42
Figura 3.1 Esquema general de un diagrama de control.....	43
Figura 3.2 Diagrama de bloques de un sistema de control instalado en un proceso genérico.....	44
Figura 3.3 Sistema de Control en Cascada: Temperatura-Flujo.....	51
Figura 3.4 Diagrama de bloques para el Sistema de Control en Cascada Temperatura – Flujo.....	52
Figura 3.5 Diagrama de Tubería e Instrumentación para el Sistema de Control de Relación.....	54
Figura 3.6 Curvas de operación de compresores.....	55
Figura 3.7 Diagrama de Tubería e Instrumentación para el Sistema de Relación de Impulso con Aviso de Señal.....	57
Figura 3.8 Diagrama de Tubería e Instrumentación para el Sistema de Control de predominio.....	59
Figura 3.9 Diagrama de bloques de Control de Predominio para una bomba.....	60
Figura 3.10 Sistema de Control de Programa de Tiempo para controlar la Temperatura Intermitente (Batch).....	62
Figura 3.11 Diagrama de bloques de Sistema de Control de Programa de Tiempo para controlar la temperatura intermitente (Batch).....	63
Figura 3.12 Sensor de inmersión.....	65
Figura 3.13 Sensor de correa o bombilla.....	65
Figura 3.14 Actuador de veleta rotatoria doble.....	70
Figura 4. Plano de arquitectura para un PLC +SCADA o para un SCD.....	76
Figura 4.1 Esquema de los elementos de un sistema SCADA.....	80
Figura 4.2 Esquema del conexionado para el MTU y el RTU.....	80
Figura 4.3 Esquema de conexiones de los elementos de un sistema SCADA.....	81



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



Pág.

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Generación de la función del ciclo de control típico sobre el set-point.....61

Gráfico 2. Relación costo/beneficio del APC85

Gráfico 3. Producción anual de leche para el año 2011.....95

Gráfico 4. Consumo de energía para el año 2011.....96

Gráfico 5. Producción anual de leche para el año 2012.....101

Gráfico 6. Consumo de energía eléctrica para el año 2012.....102

Gráfico 7. Diferencia de producción de leche del año 2011 y 2012.....104

Gráfico 8. Diferencia de Consumos energéticos del año 2011 y 2012.....105

Gráfico 9. Diferencia de Costos Energéticos del año 2011 y 2012.....106



*La Administración Energética y la Importancia de la
Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.*



SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

ANSI American National Standards Institute (Instituto de Estándares Nacionales Americanos)

APC Advanced Process Control (Control Avanzado de Procesos)

BPCS Basic Process Control System (Sistema de Control Básico del Proceso)

CFE Comisión Federal de Electricidad

CONUEE Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía

COP Conferencia de las Partes del Órgano Supremo de la Convención

CRE Comisión Reguladora de Energía

DCC Digital Direct Control (Control Digital Directo)

DCE Data Communication Equipment (Equipo de Comunicación de Datos)

DTE Data Terminal Equipments (Equipos Terminales de Datos)

GEI's Gases de Efecto Invernadero

ISA The International Society of Automation. (Sociedad Internacional de Automatización).

ISO International Organization for Standardization. (Organización Internacional de Normalización)

LAN Local Area Network. (Red de Área Local)

MTU Maximum Transmisión Unit (Unidad Máxima de Transferencia)

OSI Open System Interconnection (Interconexión de Sistemas Abiertos)

PAC Programmable Automation Controller (Controlador de Automatización Programable)

PEMEX Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios

PES Programmable Electronic System (Sistema Electrónico Programable)

PF_{D_{prom}} Probabilidad de falla bajo demanda objetivo promedio

PLC Programmable Logic Controller (Controlador Lógico Programable)

RTU Remote Terminal Unit (Unidad Terminal Remota)



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



SCADA Supervisory Control and Data Acquisition (Sistema de Control Supervisorio y Adquisición de Datos)

SCC Sistema de Control en Cascada

SCD Sistema de Control Distribuido (Distributed Control System)

SDMC Sistema Digital de Monitoreo y Control

SENER Secretaría de Energía

SIF Safety Instrumented Function (Función Instrumentada de Seguridad)

SIL Safety Integrity Level (Nivel de Integridad de Seguridad)

SIS Safety Instrumented System (Sistema Instrumentado de Seguridad)

UPS Uninterruptible Power Supply (Suministro Ininterrumpido de Energía)



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

El control y la instrumentación son indispensables independientemente del tipo de proceso que se maneje, o la planta industrial que sea, ya que todos tienen la necesidad de ser medidos y controlados para:

- Tener un buen funcionamiento del proceso, abarcando la seguridad para los equipos y las personas.
- Establecer medidas para corregir las actividades, de tal forma que se alcancen las metas de producción exitosamente.
- Determinar y analizar rápidamente las causas que pueden originar desviaciones, para que no se vuelvan a presentar en el futuro.
- Reducir costos y ahorrar tiempo al evitar errores.
- Su aplicación incide directamente en la racionalización de la administración y consecuentemente, en el logro de la productividad de todos los recursos de la industria.

La Administración Energética se puede incluir dentro de un proceso industrial, debido a que es una herramienta capaz de utilizar adecuadamente la energía, así como llevar un buen control de insumos, servicios y todos los requerimientos energéticos a utilizar, con el fin de mejorar la rentabilidad y mejorar la posición competitiva, para ello es necesario saber cuánto capital es necesario para poder cumplir adecuadamente este propósito.

Así, el uso adecuado de la energía también es una pieza importante en la industria haciendo de la mejora de la eficiencia energética una atractiva oportunidad de reducir las emisiones contaminantes y los costos de operación.

OBJETIVOS:

- General:

En este proyecto se dará a conocer la Administración Energética y la importancia de tener un buen Control e Instrumentación en los procesos productivos, dando como beneficios:

- Funcionamiento óptimo en el proceso
- Mayor seguridad en equipos y operarios
- Reducción de costos y energía
- Uso adecuado de requerimientos energéticos

- Particular:

Dar a conocer la importancia de los sistemas de Control e Instrumentación para una mejor evaluación y análisis de la eficiencia energética en los procesos productivos, que son la base de una buena administración energética.



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



JUSTIFICACIÓN DEL TEMA:

El control de procesos es indispensable para la automatización y supervisión de procesos técnicos complejos. Estos procesos pueden estar constituidos por las operaciones básicas necesarias para la transformación de materiales. Las materias primas se transforman en productos, por regla general con aportación de otras sustancias y energía. ^[22]

Con ayuda de la ingeniería de control de procesos se supervisa y actúa sobre los procesos de una forma controlada. Para esto se registran y regulan variables como son el flujo, la temperatura, la presión, entre otras, durante el desarrollo de procesos. ^[22]

El uso adecuado de la energía también es una fuente importante a tomar en cuenta en la industria haciendo de la mejora de la eficiencia energética una atractiva oportunidad de reducir las emisiones contaminantes y los costos de operación. ^[9]

El presente trabajo surge a raíz de que en la mayor parte de los procesos, no se lleva a cabo un buen control en insumos, energía y capital, así, un buen control en el proceso y el uso eficiente de la energía son una preocupación creciente, ya sea por la búsqueda de equilibrio entre la producción y la demanda energética y la necesidad que tienen las organizaciones de ajustar el consumo en sus procesos a los estándares de las nuevas normativas, así como por el deseo de disminuir la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero al medio ambiente y procurar su conservación.

Es por eso que la herramienta que se puede utilizar y llevar a cabo en los procesos productivos es la Administración Energética, como ya se mencionó anteriormente, que es la utilización racional de la energía, así como llevar un buen control de insumos, servicios y todos los requerimientos energéticos a utilizar, con el fin de mejorar la rentabilidad y mejorar la posición competitiva, por lo tanto, cualquier técnica que fomente o dé lugar al uso adecuado de la energía, con objetivo de mejorar la rentabilidad, forma parte de la administración energética.

Es por ello que un buen control e instrumentación del proceso, junto con una buena administración energética son factibles para buscar nuevas oportunidades de reducir los costos de producción sin afectar negativamente el rendimiento del producto o su calidad, haciendo más adecuado el uso de la energía en el sector industrial.



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



INTRODUCCIÓN

Los procesos industriales exigen el control de la fabricación de los diversos productos obtenidos. Los procesos son muy variados y abarcan muchos tipos de productos como pueden ser derivados del petróleo, agua, vapor, gases, ácidos, pasta para producir papel, etc. teniendo todos ellos la necesidad de ser medidos y controlados, se deben mantener unas constantes dentro de unos márgenes establecidos.^[22]

La Instrumentación y Control, como especialidad de Ingeniería, es aquella parte de la Ingeniería que es responsable de definir el nivel de automatización de cualquier planta de proceso e instalación industrial, la instrumentación de campo y el sistema de control para un buen funcionamiento del proceso, dentro de la seguridad para los equipos y personas, de acuerdo a la planificación dentro de los costos establecidos manteniendo la calidad.^[24]

Aunado a esto, el uso adecuado de la energía también es una pieza muy importante en la industria haciendo de la mejora de la eficiencia energética una atractiva oportunidad de reducir las emisiones contaminantes y los costos de operación. Continuamente se buscan oportunidades para reducir los costos de producción sin afectar negativamente el rendimiento del producto o su calidad.

En el presente trabajo, se mencionará la importancia de tener un buen control en los procesos productivos a través de una mejor administración de los insumos energéticos, centrándose en aspectos sociales, económicos y ambientales de la industria, y así, la inversión de la eficiencia energética se puede considerar como una buena estrategia de negocios en el sector manufacturero.

El trabajo está estructurado de la siguiente manera:

Primeramente se plantea el objetivo y la justificación del tema, en el capítulo I, se habla de la importancia de la Administración en general, ya que ésta se considera como una disciplina importante, óptima y útil para cualquier tipo de organización, seguidamente, en el capítulo II, se retoma este tema, enfocado a la energía, para así, hablar de la Administración Energética, que es la utilización racional de la energía, llevando a cabo un buen control de insumos, servicios y todos los requerimientos energéticos a utilizar, con el fin de mejorar la rentabilidad y mejorar la posición competitiva de un proceso, sin dejar de mencionar su importancia en los procesos, en el capítulo III, se aborda el Control y la Instrumentación de los procesos en general, se mencionan los conceptos básicos del control e instrumentación como los modos, lazos y sistemas de control, así como los sensores, entre otros temas, en este capítulo se da pauta y una introducción y explicación al proyecto en general, en el capítulo IV, se hablará de los Controladores, que son los elementos más importantes en un Sistema de Control, ya que recaban información de los dispositivos de entrada para después comparar las mediciones con un conjunto de normas o instrucciones, como el Sistema Digital de Monitoreo y Control, Sistema de Control Distribuido, Control Avanzado de Procesos, SCADA, entre otros, mencionando sus características, ventajas y desventajas al implementarse a un proceso.

En el capítulo V, se menciona el Caso de Estudio de la Planta Industrial Lechera Liconsá, ésta industria implementó en el año 2012 unos controladores llamados VFD's, colocados en cada una de las bombas centrífugas, para optimizar el proceso de reconstitución de leche en polvo,



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



reduciendo el consumo de energía, insumos y capital, logrando así mayores beneficios dentro del proceso, que se logró mediante una buena Administración Energética, los datos de producción y consumos energéticos así como el análisis detallado de ambos se discuten en este capítulo.

Después se establecen las Conclusiones del presente trabajo, tomando el caso de estudio como base, ya que la industria lechera, refleja mejores resultados de acuerdo al tipo de controlador utilizado en los años 2011 y 2012 respectivamente, y de los que se hablará más adelante, finalmente se da la Bibliografía y los Anexos, respectivamente.

Por último se reitera, que la energía es un factor importante a administrar para guiarnos a un avance hacia un desarrollo sostenible, ya que la demanda energética va en aumento, y porque al consumir energía desmesuradamente se están agotando recursos naturales no renovables, y que además de implementarse en la industria se pueden ver diversos beneficios, tanto en el ámbito económico como productivo.

Se pueden establecer condiciones para poder identificar la energía consumida por equipo, operación básica y proceso total, constatando el modo cómo se realizan estos consumos, detectando las pérdidas, obteniendo rendimientos y en suma, llegar a determinar cuantitativamente el potencial de ahorro energético en cada uno de los elementos citados anteriormente.



CAPITULO I ADMINISTRACIÓN

1.1 Introducción a la Teoría general de la Administración

Las organizaciones en su dimensión de entes económicos y sociales tienen como prioridad el uso racional de sus recursos, esto es, el uso de cada uno de sus insumos financieros, técnicos, humanos, etcétera) de forma óptima y útil actualmente, la administración se considera como la única vía para lograr dicha prioridad.

La administración, al igual que cualquier otra disciplina económica y social, se considera como un medio indispensable para cualquier tipo de organización, nace en el seno de disciplinas afines, y a través de su desarrollo va interactuando con otras más. ^[1]

No es tarea fácil hoy en día ser uno de los principales responsables de una organización, ya que el administrador se le exige la disponibilidad absoluta, integridad moral, estudios especializados y actualizados, conocimiento de la naturaleza humana, frialdad y asertividad en la toma de decisiones, tacto y calidez en las relaciones interpersonales. ^[1]

1.1.1 Administración: Concepto

La práctica administrativa tiene que ver con los negocios, pero ésta es sólo una mínima parte de su campo de acción, porque esta actividad tiende a manifestarse en todos los rincones del mundo social, político, etcétera.

He aquí, la importancia de visualizar a la administración como una actividad universal, por ello, se puede asegurar en donde quiera que la gente trabaje para tratar de alcanzar una meta en común, allí se encuentra un matiz de práctica administrativa, por tanto, resulta una tarea sumamente ardua tratar de definir a la administración de forma tal que todos los que hacen uso de ella queden conformes.

La administración en primera instancia es una actividad única y exclusivamente humana, ya que el hombre la desarrolla a través de todo un proceso de raciocinio, y no como uno de estímulo-respuesta. Como producto humano tiende a ser manipulada por los rasgos y la personalidad de quien la genera, por lo tanto en ocasiones puede manifestarse como un concepto de arte, utilizando técnicas de motivación y liderazgo. ^[1]

Etimológicamente el origen de la palabra 'administración' se forma con el prefijo *ad*, hacia, y con *ministratio*, que proviene a su vez de *minister*, vocablo compuesto de *minus*, comparativo de inferioridad, y del sufijo *ter*, que funge como término de comparación. ^[3]

Es un proceso muy particular consistente en las actividades de planeación, organización, ejecución y control, desempeñadas para determinar y alcanzar los objetivos señalados con el uso de seres humanos y otros recursos. ^[1]

En otras palabras "Es el proceso de lograr que las cosas se realicen por medio de la planeación, organización, delegación de funciones, integración de personal, dirección y control de otras personas, creando y manteniendo un ambiente en el cual la persona pueda obrar



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



entusiastamente en conjunto con otras, sacando a relucir su potencial, eficacia y eficiencia y lograr así fines determinados".^[1]

Finalmente podemos definir a la administración en términos generales como "la actividad humana que tiene como objetivo coordinar los recursos con los que cuenta una organización y lograr en forma eficiente y satisfactoria los objetivos individuales e institucionales".

Por lo anterior la administración:

- Se aplica en todo tipo de corporación
- En todos los niveles de la corporación
- Se ocupa del rendimiento, esto es eficacia y eficiencia.

Por lo tanto, su importancia radica en que se ve como resultado de la efectividad de esfuerzo humano.^[1]

1.1.2 Administración (varios conceptos)

A continuación se mencionan algunas de las definiciones dadas por tópicos del estudio administrativo.^[1]

El Dr. George R. Terry define administración como: "La administración consiste en lograr que se hagan las cosas mediante otras personas".^[1]

- Koontz y O'Donnell nos da la siguiente definición de administración: "La dirección de un organismo social y su efectividad en alcanzar objetivos, fundada en la habilidad de conducir a sus integrantes".^[1]
- V. Clushkov: "Es un dispositivo que organiza y realiza la transformación ordenada de la información, recibe la información del objeto de dirección, la procesa y la transmite bajo la forma necesaria para la gestión, realizando este proceso continuamente".^[1]
- E. F. L. Brech: "Es un proceso social que lleva consigo la responsabilidad de planear y regular en forma eficiente las operaciones de una empresa, para lograr un propósito dado".^[1]
- J. D. Mooney: "Es el arte o técnica de dirigir e inspirar a los demás, con base en un profundo y claro conocimiento de la naturaleza humana". Y contrapone esta definición con la que da sobre la organización como: "la técnica de relacionar los deberes o funciones específicas en un todo coordinado".^[1]
- Peterson and Plowman: "Una técnica por medio de la cual se determinan, clarifican y realizan los propósitos y objetivos de un grupo humano particular".^[1]
- F. Tannenbaum: "El empleo de la autoridad para organizar, dirigir, y controlara a subordinados responsables (y consiguientemente, a los grupos que ellos comandan), con el fin de que todos los servicios que se prestan sean debidamente coordinados en el logro del fin de la empresa".^[1]



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



- Henry Fayol (considerado como el verdadero padre de la moderna Administración), dice que "administrar es prever, organizar, mandar, coordinar y controlar". ^[1]
- F. Morstein Marx la concibe como: "Toda acción encaminada a convertir un propósito en realidad positiva"..."es un ordenamiento sistemático de medios y el uso calculado de recursos aplicados a la realización de un propósito". ^[1]
- Brook Adams. La capacidad de coordinar hábilmente muchas energías sociales con frecuencia conflictivas, en un solo organismo, para que ellas puedan operar como una sola unidad. Es el proceso de planificación, organización, dirección y control del trabajo de los miembros de la organización y de usar los recursos disponibles de la organización para alcanzar las metas establecidas. ^[1]

1.1.3 Objetivo

Para que exista un sentido de satisfacción debe existir un objetivo, lo que da un propósito al esfuerzo; además el objetivo debe tener un significado y valor; así que la definición de objetivo es: "Un objetivo administrativo es una meta que se fija, que requiere de un campo de acción definido y que sugiera la orientación para los esfuerzos de un dirigente", en esta definición hay cuatro elementos que son: ^[2]

1. Meta
2. Campo de acción
3. Definición de la Acción
4. Orientación

Los Objetivos son importantes para llegar a los resultados deseados; la falta de objetivos hace que la administración sea difícil; así que, los objetivos básicos son un prerrequisito para determinar cualquier curso de acción y deben ser definidos con claridad para que los comprendan todos los miembros de la empresa. ^[2]

Albert Einstein dijo... "Si buscas resultados distintos, no hagas siempre lo mismo." A la administración por objetivos también se le llama Administración de Resultados, y administración de metas, estimula la toma de decisiones, aumenta la productividad y mejora la eficiencia administrativa, los resultados determinan el éxito del administrador en el análisis final de la empresa. ^[2]

La clasificación de objetivos en una empresa puede ser la siguiente:

1. Obtener Utilidades (Económicas): Cuando se cumplen éstos, tienen una función vital. Por un lado preservan el capital financiero que es la razón de ser de un inversionista, pero por otro también permiten un mejor nivel de vida laboral en las organizaciones. ^[2]
2. Proporcionar buenos productos o servicios. ^[2]
3. Mantenerse a la cabeza de los competidores. ^[2]
4. Bienestar de los empleados (Sociales): Éstos van a generar un mejor nivel de vida a la sociedad, ya sea a través de sus productos, promocionando eventos de toda índole, mejorando



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



la infraestructura del medio geográfico en que se desarrollan o cualquier otro mecanismo donde los beneficios recaigan en la sociedad. ^[2]

5. Ser eficiente.

6. Progresar.

1.1.4 Importancia de la Administración

No sería suficiente decir que sin una buena administración ninguna organización tendrá éxito; por lo cual mencionaremos algunos hechos para mencionar su importancia:

- La administración no solamente nació con la humanidad sino que se extiende a la vez a todos los ámbitos geográficos y por su carácter Universal, la encontramos presente en todas partes. Y es que en el ámbito del esfuerzo humano existe siempre un lado administrativo de todo esfuerzo planeado. Donde exista un organismo social allí estará presente la administración. ^[3]
- No sirve de mucho que en una empresa existan buenas instalaciones, el mejor equipo, la mejor ubicación, si todo lo anterior no va acompañado del elemento humano necesario para dirigir las actividades, o sea que la administración es importante para alcanzar objetivos de la organización. ^[2]
- En las grandes empresas la administración científica o técnica es esencial ya que no podrían existir sin una buena administración. ^[2]
- La administración es un proceso universal ya que no solo se da en los países capitalistas, sino que también en los países socialistas o de cualquier tipo que sean, la administración es importante tanto en las pequeñas como en las grandes empresas. ^[2]
- Otro hecho importante es que por medio de la administración se puede elevar la productividad y los niveles de vida en los países en vías de desarrollo. ^[2]
- La administración imparte efectividad a los esfuerzos humanos. Ayuda a obtener mejor personal, equipo, materiales, dinero y relaciones humanas. ^[2]

Concluiremos diciendo que la administración es importante por que se aplica en cualquier tipo de organización con deseos de aumentar su productividad y el éxito, dependiendo para esto del elemento humano y material.

1.1.5 Características de la Administración

Dentro de las características de la administración tenemos las siguientes:

- *Universalidad:* La administración se da donde quiera que existe un organismo social (estado, ejército, empresas, iglesias, familia, etc.), porque en él tiene siempre que existir coordinación sistemática de medios. ^[2]



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



- **Especificidad:** La administración tiene sus propias características las cuales son inconfundibles con otras ciencias, aunque va acompañada siempre de ellas (funciones económicas, contables, productivas, mecánicas, jurídicas, etc.), son completamente distintas. ^[2]
- **Unidad Temporal:** Aunque se distingan etapas, fases y elementos del proceso administrativo, éste es único y, por lo mismo, en todo momento de la vida de una empresa se están dando, en mayor o menor grado, todos o la mayor parte de los elementos administrativos. ^[2]
- **Unidad Jerárquica:** Todos cuantos tienen carácter de jefes en un organismo social, participan en distintos grados y modalidades, de la misma administración. Así, en una empresa forman un solo cuerpo administrativo, desde el gerente general, hasta el último mayordomo". Respetándose siempre los niveles de autoridad que están establecidos dentro de la organización. ^[2]
- **Valor Instrumental:** La administración es un instrumento para llegar a un fin, ya que su finalidad es eminentemente práctica y mediante ésta se busca obtener resultados determinados previamente establecidos. ^[2]
- **Flexibilidad:** La administración se adapta a las necesidades particulares de cada organización. ^[2]
- **Amplitud de Ejercicio:** Esta se aplica en todos los niveles jerárquicos de una organización. ^[2]

También podríamos mencionar otras características como:

- a) Es un medio para ejercer impacto en la vida humana. Es decir, la administración influye en su medio ambiente. ^[2]
- b) Se logra mediante los esfuerzos. Para participar en la administración se requiere dejar la tendencia a ejecutar todo por uno mismo y hacer que las tareas se cumplan mediante los esfuerzos de otros. ^[2]
- c) Es una actividad, no una persona o grupo de ellas. La administración no es gente, es una actividad; las personas que administran pueden ser designadas como Directores, gerentes de áreas, etc. ^[2]
- d) La efectividad administrativa requiere el uso de ciertos conocimientos, aptitudes y práctica. La habilidad técnica es importante para cumplir con un trabajo asignado. ^[2]
- e) La administración es intangible. Su presencia queda evidenciada por el resultado de los esfuerzos. ^[2]



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



1.1.6 Eficiencia

Cuando se habla de eficiencia, se hace mención al logro de los fines con la menor cantidad de recursos, es decir, el logro de los objetivos al menor costo u otras consecuencias no deseadas.

El trabajo del administrador tiende a buscar la eficiencia en un 100%, pero considerando no sólo las necesidades de la organización, sino también las expectativas de los individuos que la componen, así como evitar en menor medida la afectación del medio ambiente que le rodea. ^[1] Esta eficiencia debe ser acorde con una ética organizacional, por ejemplo, una eficiencia basada en la explotación desmedida del trabajador tiende a afectar los valores morales del individuo. La eficiencia debe ser un producto de la habilidad y preparación del administrador, y no el resultado del sacrificio de sus elementos humanos. ^[1]

1.1.7 Coordinación de Recursos

La administración tiene como misión el uso racional de los recursos con los que cuenta la organización o grupo humano. Por ende, su función principal es la coordinación de dichos recursos, de forma tal que se logre una sinergia y una relación de productividad en donde no se sacrifique la calidad del producto o servicio que se ofrece a la sociedad. ^[1]

1.2 Aplicación de la administración en las organizaciones

La administración en las organizaciones tiene como objetivos generar un ambiente de comunicación abierta, estar al tanto de los conflictos organizacionales y aprovecharlos para detectar anomalías que en estado natural no se hubieran presentado, así como identificar sus necesidades y motivar a los integrantes del grupo de trabajo. ^[1]

1.3 Administradores y Administración

1.3.1 Procesos Gerenciales

El papel que desempeña dentro de las organizaciones el administrador depende en gran medida del nivel en que se esté desarrollando. El administrador en el mando medio tiene la obligación de garantizar y lograr resultados óptimos para los ejecutivos de la alta dirección. Para ello es indispensable promover una cultura organizacional basada en valores de respeto, confianza, empatía y solidaridad entre los trabajadores. ^[1]

Es necesario desarrollar un instrumento con técnicas y procedimientos predeterminados para su mejor aprovechamiento; este recurso es llamado por muchos el soporte científico de la administración, y para otros simplemente es el proceso administrativo. ^[1]

Dicho proceso está compuesto por cuatro fases en general: planeación, organización, dirección y control: en combinación con las áreas de trabajo de una organización: producción, recursos humanos, finanzas, compras, informática y mercadotecnia. De este modo, se genera una matriz única, y realmente aquí es donde se resume todo el proceso gerencial del administrador. Este proceso libera al administrador de la improvisación, le ayuda a estandarizar procesos y es una base imprescindible para generar tecnología administrativa. ^[1]



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



1.3.2 Funciones

El concepto de “papel” son todas aquellas funciones que va a desempeñar el individuo dentro de la estructura organizacional, y va a ser definido por el estatus o posición en la estructura organizacional. ^[1]

Las funciones de un administrador no están definidas de manera concreta, pero existen criterios completamente técnicos donde las funciones primarias están inmersas en el proceso administrativo, es decir, en la planeación, organización, dirección y control de la organización.

Enseguida se señalan las principales características de estas funciones:

- a) Planeación: se definen los objetivos organizacionales y se establecen programas, políticas y estrategias para alcanzarlos. ^[1]
- b) Organización: se diseña la estructura organizacional, se asigna autoridad y responsabilidad para alcanzar dichos objetivos. ^[1]
- c) Dirección: lograr que los subordinados hagan lo que se desea que hagan; comunicación, motivación, y liderazgo son los principales componentes de esta fase. ^[1]
- d) Control: establecer normas, medir el desempeño contra éstas y destacar los resultados respecto de la planeación. ^[1]

Como puede apreciarse el papel del administrador es muy amplio y en él se conjugan todo tipo de actividades, desde las personales hasta las más especializadas dentro de las organizaciones. ^[1] Pero la sociedad exige de este profesionista un papel singular que abarque los ámbitos personales y organizacionales.

1.3.3 Roles

Un rol es un conjunto de comportamientos, actitudes, obligaciones y privilegios que se esperan de cualquier individuo que ocupa un estatus particular. El comportamiento del administrador está regido por dos aspectos importantes. ^[1]

El primero es la cultura organizacional de la institución en la que presta sus servicios, cuya influencia es fundamental, porque si es una organización mediocre, sin duda va a tener que luchar por cambiar el estado mental de sus subordinados y de la misma dirección. El segundo son los principios y convicciones con que siempre ha trabajado y vivido; lo importante en este sentido es promover los principios que mencionamos en el punto de actitudes de un administrador. ^[1]

Él tiene la obligación de generar el cambio, de crear una cultura organizacional del que se sienta orgulloso dentro y fuera de la organización. Se espera de él que sea un individuo libre de intereses mezquinos y con la fortaleza y capacidad de lucha suficiente para el logro de los objetivos organizacionales. ^[1]

Las actitudes de un líder son las actitudes que se exigen de un buen administrador para el siglo XXI.



CAPITULO II ADMINISTRACIÓN ENERGÉTICA

2.1 Concepto

Mejorar la eficiencia energética debe abordarse desde varias direcciones. A nivel corporativo un programa de administración energética es esencial. Los equipos tales como calderas, compresores, bombas, etc., y las tecnologías comunes de la mayoría de las plantas e industrias manufactureras, presentan oportunidades de mejora. Igualmente importante, el proceso de producción puede ser ajustado para producir ahorros adicionales.

La administración energética es una de las formas más exitosas y rentable para lograr mejoras en la eficiencia energética. Para iniciar una Administración Energética, primeramente se debe desarrollar un programa integral que considere la Cultura Organizacional que nos permita Administrar adecuadamente la energía.

La administración energética es la utilización racional de la energía, llevando a cabo un buen control de insumos, servicios y todos los requerimientos energéticos a utilizar, con el fin de mejorar la rentabilidad y mejorar la posición competitiva, por lo tanto, cualquier técnica que fomente o dé lugar al uso adecuado de la energía, con objetivo de mejorar la rentabilidad, forma parte de la administración energética, y para ello es necesario saber cuanto capital será requerido para poder cumplir adecuadamente este propósito.

También, Administrar la energía significa tener la capacidad de identificar y de evaluar técnica y económicamente las oportunidades potenciales para la conservación energética, que se obtiene cuando se reduce el consumo de energía, medida en términos físicos (Kw-h, Julio, etc.), así como para la mejora de la eficiencia energética, que a su vez, se obtiene cuando se reduce el consumo de energía sin afectar los niveles de confort que el sistema produce. Todo organizado en un plan para el corto, mediano y largo plazo con metas alcanzables y entendidas por todos los factores clave.

Administrar la energía, también implica identificar donde están las pérdidas energéticas del sistema y su impacto en los costos, determinar los costos, establecer y monitorear en tiempo real, indicadores de eficiencia que permitan controlar y reducir las pérdidas relativas a los servicios y sus facilidades.

Impactos de la eficiencia energética:

- Reduce el impacto ambiental
- Reduce el índice de consumo
- Aumenta la confiabilidad
- Desarrolla la cultura organizacional
- Reduce costos de control ambiental
- Reduce costos unitarios
- Reduce precios
- Reduce paradas, reproceso
- Mejora niveles de servicio de entrega, producción, compras, calidad, mantenimiento y medio ambiente.



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



La energía debe agregarse a la lista de rubros a administrar porque el consumo de ésta a nivel industrial en el año 2013 (incluyendo industrias como la siderúrgica, metalúrgica, petrolera, química, entre otras) es de 1,363.519 petajoules ($J \times 10^{15}$) además de que los costos de ésta a nivel industrial con servicio ininterrumpido oscilan entre 76.65 y 80.90 \$/Kw. ^[8]

2.2 Importancia en la Industria o Procesos

El uso eficiente de la energía es una preocupación creciente, ya sea por la búsqueda de equilibrio entre la producción y la demanda energética y la necesidad que tienen las organizaciones de ajustar el consumo en sus procesos a los estándares de las nuevas normativas, así como por el deseo de disminuir la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero al medio ambiente y procurar su conservación. ^[4]

Así, el uso adecuado de la energía es una pieza importante en la industria haciendo de la mejora de la eficiencia energética una atractiva oportunidad de reducir las emisiones contaminantes y los costos de operación.

Continuamente se buscan oportunidades para reducir los costos de producción sin afectar negativamente el rendimiento del producto o su calidad.

La Administración Energética constituye un resultado importante, al caracterizar e identificar los principales problemas energéticos de una empresa en el ámbito general.

En el orden práctico, sus resultados permiten la planificación objetiva de los índices de consumo, la modelación de los comportamientos históricos, y la cuantificación de la influencia de diferentes factores globales en los consumos, costos energéticos y gastos totales de la empresa, aspectos todos que se usan en las etapas subsiguientes de la implantación del Sistema de Administración Total Eficiente de la Energía. ^[4]

Para comenzar se establecen los siguientes objetivos:

- Caracterizar el estado de eficiencia energética y de impacto ambiental de la empresa.
- Determinar potenciales globales de disminución de consumos, costos energéticos e impactos ambientales en la empresa.
- Determinar la necesidad de la empresa de implantar un sistema de gestión total eficiente de la energía.

La eficiencia de la Energía puede ser una estrategia eficiente y efectiva para trabajar en pro del llamado "triple resultado final" que se centra en los aspectos sociales, económicos y ambientales de un negocio. ^[4]

Un programa de administración energética crea una base para la mejora de la energía y proporciona orientación para toda la organización.



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



En las empresas sin un claro programa, las oportunidades de mejora pueden ser desconocidas o no pueden ser promovidas o implementadas debido a las barreras organizativas. Estas barreras pueden incluir la falta de comunicación entre plantas, una mala comprensión de cómo crear apoyo para un proyecto de eficiencia de energía, recursos financieros limitados, poca responsabilidad de adoptar medidas, o el cambio percibido del statu quo. Aun cuando la energía es un costo significativo para una industria, muchas empresas todavía carecen de un fuerte compromiso con la mejora de la administración energética. ^[5]

Un programa de éxito en la administración energética comienza con un fuerte compromiso con la mejora continua de la eficiencia energética. Normalmente, esto implica asignar la supervisión y funciones de gestión a un director de energía, el establecimiento de una política energética y la creación de una interfuncional energía de equipo. Los pasos y procedimientos son puestos en marcha para evaluar el rendimiento, a través de revisiones periódicas de los datos de energía, y evaluaciones técnicas. De esta evaluación, una organización es entonces capaz de desarrollar una línea de base del rendimiento y fijar objetivos de mejora. ^[9]

Las Metas del rendimiento energético ayudan a dar forma al desarrollo e implementación de un plan de acción. Un aspecto importante para garantizar el éxito del plan de acción es la participación del personal de toda la organización. El personal de todos los niveles debe ser consciente del uso de energía y las metas para la eficiencia, debe estar capacitado en habilidades y enfoques generales a la energía y eficiencia en las prácticas día a día, finalmente los resultados del rendimiento energético deben ser regularmente evaluados y comunicados a todo el personal, para un buen control y administración de la energía. ^[9]

En resumen, la inversión de la eficiencia energética es buena estrategia de negocios que se puede implementar en el sector manufacturero.

Realmente no se administra la energía por diversos factores, uno de ellos es que simplemente se ignora, o bien no es un interés primordial administrarla; sin embargo, cuando se elevan los costos de energía es cuando se ven obligados a llevar a cabo un ahorro en todos los aspectos dentro de la industria, entonces se utilizan nuevas tecnologías, nuevos métodos en el proceso, etc.

El consumo mundial de energía ha aumentado en un 45% desde 1980 y se proyecta un aumento de un 70% más para el 2030. Para reducir el costo de la energía y su impacto sobre el medio ambiente, debemos aprender a adaptar y controlar el consumo de energía, los costos y los contaminantes. ^[6]

2.3 Requerimientos informativos para una buena administración energética

En general, en todos los sistemas de administración de energía se pueden identificar tres etapas fundamentales:

- Análisis preliminar de los consumos energéticos.
- Formulación de un programa de ahorro y uso racional de la energía (Planes de Acción).
- Establecimiento de un sistema de monitoreo y control energético.

Debe señalarse que en muchos casos la administración de energía se limita a un plan de medidas de ahorro de energía, no garantizándose el mejoramiento continuo. ^[5]



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



A su vez, el incremento de la eficiencia energética se orienta a:

- Reducir las cuentas de energía
- Disminuir la contaminación y certificarse en industria limpia
- Elevar la productividad
- Apoyar la gestión de mantenimiento
- Complementar los procesos de certificación ISO
- Incrementar la competitividad
- Elevar las utilidades

Actividades a realizar:

- Recopilación de información y datos. ^[5]
- Diagnóstico energético a la tecnología y planes de medida o de acciones para la reducción de los costos energéticos.
- Monitoreo de indicadores energéticos basado en registros para verificación de consumos e identificación de equipos y procesos.
- Cambio de energéticos primarios.
- Cambios tecnológicos.
- Gestión de contratación de energéticos primarios.
- Entrevistas a dirigentes, técnicos, operadores y obreros de la empresa. ^[5]
- Procesamiento de la información. ^[5]
- Elaboración del Informe Final de la Prueba de la Necesidad. La prueba de la necesidad constituye el primer paso para implantar un sistema de gestión total por la eficiencia energética en la empresa. De los resultados de esta prueba depende que los especialistas y la alta dirección, decidan, con elementos técnicos y económicos, continuar con la implantación y dedicar recursos materiales y humanos a esta actividad.
- Análisis Energéticos. ^[5]

Para un manejo eficiente de energía:

- Control: control de las plantas energéticas, trabajo con indicadores energéticos. ^[5]
- Análisis y Planificación: inventario y descripción de la situación y planificación energética buscar opciones de ahorros energéticos. ^[5]
- Organización: establecer una unidad organizativa, aclarar las responsabilidades y el presupuesto. ^[5]
- Asesoría: informes energéticos, asesorías internas y análisis de mercado. ^[5]
- Implementación: implementación de opciones de ahorros energéticos mantenimiento de las plantas energéticas. ^[5]



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



2.4 Herramientas o Elementos empleadas para la evaluación

- Diagrama Energético – Productivo. ^[7]
- Gráficos de Control ^[7]
- Gráfico de consumo y producción en el tiempo (E – P vs. T). ^[7]
- Diagramas de Dispersión y Correlación ^[7]
- Diagramas de consumo – producción (E vs. P). ^[7]
- Diagrama índice de consumo – producción (IC vs. P). ^[7]
- Gráfico de tendencia o de sumas acumulativas (CUSUM). ^[7]
- Diagrama de Pareto. ^[7]
- Estratificación. ^[7]

(Ver ANEXO 5)

Con éstas Herramientas es posible:

- Demostrar si la empresa gasta más energía de la que debiera gastar. ^[7]
- Identificar los principales potenciales de reducción de los consumos y de los gastos energéticos aprovechables en forma rentable. ^[7]
- Identificar los riesgos e impactos ambientales más generales que existen en la empresa por manejo de energía y los potenciales de su disminución. ^[7]
- Determinar la influencia del gasto en energéticos en el costo de producción. ^[7]

2.5 Beneficios en procesos industriales o en la industria

“El uso eficiente de la energía” significa producir más con menos. ¿Pero cómo lograrlo? A través de la implementación de estrategias inteligentes de administración, medición y mejor aprovechamiento de los insumos energéticos, como ya se mencionó anteriormente. Pero, ¿Por qué reducir el consumo de energía? ^[6]

- Porque la energía es un factor clave para el avance hacia un desarrollo sostenible. La energía es fundamental para el bienestar social y económico. Proporciona movilidad y comodidad a las personas, y es esencial para la producción de la mayor parte de la riqueza industrial y comercial. Sin embargo, la producción y el consumo energéticos ejercen presiones importantes sobre el medio ambiente, al influir en el cambio climático, dañar los ecosistemas naturales, y provocar efectos perjudiciales sobre la salud humana. ^[6]
- En todo el planeta y en todos los sectores de actividad, se demanda energía, en la mayoría de los casos a un ritmo creciente. Esto sucede hasta tal punto que actualmente se están sobrepasando las previsiones que estimaban que, si la situación evoluciona como hasta ahora, habrá un aumento de la demanda energética mundial desde los 9.000 millones de toneladas equivalentes de petróleo, en 1990 a más de 20.000 millones de tep en el año 2050. Aunque todavía estamos a tiempo de lograr una reducción de esa demanda mundial, que podría en unos 13.000 millones de tep, si se consigue aumentar el rendimiento energético. ^[6]



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



- Porque al consumir energía desmesuradamente, se están agotando recursos naturales no renovables. ^[6]
- Según René Dumomont en el año 2040, la acumulación de gases con efecto invernadero podría provocar un aumento de uno a dos grados de la temperatura promedio del planeta y una elevación de 0.2 a 1.5 metros del nivel de los océanos. ^[11]
- Los mercados emergentes (incluyendo China e India) representan más del 75% de la nueva demanda, ejerciendo nuevas presiones en los recursos globales. En tanto, los mercados maduros como Norteamérica, Europa y Japón también enfrentarán una demanda creciente y recursos limitados. Estos mercados maduros continuarán legislando para reducir el consumo, cambiarse a fuentes energéticas alternativas y mejorar la seguridad energética. ^[10]
- La creciente demanda por los recursos naturales ocasionará que los precios del petróleo y del gas natural se mantengan o estén por encima de los niveles actuales, en un futuro previsible. El carbón continuará siendo un recurso económico y abundante, especialmente en los mercados emergentes. Por esto, cada vez más la necesidad de reducir la emisión de gases contaminantes para evitar el cambio climático global es imperiosa. ^[10]
- Más que nunca, el calentamiento global es la prioridad. Las preocupaciones ambientales y la opinión pública sobre el cambio climático orientarán acciones continuas por parte de legisladores, líderes de opinión y grupos de interés especial que obliguen a la industria a tomar acciones correctivas. ^[10]

Actuaciones de ahorro y eficiencia energética:

- Normativas para garantizar la eficiencia energética. ^[12]
- Tener un buen control e instrumentación en cualquier proceso industrial que emplee energía. ^[12]
- Objetivos generales de ahorro energético. ^[12]
- Políticas específicas de compra de productos energéticamente eficientes. ^[12]
- Adquisición de equipamiento consumidor o transformador de energía. ^[12]

Dentro de los beneficios en la Administración Energética encontramos:

- Mayor detalle en el consumo de electricidad, permite mayor control sobre el uso de energía. ^[12]
- Monitorear remotamente el consumo de energía es una herramienta de control efectiva. ^[12]
- Información y Control, para una mejor optimización del proceso. ^[12]
- Programas y equipos para el manejo de la información de energía al alcance de todos los presupuestos. ^[12]
- Reportes y presentación de datos en forma gráfica y tabular (acceso controlado). ^[12]
- Alarmas pasivas y controladores. ^[12]



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



A partir de estos beneficios, podemos obtener un mejor control en el proceso, haciéndolo más eficiente, no pasando por alto que reducimos las emisiones de efecto invernadero ya que por cada kilowatt-hora de electricidad no generado, se dejan de emitir a la atmósfera: ^[12]

- 5.8 gramos de Bióxido de Azufre (SO_2) ^[12]
- 680.4 gramos de Bióxido de Carbono (CO_2) ^[12]
- 2.5 gramos de Óxidos Nitrosos (NO_x) ^[12]

Una estructura de un sistema de ahorro de energía de un proceso general, se muestra en la figura 2, a partir de un proceso se pueden identificar las áreas clave, para el mejoramiento de la eficiencia energética:

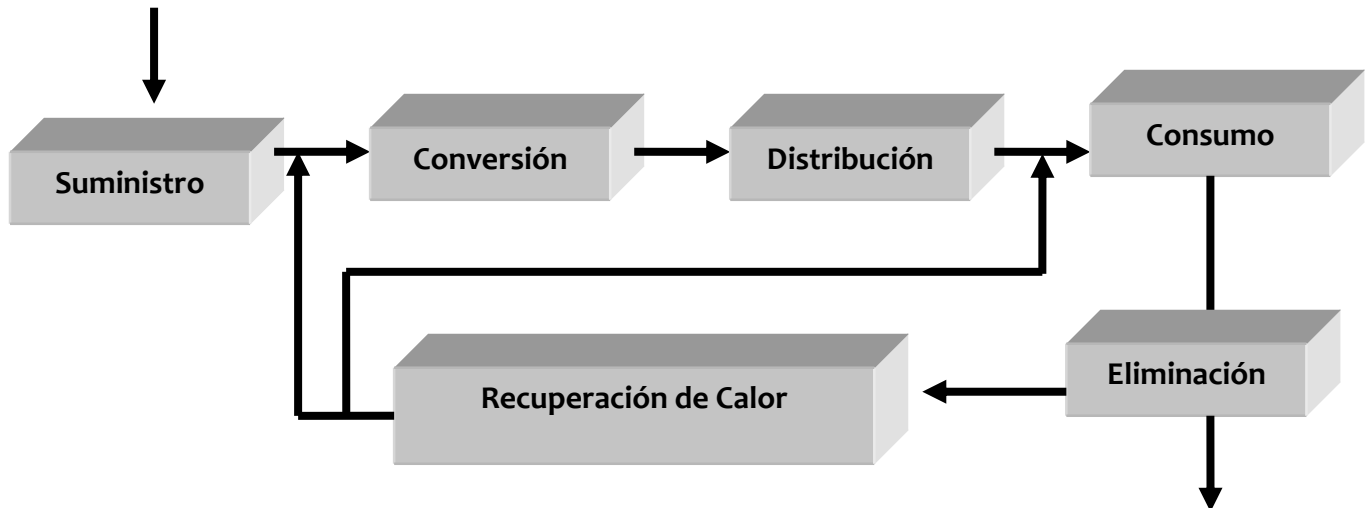


Figura 2. Estructura de un sistema de ahorro de energía en un proceso general.

Fuente:

http://www.unido.org/fileadmin/user_media/Services/Environmental_Management/CP_ToolKit_spanish/P_R-Volume_04/4-Slides.pdf

Principales objetivos de la Eficiencia Energética:

- Ahorro energético

El ahorro energético implica no sólo la reducción del consumo, sino también la reducción de emisiones que afectan al medio ambiente.

De todos los costos operativos, el energético es el más fácil de controlar, pero para su reducción es indispensable un control continuo, una gestión adecuada de la información y una asesoría energética efectiva. ^[5]

- Mejora de la productividad

Las mejoras en la productividad se centran en optimizar el rendimiento de los equipos y de los procesos, facilitando un correcto mantenimiento. ^[5]

- Disponibilidad y fiabilidad



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



La supervisión energética permite garantizar la continuidad del suministro, maximizar el tiempo operativo de su proceso productivo, y alcanzar los requerimientos de calidad y tiempos de respuesta. ^[5]

Aplicar un ciclo para realizar mejoras permanentes en eficiencia energética como el de la figura 2.1, es de sentido común y, básicamente, no es muy diferente de otros ciclos de mejora como el ciclo de Planificar-Hacer-Verificar-Actuar.

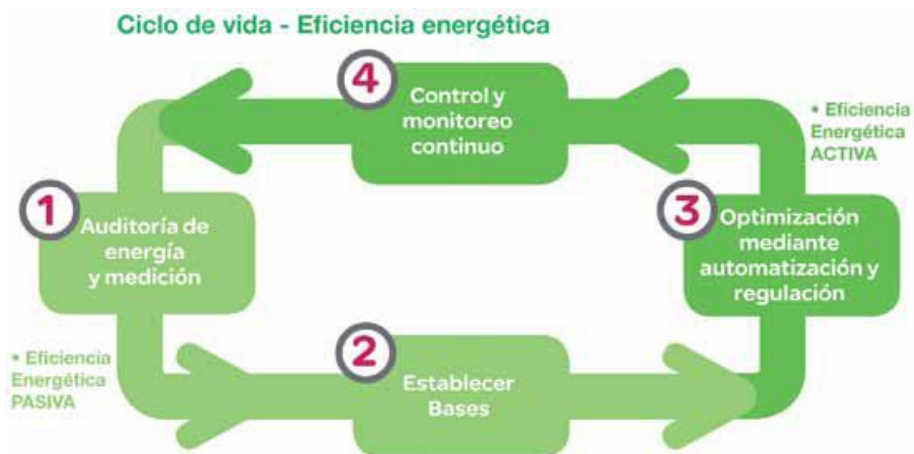


Figura 2.1 Proceso de Mejora Continua (Ciclo de vida – Eficiencia energética)

Fuente: http://www.schneider-electric.com.ar/documents/solutions/catalogo_soluciones.pdf

Diagnosticar el consumo de energía y la asignación de costos es el primer paso clave para alcanzar la reducción. ^[10]

Las soluciones de los sistemas de medición para el análisis del uso de la energía proveen los medios para entender el consumo eléctrico de su planta, minimizar el riesgo de corte de energía y garantizar la calidad en el servicio. ^[10]

La reducción y el manejo del uso de la energía serán el enfoque continuo de aquellos que toman las decisiones en política. En resumen los objetivos claves para las futuras políticas serán: ^[11]

- Limitar el consumo energético en todos los sectores. ^[11]
- Medir y monitorear el uso de la energía para establecer puntos de referencia y objetivos. ^[11]
- Promover fuentes energéticas y tecnologías alternativas. ^[11]
- Abrir mercados para promover sistemas de canje con créditos de emisiones y reducción de la demanda. ^[11]

La industria representa la oportunidad de ahorro más amplia y accesible. La eficiencia energética es la forma más rápida, económica y limpia para ampliar el suministro energético global. ^[11]



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



Por otro lado, ninguna fuente de generación eléctrica está exenta de producir impactos ambientales y su selección no sólo depende del aspecto técnico, sino del económico y del social. ^[11]

Lo cierto es que la reducción del impacto ambiental por generación de electricidad y por no llevar a cabo una buena administración energética es un problema que no sólo depende de la tecnología empleada, sino también de la población y la producción de bienes y servicios del país. ^[34]

Pero, ¿cómo satisfacer las crecientes necesidades de energía eléctrica del país sin contaminar el medio ambiente y utilizando racional y eficientemente la energía, además de tener una buena administración energética en el ámbito industrial? La respuesta se inscribe en el nuevo paradigma de crecimiento que establece que debe ser socialmente equitativo, ambientalmente viable y económicamente eficiente, de tal manera que las generaciones futuras hereden un medio ambiente de una calidad por lo menos igual a la que recibimos anteriormente. ^[11]

2.6 Administración del Cambio

La Administración del Cambio es la aplicación sistemática de políticas, programas y procedimientos para la identificación, evaluación y autorización de cualquier modificación en los procesos y equipos críticos, que pueda alterar, variar o afectar la seguridad de los mismos. ^[14]

La Administración del Cambio considera los procesos y actividades que ayudan a las organizaciones a adoptar cambios radicales, resultado de la implantación de nuevos procesos o soluciones tecnológicas. ^[15]

Los elementos que considera un programa exitoso de Administración del Cambio son:

- Alinear las expectativas a todos los niveles de la organización. ^[15]
- Diseñar e implantar una estrategia de comunicación que permita manejar un plan de comunicación efectivo. ^[15]
- Diseñar e implantar una estrategia para la definición de nuevos roles y capacidades que permita evolucionar a los recursos humanos a la nueva organización. ^[15]
- Diseñar e implantar una estrategia de transferencia del conocimiento y entrenamiento que permita contar con una organización autosuficiente. ^[15]
- Diseñar e implantar una estrategia de aseguramiento del cambio que permita medir y administrar la resistencia al cambio durante los proyectos. ^[15]

Dentro de una empresa o industria, hay cambios constantes en todos los aspectos, desde el rubro administrativo hasta el energético, tomando en cuenta el mismo proceso, y esos cambios conllevan a darnos cuenta que nos encontramos en una sociedad turbulenta, competitiva y en constante evolución, que exige que todas las organizaciones y sus miembros sufran cambios dinámicos para desempeñarse de manera competitiva.



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



El Proceso de Cambio Planeado consta de 5 grandes etapas:

1. Diagnóstico de la Situación. Incluye todas las actividades encaminadas a lograr una visión clara de la situación, de forma que podamos determinar si realmente existe la necesidad de cambiar y, en caso de que así sea, hacia dónde deben orientarse los esfuerzos de cambio. ^[16]
2. Determinación de la situación deseada. En esta etapa se compara la situación actual, a partir de los resultados del diagnóstico, con la situación ideal para, posteriormente determinar una situación deseada. La diferencia entre ésta última y la ideal consiste en lo que podríamos llamar el factor de realismo, es decir, la situación deseada es la que podemos alcanzar, aunque no represente lo óptimo. ^[16]
3. Determinación de los cauces de acción a seguir. En esta etapa el promotor del cambio elige y desarrolla los procedimientos apropiados para actuar sobre la situación que desea cambiar, con base en los resultados del diagnóstico y la determinación de la situación deseada. ^[16]
4. Ejecución de las Acciones. La puesta en práctica de la estrategia conducente al cambio, en la que también deben preverse los mecanismos de control que permitan verificar periódicamente si el plan es respetado o no, y si la experiencia adquirida indica que se marcha por buen camino hacia el logro de los objetivos. ^[16]
5. Evaluación de los Resultados. Analizar los resultados obtenidos para confrontarlos con los objetivos establecidos, a fin de medir el grado de éxito alcanzado y determinar qué factores o influencias explican esos resultados. ^[16]

2.7 Administración del Riesgo

Considerando que dentro de las operaciones de una industria, en ocasiones se suscitan riesgos tanto en las organizaciones administrativas como en el proceso, que implican una serie de actividades o eventos inciertos externos e internos que afectan adversamente la capacidad de la organización para ejercitar exitosamente sus estrategias y alcanzar sus objetivos. ^[17]

Ante tales riesgos que afectan la estrategia, los procesos, y la información de una industria, la Administración de Riesgos presenta una forma integrada y sistemática de identificar todos los recursos de dichos riesgos y responder ante ellos. ^[17]

Por tanto, la Administración de Riesgos puede ser definida como el proceso de identificación y gestión global de los riesgos clave en la industria con el objeto de mitigar la exposición total de la misma. ^[17]

En una industria, ejemplo de ello es mediante una serie de herramientas que permiten la identificación de riesgos en el proceso como son:

- Análisis LOPA
- Análisis HAZOP
- What if?



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



La Administración de Riesgos busca alinear la estrategia, el proceso, el personal, la tecnología empleada y el conocimiento con el propósito de evaluar y administrar la industria. Primero, equipa a los responsables asignados a dicho proceso con un marco útil para definir las tareas esenciales de administración de riesgos. En segundo lugar es un proceso sistemático para construir y mejorar todas las capacidades de administración de riesgos, el cuál, conforme va evolucionando, proporciona la plataforma de lanzamiento para una verdadera administración de riesgos. ^[17]

La Administración de riesgos también es una función de muy alto nivel dentro de la industria porque define un conjunto de estrategias que a partir de los recursos (físicos, humanos y financieros) busca, en el corto plazo mantener la estabilidad financiera y a largo plazo, minimizar las pérdidas ocasionadas por la ocurrencia de dichos riesgos, derivados de la utilización de las herramientas citadas anteriormente y que más adelante también se mencionarán. ^[18]

La Administración de Riesgos es una actividad que implica un alto sentido de responsabilidad, veracidad en la toma de decisiones, un profundo análisis cuantitativo, cualitativo y la correcta conciencia social y aplicación de los valores éticos conforme a políticas de riesgo, estructura organizacional, el proceso, etc., dentro de la empresa. ^[18]

Objetivos de la Administración del Riesgo

Generales:

- Facilitar el cumplimiento de la misión y objetivos de la empresa o industria a través de la prevención y administración de los riesgos. ^[18]

Específicos

- Generar una visión sistémica acerca de la administración y evaluación de riesgos, del personal administrativo y de planta. ^[18]
- Proteger los recursos de la empresa o industria. ^[18]
- Introducir dentro de los procesos y procedimientos la administración del riesgo. ^[18]
- Involucrar y comprometer a todos el personal de la planta, tanto de administración como de planta, en la búsqueda de acciones encaminadas a prevenir y administrar los riesgos. ^[18]
- Asegurar el cumplimiento de normas, leyes y regulaciones que comprenda la Administración de riesgos. ^[18]

2.8 Análisis de Capas de Protección (LOPA, Layers of Protection Analysis)

Ninguna medida de seguridad individual puede reducir el riesgo y proteger una planta y al personal contra daños o mitigar la propagación de los daños si ocurre un incidente peligroso. ^[19]



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



Por esta razón, la seguridad se implementa en forma de capas protectoras, que son una secuencia de dispositivos mecánicos, controles de proceso, sistemas de parada y medidas de respuesta externas que impiden o mitigan un evento peligroso. ^[19]

Si llegara a fallar una capa de protección, las sucesivas capas estarán disponibles para llevar el proceso a un estado seguro. A medida que aumenta el número de capas de protección y su confiabilidad, también aumenta la seguridad del proceso. ^[19]

En la siguiente figura se muestra la sucesión de capas de seguridad en el orden de su activación, desde el diseño básico del proceso hasta la respuesta de la comunidad en caso de un siniestro:



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.

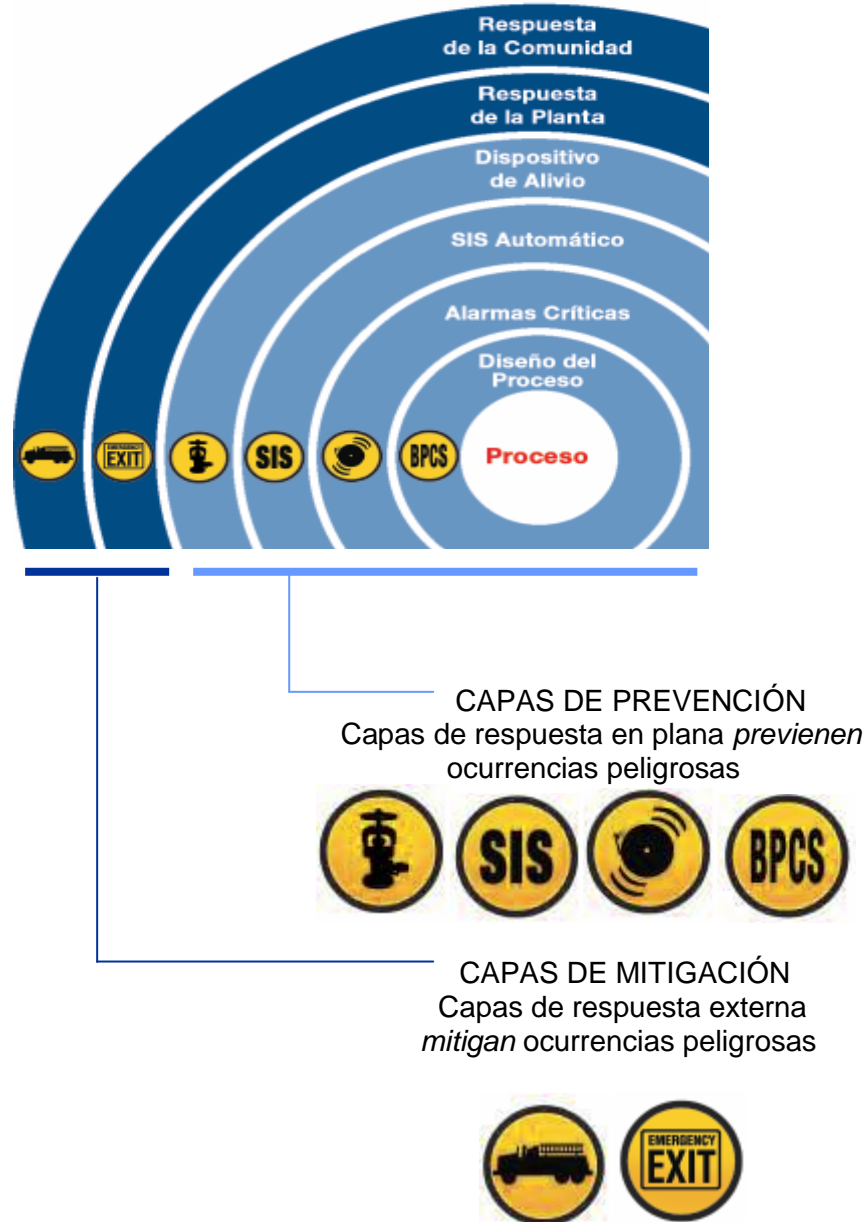


Figura 2.2 Diagrama de capas de protección, basado en un análisis LOPA según IEC 61511 Parte 3 Anexo F

Fuente: <http://literature.magnetrol.com/6/41-299.pdf>

El análisis LOPA consta de 6 capas como se mostró en la figura 2.2, que son:

1. Diseño del proceso: El BPCS brinda seguridad a través del diseño apropiado del control de proceso. Este nivel consiste de controles básicos, alarmas y supervisión del operador. ^[19]



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



2. Alarmas críticas: Esta capa de protección aporta alarmas críticas que alertan a los operadores acerca de una condición en la cual una medición ha excedido sus límites especificados y podría requerir intervención. ^[19]

3. SIS automático: El SIS opera independientemente del BPCS para brindar seguridad antes que control de proceso. El SIS realiza acciones de parada cuando las capas previas no pueden resolver una emergencia. ^[19]

4. Dispositivos de alivio: Esta capa de protección activa, emplea válvulas, dispositivos de alivio de presión o un sistema de antorcha (si hay presencia de combustibles) para impedir una ruptura, derrame u otro escape no controlado. ^[19]

5. Respuesta de la planta: Esta capa de protección pasiva consiste de barreras de contención contra fuego o explosiones como así también procedimientos para evacuación. (Algunos modelos combinan ésta y la siguiente capa de protección dentro de una "capa de mitigación"). ^[19]

6. Respuesta de la comunidad: El nivel final (externo) de protección es la acción de respuesta de emergencia implementada por la comunidad y se refiere a bomberos y otros servicios de emergencia. ^[19]

Las medidas de seguridad o capas de protección más adecuadas a adoptar en las instalaciones se derivarán de la elaboración de un análisis de riesgos específico en las mismas, mediante la aplicación de una o varias técnicas de identificación de riesgos. ^[20]

Existe una gran variedad de técnicas de identificación de riesgos, tal como lo indica la tabla 1, la seleccionada dependerá de los propósitos perseguidos con la identificación de riesgos, así como de los datos de recursos disponibles. ^[20]

Tabla 1. Técnicas de Identificación de Riesgos

Técnicas	¿Cuándo utilizarlas?
<ul style="list-style-type: none"> • Revisión de seguridad • Lista de verificación • Análisis preliminar de peligros • Análisis de situaciones • Estudio HAZOP 	<p>Se usan en estudios de evaluación de peligros preliminares para proporcionar un panorama general de los riesgos existentes. Generalmente no consumen demasiado tiempo.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • What if? • Lista de verificación • Estudio HAZOP detallado y completo • Análisis de evento y modo de fallo 	<p>Se usan para desarrollar un análisis más detallado de los riesgos potenciales.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de árbol de fallas • Análisis de árbol de eventos • Análisis causa-consecuencia • Análisis de fiabilidad humana 	<p>Se usan en combinación con el análisis cuantitativo de riesgos para establecer un alto nivel de detalle acerca de los riesgos. Generalmente se usan sólo para áreas u operaciones unitarias específicas.</p>



2.8.1 Ciclo de Vida de Seguridad (SLC, Safety Life Cycle)

El ciclo de vida de seguridad desde el punto de vista administrativo es una metodología práctica que establece los pasos necesarios para desarrollar un sistema instrumentado de seguridad y alcanzar la seguridad integral de una planta industrial, ya que define la secuencia y documentación, desde la etapa de concepción y diseño hasta la etapa de abandono de la misma. [20]

El esquema del Ciclo de Vida de Seguridad se presenta en la figura siguiente:

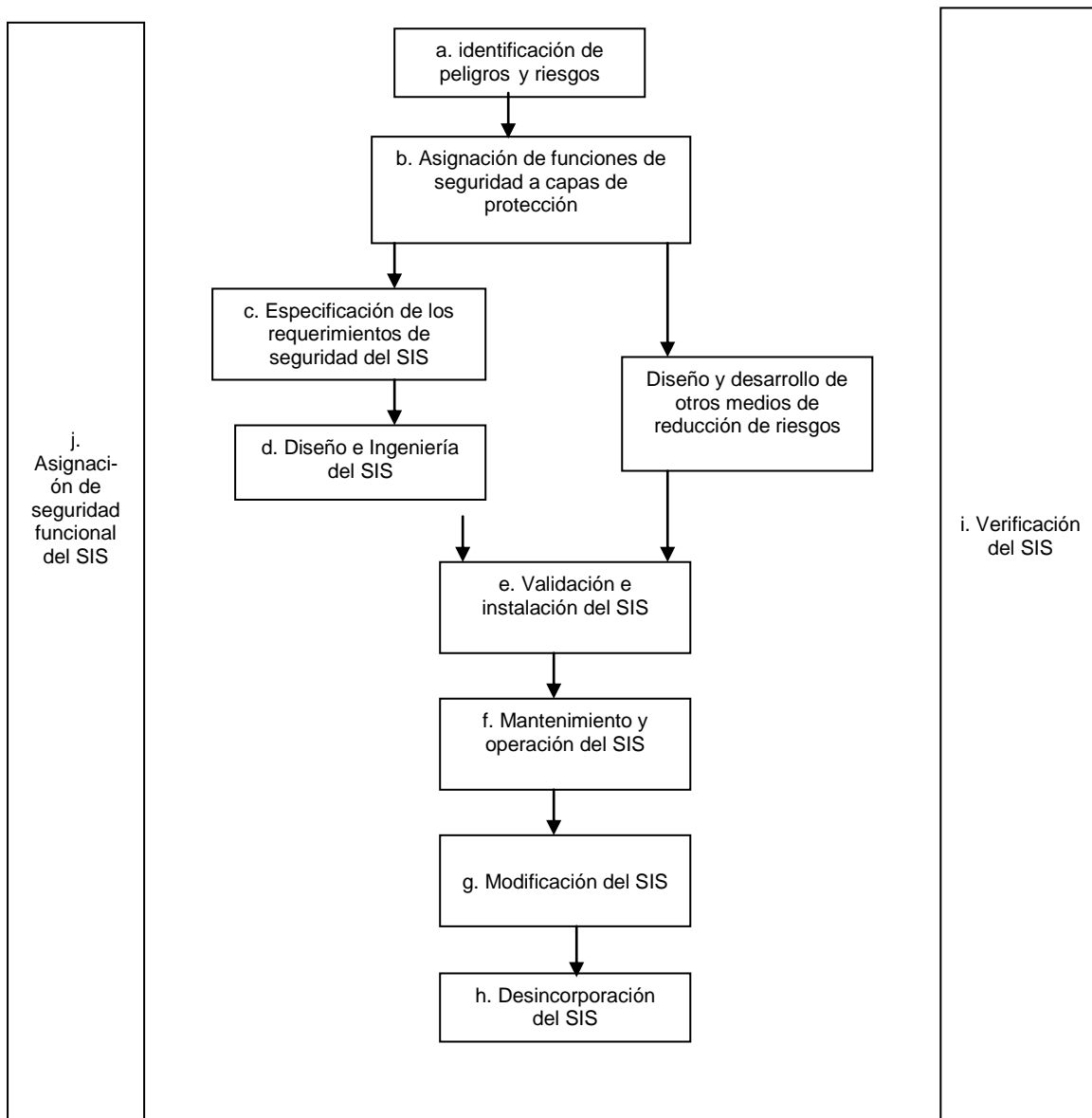


Figura 2.3 Etapas del ciclo de vida de seguridad funcional según norma IEC 61511 y ANSI/ISA 84.00.01 Fuente: http://larevistadelgasnatural.osinerg.gob.pe/articulos_recientes/files/archivos/50.pdf



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



Las etapas del ciclo de vida de seguridad se presentan a continuación:

a. Identificación de peligros y riesgos

El objetivo es determinar los peligros y los eventos peligrosos del proceso y su equipo asociado, la secuencia de eventos que lleven a un evento peligroso, el riesgo del proceso asociado a los eventos peligrosos, los requerimientos de reducción de riesgo y las funciones de seguridad requeridas para alcanzar la reducción de riesgo necesaria.^[20]

b. Asignación de funciones de seguridad a capas de protección.

El objetivo es la asignación de las funciones de seguridad a capas de protección y para cada función instrumentada de seguridad, su respectivo nivel de integridad de seguridad.^[20]

c. Especificación de los requerimientos de seguridad del SIS.

El objetivo es especificar los requerimientos para cada SIS, en términos de las funciones instrumentadas de seguridad requeridas y su respectivo nivel de integridad de seguridad, con la finalidad de cumplir con los requerimientos de seguridad funcional.^[20]

d. Diseño e Ingeniería del SIS.

El objetivo es diseñar el SIS que cumpla con los requerimientos de las funciones instrumentadas de seguridad e integridad de seguridad.^[20]

e. Validación e instalación del SIS.

El objetivo es integrar y probar el SIS. Validar que el SIS cumpla con en todos los aspectos los requerimientos de seguridad en términos de las funciones instrumentadas de seguridad y el nivel de integridad de seguridad asociado.^[20]

f. Mantenimiento y operación del SIS.

El objetivo es asegurar que la seguridad funcional del SIS es mantenida durante la operación y mantenimiento.^[20]

g. Modificación del SIS.

El objetivo es realizar correcciones, mejoramientos o adaptaciones del SIS, asegurando que el nivel de integridad de seguridad es alcanzado y mantenido.^[20]

h. Desincorporación del SIS.

El objetivo es asegurar que previo a la desincorporación del SIS de servicio activo, se realice una apropiada revisión y se obtenga la autorización requerida.^[20]



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



i. Verificación del SIS.

El objetivo es probar y evaluar las salidas de una etapa determinada para asegurar la validez y consistencia con respecto a los productos y normas colocados como entrada a dicha fase. ^[20]

j. Asignación de seguridad funcional del SIS.

El objetivo es investigar y llegar a la conclusión de que la seguridad funcional del SIS ha sido alcanzada. ^[20]

En la tabla 2 se presentan las entradas y salidas de cada una de las etapas del Ciclo de Vida de Seguridad:



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



Tabla 2. Entradas y Salidas de las Etapas del Ciclo de Vida de Seguridad

Etapas	Entradas	Salidas
a. Identificación de peligros y riesgos	Diseño del proceso, ubicación de equipos, arreglos principales y seguridad objetivo.	Descripción de los peligros, de las funciones de seguridad requeridas y la reducción de riesgo asociada.
b. Asignación de funciones de seguridad a capas de protección	Descripción de las funciones instrumentadas de seguridad y su respectivo nivel de integridad de seguridad.	Descripción de la asignación de los requerimientos de seguridad.
c. Especificación de los requerimientos de seguridad del SIS	Descripción de la asignación de los requerimientos de seguridad.	Requerimientos de seguridad del SIS; requerimientos de seguridad de software.
d. Diseño e Ingeniería del SIS	Requerimientos de seguridad del SIS. Requerimientos de seguridad de software	Diseño del SIS en conformidad con los requerimientos de seguridad del SIS. Plan de prueba para la integración del SIS.
e. Validación e instalación del SIS	Diseño del SIS. Plan de prueba de integración del SIS. Requerimientos de seguridad del SIS. Plan de validación de seguridad del SIS.	Completo funcionamiento del SIS en conformidad con los resultados de diseño del SIS obtenidos de las pruebas de integración del mismo.
f. Mantenimiento y operación del SIS	Requerimientos del SIS. Diseño del SIS. Planes de operación y mantenimiento del SIS.	Resultado de las actividades de operación y mantenimiento.
g. Modificación del SIS	Requerimientos de seguridad "como construido" e información del proceso.	SIS colocado fuera de servicio
i. Verificación del SIS	Plan de verificación del SIS por cada etapa.	Resultados de la verificación del SIS por cada etapa.
j. Asignación de seguridad funcional del SIS	Planes para la asignación de la seguridad funcional del SIS. Requerimientos de seguridad del SIS	Resultados de la asignación de la seguridad funcional del SIS.



CAPITULO III CONTROL E INSTRUMENTACIÓN

3.1 Importancia del Control y la Instrumentación

Cuando observamos un proceso químico en una planta o en un laboratorio se observan flujos que pasan de un recipiente a otro, líquidos que burbujan, gases que reaccionan, etc., y se detecta que todas las medidas cambian continuamente en el tiempo, algunas veces con pequeñas fluctuaciones y otras veces con cambios importantes. La conclusión inmediata es que “el mundo es dinámico”. Esta simple y obvia afirmación es la razón de ser del “control de procesos”. Además se puede afirmar que sólo entendiendo el comportamiento dinámico del sistema físico es posible diseñar y alcanzar un buen control del proceso. ^[26]

El control de un proceso es de vital importancia dado que:

- Establece medidas para corregir las actividades, de tal forma que se alcancen las metas de producción exitosamente. ^[23]
- Determina y analiza rápidamente las causas que pueden originar desviaciones, para que no se vuelvan a presentar en el futuro. ^[23]
- Reduce costos y ahorra tiempo al evitar errores. ^[23]
- Su aplicación incide directamente en la racionalización de la administración y consecuentemente, en el logro de la productividad de todos los recursos de la industria. ^[23]

¿Por qué debemos medir y controlar las unidades de proceso?

- Para mantener el punto de operación
- Mantener el proceso en condiciones estables
- Mantener la seguridad, tanto en el proceso como en el personal operario.
- Satisfacer restricciones de seguridad (variables críticas Presión, Temperatura, Nivel, Flujo, etc.) y restricciones ergonómicas (optimizar el proceso). ^[22]

La Instrumentación y Control, como especialidad de Ingeniería, es aquella parte de la ingeniería que es responsable de definir el nivel de automatización de cualquier planta de proceso e instalación industrial, la instrumentación de campo y el sistema de control para un buen funcionamiento del proceso, dentro de la seguridad para los equipos y personas, de acuerdo a la planificación dentro de los costos establecidos manteniendo la calidad. ^[24]

Otro concepto más técnico, diría que la instrumentación y control son aquellos dispositivos que permiten: ^[22]

- *Capturar* variables de los procesos.
- *Analizar* las variables de los procesos.
- *Modificar* las variables de los procesos.
- *Controlar* los procesos.
- *Traducir* los procesos a unidades de ingeniería.

La instrumentación y el control nacen de la necesidad de:

- Optimizar los recursos humanos, materias primas, y productos finales.



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



- Producir productos competitivos con un alto rendimiento.
- Producir productos con características repetitivas.
- Fomento del Ahorro Energético.
- Fomento de la Conservación del Medio Ambiente.

Un proceso siempre es dinámico, hay constantes cambios por determinados factores externos o internos. Para que el proceso opere correctamente se tiene que trabajar dentro de las condiciones de operación.^[22]

Debido a las necesidades de mejora continua, los procesos se han ido desarrollando progresivamente lo que ha exigido que el grado de automatización de las instalaciones haya evolucionado en consecuencia.^[22]

3.2 Importancia del Control e Instrumentación para el Caso de estudio en particular

El uso de la monitorización de la energía y de los sistemas de control de procesos puede jugar un papel importante en la administración de la energía y reducir el consumo de la misma. Estos pueden incluir sub-medición, vigilancia y control. Se puede reducir el tiempo necesario para realizar tareas complejas, a menudo mejorar la calidad del producto, los datos, la coherencia, y optimizar las operaciones del proceso.^[25]

Típicamente, el ahorro de energía y el costo son alrededor de 5% o más para muchas de las aplicaciones industriales de los sistemas de control de procesos. Estos ahorros se aplicarán a las instalaciones sin actualizar o procesar sistemas de control; como muchas refinerías que ya tienen modernos sistemas de control de procesos en lugar de mejorar la eficiencia energética.^[25]

Aunque los sistemas de administración de la energía ya están ampliamente difundidos en diversos sectores industriales, el rendimiento de los sistemas todavía se puede mejorar, reducir costos y aumentar el ahorro de energía.

Por ejemplo, el sitio de monitoreo total de la energía y los sistemas de administración puede aumentar el intercambio de flujos de energía entre las plantas en un sitio. Los Ahorros energéticos específicos y períodos de amortización para la adopción general de un sistema de control de energía varían mucho de una planta a otra y de una empresa a otra.

Una variedad de sistemas de control de proceso están disponibles para prácticamente cualquier proceso industrial. Los modernos sistemas de control a menudo no son destinados exclusivamente a la eficiencia energética, sino más bien para la mejora de la productividad, calidad del producto y la eficiencia de una línea de producción.^[25]

Las aplicaciones de control avanzado y sistemas de administración de la energía se encuentran en diferentes etapas de desarrollo y se pueden encontrar en todos los sectores industriales. Los Sistemas de control en consecuencia de menor tiempo de inactividad, la reducción de los costes de mantenimiento, reduce el tiempo de procesamiento, y el aumento de recursos y la eficiencia energética, así como el control de emisiones mejorado.

Muchas tecnologías de energía moderna eficientes dependen en gran medida de un control preciso de las variables de proceso, y las aplicaciones de los sistemas de control de procesos



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



están creciendo rápidamente. En el Control moderno de procesos existen sistemas para prácticamente cualquier proceso industrial. Sin embargo, existen grandes posibilidades de implementar sistemas de control y sistemas más modernos para entrar en el mercado de forma continua. ^[25]

Los Sistemas de control de procesos dependen de la información de muchas etapas de los procesos. El área separada pero relacionada es importante para el desarrollo de sensores que son de bajo costo a instalar, fiable, y que analizan en tiempo real. Los esfuerzos actuales de desarrollo están orientados a la utilización de sistemas ópticos, ultrasónicos, acústica, y un microondas, que deben ser resistentes a los agresivos entornos (por ejemplo, en ambientes oxidantes con hornos o productos químicos) y soportar altas temperaturas. ^[25]

Aunque los sistemas de la administración de la energía ya están ampliamente difundidos en diversos sectores industriales, el rendimiento de los sistemas todavía se puede mejorar, reducir costos y aumentar el ahorro de energía.

3.3 Lazos de Control

3.3.1 Definición

Arreglo de elementos orientados al mantenimiento de condiciones específicas en un proceso, maquinaria o sistema. ^[22]

Un lazo de control está compuesto por: ^[22]

- Un sensor o transductor que mide algunas variables del proceso de salida.
- Un transmisor que convierte la salida del sensor en una señal adecuada para la transmisión a través de la planta.
- Un controlador que compara la medición de transmisión a un valor de ajuste y luego determina que acción de control se requiere.
- Un elemento final de control (por lo general una válvula de control) que transforma la señal de salida del controlador en un cambio en una variable manipulada.

Estos son los instrumentos que se utilizan para controlar el proceso. Un lazo de control requiere la ocurrencia de tres tareas: ^[22]

- Medida
- Comparación
- Ajuste

3.3.2 Importancia y Necesidad

¿Qué hace un lazo de control y porqué es necesario?

La primera razón para el control es mantener el valor deseado o “setpoint” de una determinada variable, cuando ingresan perturbaciones al sistema. La segunda razón para implementar un lazo de control es que permite responder a cambios propuestos a través del “setpoint”. ^[26]



En la figura 3, se muestra un esquema de un lazo de control y en el cuál se observa el arreglo de elementos principales que están diseñados para mantener a condiciones estables el proceso.

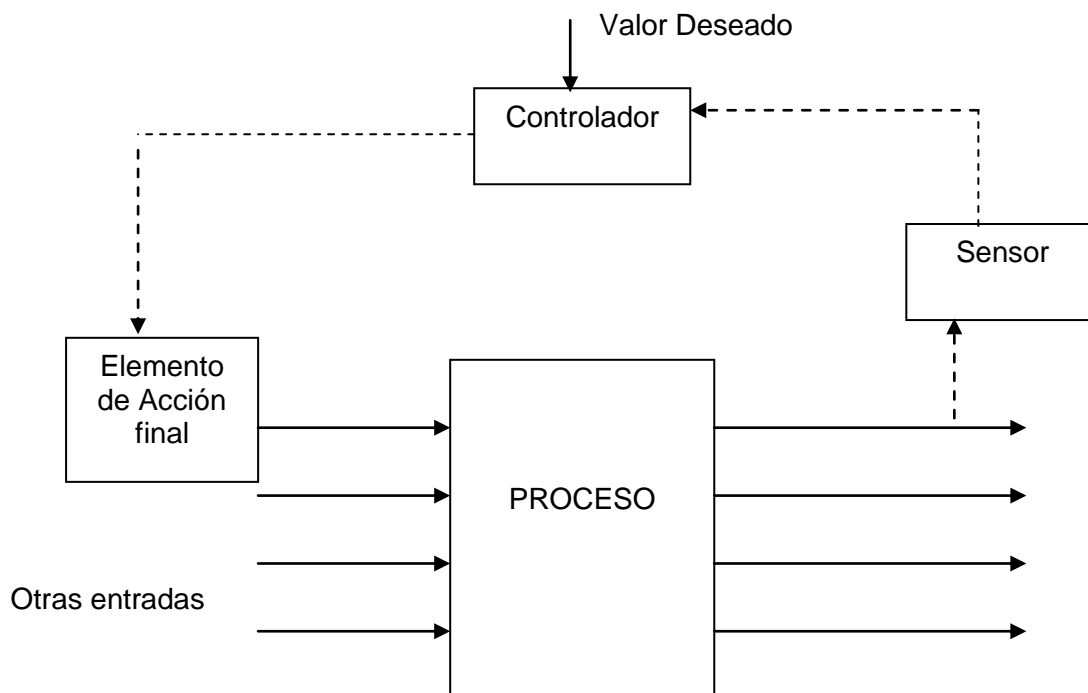


Figura 3. Esquema de un lazo de control
Fuente: http://www.gunt.de/download/Process_control_spanish.pdf

3.4 Sistemas de Control

3.4.1 Definición

Un sistema de control es un tipo de sistema que se caracteriza por la presencia de una serie de elementos que permiten influir en el funcionamiento del sistema. La finalidad de un sistema de control es conseguir, mediante la manipulación de las variables de control, un dominio sobre las variables de salida, de modo que estas alcancen unos valores prefijados (de ajuste).^[23]

Los sistemas de control tienen la misión de recibir las variables de proceso procedentes de los instrumentos, procesarlas, ejecutar órdenes y gestionar las salidas a los elementos finales de control (control o todo-nada).^[27]

Un sistema de control de modo general es un lazo complejo que puede estar compuesto de varios lazos de control, como abierto, cerrado o mixto, debe ser capaz de conseguir su objetivo cumpliendo los siguientes requisitos:^[27]

1. Garantizar la estabilidad y, particularmente, ser robusto frente a perturbaciones y errores en los modelos.^[27]



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



2. Ser tan eficiente como sea posible, según un criterio preestablecido. Normalmente este criterio consiste en que la acción de control sobre las variables de entrada sea realizable, evitando comportamientos bruscos e irreales. ^[27]

3. Ser fácilmente implementable y cómodo de operar en tiempo real con ayuda de un ordenador. ^[27]

Los elementos básicos que forman parte de un sistema de control y permiten su manipulación son los siguientes: ^[23]

- Sensores (controladores primarios)
- Amplificadores (controladores secundarios)
- Dispositivos de prevención (alarmas)
- Registradores (dispositivos de adquisición de datos)
- Actuadores (válvulas)
- Computadoras
- Algoritmos
- Intervención humana (diseño de procesos).

En la figura 3.1 se muestra el esquema de un sistema de control, observamos todos los elementos que se interconectan y la finalidad de éste, que es mantener a condiciones específicas un proceso.

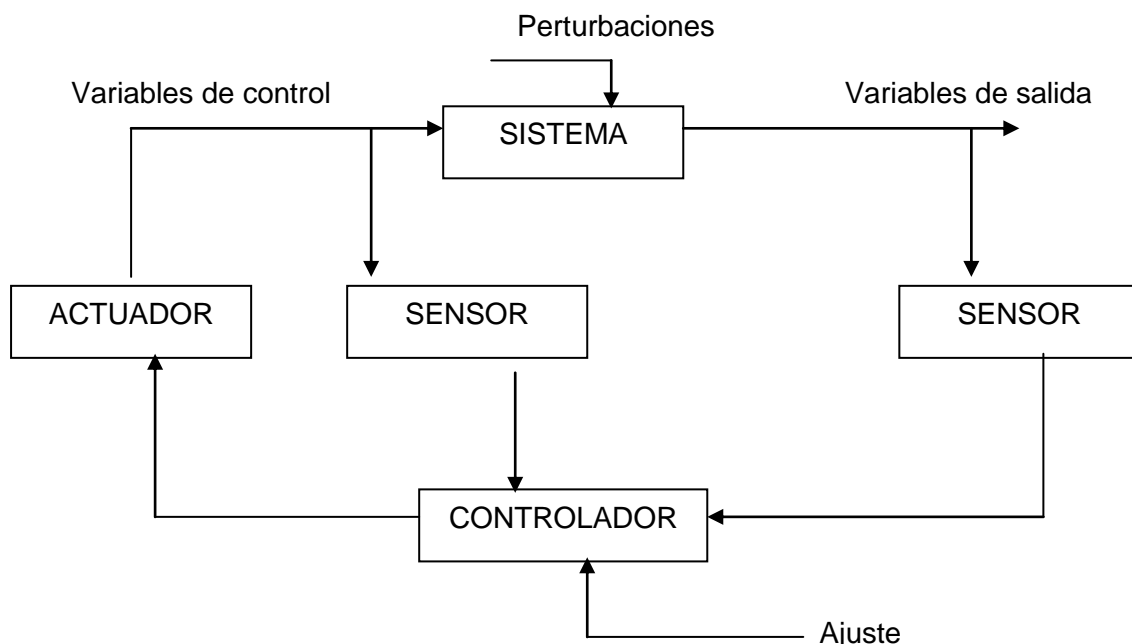


Figura 3.1 Esquema general de un diagrama de control
Fuente: <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/3330/5/34059-5.pdf>



3.4.2 Sistema de Control Básico

Para trabajar con eficacia en un sistema de control, o en un Cuarto de Sistema de Automatización, hay tres cosas que deben llevarse a cabo: ^[28]

- Los datos deben ser medidos y proporcionados como entrada al sistema.
- Los datos medidos se pueden comparar a un conjunto de resultados deseados o instrucciones.
- Una salida se produce sobre la base de los datos medidos para cambiar o mantener el entorno.

Los controles pueden ser manuales o automáticos. Los controles manuales pueden ser interruptores de luz o reguladores de intensidad, que una persona tiene que ajustar. La salida entonces no cambia hasta que una persona cambia la configuración de la misma. Los controles automáticos se basan en la tecnología para realizar el control. ^[29]

Los dispositivos de entrada se utilizan para la medición de los datos. Los dispositivos de entrada pueden ser sensores o cierres de contacto. Los sensores se utilizan para medir repetidamente variables, como la temperatura, la humedad, la presión o el caudal. Los Cierres de contacto pueden ser dispositivos tales como interruptores o botones que proporcionan entradas al sistema. ^[29]

Los requerimientos que debe satisfacer un sistema de control son: ^[23]

- Eliminar la influencia de perturbaciones externas e internas.
- Asegurar la estabilidad del proceso.
- Optimizar el proceso.

La transferencia de información a través de un sistema de control se visualiza fácilmente mediante un diagrama de bloques.

Estos diagramas se componen de líneas, bloques, comparadores y sumadores, ordenados en un orden lógico para indicar los componentes del lazo de control y sus interrelaciones. ^[23]

Un diagrama de bloques típico, localizado sobre un proceso genérico, se muestra a continuación:

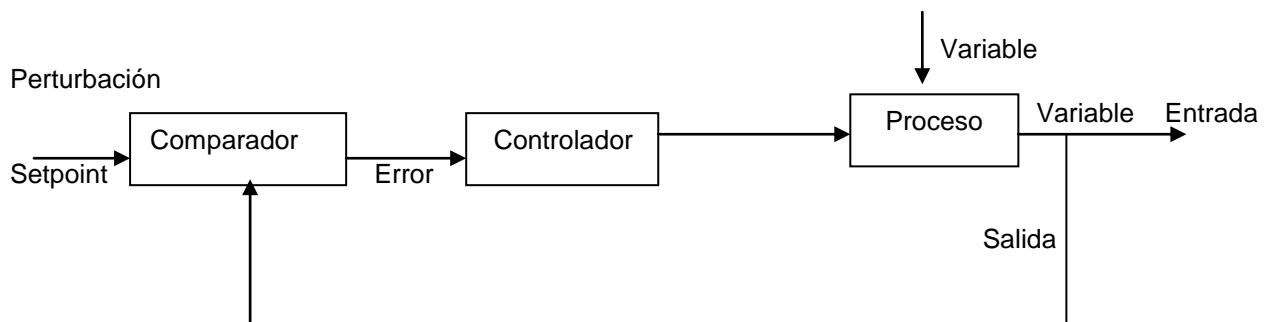


Figura 3.2 Diagrama de bloques de un sistema de control instalado en un proceso genérico
Fuente: <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/3330/5/34059-5.pdf>



3.4.3 Teoría De Control

La teoría de control estudia el comportamiento dinámico del control.

Las Acciones del controlador, se muestran en la tabla 3, donde, la acción determina la dirección en la cual la variable manipulada (MV) será movida por el controlador, para compensar cuando ocurra un cambio en la variable de proceso o variable controlada (PV).

Tabla 3. Tipos de Acción de los Controladores

TIPO	PV	MV
<p>↑ Acción directa, se da cuando un incremento en la variable de proceso (PV) resulta de un incremento en la variable manipulada (MV). Error= Valor de la variable del proceso – Setpoint E= PV-SP ó VC-SP</p>	↑	↑
<p>↓ Acción inversa, se da cuando un incremento en la variable de proceso (PV) resulta en un decremento en la variable manipulada (MV). Error= Setpoint – Valor de la variable del proceso E=SP-PV ó SP-VC</p>	↑	↓

3.4.4 Motivos para implementar un Sistema de Control

La operación segura de un proceso químico es el objetivo primario a satisfacer por cualquier sistema de control. Por consiguiente, las presiones operativas, temperaturas, concentraciones de químicos, etc. Deben siempre encontrarse dentro de los límites permisibles.^[23]

Los motivos que llevan a la implementación de un sistema de control se pueden agrupar bajo la siguiente clasificación:^[23]

- Protección o regulación ambiental

Podrían existir leyes gubernamentales que especificaran que las temperaturas, concentraciones de químicos y los caudales de los efluentes de una planta (sólidos, líquidos o gaseosos) deberían respetar ciertos límites permisibles. Tales requerimientos existen, como por ejemplo que la cantidad de SO₂, que una planta puede enviar a la atmósfera esté por debajo de un valor aceptable.^[23]

- Protección de equipos, limitaciones operacionales

Los distintos tipos de equipos utilizados en una planta química poseen restricciones operacionales inherentes a su operación. Tales restricciones deberían respetarse durante la operación de la planta. Por ejemplo, las columnas de destilación no deben inundarse, la temperatura en un reactor catalítico no debería exceder un valor límite superior dado que el catalizador se destruirá. Los sistemas de control son necesarios para satisfacer tales restricciones operacionales.^[23]



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



- Operación estable de una planta.

Se pretende mantener la operación de la planta en una condición de producción preestablecida. Para ello el sistema de control debería: ^[23]

- a) Asegurar la estabilidad del proceso, mediante la estabilidad de cada uno de los equipos involucrados.
- b) Suprimir la influencia de perturbaciones externas.
- c) Optimizar el rendimiento del proceso completo.

- Calidad del producto

Una planta debería producir la cantidad y la calidad de productos finales deseada. Por ejemplo, se podría requerir la producción de 550ton/día de etileno con una pureza del 99.5%. Por consiguiente un sistema de control es necesario para asegurar que el nivel de producción y las especificaciones de pureza sean satisfechos. ^[23]

- Razones económicas y optimización

La operación de una planta debe ser tan económica como sea posible en la utilización de las materias primas, energía, capital y trabajo humano. Esto requiere de la aplicación de un control a un nivel óptimo especificado de mínimo costo operativo, máxima ganancia, etc. Todos estos requerimientos generan las necesidades para el seguimiento continuo de una planta y la intervención externa (control) para garantizar la satisfacción de los objetivos operacionales. ^[23]

3.4.5 ¿Dónde se instala el Lazo de Control?

Las plantas químicas son físicamente grandes y complejas. Los responsables de operar la planta deben tener disponible los datos de toda la planta, los que llegarán a una sala central. Naturalmente los sensores y las válvulas estarán localizados en el proceso. Las señales, usualmente electrónicas, se transfieren a la sala de control, donde el personal de operación visualiza toda la información y donde los cálculos son ejecutados. ^[30]

Generalmente las plantas no operan en “piloto automático”, el personal está siempre presente para realizar tareas no automáticas, para optimizar la operación e intervenir en situaciones inusuales o de peligro tales como la falla de un equipo. Naturalmente, otras personas estarán delante del equipo de proceso, usualmente referido como “en campo” para monitorear el equipo y ejecutar funciones de intervención manual, por ejemplo para cambiar un filtro. Así una planta química bien automatizada involucra una interacción considerable entre el operario y los cálculos de control. ^[30]

Otras configuraciones de control son posibles cuando el caso lo requiere. Por ejemplo, pequeños paneles con instrumentación pueden ser localizados cerca de sectores críticos del proceso. Así el operador puede tener acceso al sistema de control mientras introduce algunos ajustes al proceso (PLC). También muchos sensores tienen un visor local del valor medio medido, además de enviar la señal a la sala de control. ^[30]



3.4.6 Modos de Control

Se refiere modo de control, a la acción correctiva del controlador sobre el elemento final de control para hacer que la variable controlada, se mantenga en el valor deseado, señal de referencia o punto de ajuste.

3.4.6.1 Cuando usar cada Modo o Respuesta

Los cuartos de control varían mucho en las necesidades cuando se colocan los lazos de control. Para proporcionar comodidad a los operadores de una manera eficiente, los lazos de control deben estar bien diseñados para satisfacer esas necesidades. ^[31]

Si el sistema es estable con una desviación, significa que se ha estabilizado a una cierta temperatura por encima del punto de ajuste. Está correcto mientras se estabiliza con una tolerable desviación, si se estabiliza con demasiada desviación, sería necesario mayor trabajo para satisfacer los requisitos. ^[31]

Pero ¿por qué el sistema se estabiliza con una desviación? ¿Por qué no se estabiliza en el valor de punto de ajuste? Tiene que ver en cómo el sistema está modulado. ^[31]

Un sistema está configurado para responder mejor a una condición de carga determinada. La manera en que un sistema proporcional funciona para enfriar o calentar una zona, es que por cada aumento en una cierta temperatura, está programado para empujar hacia atrás con un cierto aumento o disminución en el flujo de aire. ^[31]

Si el sistema está mal ajustado para una carga pesada, cuando hay un aumento en la variable, el sistema sólo puede empujar hacia atrás un poco. Este sistema nunca se va a estabilizar, a menos que la carga se reduzca. ^[31]

Si el sistema está perfectamente ajustado, se hace retroceder lo suficiente para que la temperatura dé vuelta al punto de ajuste para satisfacer las necesidades. Pero es difícil lograr la afinación perfecta cuando la carga del sistema puede cambiar, dependiendo de la cantidad de personas que están en el espacio o la cantidad de equipos que se encienden. Si el sistema está adecuadamente ajustado, empujará de nuevo para bajar la temperatura, lo suficientemente cerca del punto de ajuste, con un cierto nivel de desviación que se considera razonable. ^[31]

Un sistema moderado sería mejor ajuste con una respuesta PI o una respuesta PID. ¿Cómo elegir cuál? Los Términos integrales añaden ajustes por cuánto tiempo la temperatura ha estado lejos de la temperatura diseñada al punto de ajuste. ^[31]

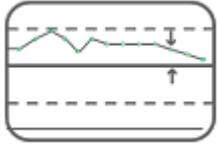
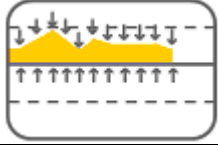
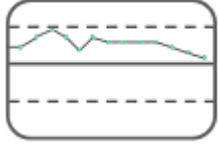
En la tabla 4, se muestra como elegir la mejor respuesta, dependiendo el tipo de modo de control que se utilice:



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



Tabla 4. ¿Cómo elegir la mejor respuesta de los modos de control?

PROPORCIONAL	¿A que distancia está el punto de ajuste?	La respuesta es proporcional con la desviación 
INTEGRAL	¿Cuánto tiempo tarda el punto de ajuste?	Se agrega al componente tiempo de respuesta 
DERIVATIVO	¿Qué tan rápido está el punto de ajuste?	Se agregan componentes para una rápida respuesta 

Los términos derivados tratan la rapidez con la que la temperatura se acerca al punto de ajuste. La razón principal por la cuál sería necesaria añadir la respuesta derivada a este cálculo es si se está pensando en tener puntos de ajuste. Si hay cambios repentinos del punto de ajuste a una temperatura diferente, en el sistema de control integral solo se ve una gran cantidad de área bajo la curva, y hace un salto demasiado grande para una desviación. ^[31]

Para sistemas de respuesta moderadas con puntos de ajuste estables, se puede disminuir la ganancia de la respuesta proporcional para ayudar a lograr la estabilidad, y añadir la integral para minimizar el desplazamiento. Para los sistemas de respuesta moderada con valores de ajuste inestables, el derivado puede ser añadido para limitar la inestabilidad después de cambios de puntos de ajuste. ^[31]

La tabla 5, nos muestra que tipo de respuesta se tiene de un sistema de control, al decidir que modo de control utilizar, con sus respectivas características.



Tabla 5. Características de los Modos de Control con respecto al tiempo de respuesta.

Tiempo de Respuesta	Modo de Control	Características
Lento (De 1 a 2 minutos)	Proporcional	<ul style="list-style-type: none"> Buena estabilidad Desviación razonable
Moderado; puntos de ajuste estables (De 20 a 30 segundos)	Proporcional + Integral	<ul style="list-style-type: none"> Decremento de ganancia para estabilidad Integral usado para minimizar la desviación.
Moderado; puntos de ajuste inestables (De 20 a 30 segundos)	Proporcional + Integral + Derivativo	<ul style="list-style-type: none"> Derivativo para limitar la inestabilidad después de los cambios en el punto de ajuste.
Rápido (De 3 a 5 segundos)	Flotante	<ul style="list-style-type: none"> Permiten una amplia zona neutral donde no se realiza ningún cambio para la estabilidad.

Si un cambio es una respuesta rápida, es decir, que una lectura válida de las condiciones reales afectadas por cambiar un controlador, se puede sentir dentro de 3-5 segundos, el control flotante es la mejor opción para la estabilidad. ^[31]

La respuesta flotante no permite a una banda muerta realizar algún cambio. Esta banda muerta ayuda a mantener la estabilidad del sistema, de modo que cada pequeña diferencia en la medición no hará que el controlador realice otra cosa. ^[31]

En un sistema rápido, incluso si una respuesta PID se utiliza, la velocidad de los cambios que se producen es tan rápida, que una respuesta PID nunca se estabiliza, lo que significa que los ajustes se harán siempre para el equipo, no permitiendo que descanse. ^[31]

Las Respuestas lentas se esperan cuando se está controlando la temperatura o la humedad en una zona. Cuando una zona tiene un cambio en el aire que se está entregando a la misma, por lo general, no es buena para ver con más frecuencia que cada 1 ó 2 minutos. ^[31]

3.4.7 Sistemas de Control Multivariables

3.4.7.1 Sistema de Control en Cascada

Un sistema de control en cascada, consta de dos (o más) sistemas de control dependientes uno del otro. En este sistema de control la señal de salida de un controlador es el punto de ajuste de un segundo controlador. Cada controlador tiene su variable medida; adicional a estas variables.



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



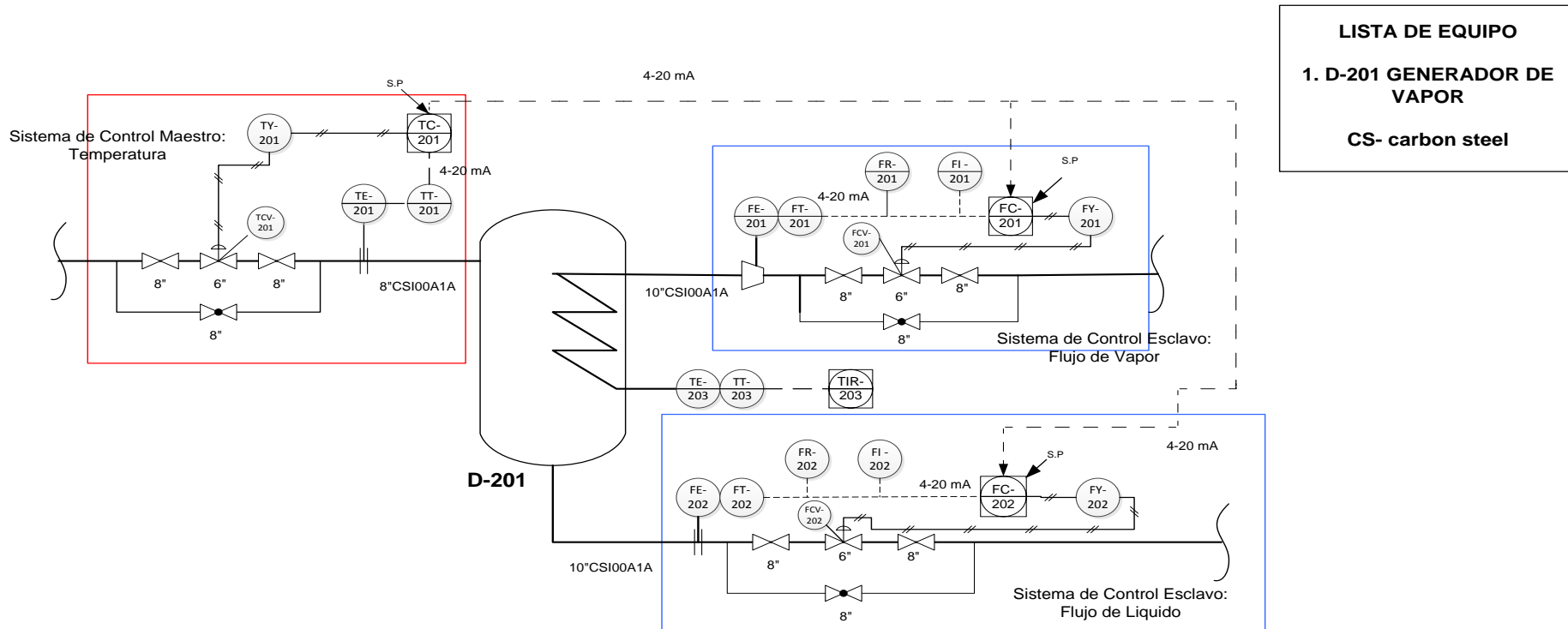
Cada controlador tiene su variable medida adicionalmente a estas variables. El controlador primario (o maestro) tiene su punto de ajuste independiente y el controlador secundario tiene la señal controlada al proceso, independiente.

Una variable controlada primaria se mantiene en el valor deseado a costa de una variable controlada secundaria.



Figura 3.3 Diagrama de Tubería e Instrumentación para el Sistema de Control en Cascada: Temperatura-Flujo
Fuente: DGR

DIAGRAMA DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL EN CASCADA
TEMPERATURA – FLUJO PARA EL EQUIPO GENERADOR DE VAPOR.

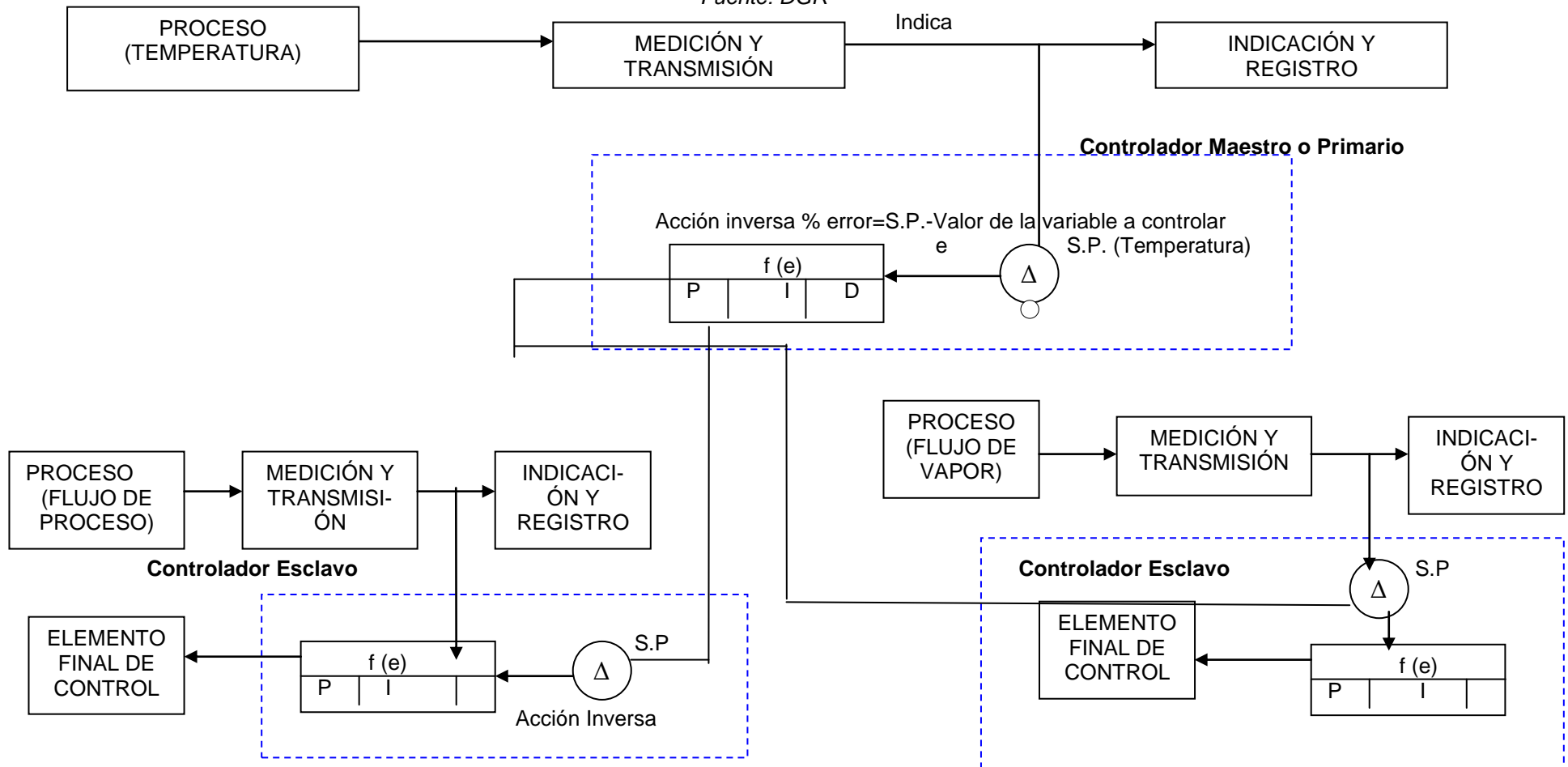




La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



Figura 3.4 Diagrama de bloques para el Sistema de Control en Cascada Temperatura - Flujo
Fuente: DGR





La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



3.4.7.2 Sistema de Control de Relación

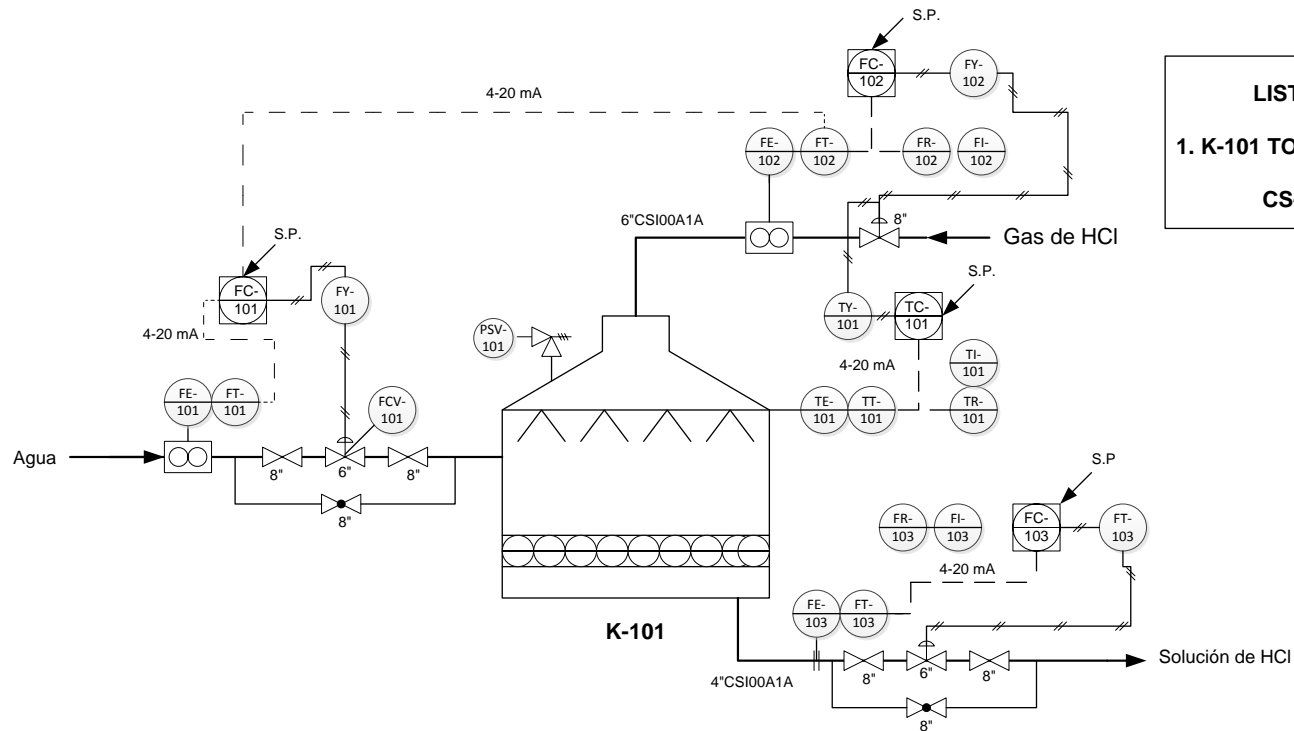
El sistema de control de relación, consta de un lazo dependiente y un lazo independiente que están relacionados a un controlador.

La característica principal es que tiene una función adicional al controlador, una variable dependiente se va a controlar de forma directa con otra variable independiente.



Figura 3.5 Diagrama de Tubería e Instrumentación para el Sistema de Control de Relación Fuente: DGR

DIAGRAMA DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE RELACIÓN PARA UNA TORRE DE ABSORCIÓN



LISTA DE EQUIPO
1. K-101 TORRE DE ABSORCIÓN
CS- carbon steel



3.4.7.3 Sistema de Control de Relación entre Variables Diferentes

Este sistema de control mantiene una relación arbitraria entre 2 ó más variables diferentes tales como temperatura-presión, presión-flujo, ó flujo-nivel.

Ejemplo: en sistemas de procesos de compresión y bombeo en dónde se pretende mantener la operación en condiciones estables.

Para eso se mantiene una relación presión de descarga-flujo de entrada manejando las curvas de operación de estos equipos, se definen las zonas de operación en las que los sistemas de control deben mantener la operación óptima y a costos rentables de planta.

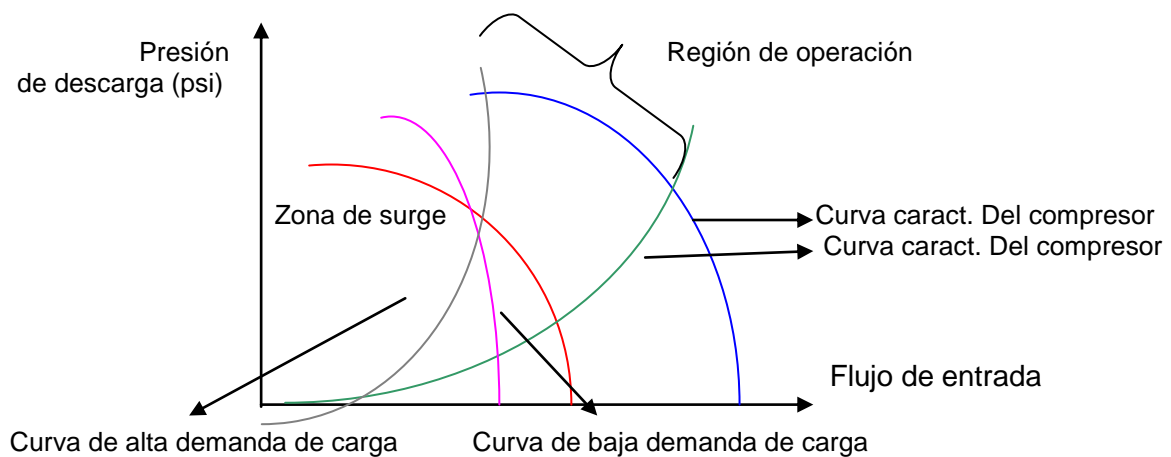


Figura 3.6 Curvas de operación de compresores
Fuente: DGR

Las curvas de operación de compresores mantienen las condiciones del sistema óptimas, sin un gasto de energía.

3.4.7.4 Sistema de Relación de Impulso con Aviso de Señal

El sistema de relación de impulso con aviso de señal, puede aplicarse a un control de calentadores a fuego directo.

Un calentador es un equipo (proceso), en el cuál la energía calorífica se transfiere a una carga en forma controlada.

La carga puede entrar como salida, un líquido o un gas, y puede o no ser transformado a un estado diferente por la energía suministrada. Las funciones de un controlador se pueden agrupar en las siguientes categorías:

- calentar y/o vaporizar la carga
- suministrar calor a los reactantes alimentados
- proporcionar un aumento y control de la temperatura.



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



Un ejemplo de un calentador para vaporización y/o calentamiento, es el calentador de una planta primaria en la cual el calentador prepara la carga para la destilación.

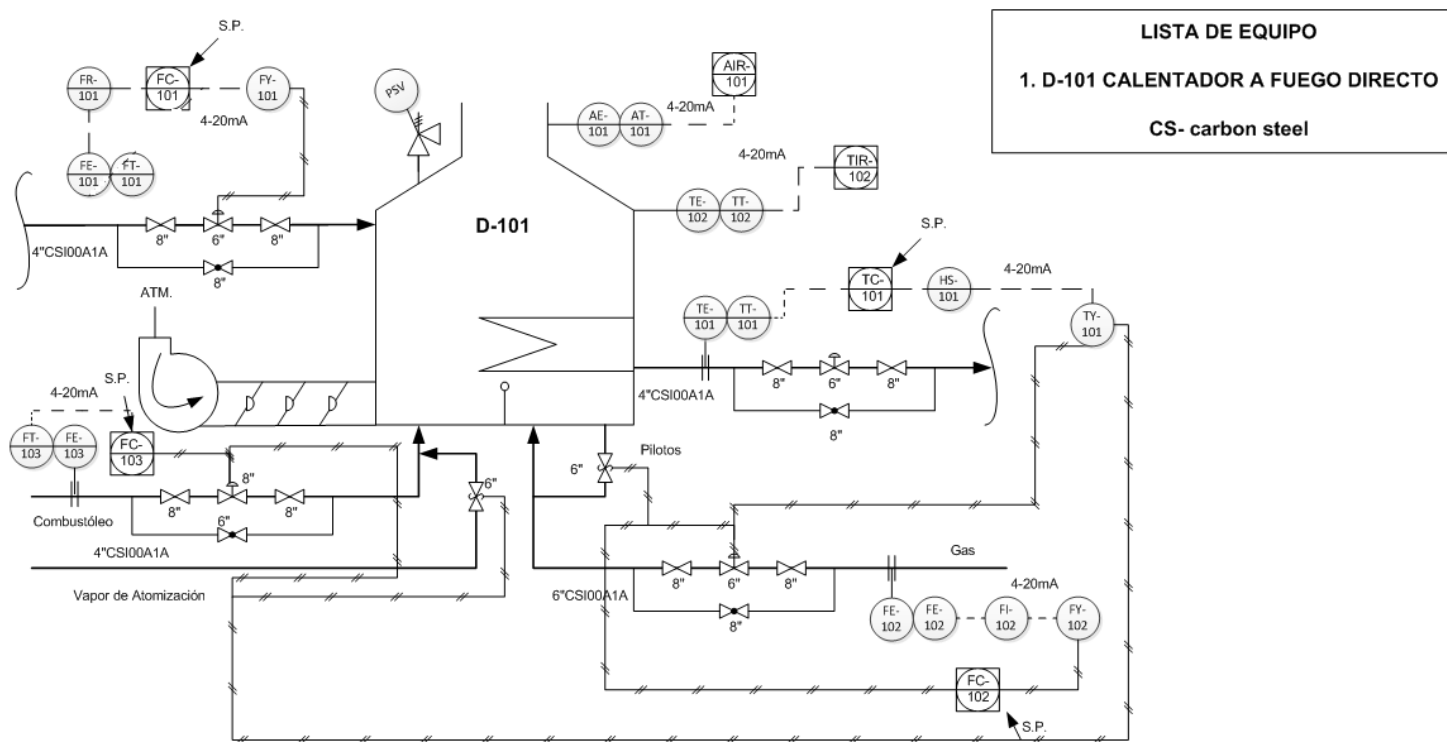
La figura 3.7, muestra un diagrama de tubería e instrumentación para este caso, en el que se ejemplifica mejor con un calentador a fuego directo:



Figura 3.7 Diagrama de Tubería e Instrumentación para el Sistema de Relación con Aviso de Señal

Fuente: DGR

DIAGRAMA DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN PARA EL SISTEMA DE CONTROL DE RELACIÓN CON AVISO DE SEÑAL PARA UN CALENTADOR A FUEGO DIRECTO





La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



El sistema de control debe asegurar que la carga reciba la energía calorífica en una proporción adecuada para mantener la temperatura de salida.

- Mantener la relación deseada la energía transferida a la carga.
- Mantener en la combustión un buen control y una alta eficiencia.
- Mantener todas las condiciones de seguridad en todas las fases de la operación.

Comúnmente la temperatura de la carga es un índice que se usa como medición del calor transferido.

La principal variable a controlar en un calentador es la temperatura de salida de la carga. El valor de la temperatura de salida de la carga, depende principalmente de:

- de la cantidad de carga
- de la cantidad de combustible
- de la cantidad de combustible-aire
- la temperatura de la carga a la entrada.

3.4.7.5 Sistema de Control de Predominio

Algunas veces es necesario limitar el valor de una cierta variable (valor alto o bajo), para evitar daños en el proceso o el producto y en estos casos se impone el uso de un sistema de control de predominio.

Ejemplo de esto puede encontrarse en estaciones de bombeo a menudo el requerimiento es mantener dentro de límites seguros tanto la presión en la succión como también en la descarga de la bomba.

El sistema trabaja de modo que existe un circuito de control operando normalmente en una de las posibles variables, y continúa de esta forma hasta que la otra variable, llega a un cierto valor crítico. En este punto, esta última variable se convierte en el factor de control hasta que las condiciones críticas son remediadas.

La característica en este sistema de control es que la salida de los controladores de las variables controladas (presiones) está conectada a un selector de baja señal, estando el set-point del controlador de succión debajo de la presión de operación normal; y su señal de salida estará a un máximo debido al error positivo con respecto al set-point (e+).

El controlador en la descarga es una unidad de acción invertida y tiene su set-point a la presión de salida deseada. Consecuentemente su salida es normalmente debajo de la del controlador de succión. Como las 2 señales de salida de los controladores van a un relevador selector de baja señal, este último dejará pasar la más baja (en este caso la presión de descarga), bajo condiciones de operación normal.

Sin embargo, si la presión de su controlador de presión, decrementará llegando a un valor menor que la señal de descarga, consecuentemente, el controlador de presión de la succión tomará la acción sobre la válvula y mantendrá la operación satisfactoria.

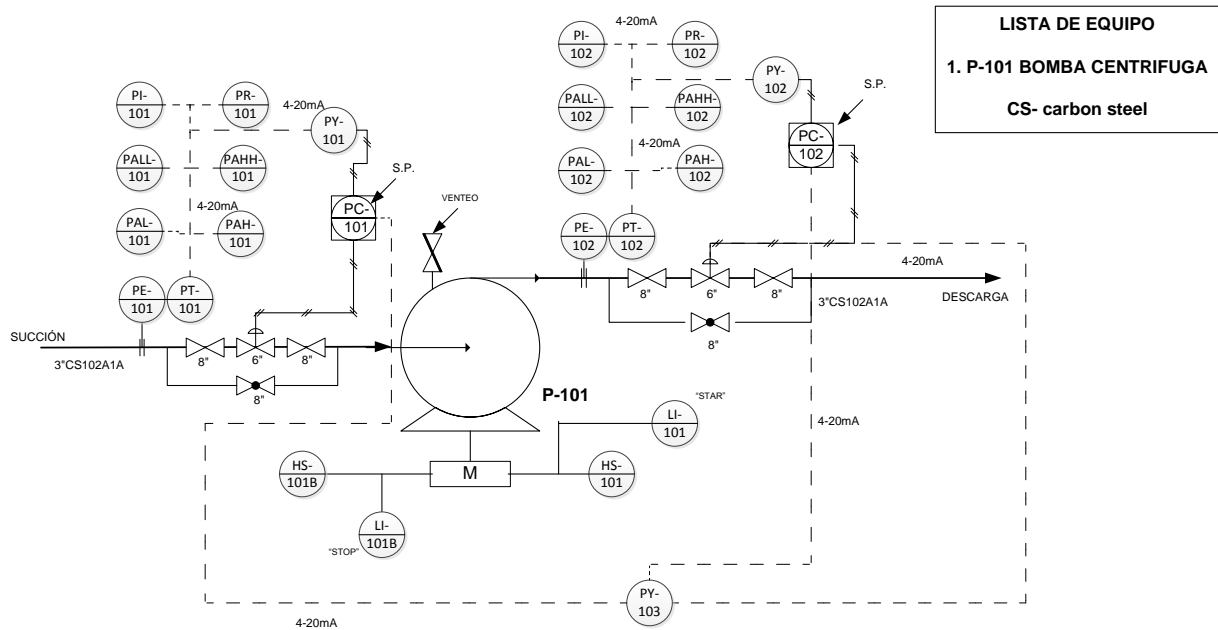


La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



Figura 3.8 Diagrama de Tubería e Instrumentación para el Sistema de Control de Predominio
Fuente: DGR

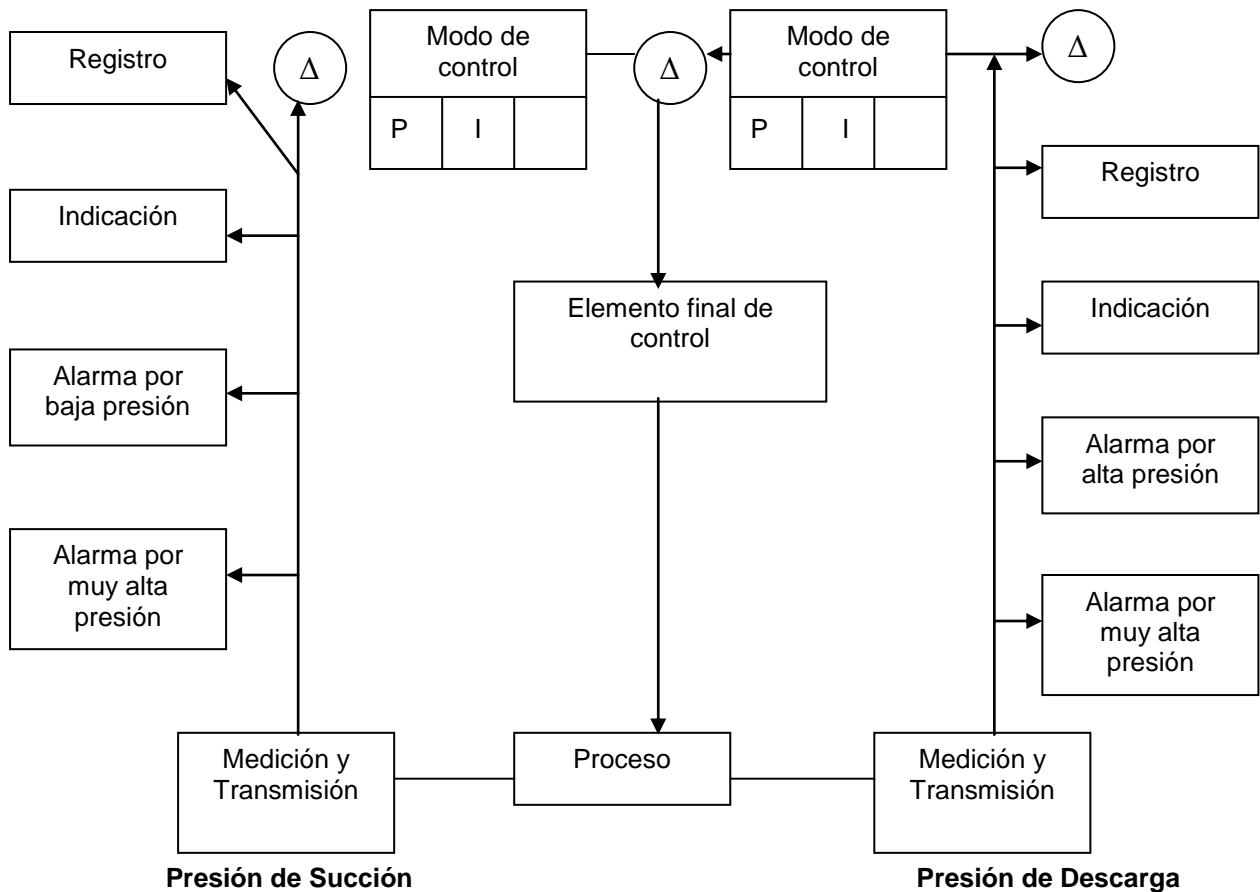
DIAGRAMA DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN PARA EL SISTEMA DE CONTROL DE PREDOMINIO PARA UNA BOMBA CENTRIFUGA



La figura 3.9, muestra el diagrama de bloques para este sistema de control de predominio, para la bomba centrífuga:



Figura 3.9 Diagrama de bloques de Control de Predominio para una bomba



3.4.7.6 Sistema de Control de Programa de Tiempo

Este sistema es una variante del de ciclo de tiempo, en el cuál el set-point del controlador es variado automáticamente sobre un cierto periodo.

Aplicaciones:

- Ablandamiento de acero
- Reacciones intermitentes para polimerización
- Procesamiento de hule
- Esterificación

Una situación típica puede involucrar instrumentación en donde tanto el régimen de cambio del proceso como la duración de cualquier valor del set-point deban ser precisamente controladas. Actuando para guiar la variable del proceso.



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



El set-point desarrollará una señal predeterminada en proporción al valor deseado de la variable del proceso para todas las porciones del programa de tiempo, como se observa en el gráfico 1.

La generación de la función de control sobre el set-point se configura en el mismo controlador.

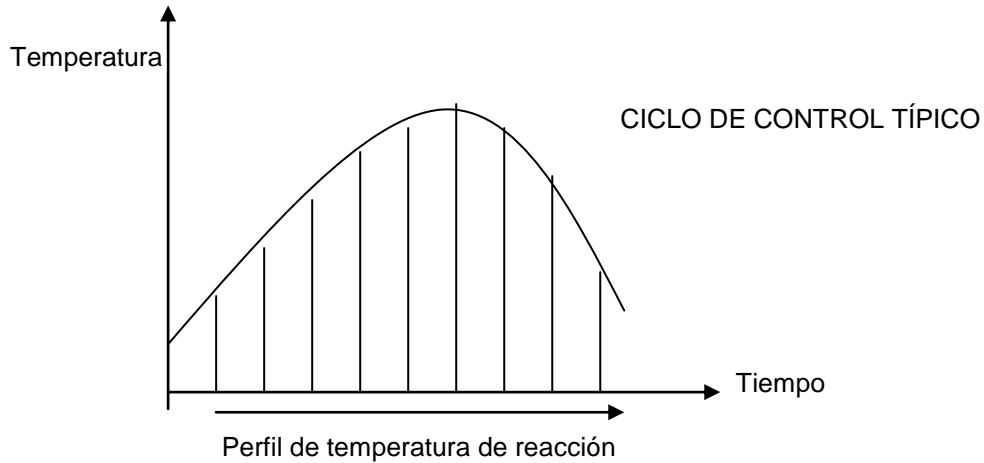
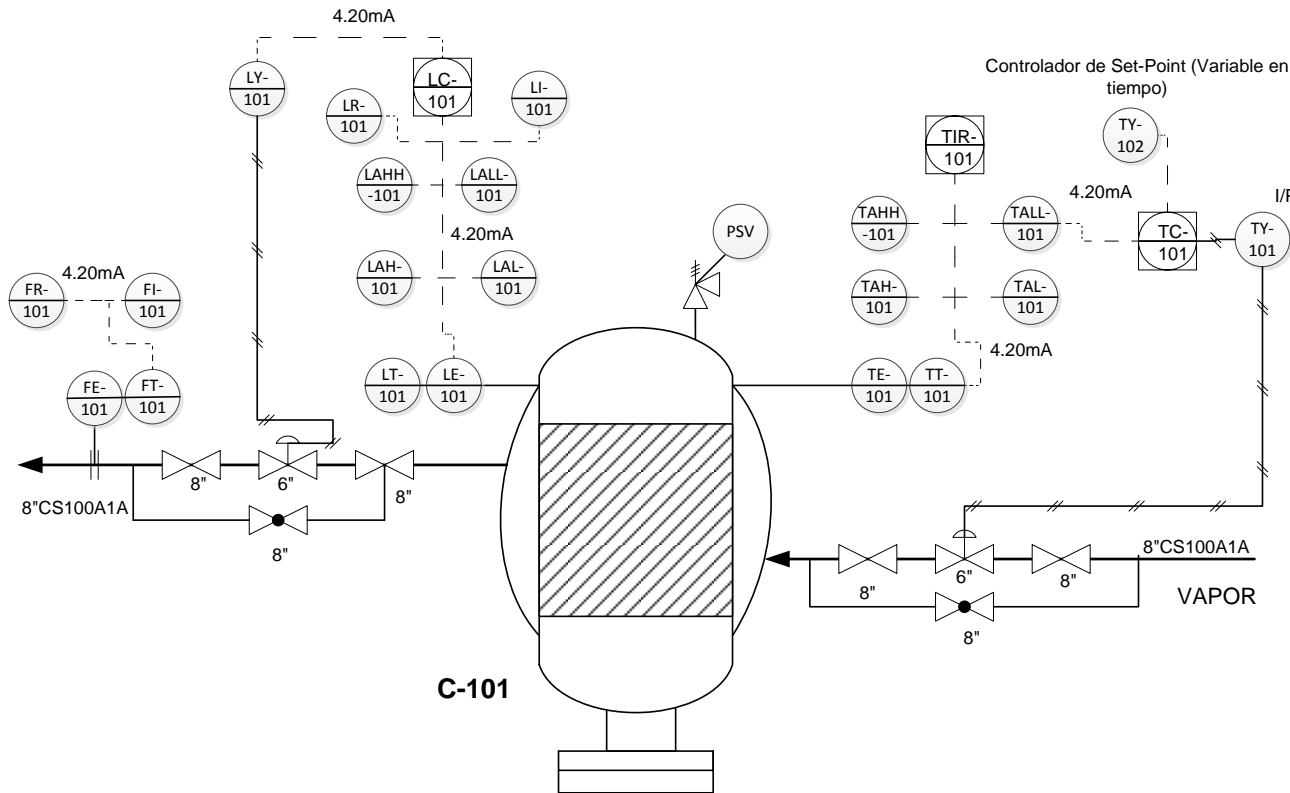


Gráfico 1. Generación de la función del ciclo de control típico sobre el set-point
Fuente: DGR



Figura 3.10 Sistema de Control de Programa de Tiempo para controlar la Temperatura Intermitente (Batch)
Fuente: DGR

DIAGRAMA DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN PARA EL SISTEMA DE CONTROL DE PROGRAMA DE TIEMPO PARA UN REACTOR BATCH



LISTA DE EQUIPO
1. C-101 REACTOR BATCH
CS- carbon steel



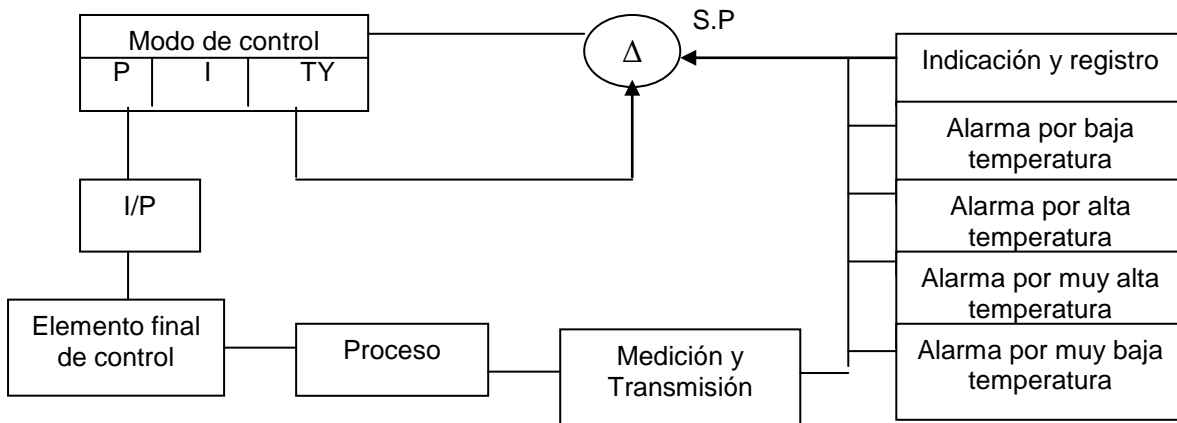
Para el Reactor Batch:

- Controlar la temperatura dentro del reactor por medio del flujo de vapor.
- Variable controlada: Temperatura
- Variable manipulada: flujo de vapor

Se considera que hay una temperatura promedio dentro del reactor.

Figura 3.11 Diagrama de bloques de Sistema de Control de Programa de Tiempo para controlar la temperatura intermitente (Batch)

Fuente: DGR



3.5 Sensores de Control

3.5.1 Definición

Los sensores son componentes esenciales incorporados en la construcción de los sistemas de control. Hay que medir lo que se desea controlar. Se puede tener una manera de hacer las mediciones con precisión y repetidamente. Los sensores miden los datos que el controlador utiliza para tomar decisiones sobre la base de su conjunto de normas programadas y puntos de ajuste. Los sensores son el primer paso de control. ^[31]

Los sensores nos dicen cómo es acertado el sistema de control y cuando hacer los cambios ambientales, además que miden las condiciones y proporcionan una comprobación para asegurarse de los cambios que tiene el lugar. ^[31]

Debido a esto, los sensores pueden ser un eslabón débil en la cadena de control. Si el sistema de control está recibiendo una señal desde un sensor defectuoso, el sistema de control hace decisiones equivocadas. Los sensores deben ser instalados de una manera que les permita medir eficazmente la variable de control, que tienen que trabajar y que tienen que ser exacta. ^[31]



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



La comunicación de los sensores a los controladores es casi siempre eléctrica. Puede ser un cierre de contacto, un voltaje CC variable (0 a 5 VDC o VDC 0 a 10), una de miliamperios de corriente variable (0 a 20 mA ó 4 a 20) o una resistencia variable. Como tal, hay un circuito eléctrico entre el sensor y el controlador. ^[30]

Dado que los controladores obtienen los datos de los sensores de un pequeño cambio en una señal eléctrica, hay demasiada distancia entre el controlador y el sensor, esto puede provocar errores en la variable medida. Algunos errores pueden ser alojados por hacer ajustes en el software, pero siempre habrá directrices específicas sobre qué medida tendrá un sensor desde el controlador para un control preciso. ^[31]

3.5.2 Sensores de Temperatura

Para detectar la temperatura hay dos tipos principales de sensores: los termistores y transmisores de temperatura.

3.5.2.1 Termistores

Los Termistores se construyen para producir una resistencia variable como una función de la temperatura, como los cambios de la misma, y los cambios de resistencia de una manera no-lineal. El controlador interpreta estos cambios de resistencia para determinar la temperatura real, hay muchos tipos diferentes de termistores. ^[31]

Algunos aumentan la resistencia cuando la temperatura sube, mientras que otros disminuyen la resistencia cuando aumenta la temperatura. Esto se conoce como coeficiente de temperatura positivo o negativo. Algunas características son: ^[31]

- No son caros en comparación con los transmisores.
- Son consistentes en su rendimiento en el tiempo.
- Tienen una resolución adecuada para aplicaciones comerciales, pero no ofrecen el rendimiento necesario para las aplicaciones críticas que requieren una gran precisión.

3.5.2.2 Transmisores

Los Transmisores de temperatura consisten tanto de un componente de medición de temperatura y una placa de circuito eléctrico que convierte la lectura de la temperatura en un voltaje DC variable o miliamperios. Sus características son: ^[31]

- Se requiere una fuente de alimentación.
- Son caros en comparación con los termistores.
- Son consistentes en su rendimiento en el tiempo.
- Tienen una excelente resolución y precisión que les permite ser usado donde se requiere un control de precisión (lazos de control industriales, laboratorios, etc.).

Para los típicos sistemas de cuartos de control, los sensores de temperatura se usan para medir una variedad de variables: ^[31]

- La temperatura exterior del aire



- La temperatura del espacio ocupado
- Diversas temperaturas dentro del sistema mecánico (mezcla de aire, suministro de aire, aire de retorno, etc.)

Los sensores de temperatura no deben ser confundidos con termostatos. Un termostato es más que un sensor, porque tiene un elemento de detección de temperatura, es en realidad un controlador porque procesa los datos del sensor de temperatura, y ajusta sus salidas en consecuencia. Un sensor de temperatura envía una señal eléctrica al controlador que es indicativo de la temperatura. El controlador es responsable de utilizar el valor recibido para activar o desactivar el equipo. ^[33]

Debido a que una cantidad costosa de energía se ha utilizado para enfriar o calentar este fluido, la energía en que el fluido se conserva es mediante el aislamiento de la pipa. Para colocar un sensor para monitorizar la temperatura de la tubería, que está cerca del fluido, primero debe superar el aislamiento. ^[33]

3.5.2.3 Sensor de correa o en bombilla y Sensor de inmersión

El sensor de correa se ata directamente a la tubería por debajo del aislamiento, y el aislamiento se coloca de nuevo sobre el sensor para cubrirlo y evitar que la detección de la temperatura ambiente sea sensible, como se muestra en la figura 3.13. Es importante que cuando se utilice un sensor de correa que no sea de silicio ó pasta conductora se use entre el sensor y el tubo de transferencia máxima de la temperatura. ^[31]

Sin embargo, un sensor de inmersión sería más exacto. Esto requiere la perforación a través de la tubería para insertar un depósito, a veces llamada caja de bomba. Este sensor se muestra en la figura 3.12. El depósito se inserta en el fluido; entonces la pasta conductora se usa en el sensor de inmersión cuando se coloca en la caja de bomba. ^[31]

Un sensor de inmersión es más preciso porque el fluido real rodea a la caja de bomba, y la transferencia de temperatura es de alrededor del sensor. En comparación versus con el sensor de correa tiene un solo punto de contacto a través de un tubo de metal. ^[31]

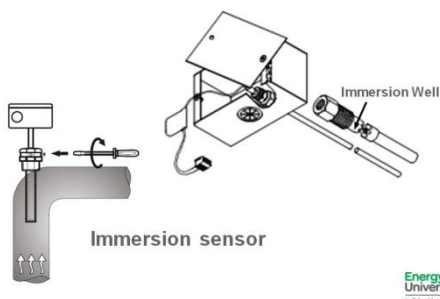


Figura 3.12 Sensor de inmersión

Fuente: <http://www.schneider-electric.com.mx/sites/energy-university/building-controls/pdf>

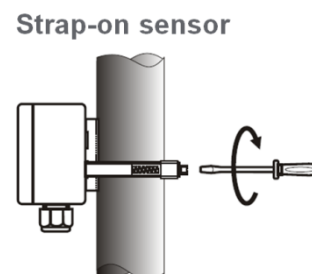


Figura 3.13 Sensor de correa o bombilla



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



Por lo general, se construye un sensor de inmersión nuevo para ser utilizado. Para renovaciones de los equipos existentes un sensor de correa es un método más barato y menos invasivo.

3.5.2.4 Sensores de conducto

Los Sensores de conducto se utilizan para medir la temperatura del aire en equipos de climatización, tienen un elemento único para detectar la temperatura. Los Sensores de temperatura del conducto generalmente no son más de 46 centímetros o 18 pulgadas de largo. Podría haber un poco de la varianza en la presión y la velocidad del aire que se desplaza, provocando una gran variación en la temperatura que un sensor de temperatura del conducto no puede detectar. ^[31]

Un sensor de temperatura promedio considera toda el área de la sección transversal de dicho conducto, como el sensor es de toda la longitud de la tubería de cobre, el aumento o la disminución de la resistencia se hacen sentir a través de toda la carrera del elemento a medida que la temperatura cambia. El controlador por lo tanto puede interpretar este cambio en la resistencia como una temperatura, en lugar de tener una temperatura en un solo punto en el área de la sección transversal, que está recibiendo una buena medida sobre toda el área del conducto. ^[31]

3.5.3 Sensores de Presión

Los sensores de presión miden la presión estática en una variedad de localizaciones o la presión diferencial en una corriente de flujo de aire o agua. Cuando se escucha "presión diferencial" se piensa en la diferencia entre dos valores. ^[31]

Se puede medir la presión estática en dos ubicaciones diferentes dentro de un sistema de construcción, restar una lectura de la otra es una presión diferencial. ^[31]

Las ubicaciones típicas para medir la presión diferencial son a través de los ventiladores, a través de las bombas, a través de los filtros, en corrientes de aire que fluye en corrientes de agua. La presión diferencial a través de un ventilador o una bomba nos dice si es funcional y lo duro que está trabajando. ^[31]

Los sensores de presión son comparables a los transmisores de temperatura en los que están diseñados para producir una señal de 0 a 10 V CC o una señal de 0 a 20 miliamperios que se enviará al controlador. ^[31]

3.5.4 Medidores de Flujo

Los medidores de flujo se utilizan para medir el volumen o la masa de aire o los líquidos que fluyen dentro de una tubería. Esto puede ser relevante para conocer la cantidad de aire que se suministra a una zona, o la cantidad de agua refrigerada suministrada desde un enfriador. ^[31]

En general, hay dos maneras de determinar el flujo. El primero es descubrir la velocidad, y que se multiplica por el área de sección transversal de la tubería para determinar la velocidad de flujo. Este es el flujo volumétrico lo que el volumen de fluido está fluyendo. Para obtener el flujo de masa, es necesario conocer la densidad del gas o fluido además del volumen. ^[31]



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



Existen cuatro tipos principales de medidores de flujo, cada uno de los cuales miden el flujo de una manera diferente: ^[31]

3.5.4.1 De Presión Diferencial

Un medidor de flujo de presión diferencial obstruye el flujo, y mide la caída de presión a través de la obstrucción. Esto se puede lograr en un número de maneras, por ejemplo con una placa perforada o una boquilla de flujo. Otro ejemplo es un tubo de Pitot, este es un tubo colocado al punto directamente en el flujo de fluido. El Líquido entrará en el tubo y creará presión. Esta lectura de la presión se compara con la presión estática para calcular la velocidad. ^[31]

3.5.4.2 De Desplazamiento Positivo

El medidor de flujo de desplazamiento positivo incluye rotores de precisión de ingeniería que convierten la corriente. Con cada vuelta de los rotores, un volumen específico de fluido pasa. Las rotaciones son contadas y el volumen y el caudal son calculados. Estos dispositivos son muy precisos y puede manejar una amplia gama de caudales. ^[31]

3.5.4.3 De velocidad

Un medidor de flujo de velocidad mide la velocidad del flujo y utiliza el área de la sección transversal para calcular el volumen que ha pasado a través. Un ejemplo es un flujómetro de turbina similar a la del medidor de flujo de desplazamiento positivo, las palas de la turbina a su vez, en un flujo de aire. El flujo se calcula a partir de la velocidad de giro. ^[31]

Otro ejemplo es un medidor de flujo calorimétrico. Este utiliza dos sensores de temperatura. Uno de los dos sensores se calienta constantemente, pero como el fluido fluye sobre ella, el sensor se enfría. La diferencia entre los sensores se utiliza para calcular el flujo. Si no hay fluido fluyendo a la diferencia entre los dos sensores será constante. Si aumenta el flujo, el sensor calentado se enfría y la diferencia entre los dos sensores disminuye. ^[31]

3.5.4.4 Flujo Másico

Los Medidores de masa miden la tasa de flujo de masa directamente en lugar de calcularlo a partir de la velocidad. Se puede trabajar incluso si la densidad, presión y viscosidad está cambiando. Los Medidores de flujo de masa térmica introducen calor en el flujo y el uso de un sensor para medir la cantidad de calor, la corriente de flujo está llevando a cabo de distancia. ^[31]

Los flujómetros Coriolis se basan en el efecto Coriolis. El fluido fluye a través de los tubos de forma especial, que vibran cuando hay flujo de masa. Las Fuerzas de torsión causan vibraciones que pueden ser medidas y utilizadas para determinar la tasa de flujo de masa. ^[31]



3.5.5 Sensores Eléctricos

Los Sensores eléctricos tienen una amplia gama de aplicaciones. Miden el estado, o nivel de corriente eléctrica en un cable. Los tres más comunes son los relevadores de sensores, transductores de corriente, y transductores kW. ^[31]

Los Actuales relevadores de detección son los más simples, el relevador controla la cantidad de corriente que fluye a través de un cable y cuando el nivel se eleva por encima de un umbral específico, un conjunto de contactos eléctricos se cierran. Cuando el nivel de corriente cae por debajo de otros umbrales específicos, se abren los contactos. ^[31]

Este tipo de sensor se puede utilizar en un gran sistema mecánico como un refrigerador o en el servicio de energía eléctrica a un cuarto de control. Si se conoce la tensión de la generación de la corriente y el número de fases del servicio eléctrico, conociendo el amperaje nos permite calcular la potencia y el consumo de energía. ^[31]

Los Transductores más sofisticados también pueden medir el voltaje a lo largo de la corriente y se puede configurar para medir la potencia o kilovatio hora. El sensor se traducirá el valor de kW en una señal eléctrica lineal de 0 a 10 V CC o de 4 a 20 miliamperios de entrada al sistema DDC. ^[31]

El sistema puede rastrear los kW en el tiempo y producir valores de consumo de energía (kWh). Con esta información las decisiones se pueden hacer para reducir la demanda de la construcción para evitar costosos recargos por la compañía eléctrica. ^[31]

3.5.6 Interruptores (Switches)

El propósito del interruptor es detectar la presencia o el nivel de una sustancia y hacer o romper un circuito en consecuencia. Por ejemplo, si la presión es demasiado alta en los conductos, un interruptor de presión detecta el nivel de presión si es demasiado alto para poder romperlo. Del mismo modo, un detector de humo podría detectar la presencia de humo y desactivar un ventilador de operación. ^[31]

Los interruptores se utilizan a menudo para fines de seguridad, y en ocasiones para otros fines, un interruptor no necesariamente, responde a un comando desde un controlador. Los más comunes son de humo, límite alto y bajo, el flujo y la presión. ^[31]

Los Interruptores de límite alto y bajo se utilizan para hacer o deshacer un proceso. Si este sensor detecta la llama fuera de la cavidad del quemador, este interruptor de seguridad cierra la válvula de gas, interrumpiendo así el flujo de combustible a la llama. ^[31]

El interruptor de flujo debe estar habilitado para permitir que el elemento de calentamiento esté habilitado. Los Interruptores de presión se utilizan en las calderas para evitar una presión demasiado alta, lo que puede causar un fallo catastrófico que resulta en la destrucción e incluso la muerte. ^[31]



3.5.7 Actuadores

3.5.7.1 Definición

Un Actuador es un dispositivo inherentemente mecánico cuya función es proporcionar fuerza para mover o “actuar” otro dispositivo mecánico. La fuerza que provoca el actuador proviene de tres fuentes posibles: Presión neumática, presión hidráulica, y fuerza motriz eléctrica (motor eléctrico o solenoide). Dependiendo del origen de la fuerza el actuador se denomina “neumático”, “hidráulico” o “eléctrico”.^[35]

El actuador más común es el actuador manual o humano. Es decir, una persona mueve o actúa un dispositivo para promover su funcionamiento. Con el tiempo, se hizo conveniente automatizar la actuación de dispositivos, por lo que diferentes dispositivos hicieron su aparición. Actualmente hay básicamente dos tipos de actuadores:^[35]

3.5.7.2 Funcionamiento del Actuador Rotatorio

El objetivo final del actuador rotatorio es generar un movimiento giratorio. El movimiento debe estar limitado a un ángulo máximo de rotación. Normalmente se habla de actuadores de cuarto de vuelta, o 90°; fracción de vuelta para ángulos diferentes a 90°, por ejemplo 180°; y de actuadores multivuelta, para válvulas lineales que poseen un eje de tornillo o que requieren de múltiples vueltas para ser actuados.^[35]

El actuador rotatorio dependiendo de su diseño, consta de las siguientes partes móviles básicas, que se muestran en la tabla 6:

Tabla 6. Partes móviles básicas del Actuador Rotatorio dependiendo el diseño

	Actuador Neumático	Actuador Eléctrico	Actuador Hidráulico
Fuerza Generadora de Movimiento	Presión de aire	Energía eléctrica	Presión hidráulica
Elemento Motriz	Émbolo, Pistón o Veleta	Motor Eléctrico	Émbolo, Pistón o Veleta
Transmisión de Fuerza o Torque	Eje o Cremallera	Reductor	Eje
Conversión Mecánica	Yugo o Piñón	-No hay-	Yugo o Piñón

A continuación en la tabla 7, se tienen las principales características de ambos tipos de actuadores:



Tabla 7. Principales características de los tipos de actuadores

TIPO	RANGO DE MOVIMIENTO ^{(*)1}	TIPO DE TORQUE	RANGO DE TORQUE
Piñón y Cremallera	0° a 90° (180° y 270°) ^{(*)2}	Constante	Torques Bajos y Medios
Yugo Escocés	0° a 90°	Variable	Torques Medios y Altos
Veleta	0° a 90° (180° y 270°) ^{(*)2}	Constante	Torques bajos

Nota ^{(*)1} ---Los rangos de movimiento de los actuadores son ajustables en rangos +/- 1° en cada lado hasta +/- 5° a cada lado o más.

Nota ^{(*)2} ---También disponible en 180° y muy raramente en 270°

3.5.7.3 Actuador Hidráulico Rotatorio

Para hacer funcionar el actuador hidráulico, se conecta la presión hidráulica a uno de los lados del émbolo o veleta (en adelante, solo “émbolo”) generando una fuerza en sentido de la expansión del espacio entre el émbolo y la pared del cilindro o el cuerpo. ^[35]

Mediante un dispositivo mecánico que puede ser el conjunto piñón y cremallera, yugo escocés, o una simple veleta, como se muestra en la figura 3.14, el movimiento se transforma en rotatorio. Para mover el actuador en sentido contrario es necesario introducir aire comprimido en el lado opuesto del émbolo. ^[35]

El torque que genera el actuador es directamente proporcional a la presión de aceite hidráulico, pero puede ser variable de acuerdo a la posición actual del actuador, si el actuador es de Yugo Escocés. ^[35]



Figura 3.14 Actuador de veleta rotatoria doble
Fuente: <http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/abc/actuadores.pdf>

3.5.7.4 Actuadores Rotatorios con Posición de Falla

A veces es conveniente que la válvula vuelva por sí sola a una cierta posición si es que la energía falla. A estos actuadores se les denomina de “simple efecto” o “Falla Cierre” o “Falla Abre”, FC o FA respectivamente (FC y FO en inglés), o bien de “vuelta por resorte”. ^[35]



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



Efectivamente, un resorte acumula energía para liberarla en la presencia de alguna falla, o cuando se libere el actuador para que vuelva a su posición de falla. Esta es la solución más robusta desde el punto de vista industrial. Hay otras alternativas para acumular energía para un actuador, pero el resorte es lo más confiable. ^[35]

Algo para tomar en cuenta es que los actuadores de vuelta por resorte son entre 2 y 3 veces más grandes que los de doble efecto, porque se necesita el torque de la válvula para moverlo en un sentido, y, el torque de la válvula + el torque del resorte para moverlo en el sentido opuesto. ^[35]

Esto por si solo hace que el costo del actuador de simple efecto sea entre 2 y hasta 5 veces más caro que uno de doble efecto. Aparte del problema económico, está el problema del espacio. Para ciertos tipos de válvulas el actuador de simple efecto se hace realmente enorme. ^[35]

Otra cosa a considerar es que la mayoría de los actuadores eléctricos no poseen vuelta por resorte, y los que lo poseen son de tamaño limitado. Mi recomendación es no especificar actuadores de simple efecto a diestra y siniestra, a menos que realmente se necesite una posición de falla. ^[35]



CAPITULO IV CONTROLADORES

4.1 Definición

Los Controladores recaban la información precisa de dispositivos de entrada, y luego comparan las mediciones con un conjunto de normas o instrucciones. El controlador puede ser un dispositivo mecánico tal como un controlador de neumático, o la lógica matemática en un sistema basado en un microprocesador. ^[31]

Un dispositivo controlado puede ser un actuador o un relevador. Están unidos a dispositivos en el sistema ambiental, tales como ventiladores o amortiguadores, que se utilizan para controlar el flujo de aire o la temperatura. Un dispositivo controlado también podría ser una lámpara o una alarma, tal como una lámpara de aviso o alarma de incendio. ^[31]

Las entradas y salidas pueden ser digitales o analógicas. Una entrada o salida digital sólo tiene dos estados: encendido o apagado, que pueden ser representados por cero (0) o uno (1). Una entrada analógica o salida tiene valores de las variables dentro de un rango, por ejemplo, de 0% a 100% en incrementos del 1%. ^[31]

4.2 Tipos de Controladores

Los sistemas de control varían en su complejidad y capacidad. Una variedad de tecnologías han evolucionado incluyendo controlador neumático, controles eléctricos y electrónicos, entre otros. ^[31]

Por otra parte, los controladores pueden ser controladores primarios, secundarios, de aplicación específica o redes. Los Módulos de punto de acumulación son también un tipo de hardware de control. A veces, estas clasificaciones pueden referirse a un hardware específico de diseño. ^[31]

Por otro lado un controlador de hardware individual puede apoyar a varios, y a todas estas funciones. Por lo tanto, pensar en estas clasificaciones no tanto como limitaciones específicas de hardware, sino diferentes maneras de clasificar las funciones o características que el controlador pueda tener. ^[31]

4.2.1 Controladores Neumáticos

Los controladores neumáticos eran comunes, pero son ahora rara vez instalados en cuartos de control nuevos. Eran populares por ser la primera solución para el control automático en momentos en que la única alternativa eran los operadores del sistema de control manual. Los controles neumáticos son una solución de costo efectiva. Eran fiables, por los diseñadores y el personal de mantenimiento de las instalaciones, y permitieron una fácil implementación de control proporcional. ^[31]

Requerían mucho mantenimiento ya que los controladores tienden a la deriva y requieren una nueva calibración, y los sistemas neumáticos requieren cuidado y atención. ^[31]



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



No podían controlar de forma remota, por lo que los operadores tenían que estar presentes en la observación del equipo si era requerida. Con el tiempo, los controles neumáticos se hicieron menos atractivos como alternativas más rentables y flexibles. ^[31]

4.2.2 Controladores Eléctricos

Los controles eléctricos son similares a los neumáticos en que son sistemas construidos a partir de dispositivos físicos. En este caso los dispositivos son relevadores y contactores en lugar de componentes neumáticos. Algunas de las ventajas y desventajas son similares. Las ventajas son: ^[31]

- Fiable y preciso
- Mantenimiento relativamente bajo, ya que no deben desviarse y no es necesario volver a calibrar como un sistema neumático, aunque esto depende de los sensores que se utilizan.
- Menor coste que los sistemas neumáticos debido al alto costo de aire comprimido

Una desventaja fue la inflexibilidad, ya que los controles electrónicos se basan en las partes dedicadas que no son fáciles de intercambiar. Estos sistemas no conectan directamente a los sistemas informáticos de control que son más comúnmente utilizados en la actualidad. ^[31]

4.3 Sistema Digital de Monitoreo y Control

El Sistema Digital de Monitoreo y Control es un conjunto de equipos basado en microprocesadores, para funciones de monitoreo, control y adquisición de datos. Se puede referir a los SDMC (PLC, PAC, SCD, SCADA, SIS) y todos aquellos sistemas dedicados (incluye los sistemas de los equipos paquete) que utilicen protocolos de comunicación. ^[38]

El sistema digital de monitoreo y control está constituido por 3 subsistemas principales:

1) Subsistema de Control Supervisorio

Mediante el Sistema de Control Supervisorio se establece la interfase entre el usuario y el sistema, se integra de los equipos de cómputo, y el software de control que permite mediante pantallas específicas mantener el monitoreo y control de los bloques funcionales del proceso. ^[36]

2) Subsistema de Control Local

Mediante el uso de modernas y poderosas computadoras industriales o procesadores de lógica programable, el Subsistema de Control Local permite la configuración de lazos de control específicos, que gobiernan el sistema vital de la operación en la planta a partir de las señales de equipos e instrumentos instalados en campo.

La información generada por el subsistema de control local es enviada al subsistema de control supervisorio para su interpretación por parte de los operadores. ^[36]



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



3) Subsistemas de Comunicación

Incluye switches, ruteadores, equipos de radio o satelitales como alternativas posibles para integrar desde sistemas mínimos hasta sistemas con topologías complejas. Un grupo de protocolos de comunicación, tales como HART, MODBUS RTU, MODBUS PEXEM, complementan de manera adecuada los requerimientos técnicos de estas soluciones. ^[36]

Para complementar las necesidades se pueden incluir interfases adecuadas para su comunicación con el sistema digital de monitoreo y control: ^[37]

- Subsistema de Acceso Vehicular
- Subsistema de Telemedición
- Subsistema de operación de Válvulas Eléctricas
- Subsistema de Operación de Bombas
- Subsistema de Carga y Descarga de Productos

4.4 Control Digital Directo DDC

Dentro de los controladores electrónicos, se encuentra el Control Digital Directo (DDC), en este sistema de control digital, los controladores electrónicos pueden apoyar los lazos de control individual o múltiple. ^[33]

El Control Digital Directo, es un término frecuentemente encontrado en la automatización de cuartos de control con determinadas especificaciones. El Control Digital Directo es usado en computadoras o microprocesadores en conjunto con sensores y actuadores para proporcionar lazos de control cerrados y a la aplicación de la tecnología de microprocesadores para la construcción de cuartos de control. ^[33]

Un sistema de DDC se compone tanto de hardware y software, ambos combinados para producir una arquitectura sin fisuras que ofrece una integración completa de los sistemas HVAC (la finalidad del HVAC es proporcionar una corriente de aire, calefacción y enfriamiento adecuado para cada cuarto de control), de un cuarto de control y pueden incluir el control o supervisión de iluminación, seguridad, y sistemas de incendio en el cuarto. ^[33]

En resumen el Control Digital Directo realiza las siguientes funciones:

- a) Explora las variables de entrada analógicas o digitales
- b) Las compara con los puntos de ajuste e introduce la señal de error en el algoritmo de control correspondiente.
- c) Envía las señales de salida a las válvulas de control del proceso;
- d) Se disponen instrumentos analógicos en paralelo con el computador en los puntos críticos y actúan como reserva en caso de fallo.

El DDC compara la señal enviada a la válvula de control con la de entrada y determina la aceptabilidad de la información para la acción del control, además que permite una transferencia automático-manual sin perturbaciones y admite una fácil modificación de las acciones y de las configuraciones de los sistemas de control, lo cuál es muy importante en la puesta en marcha de una planta. ^[30]



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



Ventajas: ^[30]

- Estrategias complejas y precisas se pueden implementar para obtener ahorros de energía.
- Flexible; los algoritmos de control pueden ser actualizados.
- Los controladores de bajo mantenimiento no se alejan o no necesitan recalibración.
- O bien, a diferencia de los controladores convencionales, está provisto de un calibrado automático con una función predeterminada de la variable medida o de una combinación de variables en lugar de requerir periódicamente la calibración individual de cada instrumento.
- Costo efectivo con buen ROI (Retorno de la inversión).
- Sistema de rendimiento de retroalimentación, al trabajar muy próximamente al punto óptimo de operación.
- Permite la gestión de alarma integral en el caso de un mal funcionamiento del sistema mecánico.
- Seguridad al poder comprobar cada variable entre unos límites prefijados.

Desventajas: ^[30]

- Aplicaciones de energía hábiles son requeridas
- El mantenimiento personal no puede ser capaz de realizarse sin ayuda
- Requiere entrenamiento adicional para instalar y solucionar correctamente cuando se cambia de controles neumáticos para un DDC.

4.5 Sistema de Control Distribuido (SCD)

Un Sistema de Control Distribuido consiste en el enlace, por medio de una red de comunicaciones, de diversos nodos distribuidos físicamente, dotados de capacidad de proceso y enlazados a sensores y/o actuadores, o bien es una red de procesadores digitales con sistema operativo distribuido y procesamiento en tiempo real operando bajo los conceptos de la teoría de control automático. ^[39]

Estos sistemas se caracterizan por que el proceso de control tiene lugar en estos nodos de manera coordinada. Las redes de comunicaciones orientadas al enlace de estos nodos son conocidas también como buses de comunicaciones o redes multiplexadas. ^[39]

El sistema de control distribuido permite el control local o remoto del equipo, además que proporciona un puente de comunicación a través de un panel de control local entre una red de tiempo no real, tal como una Ethernet, y una red en tiempo real, tal como un controlador de red de área. Ambas redes de tiempo real temporal y tiempo real permanente son adecuadas, pero se prefiere la de tiempo real permanente. ^[39]

El Sistema de Control Distribuido (SCD) se utiliza para grandes proyectos y control mayoritariamente analógico. Otro punto a tener en cuenta son las comunicaciones e interfases, con otros sistemas. La mayoría de suministradores ya aceptan casi todos los protocolos de comunicaciones, todo tipo de señales de entrada/salida etc. ^[39]



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



Centrándonos un poco más en los SCD, estos se basan en tres principales subsistemas: ^[40]

- Interfase con el proceso (tarjetas de entrada/salida, controladores, etc.).
- Interfase con el operador (pantallas de visualización y software).
- Vías de datos o buses de interconexión (redes Ethernet, profibus, etc.).

A continuación se muestra un plano de arquitectura que puede valer para un PLC+SCADA o para un SCD.

TRULY INDEPENDENT COMMUNICATION INCREASES YOUR NETWORKING FREEDOM

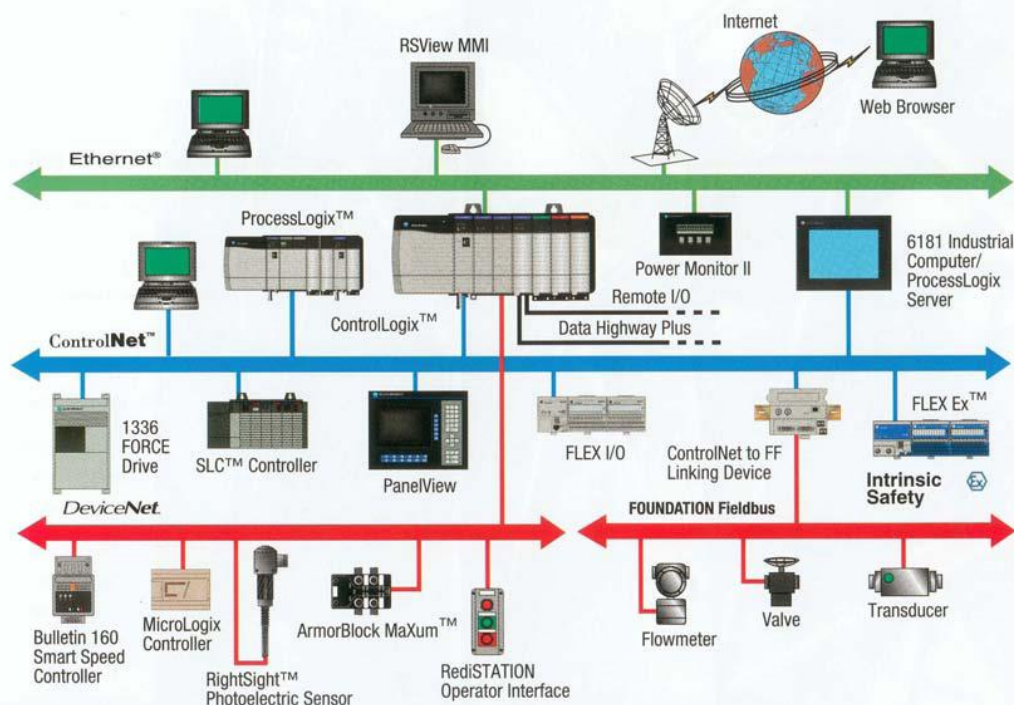


Figura 4. Plano de arquitectura para un PLC +SCADA o para un SCD

Fuente:

http://portal.uned.es/portal/page?_pageid=93,25604862&_dad=portal&_schema=PORTAL&idAsignatura=28803203

De la figura 4, digamos que la interfase con el proceso, y más en concreto los controladores, son el corazón de la instalación, y por el pasa toda la información. ^[40]

En el sistema de control se ejecuta todas las acciones de control como pueden ser: ^[40]

- Control analógico.
- Control todo-nada.
- Gestión de alarmas.
- Generación de informes.



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



- Registro de señales.
- Funciones de cálculo.
- Secuencias de arranque.
- Gestión de las comunicaciones.

Por el contrario en un sistema de control centralizado existe un único controlador donde confluyen todas las señales de entrada a muestrear, se procesan realizando todos los algoritmos necesarios de control y se generan todas las señales necesarias de salida. ^[29]

En un principio la principal razón para la migración desde los sistemas centralizados a los sistemas distribuidos fue la necesidad de simplificación y normalización del cableado, basándose en la filosofía de la sustitución de cobre (costosos cableados punto a punto) por silicio (nodos inteligentes enlazados por un bus serie sobre par trenzado de baja sección). Sin embargo existen razones adicionales por las que es preferible un sistema distribuido tales como menor tiempo de diseño y menores costes de operación y mantenimiento. ^[29]

4.6 SCADA (Sistema de Control Supervisorio y Adquisición de Datos)

4.6.1 Concepto

Los sistemas SCADA (Supervisory Control And Data Adquisition) son aplicaciones de software, diseñadas con la finalidad de controlar y supervisar procesos a distancia, se basan en la adquisición de datos de los procesos remotos. ^[42]

Se trata de una aplicación de software, especialmente diseñada para funcionar sobre ordenadores en el control de producción, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo (controladores autónomos, autómatas programables, etc.) y controlando el proceso de forma automática desde una computadora. Además, permite la participación de otras áreas como por ejemplo: control de calidad, supervisión, mantenimiento, etc. ^[42]

Dentro del control supervisor se usa el término de un ordenador huésped (*host*) que usa los datos transmitidos desde el campo y presenta los resultados al operador para que actúe como supervisor e inicie alguna acción de control, y utiliza unidades remotas de transmisión situadas a largas distancias (kilómetros) del ordenador. ^[28]

Estos sistemas actúan sobre los dispositivos instalados en la planta, como son los controladores, autómatas, sensores, actuadores, registradores, etc. Además permiten controlar el proceso desde una estación remota, para ello el software brinda una interfaz gráfica que muestra el comportamiento del proceso en tiempo real. ^[42]

Un software SCADA debe ser capaz de ofrecer al sistema: ^[42]

- Posibilidad de crear paneles de alarma, que exigen la presencia del operador para reconocer una parada o situación de alarma, con registro de incidencias.
- Generación de datos históricos de las señale de planta, que pueden ser volcados para su proceso sobre una hoja de cálculo.



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



- Ejecución de programas, que modifican la ley de control, o incluso anular o modificar las tareas asociadas al autómata, bajo ciertas condiciones.
- Posibilidad de programación numérica, que permite realizar cálculos aritméticos de elevada resolución sobre la CPU del ordenador.

Existen diversos tipos de sistemas SCADA dependiendo del fabricante y sobre todo de la finalidad con que se va a hacer uso del sistema, por ello antes de decidir cual es el más adecuado hay que tener presente si cumple o no ciertos requisitos básicos: ^[41]

- Todo sistema debe tener arquitectura abierta, es decir, debe permitir su crecimiento y expansión, así como deben poder adecuarse a las necesidades futuras del proceso y de la planta.
- La programación e instalación no debe presentar mayor dificultad, debe contar con interfaces gráficas que muestren un esquema básico y real del proceso.
- Deben permitir la adquisición de datos de todo equipo, así como la comunicación a nivel interno y externo (redes locales y de gestión).
- Deben ser programas sencillos de instalar, sin excesivas exigencias de hardware, y fáciles de utilizar, con interfaces amigables para el usuario.

4.6.2 Funciones principales del sistema

- *Supervisión remota de instalaciones y equipos:* Permite al operador conocer el estado de desempeño de las instalaciones y los equipos alojados en la planta, lo que permite dirigir las tareas de mantenimiento y estadística de fallas. ^[42]
- *Control remoto de instalaciones y equipos:* Mediante el sistema se puede activar o desactivar los equipos remotamente (por ejemplo abrir válvulas, activar interruptores, prender motores, etc.), de manera automática y también manual. ^[42]
- *Procesamiento de datos:* El conjunto de datos adquiridos conforman la información que alimenta el sistema, esta información es procesada, analizada, y comparada con datos anteriores, y con datos de otros puntos de referencia, dando como resultado una información confiable y veraz. ^[42]
- *Visualización gráfica dinámica:* El sistema es capaz de brindar imágenes en movimiento que representen el comportamiento del proceso, dándole al operador la impresión de estar presente dentro de una planta real. Estos gráficos también pueden corresponder a curvas de las señales analizadas en el tiempo. ^[42]
- *Generación de reportes:* El sistema permite generar informes con datos estadísticos del proceso en un tiempo determinado por el operador. ^[42]



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



- *Representación de señales de alarma:* A través de las señales de alarma se logra alertar al operador frente a una falla o la presencia de una condición perjudicial o fuera de lo aceptable. Estas señales pueden ser tanto visuales como sonoras. ^[42]

4.6.3 Elementos del sistema

Un sistema SCADA está conformado por:

Interfaz Operador Máquinas: Es el entorno visual que brinda el sistema para que el operador se adapte al proceso desarrollado por la planta. Permite la interacción del ser humano con los medios tecnológicos implementados. ^[42]

Unidad Central (MTU): Conocido como Unidad Maestra. Ejecuta las acciones de mando (programadas) en base a los valores actuales de las variables medidas. La programación se realiza por medio de bloques de programa en lenguaje de alto nivel (como C, Basic, etc.). También se encarga del almacenamiento y procesado ordenado de los datos, de forma que otra aplicación o dispositivo pueda tener acceso a ellos. ^[42]

Unidad Remota (RTU): Lo constituye todo elemento que envía algún tipo de información a la unidad central. Es parte del proceso productivo y necesariamente se encuentra ubicada en la planta. ^[42]

Sistema de Comunicaciones: Se encarga de la transferencia de información del punto donde se realizan las operaciones, hasta el punto donde se supervisa y controla el proceso. Lo conforman los transmisores, receptores y medios de comunicación. ^[42]

Transductores: Son los elementos que permiten la conversión de una señal física en una señal eléctrica (y viceversa). Su calibración es muy importante para que no haya problema con la confusión de valores de los datos. ^[42]



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



En la figura 4.1, se ilustran los elementos de un sistema SCADA y su interconexión:

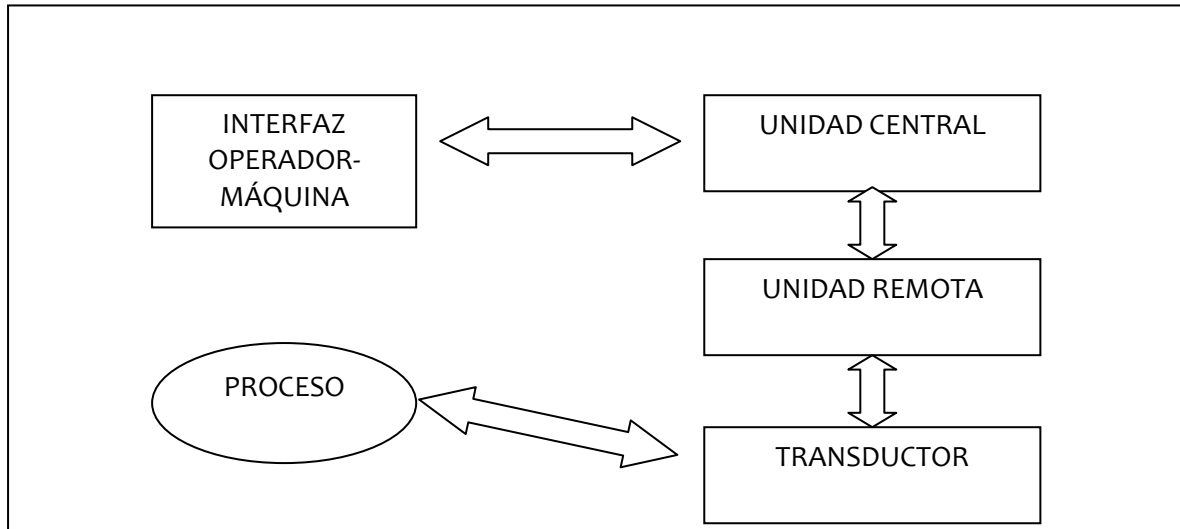


Figura 4.1 Esquema de los elementos de un sistema SCADA
Fuente: <http://www.galeon.com/hamd/pdf/scada.pdf>

En la siguiente figura se observa un esquema referente a las conexiones del MTU y el operador, y del RTU con los dispositivos de campo (sensores, actuadores).

DTE (Data Terminal Equipment)

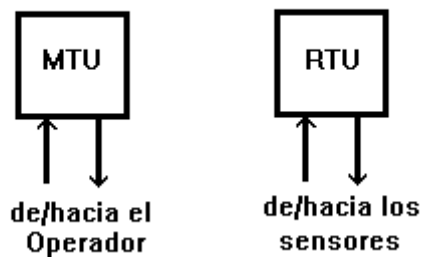


Figura 4.2 Esquema del conexionado para el MTU y el RTU
Fuente: <http://www.galeon.com/hamd/pdf/scada.pdf>

En muchos casos el MTU debe enviar información a otros sistemas o computadoras. Estas conexiones pueden ser directas y dedicadas o en la forma de una red LAN. ^[42]

La conexión entre el RTU y los dispositivos de Campo es muchas veces realizados vía conductor eléctrico. Usualmente, el RTU provee la potencia para los actuadores y sensores, y algunas veces éstos vienen con un equipo de soporte ante falla en la alimentación de energía (UPS, uninterruptible power supply). ^[42]



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



La data adquirida por la MTU se presenta a través de una interfaz gráfica en forma comprensible y utilizable, y más aún esta información puede ser impresa en un reporte. ^[42]

En la figura 4.3 se muestra un esquema de conexiones de los elementos de un sistema SCADA.

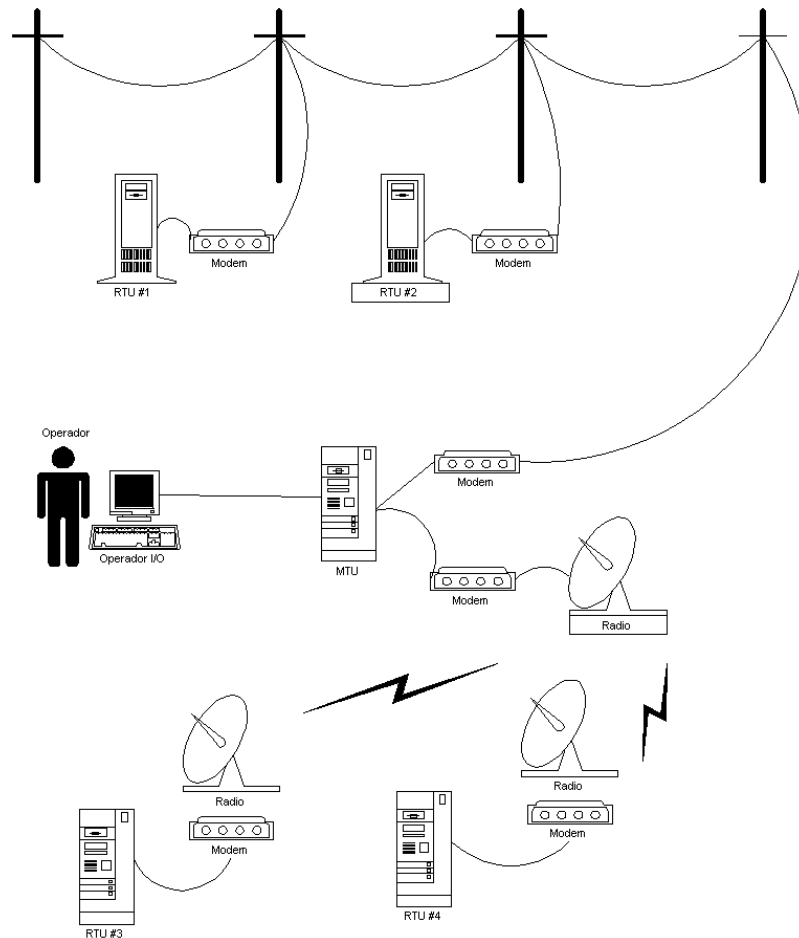


Figura 4.3 Esquema de conexiones de los elementos de un sistema SCADA.

Fuente: <http://www.galeon.com/hamd/pdf/scada.pdf>

El costo de los trabajos de ingeniería puede llegar a representar el 50% del costo total del proyecto a diferencia de proyectos automatizados donde puede llegar a 10% o 15%. ^[41]

En conclusión el mantenimiento de ésta clase de sistemas suele depender de la magnitud del proyecto pero en general se debe brindar un mantenimiento general regular una o dos veces al año mínimo, donde se verifiquen los parámetros de calibración, se realicen pruebas dinámicas y estáticas a los equipos y se observe el estado físico de los mismos.



4.7 Control Avanzado de Procesos

4.7.1 Introducción

Aunque muchas empresas de todo el mundo están implementando técnicas de control avanzado, la tecnología en sí sigue siendo mal entendida. Para muchos en la industria, el control avanzado significa un cambio completo de instrumentos de campo, de pared a pared informática, páginas de complicadas ecuaciones y algoritmos, y ciertamente costos sustanciales.^[44]

El control avanzado puede significar cosas diferentes; podría ser la implementación de esquemas de control feedforward o en cascada, algoritmos adaptativos o de estrategias de optimización. Sin embargo el control avanzado se considera como algo más que el uso de ordenadores con varios procesadores o el estado de la técnica de entornos de software, en el se basan elementos de muchas disciplinas que van desde la ingeniería de control, procesamiento de señal, estadística, e ingeniería en software y hardware.^[44]

Para entender la tecnología de control avanzado revisemos el proceso de control tradicional en la tabla 8. En la parte inferior están los instrumentos de campo, tales como válvulas y sensores de movimiento de las unidades de control digitales. Cada sistema de control de nivel superior pasa por los puntos de ajuste y recibe información de retorno desde el nivel más bajo.^[44]

Los típicos conjuntos utilizan controladores individuales de lazos que regulan cada uno una variable de proceso primaria, tal como el flujo, la presión o la temperatura sobre la base de una o más señales de los sensores. El siguiente nivel es el control normativo en el que se mantiene el proceso en las condiciones actuales principalmente el PID, a través de los dispositivos. Esto es seguido por el control restringido en el cual el operador especifica los puntos de ajuste para cada variable. El nivel superior es la optimización de procesos.^[44]

El Control Avanzado entra en juego desde el nivel de control básico a través de la optimización del proceso. En lugar de tener a los operadores ajustando manualmente las unidades de control de las variables específicas, proporcionan a los sistemas avanzados modelos generalizados que automatizan el control reglamentario y la coacción, así como la optimización de procesos.^[44]



Tabla 8. Control Tradicional vs Control Avanzado

Nivel de Control

Optimización	Búsqueda directa	Regla de definición	Simulación en línea	
Limitaciones	Estado estacionario	Métodos dinámicos	Variable única	Multivariable
Regulador	Señal de condición	Algoritmo PID	Compensación de tiempo muerto	Control feedforward
Básico	Control analógico	PLC's	DCS	Proceso informático
Campo	válvulas	Transmisores	Pequeños transmisores	Analizadores Onstream

Control tradicional

La tecnología avanzada de control es por lo tanto una combinación de:

- Hardware avanzado (en los sensores de línea, neumáticos o electrónicos analógicos con sistemas digitales, computadoras y unidades de control digital).^[43]
- Algoritmos de control avanzados a nivel normativo, con restricciones y optimización.^[43]

En resumen, los Controles Avanzados de Procesos, son aquellos que se apartan de las técnicas realizadas con controladores neumáticos o electrónicos analógicos PID, control de relación, y en cascada, y en general, se emplean para mejorar el rendimiento del proceso.

4.7.2 Ventajas del Control Avanzado

Las ventajas que presenta la aplicación de los sistemas de control avanzado abarcan el ahorro de energía conseguido en la operación de la planta, el aumento de la capacidad de fabricación y la disminución del porcentaje de recuperación de los productos que salen fuera de especificaciones durante el proceso de fabricación.^[44]

Los estudios han demostrado que el control de proceso avanzado ahorraría 2-6% de los costos anuales de operación y es capaz de generar aproximadamente 1% de los ingresos extra. El payback toma generalmente menos de dos años, hasta un 8% más de producción, hasta un 6% menos de consumo de combustible/energía, hasta menos de un 30% menos de desviación estándar de la calidad, los costos de operación de la planta se reducen de 3 a 5% y el rendimiento global es de 5 a 35%.^[44]

El Control avanzado de procesos se puede utilizar con cualquier proceso, además que asegura un mejor funcionamiento de las plantas, incrementando la estabilidad y aumentado su rentabilidad.^[44]

Dentro de los beneficios indirectos encontramos:^[46]

- Estabilidad a largo plazo



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



- Menos desgaste de los equipos
- Menos tiempo de parada
- Menos costos de mantenimiento

Para un proceso por lotes automatizado, una mejora en el control regulador genera la mayor parte de los beneficios. Un proceso por lotes bien automatizado puede fabricar el producto en una forma repetible que resulta en una calidad consistente y permite a los operadores experimentar con diferentes condiciones. Esto puede reducir los tiempos de proceso por lotes, lo que permite aumentos de producción y el cambio flexible de condiciones de funcionamiento. [44]

La decisión de aplicar el APC es puramente económica, para reducir costos de implementación y licencias y obtener beneficios de mejoras de control de calidad, reducción de costos operativos e incremento de productividad. Dentro de los beneficios potenciales se encuentran reducir la variabilidad entorno al objetivo de calidad, operar más cerca de los límites y utilizar grados de libertad para moverse a puntos de operación más eficientes (reducir costos de stock de materias primas y reducir costos energéticos). [44]

4.7.3 Fases para la implementación de la tecnología de control avanzado

La aplicación de sistemas de control avanzados se lleva a cabo generalmente en 4 fases:

1. Beneficios de estimación

Esta es probablemente la parte fundamental de cualquier proyecto de control de la tecnología avanzada. Una subestimación de los costos y beneficios debido a un malentendido o mala interpretación de la economía del proceso puede tener consecuencias negativas sobre el proyecto. [44]

2. Ingeniería y Programación

La aplicación de algoritmos de control avanzados, como modelo de controladores multivariados requiere modelar la dinámica del proceso y la configuración de la base de datos de tiempo real y el controlador. [44]

Las plantas necesitan pruebas que se llevarán a cabo para obtener un modelo dinámico de procesos mediante los enfoques discutidos anteriormente. Después de que las pruebas de la planta se han completado, el tiempo real, la base de los datos y la comunicación con el proceso se diseñan. El Protocolo entre la estación de trabajo y DCS tiene que ser establecido y el enlace de datos tiene que apoyar a la velocidad de comunicación si es necesario. [44]

3. Puesta en marcha

Después de la interfaz entre el sistema de control avanzado con la infraestructura de la planta existente, la puesta en marcha debe comenzar. Un enfoque paso a paso es más eficaz. La comunicación con el sistema de control de la planta existente se prueba. [44]



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



Después de comprobar las acciones del controlador y que el ajuste de cada lazo de control esté cerrado en un modelo de asesoramiento por parte del operador. Una vez que cada uno se ha demostrado que funciona con éxito, se cierra a continuación en el modo automático. ^[44]

4. Mantenimiento

El mantenimiento es necesario para asegurar los beneficios continuos de los controles avanzados. Los Analizadores y sensores deben ser revisados regularmente. Los avanzados algoritmos de los controladores deben ser analizados para problemas tales como exceso, o la actividad más agresiva que indica que es momento de realizar ajustes. ^[44]

4.7.4 Como el Control Avanzado de Procesos mejora el rendimiento del proceso

- Un mejor control del proceso reduce la variabilidad entorno al objetivo de Calidad. ^[43]
- Una menor variabilidad mantiene la operación más cerca del punto de funcionamiento óptimo o permite operar más cerca de los límites. ^[43]
- Por lo tanto, operando cerca de los límites, aumentan las ganancias. ^[43]
- Permite reducir costos de stock de materias primas. ^[43]
- Permite reducir costos energéticos. ^[43]

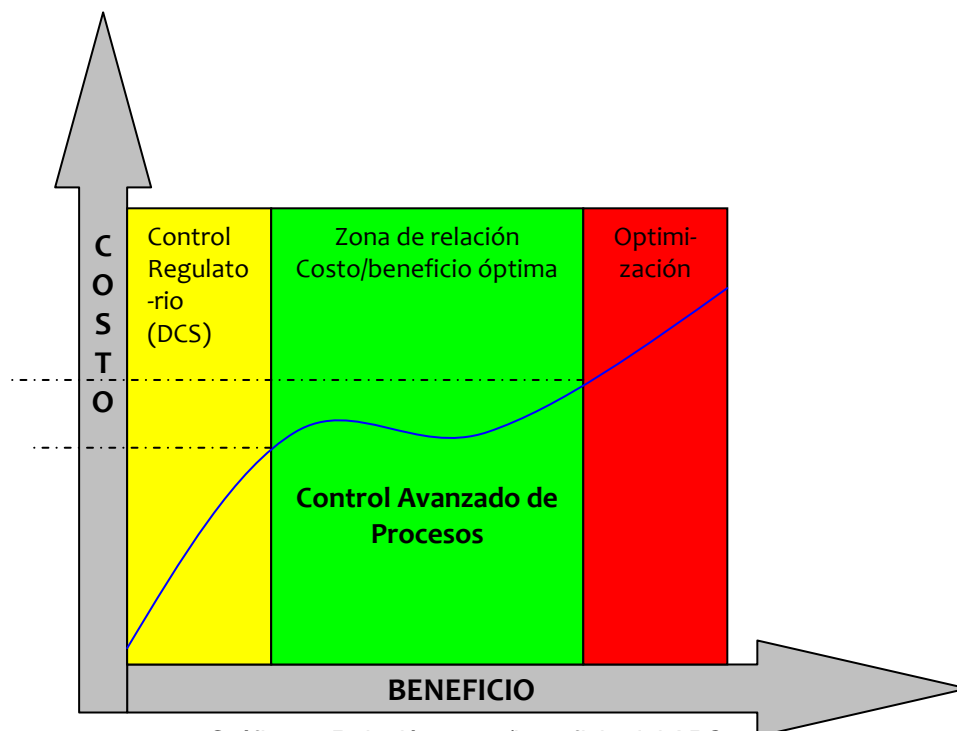


Gráfico 2. Relación costo/beneficio del APC

Fuente:

[http://www02.abb.com/global/arabb/arabb101.nsf/0/769ffddb7027088bc1257520005f9e9a/\\$file/20+Control+Avanzado+de+Procesos+para+Incrementar+la+Productividad,+JRoman.pdf](http://www02.abb.com/global/arabb/arabb101.nsf/0/769ffddb7027088bc1257520005f9e9a/$file/20+Control+Avanzado+de+Procesos+para+Incrementar+la+Productividad,+JRoman.pdf)



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



Recientemente se ha informado que el control avanzado puede mejorar el rendimiento del producto, reducir el consumo de energía, aumentar la capacidad, mejorar la calidad y consistencia del producto, reducir el sorteo de los productos; respuesta de aumento, la seguridad del proceso mejorado y reducir las emisiones ambientales.^[44]

Mediante la implementación de un control avanzado, los beneficios van desde el 2 al 6% de los costos de funcionamiento. Estos beneficios son claramente enormes y se consiguen reduciendo la variabilidad del proceso, lo que permite a las plantas ser operadas a su capacidad de diseño.^[44]



CAPITULO V CASO DE ESTUDIO

5.1 Generalidades de la Leche en polvo para su Reconstitución.

La leche descremada en polvo es con mucho, el tipo de lecho en polvo más común. Cada uno de los campos de aplicación tiene sus requerimientos específicos en cuanto a las características de la leche en polvo. El polvo debe ser fácilmente soluble y tener un sabor correcto, además de un valor nutritivo adecuado ya que se mezclará con agua y reconstituyentes vegetales para lograr la reconstitución de la leche. ^[56]

El secado del producto en la torre de atomización debe ser lo más suave posible, mientras que en el segundo caso, ocurre lo contrario, el polvo debe someterse a un intenso tratamiento térmico en secadores de rodillo. ^[56]

Por ello se distinguen dos tipos de leche en polvo: ^[56]

1. leche en polvo secada en rodillos. ^[56]
2. leche en polvo obtenida en torres de atomización. ^[56]

La tabla 9, muestra un ejemplo de los estándares aplicables a la leche en polvo descremada. La solubilidad del polvo obtenido por atomización es muy buena, mientras que la del producto en polvo obtenido mediante secado en rodillos es apreciablemente peor. Ello es debido al intenso tratamiento térmico que recibe la leche en rodillos. ^[56]

Tabla 9. Leche descremada en polvo de calidad extra (especificaciones ADMI para leche descremada en polvo). ^[56]*

Propiedad	Atomizada no excederá de	Secada en rodillos no excederá de
Contenido de grasa láctea	1.25%	1.25%
Contenido de humedad	4.00%	4.00%
Acidez titulable, ác. láctico	0.15%	0.15%
Índice de solubilidad	1.25ml**	15.00ml
Contenido bacteriano	50000 per gram	50000 per gram
Partículas quemadas	Disco B (15.0 mg)	Disco C (22.5 mg)

*ADMI = American Dry Milk Institute Inc. (esta institución también ha publicado los "Standards For Grades of Dry Milks" que incluyen los métodos de Análisis).

** Excepto polvos designados como de "alto tratamiento térmico" (high-heat, HH), para los que el máximo permitido es de 2.0ml.

Dependiendo de la intensidad del tratamiento térmico, la leche en polvo se clasifica en diferentes categorías relacionadas con las distintas combinaciones temperatura/tiempo a las que la leche desnatada ha sido expuesta durante la evaporación y el secado. ^[56]

Para la reconstitución de leche en polvo, ésta no debe someterse a un tratamiento térmico intenso excesivo antes de entrar a la planta de obtención de leche en polvo. Un tratamiento



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



térmico de este tipo provocaría la coagulación de las proteínas del suero, y la solubilidad, aroma y sabor de la leche en polvo se verían dañados. ^[56]

La planta industrial Lechera, recibe leche en polvo descremada, secada mediante atomización, para que haya una mejor solubilidad en agua y en los reconstituyentes vegetales, tomando en cuenta todas las especificaciones y recomendaciones para que no haya afectaciones en la reconstitución de la misma.

5.2 Generalidades de la Planta Industrial Lechera LICONSA

La Planta Industrial Lechera LICONSA, S.A. de C.V. (LICONSA), es una entidad del Gobierno Federal cuyo objetivo es eminentemente social y participa en el fomento económico y social del país, mediante la industrialización, distribución y venta de leche fluida, ultrapasteurizada entre otros productos lácteos de alta calidad y fortificada, a precio preferencial, a través de canales de distribución y comercialización a fin de obtener recursos adicionales. ^[59]

LICONSA cuenta con 10 plantas industriales, la planta que se contempla en este caso de estudio es la que se encuentra ubicada en Tláhuac. ^[59]

Tabla 10. Ubicación geográfica de la planta industrial lechera LICONSA ^[59]

INFRAESTRUCTURA DE PRODUCCIÓN GERENCIA METROPOLITANA SUR	
Planta	Domicilio
Tláhuac	Av. Santa Catarina, Valle de Chalco, Estado de México

Una vez mencionadas las generalidades de la planta lechera Liconsa, se tienen que conocer las características energéticas de la misma, como los costos de operación de energía eléctrica, los consumos promedio de energía eléctrica, y a su vez, se requiere saber en qué puntos del proceso están concentrados la mayor parte de esta energía, para que mediante el Sistema de control en Cascada, se dé pauta a comprobar como mejora la productividad y la eficiencia energética.

5.3 Características de la Planta Lechera LICONSA

La planta lechera cuenta con 3 plantas eléctricas de emergencia; la planta 1 tiene una capacidad de 700 KW, la planta 2 y 3 tienen una capacidad de 900 KW.

Para dar a conocer las horas laboradas en la planta lechera, a continuación, en la tabla 11, se presentan las actividades laborales con sus respectivas horas:



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



Tabla 11. Jornadas laborales de la planta industrial lechera LICONSA

Horas Trabajadas	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Turno 1 (7:00 a 15:00)	X	X	X	X	X		X
Turno 2 (15:00 a 22:30)	X	X	X	X	X		X
Turno 3 (22:30 a 5:00)	X	X	X	X		X	X
Total de horas	24	24	24	24	16	8	24
Periodo de Mantenimiento	0	0	0	0	0	16	0
Periodo de Vacaciones	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica

5.3.1 Identificación de Equipos y Servicios que consumen mayor energía

Dentro del proceso de reconstitución de leche en polvo, hay puntos clave, en donde se concentra mayor la energía eléctrica y se requiere más de los servicios auxiliares, estos se mencionan a continuación:

Equipos:

- Bombas centrifugas
- Pasteurizador
- Motores (bandas transportadoras)

Servicios Auxiliares

- Vapor de ½ presión
- Agua de enfriamiento

5.4 Proceso de Reconstitución de Leche

El proceso de reconstitución y pasteurización de la planta lechera, se divide en 3 áreas:

a) *Tolvas o área seca*

Los bultos de leche descremada en polvo (LDP) que regularmente pesan 25 kg son acomodados en la banda transportadora, desplazados hacia una tolva de vaciado. La tolva cuenta con un sistema de insuflado, lo anterior con el fin de atrapar, mediante 25 filtros (estructura de fierro cubiertas con mangas de lana, conectados al extractor por medio de cinturones sinfín) y un extractor, los polvos finos generados en la descarga de la LDP.



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



De la tolva de vaciado, la LDP pasa a un tamizador que contiene una malla de acero inoxidable fina en su interior y un motor excéntrico en la parte inferior que le da el movimiento oscilatorio en el cuál se cierne, no permitiendo el paso de terrones ni pedazos de la envoltura (plástico, hilo, papel, etc.). El tamizador cuenta también con un gorro que sirve de respiración y un tapón de purga manual, la purga debe realizarse cuando el paso de la LDP a través de la malla se va disminuyendo.

La conexión entre la tolva de vaciado y el tamizador, es una manga de lona que permite el libre movimiento del tamizador, de la misma forma este se encuentra conectado a un transportador helicoidal (tornillo sinfín) el cuál tiene como función transportar la LDP cernida hacia una tolva de almacenamiento.

b) Rehidratado o área húmeda

La LDP transportadora por el helicoidal, descarga a una tolva de almacenamiento cuya función principal, es tener LDP disponible para la alimentación al siguiente equipo. En la tolva de almacenamiento se encuentran dos sensores, uno de alto y el otro de bajo nivel, estos se encuentran conectados de forma automática con el transportador helicoidal y con el tamizador, de tal forma que cuando la tolva se vacíe o se llene el nivel bajo o alto mandaran la señal de arranque o paro.

En la parte inferior de la tolva de almacenamiento se encuentra una válvula rotatoria con control de velocidad por medio de un motor de corriente directa regulado por un reóstato de voltaje cuya función es la de dosificar la cantidad de LDP requerida en el proceso. Inmediatamente después de la válvula rotatoria se encuentra un tobogán, que es un ducto de acero inoxidable inclinado cuya función es la de facilitar el acceso por gravedad de la LDP hacia el liquiverter.

El liquiverter es un recipiente de acero inoxidable, semejante a una licuadora, que consta de un agitador de disco en su parte inferior, y es aquí donde se realiza la mezcla de las materias primas (LDP y aceite vegetal vitaminado) junto con el agua.

El agua que se utiliza para la mezcla de la LDP y la grasa en el liquiverter, viene con una temperatura de 40°C que facilita la incorporación de la LDP y el aceite en la mezcla.

c) Pasteurización

La leche fluida cruda llega del liquiverter a un cabezal de válvulas neumáticas de carga-descarga de los tanques de reposo, cuya función es la de mantener almacenada la leche por espacio de 20 min. y con agitación lenta con el fin de eliminar el aire incluido en la leche (espuma) que pudiera contener. Después de ser reposada la leche en estos tanques, es transportada mediante una bomba centrífuga hacia un filtro dúplex, cuya función es la de retener impurezas.

Este filtro consta de dos válvulas de 3 vías manuales que seleccionan el filtro en operación mientras el otro se lava y se cambia el medio filtrante (manga de tela de algodón resinada). Una vez filtrada la leche llega a una tina de balance, donde por medio de un sensor neumático de diafragma se controla el nivel de la leche en este equipo. De la tina de balance, la leche cruda es transportada mediante una bomba centrífuga hacia el pasteurizador.



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



La primera etapa dentro del pasteurizador, es la zona II o de regeneración, que es donde se pone en contacto la leche cruda proveniente de la tina de balance (40°C) con la leche pasteurizada que va a enfriarse, cediéndole este calor y así, aumentar su temperatura aproximada de 63°C. Una vez que la leche sale de esta etapa va al deodorizador, equipo que tiene como función extraer olores y/o sabores extraños aprovechando que estos compuestos tienen una mayor presión de vapor a esta temperatura y por lo tanto están presentes en forma gaseosa, se extraen mediante bombas de vacío haciendo pasar estos gases a un condensador tubular arrastrándolos hacia el drenaje.

La leche ya deodorizada es transferida mediante una bomba centrífuga hacia un homogeneizador, cuya función es reducir el tamaño de los glóbulos de grasa alrededor de una micra de diámetro.

Los controles que se utilizan en este equipo son: manómetro indicador de la presión de homogeneización local, sensor y control neumático que gobierna la presión de homogeneización mediante una bomba hidráulica. El homogeneizador, cuya presión de trabajo es de 1250 psi, es quien realmente establece la capacidad de producción de 25000 L/h en cada línea.

Ya deodorizada y homogeneizada, la leche, aun cruda, se transfiere nuevamente al intercambiador de calor de la zona I o de calentamiento, en esta etapa recibirá calor del agua caliente recirculante. Dicha agua se calienta por medio de vapor, inyectado por una válvula reguladora que se controla neumáticamente desde el cuarto de control, estableciendo una temperatura de pasteurización.

Posteriormente la leche pasará a un serpentín de 21 m de longitud y 3 pulgadas de diámetro que deberá recorrer en 15 seg. Al finalizar el recorrido se detecta la temperatura de la leche por medio de un sensor, un registrador y un control neumático, los cuáles al registrar temperaturas menores de las prefijadas (de pasteurización) mandan la señal a un juego de válvulas para desviar el flujo de la leche hacia la tina de balance o en caso contrario continuará el flujo normal hacia el intercambiador de calor a la etapa de regeneración o zona II, donde la leche ya pasteurizada cede su calor a la leche cruda recién ingresada a la tina de balance.

Al salir de la zona II, la leche pasa a la etapa de pre-enfriamiento o zona III, aquí cederá su calor a una corriente de agua tratada. Al salir de esta etapa pasará a la de enfriamiento o zona IV en la que cederá su calor a una corriente de agua de torre. Finalmente la leche pasará a otra etapa, de enfriamiento o zona V, en la que cederá su calor a una corriente de agua helada y que bajará su temperatura 5°C.

Una vez que la leche pasteurizada y fría sale del intercambiador de calor, llega a un cabezal de válvulas de carga, en donde se distribuirá hacia uno de los 5 silos de almacenamiento de producto semi-terminado. Cada uno de estos silos mandará la señal a un medidor de carátula de la computadora para registrar el volumen de leche contenido en ellos.

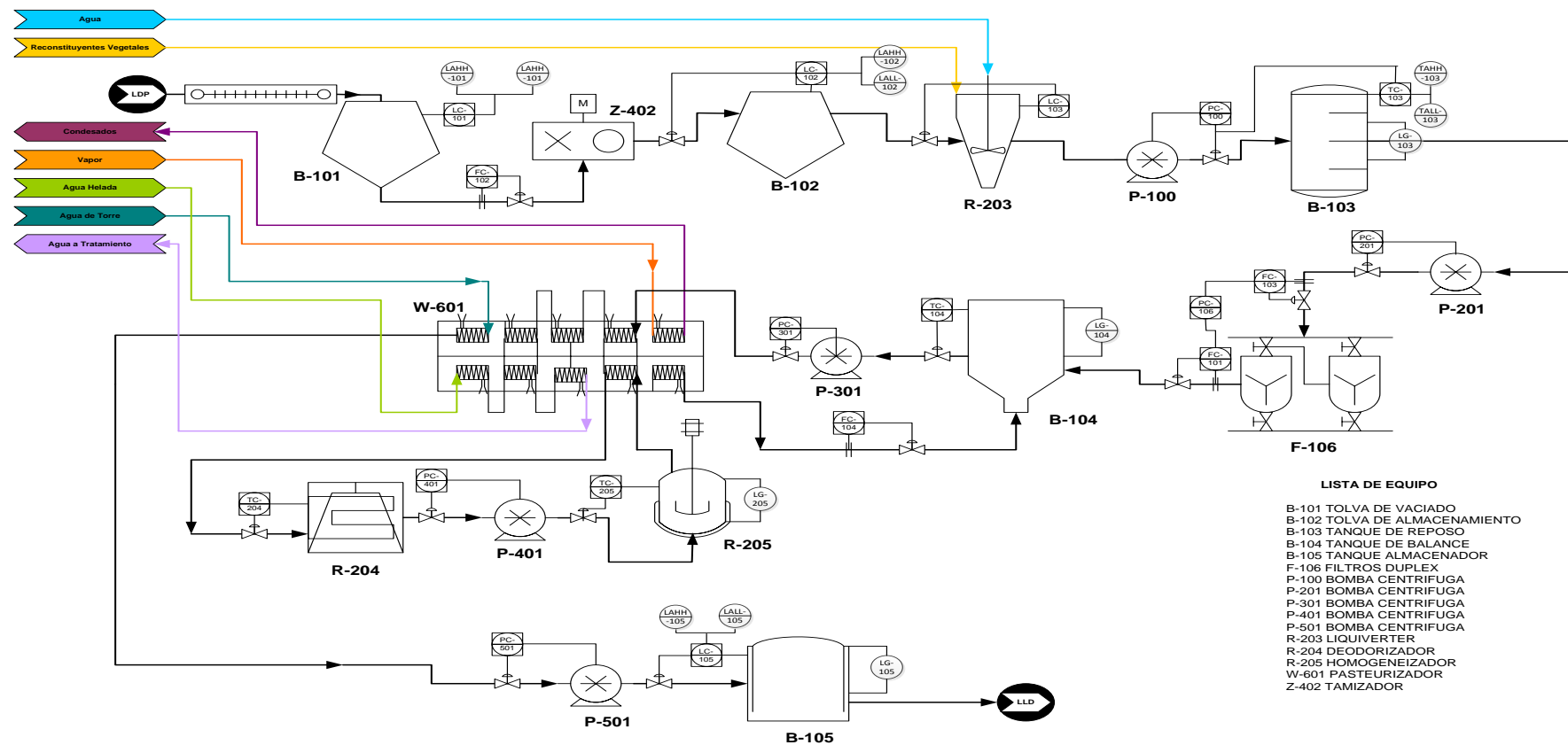
Cuando se tiene un volumen de leche en silos (lote), se analiza por el laboratorio de control de calidad para determinar su liberación y los parámetros están dentro de los estándares, en caso contrario, la leche pasa a través de un cabezal de válvulas de descarga y es enviada al área de empaquetado. El siguiente es el diagrama de flujo de proceso, para la reconstitución de leche en polvo.



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO PARA LA RECONSTITUCIÓN DE LECHE EN POLVO



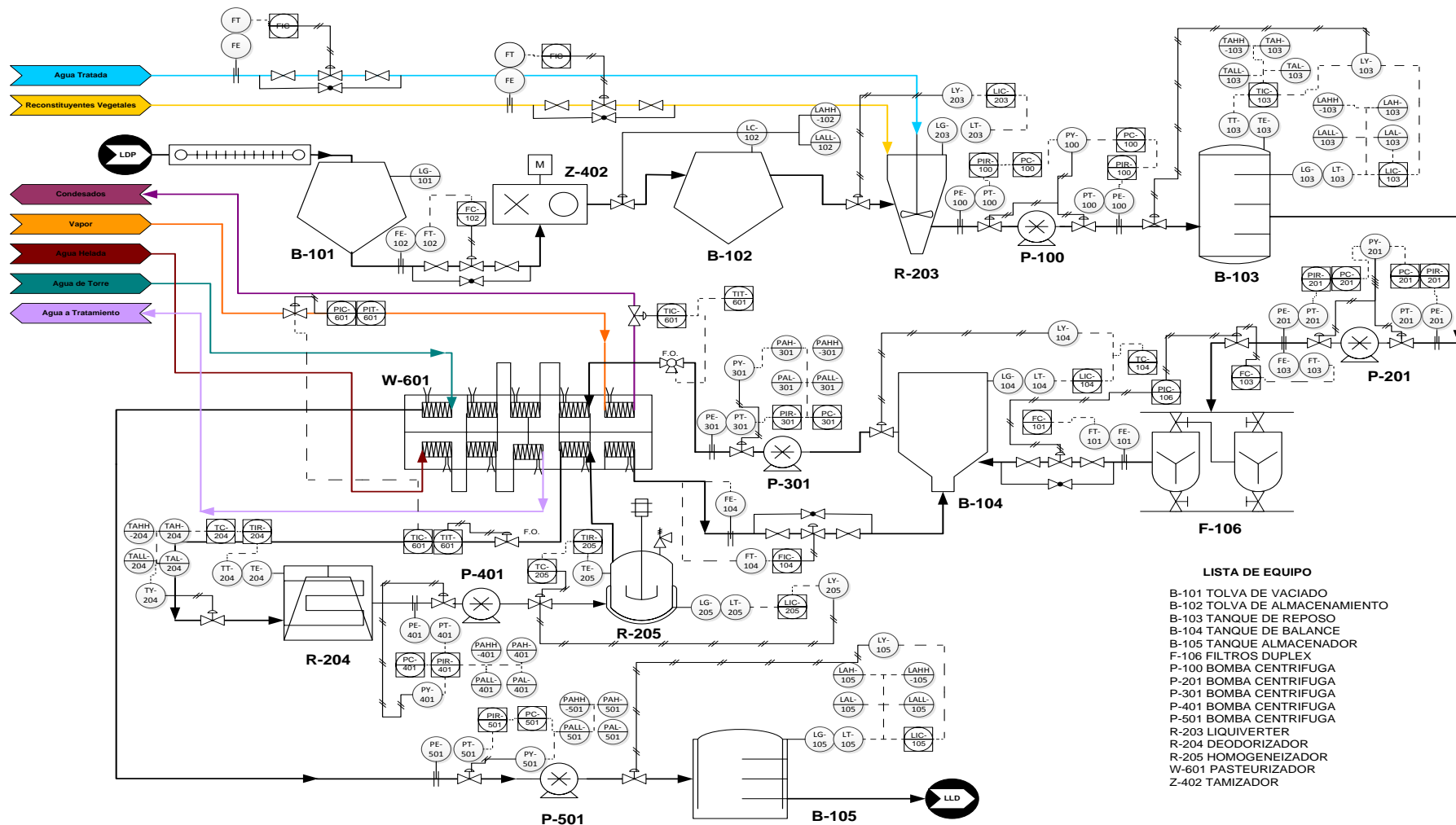
- LISTA DE EQUIPO**
- B-101 TOLVA DE VACIADO
 - B-102 TOLVA DE ALMACENAMIENTO
 - B-103 TANQUE DE REPOSO
 - B-104 TANQUE DE BALANCE
 - B-105 TANQUE ALMACENADOR
 - F-106 FILTROS DUPLEX
 - P-100 BOMBA CENTRIFUGA
 - P-201 BOMBA CENTRIFUGA
 - P-301 BOMBA CENTRIFUGA
 - P-401 BOMBA CENTRIFUGA
 - P-501 BOMBA CENTRIFUGA
 - R-203 LIQUIVERTER
 - R-204 DEODORIZADOR
 - R-205 HOMOGENIZADOR
 - W-601 PASTEURIZADOR
 - Z-402 TAMIZADOR



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



DIAGRAMA DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN PARA LA RECONSTITUCIÓN DE LECHE EN POLVO





La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



El diagrama de tubería e instrumentación anterior, para el proceso de reconstitución de leche en polvo, muestra todos los controladores, válvulas y accesorios con los que funciona cada equipo, posteriormente se mostrará el otro DTI, con el Sistema de Control utilizado para una mejor eficiencia energética y control del proceso.

5.5 Registros de Producción y Consumo de energía eléctrica de la planta lechera, sin contar con el SCC.

a) Producción

En la siguiente tabla, se muestran el registro de producción anual de la leche en litros, del año 2011.

Tabla 12. Producción anual de leche del Año 2011

Año 2011	
Mes	Litros de Leche
Enero	21,417,406
Febrero	20,484,720
Marzo	21,373,560
Abril	21,327,506
Mayo	21,121,254
Junio	21,474,178
Julio	21,416,726
Agosto	20,886,494
Septiembre	20,182,742
Octubre	21,478,150
Noviembre	20,358,856
Diciembre	18,634,637
Total	250,158,241

En el gráfico 3, se observa el comportamiento de la producción del año 2011, misma que se ha mantenido constante, con excepción del mes de diciembre, donde hay un decremento considerable de alrededor de 1, 727,219 con respecto a los meses anteriores. En promedio la planta lechera elabora alrededor de 717,029 litros de leche diarios, obteniendo así una producción mensual promedio de 21, 510,883 litros.

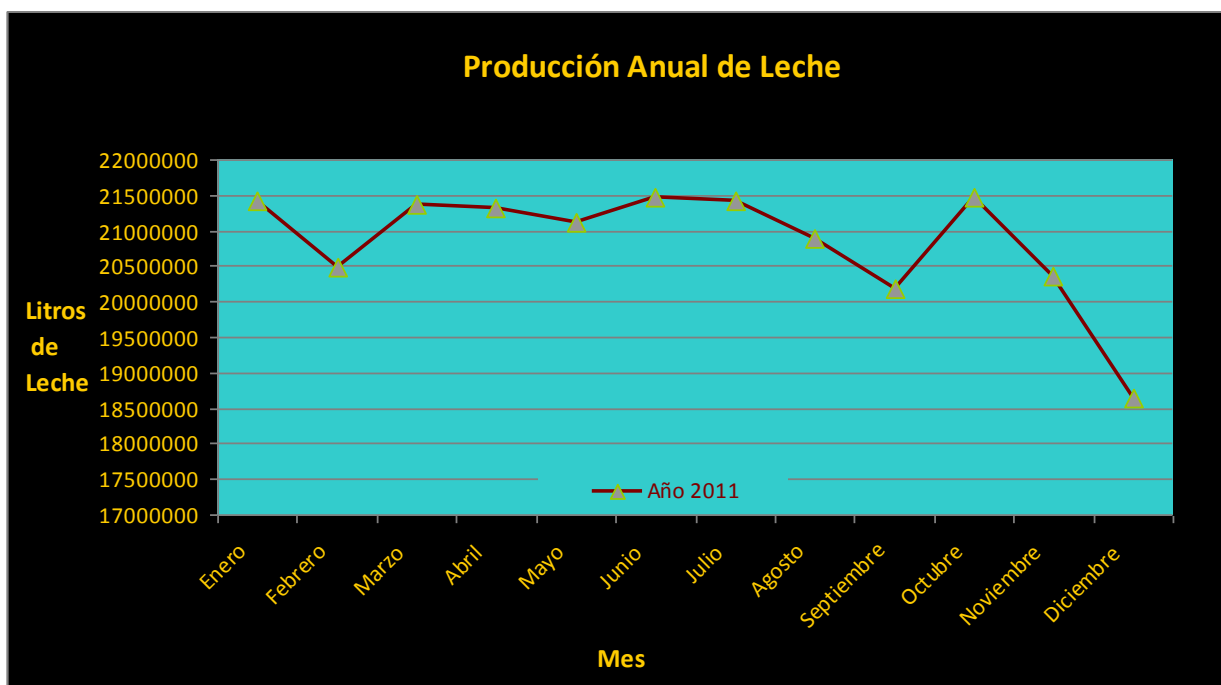


Gráfico 3. Producción Anual de leche para el año 2011
Elaboración propia

b) Consumos de energía

La planta lechera opera las 24 horas, con servicio ininterrumpido de energía, por ello registra consumos para los diferentes rangos de horarios establecidos por la CFE, estos consumos son pico, intermedio y base, tomando en cuenta estimaciones de los mismos. En la tabla 13, se relacionan los consumos mensuales durante el año 2011.

Tabla 13. Consumos de energía eléctrica para el año 2011

Mes	Pico (kw/h)	Intermedio (kw/h)	Base (kw/h)	TOTAL (kw/h)
Enero	27	111	62	200
Febrero	18	101	60	179
Marzo	24	106	70	200
Abril	8	115	69	192
Mayo	13	127	70	210
Junio	6	121	72	199
Julio	3	126	78	207
Agosto	5	128	75	208
Septiembre	4	113	80	197
Octubre	6	125	71	202
Noviembre	17	93	70	180
Diciembre	10	86	69	165
Promedio	12	113	71	195



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



En el gráfico 4, se observa que la demanda de energía en hora intermedio fue de 128 Kw/h y una mínima de 3 Kw/h con respecto al horario pico, se espera que con el Sistema de Control en Cascada y la implementación de los Variadores de frecuencia, se manifiesten menores consumos de energía para el año 2012.

Sin embargo, es importante mencionar que los consumos energéticos de cada mes, están en función de la demanda de leche, por lo tanto, no se puede conocer cuánta energía se gastará en los meses siguientes.

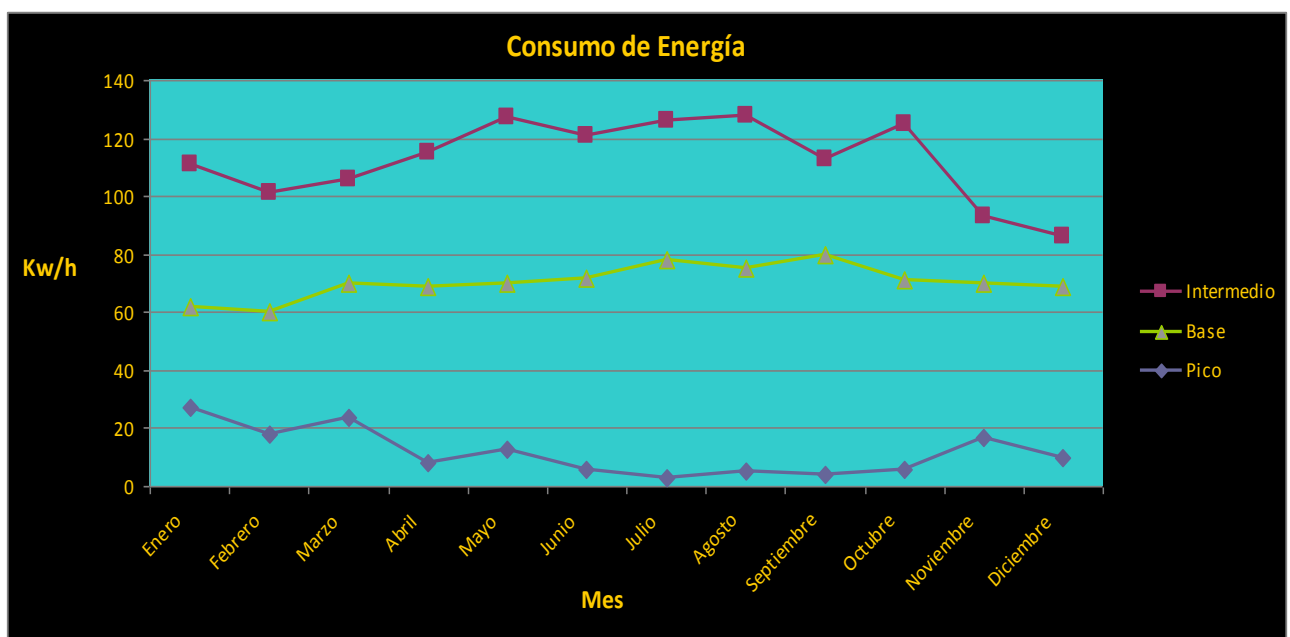


Gráfico 4. Consumo de energía para el año 2011
Elaboración propia

c) Costos de energía

Tomando en cuenta los Kw/h aproximados utilizados en la planta lechera y considerando que el costo de la energía eléctrica en este año, con servicio ininterrumpido es de 76.65 y 80.90 \$/Kw, se toma un promedio, el cual resulta de 78.775 \$/Kw. La tabla 14, muestra los costos que tiene la planta con respecto a energía, en el proceso sin contar con el Sistema de Control en Cascada y sin los Variadores de frecuencia.



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



Tabla 14. Costos de energía anual sin contar con el SCC

2011	TOTAL (Pico, Intermedio y Base) (Kw/h)	Costo de energía (\$)
Enero	200	9,074,880
Febrero	179	8,122,017.6
Marzo	200	9,074,880
Abril	192	8,711,884.8
Mayo	210	9,528,624
Junio	199	9,029,505.6
Julio	207	9,392,500.8
Agosto	208	9,437,875.2
Septiembre	197	8,938,756.8
Octubre	202	9,165,628.8
Noviembre	180	8,167,392
Diciembre	165	7,486,776
TOTAL	2339	106,130,721.6

Se puede observar en la tabla anterior que se gastan aproximadamente \$ 106, 130,721.6 al año en energía, sin contar con el Sistema de Control en Cascada y sin los Variadores de frecuencia.

Estos valores son una estimación, ya que realmente no se sabe cuánta energía se utiliza en cada línea del proceso, debido a las variaciones en la misma y precisamente es lo que se pretende controlar mediante el Sistema de Control en Cascada y los Variadores de frecuencia.

Es preciso que se implemente en el proceso un sistema de control o un dispositivo que permita un mejor control y distribución de la energía, para que haya ahorros energéticos en el proceso, ya que los costos de energía en el mismo son bastante considerables.

5.6 Registros de Producción y Consumo de energía eléctrica de la planta lechera, utilizando el SCC.

En el proceso de reconstitución de leche en polvo de la planta lechera LICONSA, se implementó un SCC y un VDF's (Variable Frequency Drives; Variadores de Frecuencia) en cada una de las bombas, un VDF, consta de un rectificador que convierte una corriente alterna en una corriente directa, seguido por un inverter, que convierte esta corriente directa en una versión desigual de una corriente alterna. La frecuencia de la corriente alterna que es producida por el inverter, se alimenta al motor eléctrico, estos controles de frecuencia hacen que el motor sea más rápido. ^[57]

Cuando los VDF son usados en las bombas centrífugas, el control de las válvulas no es utilizado y la velocidad de la bomba es ajustada para proporcionar la cabeza exacta requerida,



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



en relación con la utilización de válvulas de control dónde los ahorros energéticos son disipados, los VDF's son muy recomendables para generar ahorros energéticos. ^[57]

El diagrama de tubería e instrumentación siguiente, nos muestra que el sistema de control en cascada y que los variadores de frecuencia VDF's ya han sido implementados en el proceso, con esto se logra que haya una mejor distribución y control de energía, gracias al Sistema de Control en Cascada, ya que el controlador maestro que es la salida de condensados detecta la temperatura del proceso y el controlador esclavo que es la entrada de vapor, detecta una variable que puede bajar la temperatura del proceso, para así controlarla, así el sistema de control en cascada, controla una sola temperatura y el controlador maestro ajusta el set-point del controlador esclavo.

Con los variadores de frecuencia VDF's, utilizados en todas las bombas centrífugas, se disipan los controladores donde se utilizan las válvulas, ya que con éstos variadores, la velocidad de la bomba es ajustada para proporcionar la cabeza exacta requerida, en relación con las válvulas ordinarias dónde se disipan los ahorros energéticos. ^[57]

Una bomba centrífuga con los VDF's consume menos energía que una bomba con una válvula de control, pero la cantidad de ahorro energético difiere notablemente con el tipo de sistema hidráulico que produce los requerimientos de cabeza para la bomba.

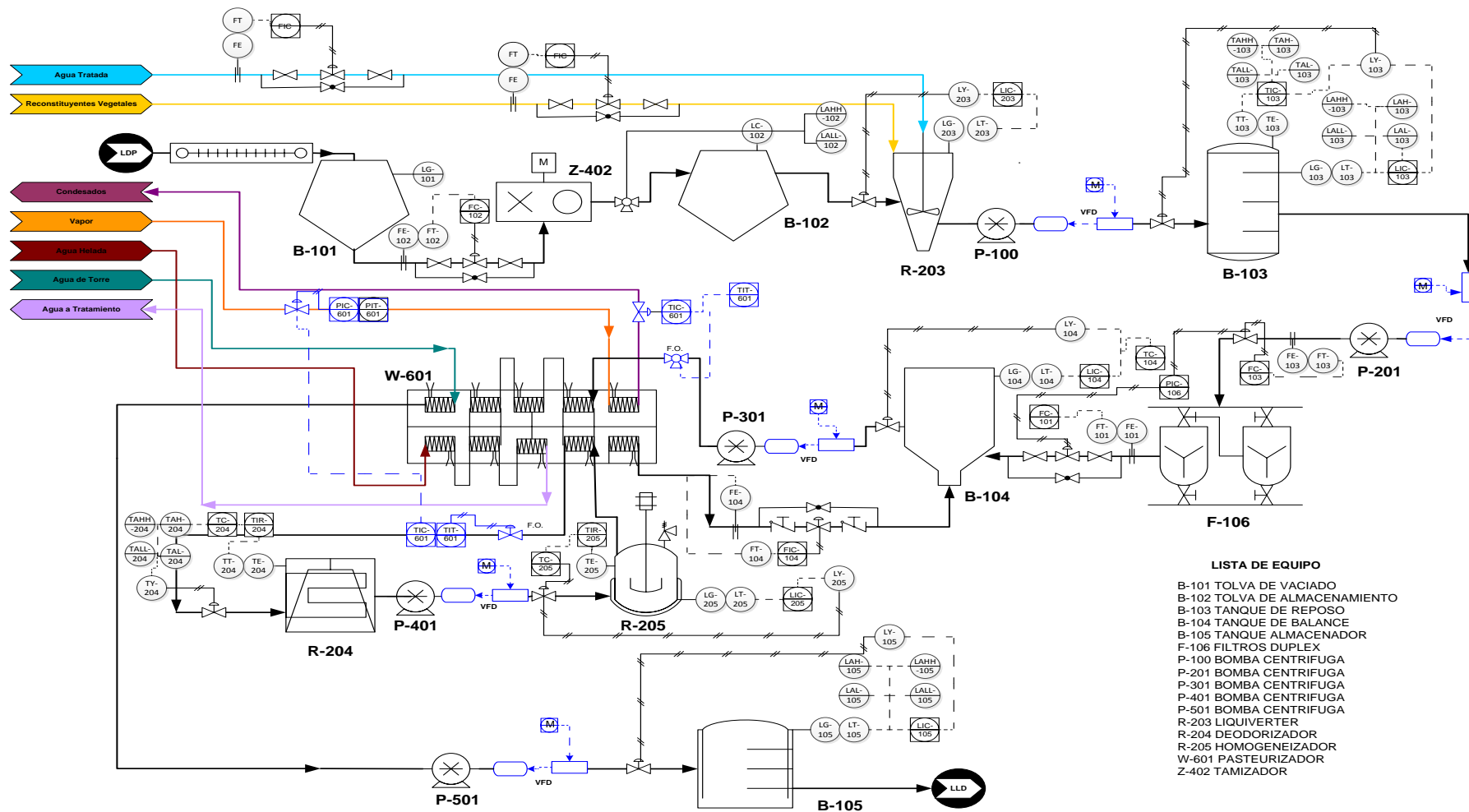
A su vez, las bombas de control con los VDF's reducen su velocidad, por lo que también reducen el mantenimiento en la medida en que reducen su velocidad. En segundo lugar, los VDF's comienzan a bajar la velocidad y aumentan de manera constante a la velocidad requerida. Este es un método deseable de bombas de partida de minimiza el impacto tanto en el motor, como en la misma bomba, minimizando el desgaste.



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



DIAGRAMA DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN PARA LA RECONSTITUCIÓN DE LECHE EN POLVO



- LISTA DE EQUIPO**
- B-101 TOLVA DE VACIADO
 - B-102 TOLVA DE ALMACENAMIENTO
 - B-103 TANQUE DE REPOSO
 - B-104 TANQUE DE BALANCE
 - B-105 TANQUE ALMACENADOR
 - F-106 FILTROS DUPLEX
 - P-100 BOMBA CENTRIFUGA
 - P-201 BOMBA CENTRIFUGA
 - P-301 BOMBA CENTRIFUGA
 - P-401 BOMBA CENTRIFUGA
 - P-501 BOMBA CENTRIFUGA
 - R-203 LIQUIVERTER
 - R-204 DEODORIZADOR
 - R-205 HOMOGENEIZADOR
 - W-601 PASTEURIZADOR
 - Z-402 TAMIZADOR



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



a) Producción

En la siguiente tabla, se muestra el registro de producción anual de la leche en litros, del año 2012, cuando el Sistema de Control en Cascada y los Variadores de frecuencia fueron implementados en el proceso.

Tabla 15. Producción anual de leche del Año 2012
Año 2012

Mes	Litros de Leche
Enero	22,474,560
Febrero	20,757,512
Marzo	22,400,318
Abril	21,021,054
Mayo	23,100,898
Junio	20,609,254
Julio	21,881,216
Agosto	21,641,634
Septiembre	21,031,760
Octubre	22,225,948
Noviembre	19,912,882
Diciembre	18,707,470
Total	255,766,517

En la siguiente gráfica se observa el comportamiento de la producción del año 2012, misma que ha aumentado, en relación al año 2011, se puede observar que en el año 2012, ha mejorado la producción de leche, de más o menos 5 millones de litros.

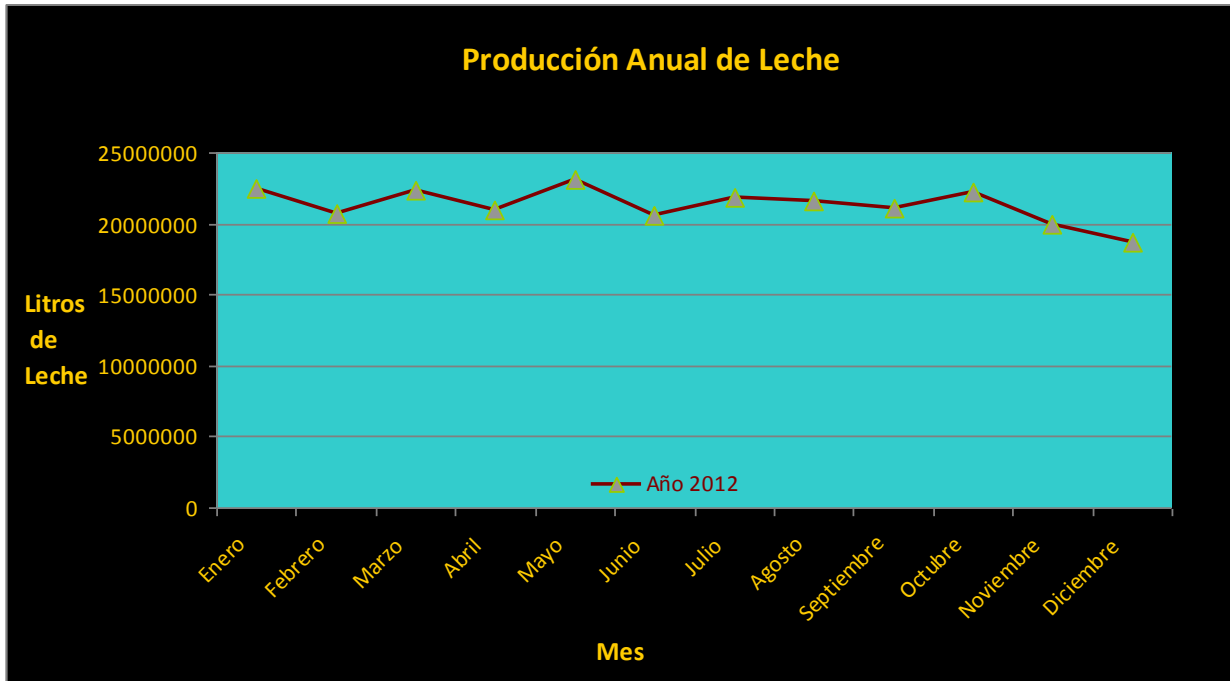


Gráfico 5. Producción Anual de Leche para el año 2012
Elaboración propia

b) Consumo

Se puede observar que en la tabla 16, los consumos en energía eléctrica fueron menores con respecto al año 2011, cuando el Sistema de Control en Cascada y los Variadores de frecuencia aún no eran implementados, con esto, se puede afirmar que este sistema y estos dispositivos, mejoran la eficiencia energética, la productividad, lo que lleva a disminuir los costos en energía eléctrica, de manera significativa.



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



Tabla 16. Consumos de energía eléctrica para el año 2012

Mes	Pico (Kw/h)	Intermedio (Kw/h)	Base (Kw/h)	TOTAL (Kw/h)
Enero	10	107	64	181
Febrero	14	98	62	174
Marzo	13	89	77	179
Abril	8	105	67	180
Mayo	6	108	69	183
Junio	6	108	72	186
Julio	7	112	73	192
Agosto	6	106	78	190
Septiembre	8	105	71	184
Octubre	7	110	65	182
Noviembre	17	90	69	176
Diciembre	23	76	59	158
Promedio	10	101	69	180

El gráfico 6, nos indica que en la planta lechera hubo menos consumos en los 3 horarios, teniendo un máximo de 112 KW/h para el horario intermedio, y un mínimo de 6Kw/h en hora pico.

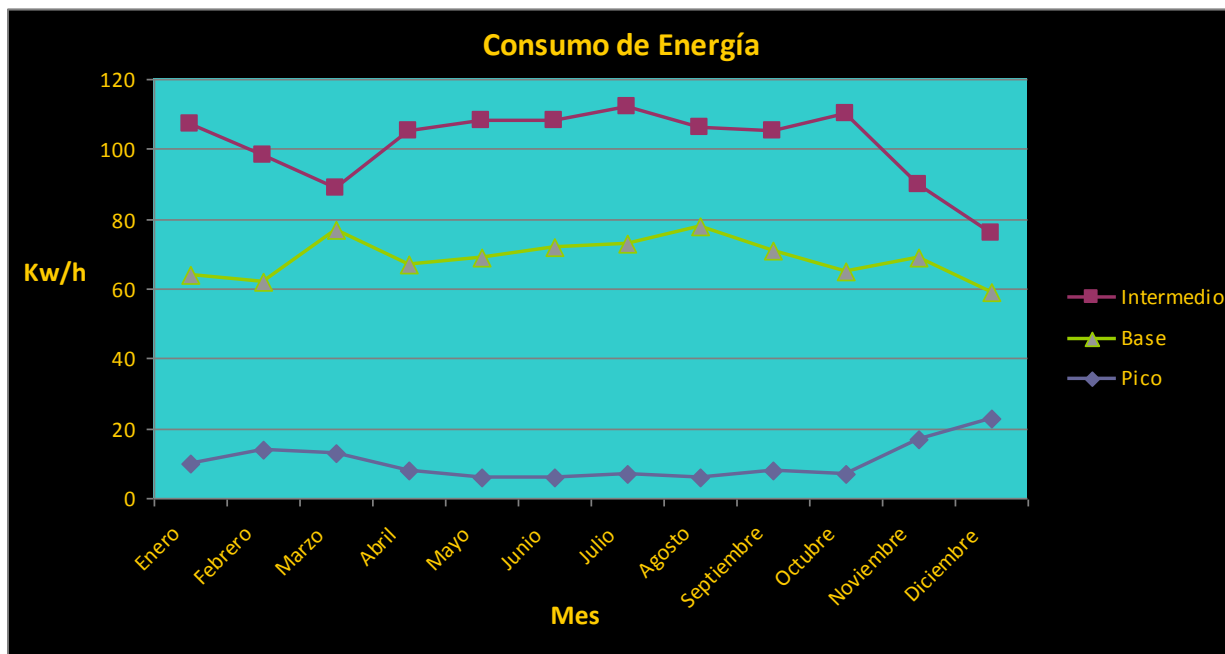


Gráfico 6. Consumo de energía para el año 2012
Elaboración propia

c) Costos de energía

Se puede observar que los consumos de energía del año 2012 fueron menores respecto al año 2011, lo que lleva a disminuir costos energéticos de manera significativa. Se toma en cuenta el



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



mismo promedio de costos de energía eléctrica de CFE que es de 78.775 \$/kw. La tabla 17, muestra los costos que tiene la planta con respecto a energía, cuando el Sistema de Control en Cascada y los Variadores de frecuencia ya han sido implementados.

Tabla 17. Costos de energía anual contando con el SCC

2012	TOTAL (Pico, Intermedio y Base) (Kw/h)	Costo de energía (\$)
Enero	181	8,212,766.4
Febrero	174	7,895,145.6
Marzo	179	8,122,017.6
Abril	180	8,167,392
Mayo	183	8,303,515.2
Junio	186	8,439,638.4
Julio	192	8,711,884.8
Agosto	190	8,621,136
Septiembre	184	8,348,889.6
Octubre	182	8,258,140.8
Noviembre	176	7,985,894.4
Diciembre	158	7,169,155.2
TOTAL	2165	98,235,576

En cuanto a las mejoras en el proceso y en la planta industrial lechera, se encuentran:

- Mejor control de servicios e insumos
- Mayor productividad en el año 2012 respecto al año 2011
- Menores consumos energéticos; por lo tanto menores costos en energía de manera significativa

Con esto, se determina que se tiene una eficiencia energética, ya que se está consumiendo adecuadamente la energía, y a su vez una eficacia energética, ya que también se distribuye adecuadamente la energía que se consume.

5.7 Administración del Cambio aplicada al proceso de reconstitución de leche en polvo

La Administración de Cambios, como se mencionó en el Capítulo II, se establece en el proceso y equipos donde ya se determinó que hay mayores consumos energéticos, con el objeto de llevar un control de los que se introduzcan y respaldar la toma de decisiones con respecto a cómo se aplicará.

El propósito de realizar la administración del cambio al proceso es que se tendrá un mayor control y distribución en los consumos energéticos, para saber dónde hay mayores gastos de los mismos y con ello, determinar donde se implementará el control para una mejor eficiencia energética.



5.7.1 Tecnología de proceso

De acuerdo a la implementación de nueva tecnología dentro del proceso, se lleva a cabo la utilización del Sistema de Control en Cascada, el cual consiste en 2 o más controladores en serie, el controlador maestro detecta la temperatura del proceso y el controlador esclavo detecta una variable que puede bajar la temperatura del proceso.

Un lazo de control en cascada controla una sola temperatura y el controlador maestro ajusta el set-point del controlador esclavo, con esto se logra un mejor control de servicios y un ahorro de energía considerable.

5.7.2 Equipo e instrumentación

En equipo e instrumentación que fue implementado en el proceso de reconstitución de leche en polvo, se utilizaron los VFD' s en las bombas centrífugas, este instrumento ajusta la velocidad de la bomba para proporcionar la cabeza exacta requerida, lo que proporciona ahorros energéticos, en los que al utilizar las válvulas de control, estos son disipados.

5.7.3 Registro de Cambios

A continuación se presentan los cambios de los años 2011 y 2012, en cuanto a producción, consumos y costos energéticos, cuando el Sistema de Control en Cascada y los VFD' s fueron implementados al proceso.

5.7.3.1 Producción

En el gráfico 7, se muestra la producción de leche líquida descremada de los años 2011 y 2012 respectivamente, se observa que en el año 2011 la producción de leche fue menor que en el año 2012, la diferencia oscila entre los 5 o 6 millones de litros.

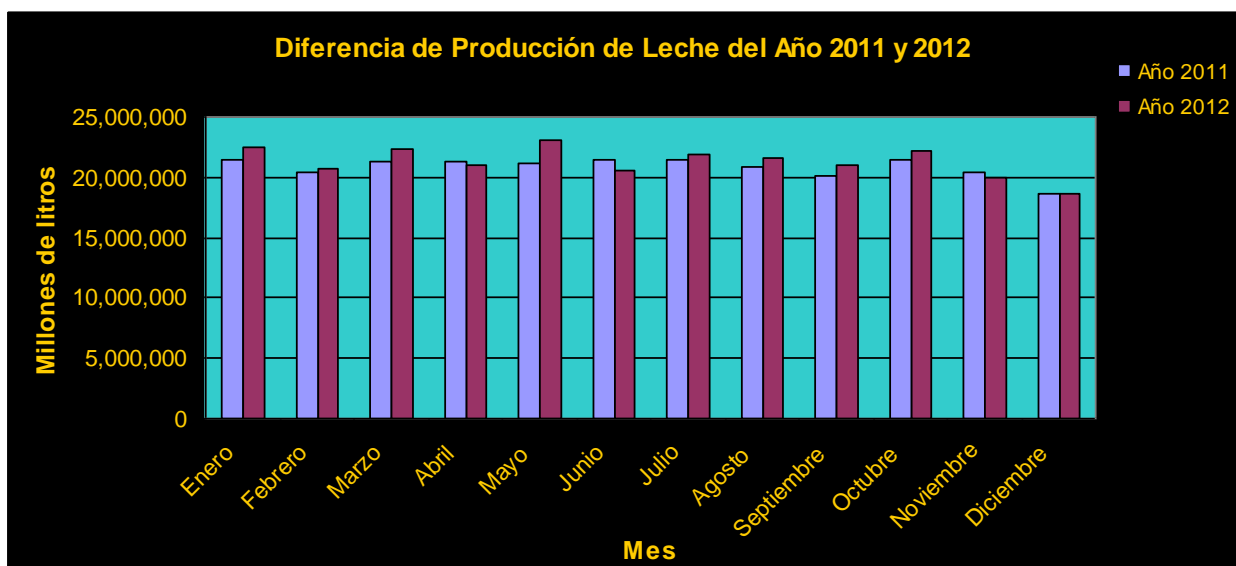


Gráfico 7. Diferencia de producción de Leche del año 2011 y 2012



5.7.3.2 Consumos Energéticos

En cuanto a consumos energéticos se observa que los del año 2012 fueron menores con respecto al año 2011, así se observa en el gráfico 8.

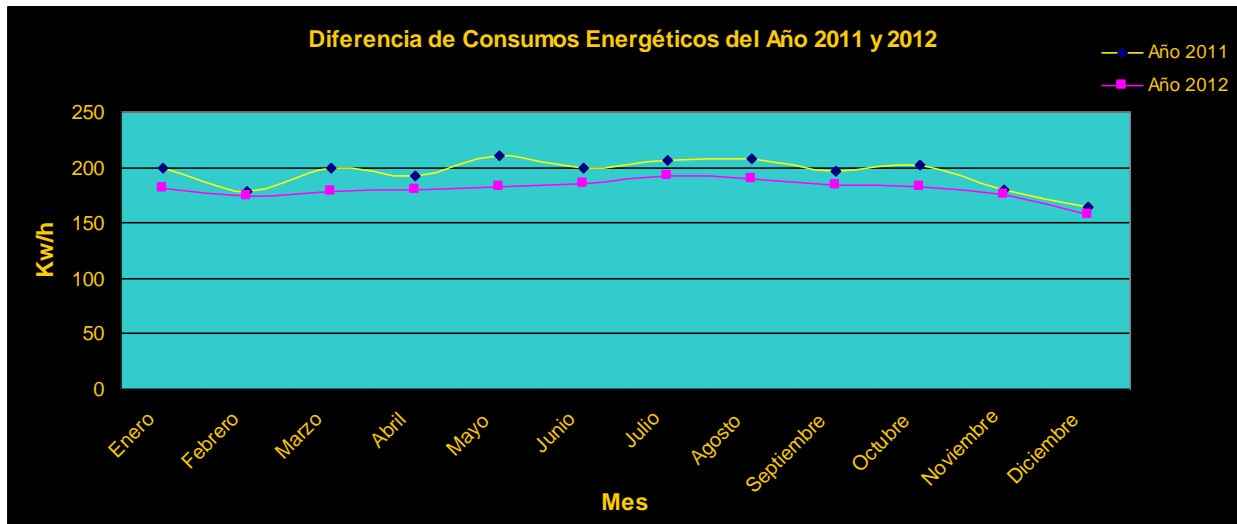


Gráfico 8. Diferencia de Consumos energéticos del año 2011 y 2012
Fuente: elaboración propia

5.7.3.3 Costos de energía

Un punto importante a considerar son los costos energéticos, estos van ligados con los consumos energéticos, si estos disminuyen, por consiguiente los costos de energía también disminuirán, así, en el año 2012 los consumos energéticos disminuyeron debido a que se implementó el Sistema de Control en Cascada y los VFD's, por lo tanto en el gráfico 9, se observa que los costos energéticos disminuyeron de manera considerable.

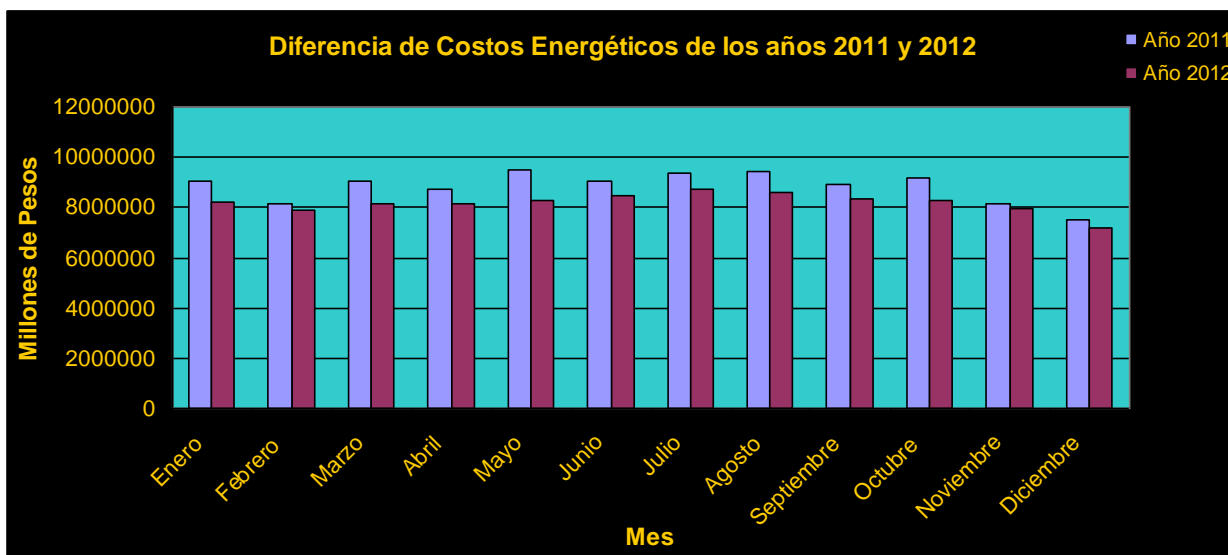


Gráfico 9. Diferencia de Costos Energéticos de los Años 2011 y 2012
Fuente: Elaboración propia

5.7.3.4 Tabla general de registro de cambios del proceso de reconstitución de leche en polvo

Tabla 18. Administración del Cambio aplicada el proceso de reconstitución de leche en polvo

Año	Producción (millones de litros)	Consumos energéticos (kw/h)	Costos energéticos (millones de pesos)
2011	250,158,241	195	106,130,721.6
2012	255,766,517	180	98,235,576

De la tabla anterior se observan las diferencias entre los años 2011 y 2012, de ahí se deduce que los ahorros son:

Producción --- 5, 608,276 Litros
Consumos energéticos --- 15 kw/h
Costos energéticos --- \$ 7, 895,145.6



CONCLUSIONES

Dentro de este proyecto-tesis, se dio a conocer la Importancia de tener un buen control e instrumentación en el proceso de reconstitución de leche en polvo, de la planta lechera LICONSA, así como dar énfasis en la Administración Energética, dónde se observó que es una herramienta imprescindible para conocer los requerimientos informativos y poder tener un buen control de insumos y servicios, que a su vez, para lograr que este programa tenga éxito es necesario técnicas de operación, mantenimiento y vigilancia intensiva en el consumo de energía, así como valerse de otras herramientas como el diagnóstico energético y la auditoría energética, y sobre todo tener el compromiso con el personal de la planta de un uso adecuado, por lo tanto, optando por el correcto sistema de control, una adecuada instrumentación aunado a una buena administración energética en el proceso, la planta lechera logró el objetivo de recibir los beneficios de ahorro energético y económico, además de otro punto importante que es el de reducir las emisiones contaminantes.

En cuanto a la instrumentación y control del proceso de reconstitución de leche en polvo, se logró implementar un sistema de control en cascada, que va de la entrada de producto al pasteurizador y la salida de condensados y el otro, de la entrada de vapor al pasteurizador, y la salida de producto, hacia el deodorizador, en este control en cascada, el maestro, que es la salida de condensados y la salida de producto al deodorizador, detectan la temperatura del proceso y los esclavos detectan una variable que puede bajar esta temperatura.

Resultó que el lazo de control en cascada, fue invariablemente instalado para prevenir disturbios de dentro, hacia afuera y controlar las variables determinadas. A su vez, responde inmediatamente por anticipado, de otra manera no se tendría el correcto desarrollo para el efecto del cambio en las presiones, antes que puedan tener alguna influencia en el proceso de la temperatura.

También se utilizaron los VDF's, de los que ya se habló con anterioridad, estos variadores de frecuencia, se instalaron en cada una de las bombas centrífugas, éstos son usados en las bombas centrífugas, el control de las válvulas no es utilizado y la velocidad de la bomba es ajustada para proporcionar la cabeza exacta requerida, en relación con la utilización de válvulas de control dónde los ahorros energéticos son disipados, los VDF's son muy recomendables para generar ahorros energéticos. En la siguiente tabla, se observan los beneficios de tener una correcta instrumentación y control en el proceso de reconstitución de leche en polvo, de la planta industrial lechera:

Año	Producción (millones de litros)	Consumos energéticos (kw/h)	Costos energéticos (millones de pesos)
2011	250,158,241	195	106,130,721.6
2012	255,766,517	180	98,235,576

	Ahorros
Producción	5, 608,276 Litros
Consumos energéticos	15 kw/h
Costos energéticos	\$ 7, 895,145.6



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



Con estos datos se cumplen los propósitos de este trabajo, los cuáles son dar a conocer la importancia que tiene llevar a cabo una correcta instrumentación y control en cualquier tipo de proceso, que en este caso fue el de la reconstitución de leche en polvo de la planta industrial lechera LICONSA, los números arrojan que hay una diferencia considerable cuando no se operaba con el lazo de control en cascada y no se implementaban los variadores de frecuencia en cada una de las bombas centrífugas, la operación en conjunta, logra que existan beneficios que favorecen redituablemente, tanto en el aspecto económico, como productivo.

Cabe mencionar que hay una urgente necesidad en el país, de la elaboración y puesta en práctica de una política energética que potencie la actual estructura de las industrias para asegurar inversiones mixtas (capital privado y estatal) para la instalación de centrales de generación de energía eléctrica para asegurar el uso eficiente de la energía, ya que no podemos seguir dándonos el lujo de seguir usando en forma intensiva los combustibles, la energía y los recursos renovables para la satisfacción de necesidades energéticas, tanto primarias, como secundarias.

Por último, considero que se debe poner en práctica un sistema de ahorro, conservación y uso eficiente de energéticos primarios y secundarios, no solamente en el ámbito industrial, sino también en el social.



BIBLIOGRAFÍA

- [1]. http://fcasua.contad.unam.mx/apuntes/interiores/docs/98/1/admon_bas1.pdf Revisado el día 19 de octubre de 2012
- [2]
<http://faculty.ksu.edu.sa/belaichi/Clases/TRADUCCI%C3%93N%20ADMINISTRATIVA%20%D8%A7%D9%84%D8%AA%D8%B1%D8%AC%D9%85%D8%A9%20%D8%A7%D9%84%D8%A5%D8%AF%D8%A7%D8%B1%D9%8A%D8%A9/Documento1.pdf> Revisado el día 19 de octubre de 2012
- [3] Muñoz Garduño, Jaime “Introducción a la Administración: Enfoque Histórico”, Editorial Diana, 1° edición, Pág. 66-71.
- [4] <http://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&cveca=IE7C02>
Revisado el día 10 de octubre de 2012
- [5]
<http://www.conuee.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/7177/5/DEInstalaciones.pdf> Revisado el día 19 de octubre de 2012
- [6] <http://tecnoguia.com.ve/home/?p=8620> Revisado el día 29 de noviembre de 2012
- [7] <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=84911948015> Revisado el día 16 de diciembre de 2012
- [8]
http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/Tarifas_industria.asp?Tarifa=CMASI&Anio=2012 Revisado el día 15 de marzo de 2013
- [9] <http://coesco-sas.com/index.php/quienes/2-uncategorised/6-adminenergetica> Revisado el día 21 de noviembre de 2012
- [10] http://www.schneider-electric.com.ar/documents/solutions/catalogo_soluciones.pdf
- [11] Campos Aragón, Leticia; Quintanilla Martínez, Juan, “Energía eléctrica y medio ambiente en México: 1° seminario sobre situación y perspectivas del sector eléctrico en México”, IIE Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM, Pág: 216-221
- [12] <http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/4356/1/schneider.pdf>
Revisado el día 20 de noviembre de 2012
- [13]
http://www.unido.org/fileadmin/user_media/Services/Environmental_Management/CP_ToolKit_spanish/PR-Volume_04/4-Slides.pdf Revisado el día 22 de noviembre de 2012



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



[14]

<http://trabajoseguro.stps.gob.mx/trabajoseguro/boletines%20anteriores/2012/bol044/vinculos/PROY-MOD-NOM-028.pdf> Revisado el día 13 de mayo de 2013

[15]

<http://www.calidad.uady.mx/resources/nosotros/presentaciones/El%20Agente%20del%20cambio.pdf> Revisado el 8 de mayo de 2013

[16]

<https://docs.google.com/document/d/14VQRJG8gJk5Detdrn12jSRZCt1pEu1sSboHSHCmyxBw/edit?pli=1> Revisado el día 8 de mayo de 2013

[17] http://www.fca.unam.mx/capitulos/unidad7_tf.pdf Revisado el día 8 de mayo de 2013

[18] http://www.colciencias.gov.co/sobre_colciencias/administracion-del-riesgo Revisado el día 8 de mayo de 2013

[19] <http://literature.magnetrol.com/6/41-299.pdf> Revisado el día 8 de mayo de 2013

[20] http://larevistadelgasnatural.osinerg.gob.pe/articulos_recientes/files/archivos/50.pdf Revisado el día 8 de mayo de 2013

[21] <http://www.inerco.es/ficheros/comun/articulos/010505%20Oilgas.pdf> Revisado el día 8 de mayo de 2013

[22] http://www.ing.unlp.edu.ar/electrotecnia/procesos/transparencia/Control_de_Procesos.pdf Revisado el 16 de octubre de 2012

[23] <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/3330/5/34059-5.pdf> Revisado el 22 de octubre de 2012

[24]

http://www.disa.bi.ehu.es/spanish/asignaturas/15212/TEMA_2_IntroduccionInstrumentacion.pdf Revisado el día 16 de octubre de 2012

[25] <http://www.schneider-electric.com.mx/sites/mexico/es/productos-servicios/servicios/ciclos-de-vida/sistemas-de-control-y-monitoreo/sistemas-de-control-y-monitoreo.page> Revisado el día 22 de octubre de 2012

[26] http://www.gunt.de/download/Process_control_spanish.pdf Revisado el día 15 de octubre de 2012

[27] T.E. Marlin, "Process Control", Ed. Me Graw Hill (1995). pp. 234-239

[28] Harold E. Soisson, "Instrumentación Industrial", 4° edición, Editorial Limusa Noriega, Pág: 292-313

[29] Geus solé, Antonio, "Instrumentación Industrial", 4° edición, Editorial AlfaOmega, Pág: 615-628.



**La Administración Energética y la Importancia de la
Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.**



[30] Maraña, Juan Carlos, “Instrumentación y control de procesos” Área técnica: industria y energía, Edic. 2005, Edit. Idom.

[31] <http://www.schneider-electric.com.mx/sites/energy-university/building-controls/pdf> Revisado el día 24 de septiembre de 2012

[32] P. Ollero, E. F. Camacho, “Control e instrumentación de procesos químicos”, Editorial: Síntesis (1997). Capítulo 15, 1° edición, Pág. 223-230

[33] D. Orive, “Automatización de Procesos Industriales”, Editorial: Transparencias, Tema 13: Instrumentación, 3° edición, Pág. 126-132

[34] Jardón U. Juan, “Energía y medio ambiente: perspectiva económica y social”, 3° edición, Editorial Limusa, Pág: 38-45

[35] <http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/abc/actuadores.pdf> Revisado el día 8 de noviembre de 2012

[36] <http://www.pemex.com/files/content/NRF-105-PEMEX-2012.pdf> Revisado el día 25 de noviembre de 2012

[37] <http://www.pemex.com/files/content/NRF-046-PEMEX-2012.pdf> Revisado el día 14 de noviembre de 2012

[38] http://www.sensacd.com/sistema_digital_monitoreo_control.asp Revisado el día 25 de noviembre de 2012

[39] <http://www.patentesonline.com.mx/sistema-de-control-distribuido-97530.html> Revisado el día 22 de noviembre de 2012

[40]

http://portal.uned.es/portal/page?_pageid=93,25604862&_dad=portal&_schema=PORTAL&idA_signatura=28803203 Revisado el día 22 de noviembre de 2012

[41] <http://www.uco.es/investiga/grupos/eatco/automatica/ihtm/descargar/scada.pdf> Revisado el día 14 de noviembre de 2012

[42] <http://www.galeon.com/hamd/pdf/scada.pdf> Revisado el día 14 de noviembre de 2012

[43]

[http://www02.abb.com/global/arabb/arabb101.nsf/0/769ffddb7027088bc1257520005f9e9a/\\$file/20+Control+Avanzado+de+Procesos+para+Incrementar+la+Productividad,+JRoman.pdf](http://www02.abb.com/global/arabb/arabb101.nsf/0/769ffddb7027088bc1257520005f9e9a/$file/20+Control+Avanzado+de+Procesos+para+Incrementar+la+Productividad,+JRoman.pdf)
Revisado el 26 de octubre de 2012

[44] <http://faculty.ksu.edu.sa/Emad.Ali/mylib/Workshop/Advanced%20Control.pdf> Revisado el 12 de noviembre de 2012

[45] <http://lorien.ncl.ac.uk/ming/advcontrl/sect1.htm> Revisado el día 26 de noviembre de 2012



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



[46]

[http://www05.abb.com/global/scot/scot267.nsf/veritydisplay/4ffba606b0df144b8525736f004387ea/\\$file/3BUS094499_Process%20Control_lo%20res.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot267.nsf/veritydisplay/4ffba606b0df144b8525736f004387ea/$file/3BUS094499_Process%20Control_lo%20res.pdf)

[47] Hydrocarbon Engineering “Linde: industrial gases and applications for all aspects of gas processing”, Octubre 2012, pag. 73- 75

[48] http://iom.invensys.com/LA/Pages/IOM_CompanyProfile.aspx Revisado el día 23 de noviembre de 2012

[49] <http://iom.invensys.com/LA/Pages/home.aspx> Revisado el día 23 de noviembre de 2012

[50] <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/6622/Capitulo1.pdf> Revisado el día 17 de septiembre de 2012

[51] Rafael Gonzalez-Martin, “Transparencias de la Instrumentación”, Dpto. Control Avanzado. PETRONOR S.A., 2° edición, Editorial: AlfaOmega, 2000, Pág. 185-193

[52] César de Prada, “Transparencias de Instrumentación”, Universidad de Valladolid, 1° edición, Editorial Limusa, Pág. 86-91

[53] Intech Automatización México, ISA Sección Central, “ISA Expo Control 2012”, Año XI, Núm. 03, Octubre 2012, Pág. 34-37, 40-44.

[54] Sinergia Industrial, “Planes, respuesta a emergencias”, Año IV, Núm. 41, Noviembre 2012, Pág. 23-32

[55] Gösta Bylund, M, “Manual de Industrias Lácteas”, Tetra Pak Processing Systems AB, Tetra Pak Iberia, S.A, Arganda del Rey, Madrid, España, Año 1996, Pág. 361-373.

[56] Chemical Engineering, “Variable-Frequency Drives for Centrifugal Pumps” Article for Ramey Joshep T., Volume 119, N° 12, November 2012, Pág. 31-42

[57] Béla G. Lipták, Instrument Engineers’ Handbook, “Process Control and Optimization”, Volume II, 4° edition, ISA The Instrumentation, Systems, and Automation Society, 2006, CRC Press, London & EUA, Pág. 663-676, 706-718

[58] <http://www.liconsa.gob.mx/wp-content/uploads/2012/10/Libro-Blanco-Impresion-LICONSA-2.pdf> Revisado el día 12 de junio de 2013



GLOSARIO DE TÉRMINOS

Administración. Actividad humana que tiene como objetivo coordinar los recursos con los que cuenta una organización y lograr en forma eficiente y satisfactoria los objetivos individuales e institucionales.

Administración Energética. Utilización racional de la energía, llevando a cabo un buen control de insumos, servicios y todos los requerimientos energéticos a utilizar, con el fin de mejorar la rentabilidad y mejorar la posición competitiva.

Actuador. Es un dispositivo inherentemente mecánico cuya función es proporcionar fuerza para mover o “actuar” otro dispositivo mecánico.

Alarma. Función que señala la existencia de una condición anormal del proceso o de falla del SDMC por medio de un cambio discreto visible o audible, o ambos, con el propósito de llamar la atención.

Auditoría Energética. Proceso sistemático para conocer en forma confiable el consumo energético de una industria y así identificar factores y variables que intervienen en el consumo de energéticos, además, se aprovechan para identificar, evaluar y ordenar las distintas oportunidades de ahorro en función de su rentabilidad y productividad de la compañía, se realiza la caracterización energética de la compañía.

Algoritmo de control. Es la expresión matemática de una función de control.

Banda muerta. El rango a través del cual una señal de entrada puede ser variada sin obtener respuesta en la señal de salida. Banda muerta es usualmente expresada en por ciento de la amplitud nominal “span”.

Capas de protección. Cualquier mecanismo independiente que reduce el riesgo por control, prevención o mitigación y que pueden ser entre otros: equipo de proceso, sistema de control básico de proceso, procedimientos administrativos, y/o respuestas planeadas para protección contra un riesgo inminente.

Controlador. Dispositivo que opera automáticamente para regular una variable controlada.

Controlador Lógico Programable (PLC). Es un sistema electrónico digital, para uso en ambiente industrial, usa memoria programable para almacenamiento interno de instrucciones orientadas al usuario de la aplicación de funciones específicas, tales como: lógica, secuenciamiento, tiempo, conteo y aritmética, para control de entradas y salidas analógicas o digitales y manipulación de datos, entre otras.

Controlador de Automatización Programable (PAC). Sistema electrónico diseñado para aplicaciones industriales ejecutando multifunciones, multitareas de arquitectura modular para control de procesos e interconexión con redes de comunicación



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



Demanda. Una condición ó evento que requiere que el SIS lleve a cabo una acción requerida para prevenir un evento peligroso, ó para mitigar sus consecuencias.

Desviación “offset”. Es una variación constante de la variable de proceso, respecto del setpoint.

Diagnóstico Energético. Es el instrumento imprescindible para saber cuánto, cuándo, cómo, dónde y por qué se consume la energía, así como la forma para establecer el grado de eficiencia en su utilización.

Diagnóstico Energético Integral. Proporciona un análisis completo de toda la parte energética de la dependencia, tanto de equipos y aparatos como de sistemas auxiliares, así como los detalles operativos de cada uno de ellos y de manera integral.

Eficiencia Energética. Todas aquellas acciones que conlleven a una reducción económicamente viable de la cantidad de energía necesaria para satisfacer las necesidades energéticas de los servicios y bienes que requiere la sociedad, asegurando un nivel de calidad igual o superior y una disminución de los impactos ambientales negativos derivados de la generación, distribución y consumo de energía. Quedando incluida, la sustitución de fuentes no renovables por fuentes renovables de energía.

Energía. Es la capacidad que posee la materia para producir calor, trabajo en forma de movimiento, luz, etc. Por lo tanto la energía es todo aquello que puede originar o dar existencia a un trabajo.

Ethernet. Red de área local (LAN) normada que usa el método para detección de portadora de acceso múltiple y detección de colisiones (CSMA/CD). Tiene la característica única de ser una red de área local con infraestructura activa; soporta diferentes velocidades conocidas como Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, 10 Gigabit, entre otros.

Error. Discrepancia entre un valor o condición calculada, observada, o medida y valor o condición teóricamente verdadera, correcta o especificada.

Falla. Terminación de la capacidad de una unidad funcional para desempeñar una función requerida.

Falla de causa común. Falla resultado de uno o más eventos, causando fallas a dos o más componentes separados en un sistema de múltiples componentes, conduciendo a una falla del SIS.

Falla de modo común. Falla de dos o más componentes de la misma manera, provocando el mismo resultado erróneo.

Falla peligrosa. Falla que tiene el potencial de poner el sistema instrumentado de seguridad en un estado peligroso o de falla en su operación.

Falla segura. Es una falla la cual no tiene el potencial para poner el Sistema Instrumentado de Seguridad en un estado peligroso o de falla para funcionar.



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



Fieldbus. Grupo de canales (buses) de comunicación industrial. Protocolo de comunicación digital, bidireccional, multipunto de bus serial usada para enlazar dispositivos de campo, tales como controladores, transductores, actuadores y sensores.

Función Instrumentada de Seguridad-FIS (SIF). Función de seguridad con un NIS (SIL) específico para lograr la seguridad funcional y que puede ser una FIS (SIF) de protección o una FIS (SIF) de control.

Función instrumentada de seguridad de control. FIS (SIF) con un NIS (SIL) específico operando en modo continuo que es requerido para prevenir que surja una condición peligrosa y/o para mitigar sus consecuencias.

Indicadores. Son dispositivos leíbles por los humanos que muestran información del proceso. Pueden ser analógicos o digitales, simples o complejos.

Instrumentación. Uso o agrupación de instrumentos con el propósito de observar, medir o controlar una o más variables o cualquier combinación de estas.

Modbus. Protocolo de comunicaciones situado en el nivel 7 del Modelo OSI, basado en la arquitectura maestro/esclavo o cliente/servidor.

Modo de Control. El modo de control se refiere a la acción correctiva del controlador sobre el elemento final de control para hacer que la variable controlada, se mantenga en el valor deseado, señal de referencia o punto de ajuste.

Modo de Control Proporcional. El modo de control proporcional busca dar una respuesta del controlador a buscar un equilibrio o proporcionalidad del proceso, en el cuál la posición del elemento final de control es proporcional a la magnitud de la desviación, dependiendo del valor de la banda proporcional.

Modo de Control Integral. El modo de control integral va a ajustar la desviación lo más rápido posible, así, el error es proporcional a la velocidad de la salida con respecto al tiempo.

Modo de Control Derivativo. Este modo de control corrige el tiempo de retardo del sistema, o sea, adelanta en tiempo dicha respuesta.

Modo de Control Dos Posiciones. En este modo de control el elemento final de control va de un extremo a otro, o sea, recorre toda su carrera, quedando en una de sus dos posiciones extremas, o todo abierto o todo cerrado dependiendo si el error con respecto al punto de ajuste es negativo o positivo.

Modelo de referencia OSI. Marco de referencia para la comunicación entre sistemas digitales fabricados por proveedores diferentes, en donde el proceso de comunicación se organiza en siete capas situadas en una secuencia por capas basadas en su relación con el usuario.

Cada capa utiliza la que se encuentra inmediatamente por debajo de ella y proporciona un servicio a la inmediata superior. Las capas 7 a 4 se refieren a la comunicación de extremo a extremo entre el origen y el destino del mensaje y las capas 3 a 1 a las funciones de red.



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



Modo de Operación. Existen dos modos de operación de un Sistema Instrumentado de Seguridad, dependiendo de la frecuencia de demanda los cuales son:

- *Modo de demanda baja (En demanda).*- es el modo en el cual la frecuencia de demandas para la operación del SIS no es mayor de una por año y no es mayor que el doble de la frecuencia de pruebas.
- *Modo de demanda alta (Continuo).* Es el modo en el cual la frecuencia de demandas para la operación del SIS es mayor de una por año o es mayor que el doble de la frecuencia de pruebas.

Nivel de Integridad de Seguridad-NIS (SIL). Es un nivel discreto para la especificación de los requisitos de integridad de las funciones instrumentadas de seguridad a ser asignadas a sistemas instrumentados de seguridad. Cada nivel discreto se refiere a cierta probabilidad de que un sistema referido a seguridad realice satisfactoriamente las funciones de seguridad requeridas bajo todas las condiciones establecidas en un periodo de tiempo dado.

Peligro. El peligro se define como aquella “condición química o física de un sistema, planta o proceso que tiene el potencial para causar daño a las personas, la propiedad y/o el ambiente”.

Probabilidad de Falla bajo Demanda-PFD. Un valor que indica la probabilidad de que un SIS falle para responder a una demanda.

Proceso. Sucesión de etapas físicas o químicas, con el objeto de obtener un producto deseado.

ProfiNet. Es una red de comunicación para intercambio de datos entre elementos de un sistema de control industrial, desarrollado de forma paralela a Profibus, y que opera a base de componentes que utilizan TCP/IP sobre una red tipo FastEthernet en modo Full Duplex.

Profibus. Protocolo abierto de red de campo, dirigido a un amplio rango de aplicaciones en automatización de procesos, que puede ser utilizado en aplicaciones de tiempo crítico de alta velocidad y tareas de comunicación complejas, para equipos de control de procesos analógicos (Profibus-PA) y para equipos de control digital (Profibus-DP).

Protocolo de Kyoto. Es el acuerdo institucional más importante en relación al cambio climático, que tiene su origen en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático en 1992. Busca reducir las emisiones de GEI's de los principales países industrializados con el fin de que en el periodo que va de 2008 a 2012 esas emisiones descenden un 1,8% por debajo de las registradas en 1990. Se aplica a las emisiones de 6 gases de Efecto Invernadero: CO₂, CH₄, N₂O, HCF, PFC y SF₆

Puerto GPIB: Puerto GPIB: (general purpose interface bus). El principal objetivo de este puerto es la interconexión entre ordenadores (computadoras y otros) e instrumentos de medición y/o controladores.

Punto de Ajuste o “Setpoint”. Es el valor en el cual queremos que se mantenga la variable controlada.



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



Rango. Conjunto de valores de la variable que puede medir el instrumento. Se especifica mediante el límite inferior y el superior.

Relé. Relevador. Tecnología usada en Sistemas Instrumentados de Seguridad basada en señales lógicas discretas (encendido/apagado).

Riesgo. Es la probabilidad de que ocurra un evento que va asociado con una consecuencia. Riesgo= probabilidad de falla x consecuencia.

Riesgo del proceso. Son los riesgos derivados de las condiciones del proceso causados por eventos anormales [incluyendo mal funcionamiento del SCBP (BPCS) o SDMC].

Riesgo tolerable. Riesgo que es aceptado en un contexto determinado sobre la base de los valores actuales de la sociedad.

Ruteador (Router). Dispositivo de red que interconecta dos o más redes de computadoras que tienen la misma arquitectura de red, el cual usa protocolos de las capas 1, 2 y 3 del modelo de referencia OSI.

SCADA. Los sistemas SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) son aplicaciones de software, diseñadas con la finalidad de controlar y supervisar procesos a distancia. Se basan en la adquisición de datos de los procesos remotos.

Seguridad. Libre de un riesgo inaceptable.

Seguridad funcional. Parte de la seguridad total relacionada con el proceso y el SCBP (BPCS) o SDMC que depende del correcto funcionamiento del SIS y otras capas de protección.

Sensor. Dispositivo o combinación de dispositivos que miden las condiciones del proceso (transmisores, interruptores de proceso, interruptores de posición, entre otros).

Señal Analógica. La señal analógica (4-20 mA, 1-5 V), es la forma de transmisión más común desde los años 60's, a partir de los años 90's se comenzaron a reemplazar por señales digitales.

Señal Digital. Son señales de niveles discretos que combinados de forma particular representan la magnitud de las variables de proceso. La metodología utilizada para combinar las señales digitales, se denomina protocolo, éste puede ser estándar, abierto o cerrado, por ejemplo: Ethernet, Profibus, CAN, Hart, etc.

Señal Neumática. Las señales neumáticas permiten que haya cambios en la presión de aire de una tubería, que son proporcionales a las variaciones de magnitud medida.

Sistema de Control. Conjunto de elementos interconectados para desarrollar funciones de supervisión y control con el propósito de mantener estables las condiciones del proceso.

Sistema de Control Distribuido (SCD). Es una red de procesadores digitales de información, con sistema operativo distribuido (funcional y/o geográficamente) y procesamiento en tiempo real operando bajo los conceptos de la teoría de control automático.



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



Sistema de Monitoreo de la Energía. Un sistema de monitoreo de energía es una red de medidores o analizadores de redes interconectados.

Sistema Digital de Monitoreo y Control (SDMC). Dispositivo basado en instrumentos, sistemas electrónicos de operación digital y sistemas de computadoras o bien basados en microprocesadores, para funciones de control y/o de adquisición de datos y no desempeña ninguna función instrumentada de seguridad, son todos los sistemas que utilicen protocolos de comunicación.

Sistema Instrumentado de Seguridad SIS. Es un sistema compuesto por sensores, revolvedores lógicos y elementos finales que tiene el propósito de llevar al proceso a un estado seguro cuando se han violado condiciones predeterminadas. Otros términos comúnmente usados son Sistema de Paro por Emergencia (ESD) o Sistema de Seguridad del Proceso o "Interlocks" de seguridad.

Tep. Unidad de energía que equivale, aproximadamente, a la cantidad de energía que se puede obtener quemando una tonelada de petróleo.

Transductor. Dispositivo que proporciona una salida utilizable en respuesta a una magnitud física, propiedad o condición específica que se desea medir. Generalmente se trata de un dispositivo utilizado para convertir un fenómeno físico en una señal eléctrica.

Variables de entrada. Son aquellas que representan el efecto de los alrededores sobre el proceso. Se pueden clasificar en:

- Manipuladas (o ajustables) que son aquellas en que su valor puede ser ajustado libremente por el operador o un mecanismo de control.
- Perturbaciones son aquellas en que su valor no es el resultado de un ajuste realizado por el operador ni el control.

Variables de salida. Son aquellas que representan el efecto del proceso sobre los alrededores. Se pueden clasificar en:

- Medidas que son aquellas en que su valor es directamente conocido de una medición y es la que se desea mantener estable.
- No medidas son aquellas que no pueden ser medidas directamente.

Variable de proceso. Son aquellas que pueden cambiar las condiciones de un proceso.

Variación de carga. Es un cambio no deseado en algún factor que pueda afectar la variable de proceso.



*La Administración Energética y la Importancia de la
Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.*



ANEXO 1. ANÁLISIS PRELIMINAR DE LOS CONSUMOS ENERGÉTICOS (ANÁLISIS ENERGÉTICOS)



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



Para establecer un sistema de administración energética, un primer paso es llevar a cabo un análisis de los consumos energéticos, caracterizar energéticamente la empresa y establecer una estrategia de arranque.

Esta etapa tiene como objetivo esencial conocer si la empresa efectivamente se viese significativamente beneficiada si implantara un sistema de administración energética que le permitiera abatir costos por sus consumos de energía, alcanzar una mayor protección ante los problemas de suministro de la energía, reducir el impacto ambiental, mejorar la calidad de sus productos o servicios, y de esta forma elevar sus beneficios.

Tabla 1. Consumos y efluentes energéticos

Proceso	CONSUMO ENERGÉTICO				Efluentes Energéticos					
	Portador 1		Portador 2		Gases		Líquidos		Sólidos	
	Unid. Caract	Unid. Equiv.	Unid. Caract	Unid. Equiv.	Unid. Caract	Unid. Equiv.	Unid. Caract	Unid. Equiv.	Unid. Caract	Unid. Equiv.
Total										

Contar con un buen sistema de administración energética resulta particularmente importante para las industrias energointensivas, y en general, para las empresas en las cuales la facturación por energéticos puede llegar a representar una elevada fracción de los gastos totales de operación.

Los métodos de análisis energéticos permiten ver claramente la energía involucrada en un proceso productivo, determinar las ineficiencias energéticas en el proceso o la planta, establecer comparaciones energéticas en el proceso o la planta, establecer comparaciones energéticas entre diferentes productos capaces de satisfacer una necesidad particular, costos futuros, etc.

Los métodos de análisis energéticos permiten ver claramente la energía involucrada en un proceso productivo, determinar las ineficiencias energéticas en el proceso o la planta, establecer comparaciones energéticas en el proceso o la planta, establecer comparaciones energéticas entre diferentes productos capaces de satisfacer una necesidad particular, costos futuros, etc.

Para una eficiencia energética, las áreas típicas para el mejoramiento de la energía pueden ser:

- Enfriamiento/refrigeración
- Calentamiento
- Aire comprimido
- Aislamiento
- Recuperación de calor
- Procesos de separación
- Iluminación



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



ANEXO 2. DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



Un Diagnóstico Energético es el instrumento imprescindible para saber cuánto, cuándo, cómo, dónde y por qué se consume la energía, así como la forma para establecer el grado de eficiencia en su utilización. Para ello, se requiere, tanto de una inspección minuciosa de las instalaciones como de un análisis energético detallado de los consumos y la forma en que se usa la energía.

Las medidas que se implementen como resultado del diagnóstico energético permitirán alcanzar ahorros significativos en el corto, mediano y largo plazos.

2.1 ¿En qué consiste un diagnóstico energético?

El diagnóstico energético es una herramienta técnica utilizada en la evaluación del uso eficiente de la energía.

El diagnóstico energético proporciona un análisis completo de toda la parte energética de la empresa o dependencia, tanto de equipos y aparatos como de sistemas auxiliares, así como los detalles operativos de cada uno de ellos y de manera integral.

2.2 Objetivos

El Objetivo de un diagnóstico energético es determinar el grado de eficiencia con la que es utilizada la energía.

Consiste en el análisis y estudio de todas las formas y fuentes de energía que utiliza una instalación industrial. Este análisis se hace de manera crítica en la instalación consumidora de energía, para así, establecer el punto de partida para la implementación y control de un Programa de ahorro de energía.

El diagnóstico nos dará la información apropiada para establecer los planes y procedimientos adecuados para lograr las metas de ahorro y eficiencia.

El enfoque es saber y entender en donde se utiliza la energía eléctrica de una empresa y proponer las medidas necesarias para ahorrar y hacer uso eficiente de la energía.

El objetivo final es la identificación de medidas técnicas y administrativas que sean rentables para el ahorro de energía eléctrica.

2.3 Tipos de Diagnósticos Energéticos

Para facilitar el uso del diagnóstico energético se ha concebido una clasificación por niveles. El diagnóstico energético es la herramienta técnica utilizada para la evaluación sistemática del uso eficiente de la energía, definiendo la situación del consumo y las posibles oportunidades potenciales de ahorro. Existen básicamente tres tipos de diagnóstico según su nivel de análisis.

- Diagnósticos Energéticos de Primer Nivel (DEN-1)
- Diagnósticos Energéticos de Segundo Nivel (DEN-2)
- Diagnósticos Energéticos de Tercer Nivel (DEN-3)



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



2.3.1 Diagnóstico Energético de Primer Nivel (DEN-1)

Mediante los diagnósticos energéticos de primer nivel se detectan medidas de ahorro cuya aplicación es inmediata y con inversiones marginales. Consiste en la inspección visual del estado de conservación de las instalaciones, el análisis de los registros de operación y mantenimiento que rutinariamente se lleva en cada instalación; así como el análisis de la información estadística de consumos y gastos por conceptos de energía eléctrica y combustibles.

Al realizar estos diagnósticos se deben considerar los detalles detectados visualmente y que se consideren como desperdicios de energía, tales como falta de aislamiento o purgas y salideros); asimismo, se deben detectar y cuantificar los costos y posibles ahorros producto de la administración de la demanda de energía eléctrica y de la corrección del factor de potencia.

Cabe recalcar que en este tipo de estudio no se pretende efectuar un análisis exhaustivo del uso de la energía, sino precisar medidas de aplicación inmediata. Su objetivo principal es la obtención de un balance global.

2.3.2 Diagnóstico Energético de Segundo Nivel (DEN-2)

Comprende la evaluación de la eficiencia energética en áreas y equipos intensivos en su uso. Este tipo de diagnóstico requiere de un análisis detallado de los registros históricos de las condiciones de operación de los equipos, lo que incluye la información sobre los volúmenes manejados o procesados y los consumos específicos de energía. La información obtenida directamente de la operación se compara con la de diseño, para obtener las variaciones de la eficiencia.

El primer paso es detectar las desviaciones entre las condiciones de operación con las del diseño, para así jerarquizar el orden de análisis de cada equipo o proceso.

El paso siguiente es conocer el flujo de energía, servicio o producto perdido por el equipo en estudio. Los balances de materia y energía, los planos unifilares actualizados, así como la disposición de los índices energéticos reales y de diseño complementan el diagnóstico, ya que permiten establecer claramente la distribución de la energía en las instalaciones, las pérdidas y desperdicios globales, y así determinar la eficiencia con la que es utilizada la energía.

Finalmente, se deben evaluar, desde el punto de vista económico, las medidas que se recomienden llevar a cabo, tomando en consideración que éstas se deben pagar con los ahorros que se alcancen y que en ningún momento deben poner en riesgo la liquidez de la empresa.

Su objetivo principal es la obtención de balances específicos de energía, así como potenciales de ahorro de energía sin y con inversión, aplicados al proceso.

2.3.3 Diagnóstico Energético de Tercer Nivel (DEN-3)

Consiste en un análisis exhaustivo de las condiciones de operación y las bases de diseño de una instalación, mediante el uso de equipos especializados de medición y control.



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



Deben de realizarse con la participación de especialistas de cada área, auxiliados por el personal de ingeniería. En estos diagnósticos es común el uso de las técnicas de simulación de procesos.

Además, facilitan la evaluación de los efectos de cambios de condiciones de operación y de modificaciones del consumo específico de energía, por lo que se requiere información completa de los flujos de materiales, combustibles, energía eléctrica, así como de las variables de presión, temperatura y las propiedades de las diferentes sustancias o corrientes.

Las recomendaciones derivadas de estos diagnósticos generalmente son de aplicación a mediano plazo e implican modificaciones a los equipos y procesos, e incluso de las tecnologías utilizadas. Debido a que las inversiones de estos diagnósticos son altas, la evaluación económica debe ser rigurosa en cuanto al periodo de recuperación de la inversión.

2.4 Beneficios de un Diagnóstico Energético

Cuando se realiza un diagnóstico energético se cuenta con la información para:

- Conocer el comportamiento y uso de la energía
- Evaluar cuantitativa y cualitativamente la energía que se consume
- Detectar áreas de oportunidad de ahorro y uso eficiente de energía
- Cuantificar los potenciales de ahorro de energía
- Analizar de manera detallada las instalaciones, a fin de estructurar propuestas técnicas viables, para ahorrar energía en los diversos sistemas eléctricos y térmicos.
- Determinar la eficiencia energética de la dependencia o entidad en términos de índices energéticos.
- Establecer un catálogo de acciones y medidas de ahorro
- Estimar la inversión requerida para la aplicación de las medidas de ahorro
- Determinación de beneficios energéticos, ambientales y económicos

2.5 Clasificación de las medidas de ahorro y uso eficiente de la energía

Las medidas para el ahorro y el uso eficiente de la energía se clasifican en 3 tipos:

- i. Medidas Operativas.- son aquellas que no requieren inversión o ésta no es significativa; se basan en el desarrollo y aplicación de medidas operativas y/o administrativas que logren un ahorro de energía.
- ii. Medidas Educativas.- Se refiere a las actividades que promueve la dependencia o entidad para la capacitación y promoción de mejores prácticas, con el objeto de ahorrar y hacer un uso eficiente de la energía, por parte del personal de la dependencia o entidad.
- iii. Medidas de Inversión.- en este rubro se consideran aquellas acciones que requieren de inversiones en equipos o materiales, de algún monto importante, para alcanzar ahorros importantes de energía.

2.6 Diagnóstico Energético Integral



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



El Diagnóstico Energético Integral proporciona un análisis completo de toda la parte energética de la dependencia, tanto de equipos y aparatos como de sistemas auxiliares, así como los detalles operativos de cada uno de ellos y de manera integral.

En un diagnóstico energético integral la medición de los parámetros térmicos y eléctricos de los principales equipos consumidores de energía es fundamental, en el tiempo y de forma integral.

El estudio tiene como propósito:

- Identificar el consumo por usos finales de energía térmica y eléctrica en las instalaciones.
- Establecer el nivel de eficiencia de su utilización por equipos, aparatos, sistemas y procesos, en términos de índices energéticos, y
- Proponer las medidas de uso eficiente de la energía de forma integral; determinar los beneficios energéticos, económicos, ambientales, así como establecer la inversión requerida para su aplicación.

2.7 Principales actividades a realizar en un Diagnóstico Energético

Para llevar a cabo con éxito un diagnóstico energético se deben de realizar el menos las siguientes acciones:

i. Planear los recursos y el tiempo para su realización

- Revisión de la información de las condiciones de operación del diseño actualizado de los equipos consumidores de energía térmica y eléctrica.
- Identificación y selección de la instrumentación que será utilizada en las mediciones, asegurándose que operen adecuadamente (proporcionan la información requerida y cuentan con la precisión y exactitud requerida)
- Elaborar un cronograma de trabajo en el que se indiquen las fechas en que se reportarán avances al responsable.

ii. Recopilar información (en el sitio)

Descripción del proceso

- Incluir un esquema de energéticos que muestre las corrientes de energía y los principales equipos. Consumo, generación, porteo de energía. En el límite de baterías.
- Describir brevemente el proceso o servicio de la instalación, incluyendo todos los energéticos que se utilizan en el proceso: Gas natural, gas residual, gas LP, combustóleo, diesel, carbón, CO, etc.
- Incluir los casos de operación que pueden influir en la Eficiencia Energética de la planta. (paro no programados, baja producción, falta de mantenimiento mayor, catalizador gastado, etc.)

Situación Energética

- Incluir en una tabla, la lista de los energéticos empleados, incluyendo energéticos residuales, el total de consumo de energía del año anterior que utilizó la planta, en



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



unidades de masa/volumen/electricidad y su equivalente en energía, expresando el porcentaje de energía que representa cada uno.

- Obtener el consumo de energía térmico y eléctrico en porcentaje.
- Incluir el costo total anual de cada uno y global.
- Incluir una lista de los productos/servicio que se tiene en la planta, y su producción/manejo/venta global para el año anterior, en las unidades que determine la instalación.
- Incluir en una tabla, la lista de los energéticos que utiliza la planta, incluyendo energéticos residuales, el total de consumo de energía del año anterior, en unidades de masa/volumen/electricidad y su equivalente en energía, y económico, expresando el porcentaje de energía que representa cada uno.

iii. Realizar mediciones puntuales

- Se deberán realizar mediciones que permitan conocer los consumos de energía térmica y electricidad, de la instalación.
- Para el análisis de las mediciones, deberán contar con equipo adecuado para la medición de los siguientes parámetros:
 - Composición del combustible
 - Consumo de energía térmica y eléctrica de los equipos consumidores de energía
 - Medición de gases de combustión: Temperatura, % de oxígeno, % de Monóxido de Carbono, % de Bióxido de Carbono.
 - Comprobar la operación de equipos importantes, logrando una mejor base para las estimaciones de ahorros potenciales y proporcionando una idea objetiva de la eficiencia de la planta.

iv. Analizar los datos recabados

- Definición, en función de la información obtenida, de un conjunto de medidas de ahorro de energía.
- Preparar índices de consumo de energía
- Evaluación económica de las medidas propuestas
- Jerarquización de proyectos y alternativas resultantes de los estudios
- Determinación de los potenciales de ahorro energético, ambiental y económico.
- Determinación de los índices energéticos de la instalación
- Recomendaciones y Medidas de Ahorro

2.8 Información que debe arrojar un Diagnóstico Energético

Al término del diagnóstico energético, la dependencia o entidad deberá contar con un informe que le proporcione al menos la siguiente información:

Potencial de Ahorro

- Incluir el potencial de ahorro de energía de la instalación, separado por sistema. Térmico y eléctrico. El potencial de ahorro de energía debe de considerar la operación de la planta como: Paros programados, paros no programados, producción, mantenimiento, catalizadores, etc.



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



Eficiencia de equipo

- Incluir en una tabla, el equipo consumidor de energía. Incluyendo la eficiencia de diseño y la de operación.

Medidas de ahorro

- Describir por equipo cada medida de ahorro de energía, incluyendo:
 - Descripción breve de la medida
 - Ahorro energético
 - Eficiencia posterior del equipo
 - Inversión
 - TREMA (Tasa de rendimiento mínimo aceptable)
 - Beneficio costo
 - Valor presente neto
 - Tasa interna de retorno
 - Tiempo de recuperación

Plan de trabajo y plan de acción

- Estrategia de implementación de medidas

2.9 Programa de actividades

Con base en la información que arroje el diagnóstico energético, la dependencia o entidad deberá realizar un programa para los próximos cinco años, el cuál detalle:

- Acciones operativas
- Acciones educativas
- Acciones de inversión
- Acciones de seguimiento (supervisión y mantenimiento)

2.10 ¿Que hacer después de tener un Diagnóstico Energético?

El programa permanente debe contar con la infraestructura técnica administrativa y financiera para llevar a cabo con éxito las medidas de conservación, uso eficiente y sustitución energética y como resultado el ahorro de energía.

La dependencia o entidad deberá instrumentar un programa permanente de ahorro, uso eficiente de la energía, seguimiento y control en sus instalaciones, el cuál debe formar parte del trabajo cotidiano de todos los servidores públicos.

Para llegar a este objetivo, se emplean las siguientes metas:

- Levantamiento de información
- Análisis preliminar de datos de consumo, costos de energía y de producción, para mejorar el entendimiento de los factores que contribuyen a la variación de los índices energéticos de la planta.
- Identificar las áreas de oportunidad que ofrecen potencial de ahorro de energía.



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



- Determinar y evaluar económicamente los volúmenes de ahorro alcanzables y las medidas técnicamente aplicables para lograrlo y establecer objetivos definidos y claros de ahorro de energía.
- Analizar las relaciones entre los costos y beneficios de las diferentes determinaciones dentro del contexto financiero y gerencial de la empresa, para poder priorizar su implementación.
- Diseñar y aplicar sistemas particulares para el ahorro de energía en las diferentes áreas de uso.
- Desarrollar un plan de acción para la realización de todos los proyectos de ahorro de energía, incluyendo fechas, metas y responsabilidades; tal plan de acción permitirá dar continuidad al Programa de Ahorro de Energía de la empresa.
- Disminuir el consumo de energía, sin afectar los niveles de producción.



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



ANEXO 3. AUDITORIA ENERGÉTICA



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



Para una administración efectiva de la energía, el análisis de sistemas es esencial como metodología: la auditoría energética es una herramienta la cuál aplica técnicas específicas con el objeto de determinar el grado de aprovechamiento de los recursos energéticos en alguna actividad productiva, y para conocer en forma confiable el consumo energético de una industria y así identificar factores y variables que intervienen en el consumo de energéticos, además, se aprovechan para identificar, evaluar y ordenar las distintas oportunidades de ahorro en función de su rentabilidad y productividad de la compañía, se realiza la caracterización energética de la compañía.

En otras palabras es un proceso sistemático para conocer en forma confiable el consumo energético de una industria y así identificar factores y variables que intervienen en el consumo de energéticos, además, se aprovechan para identificar, evaluar y ordenar las distintas oportunidades de ahorro en función de su rentabilidad y productividad de la compañía, se realiza la caracterización energética de la compañía.

La auditoría energética debe establecer todos los detalles del flujo de energía, cantidad, transformaciones, costos, el dónde y cómo se usa la energía para definir las oportunidades de conservación.

Primero se marca un proceso de conocimiento que nos debe aclarar toda una serie de cuestiones como:

- ¿cuáles son las fuentes energéticas empleadas?
- ¿cuáles son los consumos de cada una de ellas?
- ¿cómo y dónde se producen estos consumos?
- ¿cuándo y con qué frecuencia se realizan?

Dentro de los principales objetivos de una auditoria se mencionan los siguientes:

- Establecer metas para la conservación y ahorro de energía.
- Desarrollar y fijar normas específicas
- Identificar y analizar ahorros oportunos
- Colaborar con la elaboración de un banco de datos.
- Desarrollar indicadores energéticos.

Según estas ideas se puede conceptualizar la Auditoria energética como un proceso analítico que basado en información histórica y puntual, mediante la toma de datos y mediciones sistematizadas.

Con esta herramienta se establecen condiciones para poder identificar la energía consumida por equipo, operación básica y proceso total, constatando el modo cómo se realizan estos consumos, detectando las pérdidas, obteniendo rendimientos y en suma, llegar a determinar cuantitativamente el potencial de ahorro energético en cada uno de los elementos citados anteriormente.

3.1 Tipos de Auditorías Energéticas

Se pueden obtener tanto diagnósticos Energéticos o Auditorías Energéticas como plantas industriales o empresas existan, y éstos varían en tamaño, precisión y costos, dependiendo de



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



las fuentes energéticas y de las necesidades de las industrias que se diagnostican. Generalmente se reconocen tres categorías o niveles:

3.1.1 Auditorias de Primer Nivel o Preliminar.

Es la más económica y permite identificar entre el 60 y 70% de la energía utilizada en el proceso. Consiste en la inspección visual del estado de conservación de las instalaciones, además del análisis de los registros de operación y mantenimiento que se lleven a cabo en cada instalación.

Al realizar este tipo de Auditorias, se debe anotar los detalles que se detectan a simple vista, tales como fugas de vapor, falta de aislamiento, mala combustión en calderas, equipo innecesario, etc.

En esta Auditoria se busca detectar posibilidades de ahorro de aplicación inmediata y de nula o baja inversión. Así como, determinar fallas que requieren de estudios complementarios, e inversiones medias o altas, como sucede con equipo en mal estado, tecnología obsoleta, posibilidades de integración de procesos, dispositivos para aprovechar calor de desperdicios, etc. Es decir, es la base para Auditorias de más alto nivel.

Las Auditorias de primer grado son las de menor costo y para tener buenos resultados al aplicarlas se debe contar con la participación de los responsables de cada área de trabajo.

Es conveniente establecer la prioridad con la que se efectuarán las Auditorias con el fin de supervisar los avances de las medidas de ahorro y continuar la búsqueda de nuevas oportunidades de conservación de energía.

3.1.2 Auditorias de Segundo Nivel o de Campo.

Incluyen información sobre el consumo de energía por cada actividad; así como del equipo que utiliza la empresa en la transformación de las materias primas, estos datos se emplean en la elaboración de balances de energía y de masa, se debe incluir la evaluación de la eficiencia con que se usa la energía en las áreas y equipos que hacen uso intensivo de ella; como son las áreas de proceso y servicios auxiliares.

También debe incluir un análisis detallado de los registros históricos de las condiciones de operación de procesados y consumo de energía por unidad de producto. Esta información se compara con la obtenida directamente en campo mediante la adecuada instrumentación de medición y control así como los valores de diseño; con el fin de determinar variaciones en la eficiencia.

La cuantificación de las variaciones entre las condiciones de operación y las de diseño, permiten jerarquizar el orden en que se determina el flujo de energía; servicio o producto que se pierde por el equipo en cuestión.

La información de campo necesaria para realizar éstas evaluaciones se recopilan mediante instrumentos de medición de tipo portátil, fijo o semifijo. Los equipos básicos que generalmente se considerarán para llevar a cabo una Auditoria de segundo nivel; son los siguientes:



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



- Medidor de las velocidades de flujo en tuberías y equipo
- Vacuómetro y manómetro de tiro
- Analizador de gases de combustión
- Radiómetros ópticos
- Detector de fugas de tipo ultrasonido

La selección de los modelos de equipo enlistado, dependen de las características de la instalación, las condiciones del proceso en que se requiere efectuar la medición y los recursos disponibles. Dentro de la información recabada, se debe contar con:

- Programa operativo (mensual o anual)
- Tipo de energía usada
- Volúmenes procesados
- Consumo de energía por unidad de producto
- Porcentaje de utilización con respecto a la cantidad programada

Una vez determinados los potenciales de conservación y ahorro es entonces cuando con criterios de evaluación y factibilidad técnico-económica se deberán considerar otros parámetros como son: los reglamentos locales y de seguridad, así como los de impacto social, ecológicos, etc. Esta etapa deberá generar un informe completo y detallado.

3.1.3 Auditorias de Tercer Nivel

Este tipo de Auditoria es mucho más completa y profunda, por lo que se requiere de datos más precisos, por lo tanto es inadmisibles hacer estimaciones por falta de instrumentación.

Se deben de minimizar los errores de medidas para obtener información confiable previendo en la medida de lo posible todos aquellos factores que estén involucrados en la operación del proceso o equipo en estudio, que no representen el estado permanente o más probable.

En estas Auditorias es común el uso de técnicas de simulación de procesos, con el fin de analizar diferentes esquemas de interrelación de equipos y procesos, y por la facilidad que representan para evaluar los efectos de cambio de condiciones de operación en el consumo específico de energía.

En este tipo de Auditorias el análisis es más exhaustivo, por lo cual se requiere de información completa de flujos de materiales, servicios, combustibles y energía eléctrica, además de temperaturas, presiones y propiedades de las diferentes corrientes.

Las recomendaciones derivadas de los resultados que arroja una Auditoria de tercer nivel, generalmente son de aplicación a mediano y largo plazo y corresponden a modificaciones a equipos, implementación de sistemas cogenerativos, sustitución de catalizadores, cambio de solventes, modificaciones en el régimen de intercambio de calor, modificaciones en el sistema de control, reemplazo de unidades ineficientes, integración energético con centros vecinos.

Debido a que la inversión involucrada en las medidas derivadas de la aplicación de éstas Auditorías, que son medianas o altas, la evaluación económica debe ser rigurosa. Aún con estas características, los beneficios equilibran a los costos en periodos cortos.



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



3.2 Reducción de pérdidas técnicas

Se hacen los diagnósticos en cada fuente de transformación, sistemas energéticos, verificando las curvas de eficiencia, confiabilidad y seguridad en la operación, evaluando los costos que involucren los cambios de tecnologías que estén dentro o fuera de la compañía. Como lo son en (Fuerza Motriz, Transformación, Conducción eléctrica, Bombeo y ventilación, calderas, torres de enfriamiento y condensadores de evaporación, aire acondicionado, refrigeración industrial, etc.)

3.3 Mantenimiento Centrado en la Eficiencia

Consiste en implementar metodologías de mantenimientos preventivos y predictivos bajo las Normas IEEE en los diferentes elementos además planteamientos de mantenimientos en sistemas térmicos, bombeo y ventilación, aplicación de metodologías en vibraciones y balanceos de equipos rotatorios.

Con estas herramientas se establecen condiciones para poder identificar la energía consumida por equipo, operación básica y proceso total, constatando el modo cómo se realizan estos consumos, detectando las pérdidas, obteniendo rendimientos y en suma, llegar a determinar cuantitativamente el potencial de ahorro energético en cada uno de los elementos citados anteriormente.



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



ANEXO 4. SISTEMA DE MONITOREO DE ENERGÍA



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



Un sistema de monitoreo de energía es una red de medidores o analizadores de redes interconectados. Esta interconexión también puede incluir un servidor central.

El sistema puede:

- Concentrar la información de equipos de medición y tenerla disponible en interfaces de fácil manejo como los navegadores Web.
- Generar la información de costos de energía, demanda, factor de potencia, consumos, haciendo uso de mediciones en tiempo real, con los algoritmos que indica la Secretaría de Energía.
- Generar reportes de eventos de Calidad de la Energía (gráficos, tendencias, espectros, formas de onda).
- Enviar alarmas de comportamientos anormales en la red eléctrica, interrupciones en suministros. Estas son generadas directamente en el monitor de circuitos y enviados a internet.

4.1 ¿Por qué invertir en un sistema de monitoreo?

- Es la base del ahorro de energía.
- En USA el costo asociado a problemas de calidad de la energía fue 300 MDD.
- En México el promedio de eventos de calidad de la energía son 8 al año. ¿Cuánto cuesta cada paro?
- El costo de la energía para una planta promedio en México está entre 1 y 5 MDP. ¿Cuánto representa dentro de los costos de operación?

La solución se genera contemplando los equipos existentes y se complementa con las interfaces necesarias.

El nivel de complejidad del sistema de control y monitoreo, está íntimamente ligado a la arquitectura de las comunicaciones disponibles o proyectadas.

- En el Básico, medición en tiempo real; se desarrollan páginas HTML en interfaces Ethernet para traducir la información del protocolo de campo a la red de cómputo de área local o área amplia, se usan exploradores comerciales de internet para visualizar los parámetros de operación de los equipos en tiempo real.
- En el Intermedio, colección de datos para instalaciones atendidas en tiempos parciales; se utilizan servidores que mediante una interfase comercial de internet, permiten la recolección de información en una base de datos local para la visualización de tendencias de operación.
- En el Avanzado se utiliza el software, el cual cuenta con un vasto desarrollo de pre-ingeniería que permite una más amplia utilización de la información proporcionada por los elementos de campo, así como el manejo de herramientas adicionales, tales como el envío automático de correos electrónicos, capacidad de utilizar un simulador de facturación con algoritmo de la Compañía Suministradora, la ejecución de archivos .exe y .bat cuando un evento predefinido ocurra.



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



- El Enterprice, es una solución más versátil, permite reunir y administrar la información del usuario en un servidor externo a la planta, al que pueden acceder diferentes expertos mediante claves controladas; multiplicando la posibilidad de análisis y recomendaciones. Esta alternativa, asiste a los usuarios en el entendimiento de los elementos para la optimización del uso de la energía eléctrica y costos asociados a ella.

4.2 Alcance (actividades típicas)

- Asesoría e Intercambio de información
- Desarrollo de Oferta, análisis de filosofía de operación, asesoría, reconocimiento de equipos y dispositivos existentes, especificación y cotización respectiva.
- Desarrollo de especificaciones y dimensionamiento de equipos y accesorios
- Suministro de equipo nuevo
- Revisión de cableado entradas y salidas contra diagramas de alambrado
- Comisionamiento de señales de campo
- Verificación de comunicación e intercambio de datos
- Instalación y puesta en marcha del sistema completo

4.3 Beneficios de la oferta:

- Contar con información en tiempo real e histórico para la toma de decisiones en términos de un óptimo uso de la energía eléctrica
- Auxilia en la identificación de picos de consumo de energía, con el propósito de reducirlos, y en consecuencia obtener ahorros en la facturación de consumo de energía eléctrica
- Permite asociar costos de uso de energía por subestación o por línea de producción
- Acumula registros y elabora tendencias para una rápida identificación del problema ó planeación de mantenimientos



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



ANEXO 5. HERRAMIENTAS EMPLEADAS PARA LA EVALUACIÓN DE LA ADMINISTRACIÓN ENERGÉTICA



Una metodología para el estudio de la Tecnología de la Administración Total Eficiente de la Energía, consiste en la aplicación de herramientas técnico-organizativas que, aplicadas de forma continua con la filosofía y procedimientos de la administración total de la calidad, permiten identificar y utilizar todas las oportunidades de ahorro, conservación de energía y reducción de los gastos en los distintos sistemas energéticos de una empresa.

5.1 Diagrama Energético – Productivo.

Esta herramienta consiste en desarrollar el flujograma del proceso productivo, agregándole todas las entradas y salidas de materiales (incluidos residuos) y de energía, con sus magnitudes características para los niveles de producción típicos de la empresa. También en el diagrama se muestran los niveles de producción de cada etapa, así como entradas externas al proceso de materiales semiprocesados si los hubiera. Es conveniente expresar las magnitudes de la energía consumida en cada etapa del flujograma por tipo de energía consumida y en porcentaje con respecto al consumo total de cada tipo.

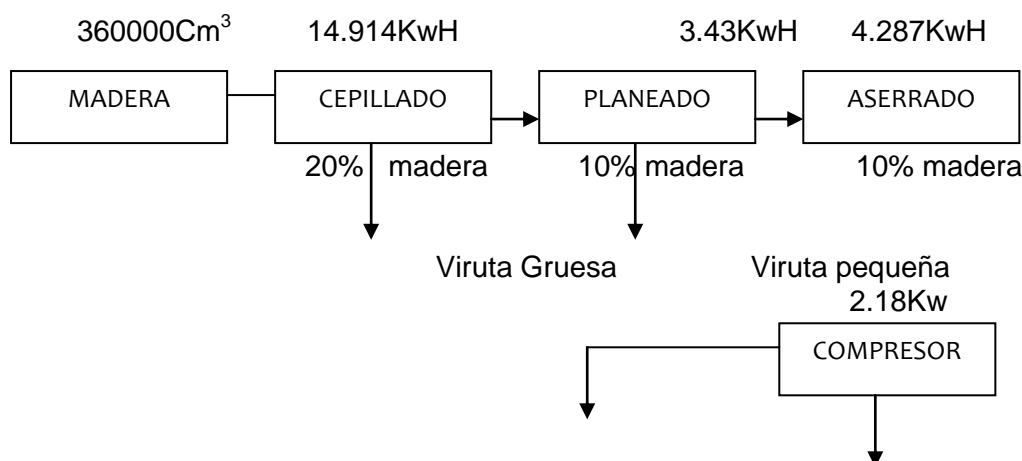


Figura 5. Ejemplo de un Esquema de un flujograma

La utilidad del Diagrama Energético – Productivo, es que muestra la relación entre las diferentes etapas del proceso productivo y las etapas mayores consumidoras por tipo de energético, muestra donde se encuentran concentrados los rechazos de materiales y los efluentes energéticos no utilizados, muestra las posibilidades de cambio en la programación del proceso o introducción de modificaciones básicas para reducir los consumos energéticos.

Facilita el establecimiento de indicadores de control por áreas, procesos y equipos mayores consumidores. Permite determinar la producción equivalente de la empresa.

5.2 Gráficos de Control

Los gráficos de control son diagramas lineales que permiten observar el comportamiento de una variable en función de ciertos límites establecidos. Se usan como instrumento de autocontrol y resultan muy útiles como complemento a los diagramas causa y efecto “pareto”, para detectar en cuales fases del proceso analizado se producen las alteraciones.



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



Su importancia consiste en que la mayor parte de los procesos productivos tienen un comportamiento denominado normal, es decir existe un valor medio (M) del parámetro de salida muy probable de obtener, y a medida que nos alejamos de este valor medio la probabilidad de aparición de otros valores de este parámetro cae bruscamente si no aparecen causas externas que alteren el proceso, hasta hacerse prácticamente cero para desviaciones superiores a tres veces la desviación estándar (3σ) del valor medio.

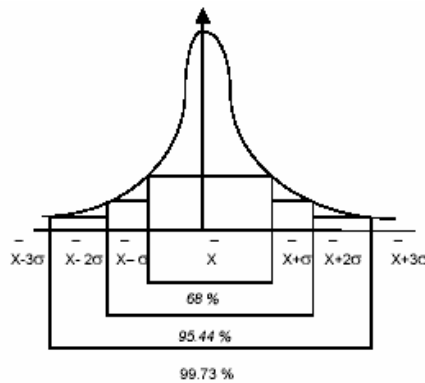


Figura 5.1. Campana de Gauss

Este comportamiento (que debe probarse en caso que no exista seguridad que ocurra) permite detectar síntomas anormales actuando en alguna fase del proceso y que influyan en desviaciones del parámetro de salida controlado.

El gráfico consta de la línea central y las líneas límites de control. Los datos de la variable cuya estabilidad se quiere evaluar se sitúan sobre el gráfico. Si los puntos situados se encuentran dentro de los límites de control superior e inferior, entonces las variaciones proceden de causas aleatorias y el comportamiento de la variable en cuestión es estable. Los puntos fuera de los límites tienen una pauta de distribución anormal y significan que la variable tuvo un comportamiento inestable. Investigando la causa que provocó la anomalía y eliminándola se puede estabilizar el proceso.

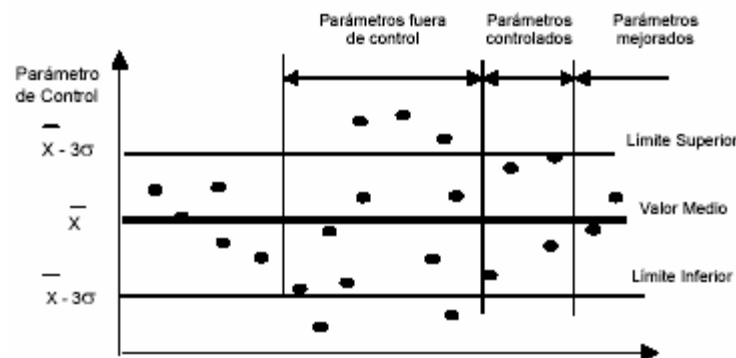


Figura 5.2 Gráfico de Control

La utilidad de los gráficos de control es conocer si las variables evaluadas están bajo control o no, conocer los límites en que se puede considerar la variable bajo control, identificar los comportamientos que requieren explicación e identificar las causas no aleatorias que influyen



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



en el comportamiento de los consumos, y conocer la influencia de las acciones correctivas sobre los consumos o costos energéticos.

5.3 Gráfico de consumo y producción en el tiempo (E – P vs. T).

Consiste en un gráfico que muestra la variación simultánea del consumo energético con la producción realizada en el tiempo. El gráfico se realiza para cada portador energético importante de la empresa y puede establecerse a nivel de empresa, área o equipos.

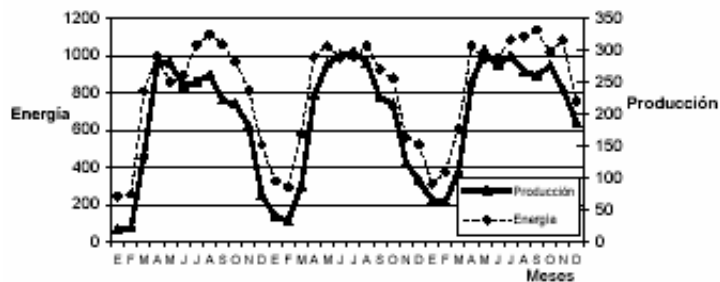


Figura 5.3 Gráfico E-P vs T

La utilidad de los gráficos E-P vs. T, radica en la muestra de períodos en que se producen comportamientos anormales de la variación del consumo energético con respecto a la variación de la producción.

Permiten identificar causas o factores que producen variaciones significativas de los consumos.

5.4 Diagramas de Dispersión y Correlación

Es un gráfico que muestra la relación entre 2 parámetros. Su objetivo es mostrar en un gráfico x,y si existe correlación entre dos variables, y en caso de que exista, qué carácter tiene esta.

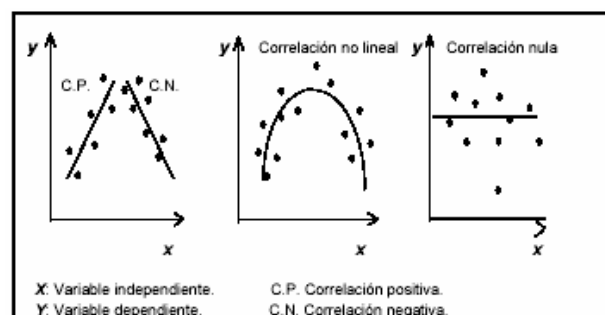


Figura 5.4 Tipos de Correlación

La utilidad de los diagramas de dispersión y correlación, es que muestran con claridad si los componentes de un indicador de control están correlacionados entre sí y por tanto si el indicador es válido o no.

- Permite establecer nuevos indicadores de control.
- Permite determinar la influencia de factores productivos de la empresa sobre las variables en cuestión y establecer nuevas variables de control.



5.5 Diagramas de consumo – producción (E vs. P).

Para las empresas industriales y de servicios, realizar un diagrama de dispersión de la energía usada por mes u otro período de tiempo con respecto a la producción realizada o los servicios prestados durante ese mismo período, revela importante información sobre el proceso.

Este gráfico de E vs. P puede realizarse por tipo de portador energético, y por áreas, considerando en cada caso la producción asociada al portador en cuestión. Por ejemplo: una fábrica de helados graficará el consumo de combustible o electricidad versus las toneladas de helados producidas, mientras que en un hotel turístico se puede graficar el consumo de electricidad o de gas versus los cuartos-noches ocupados.

La utilidad de los Diagramas E vs. P, es determinar en que medida la variación de los consumos energéticos se deben a variaciones de la producción. Mostrar si los componentes de un indicador de consumo de energía están correlacionados entre sí, y por tanto, si el indicador es válido o no.

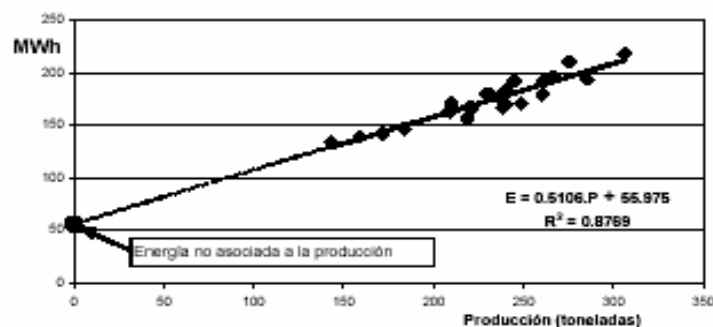


Figura 5.5 Diagrama de Consumo Electricidad vs. Producción

Después de recolectados los datos de consumo de energía y producción asociada para un mismo periodo de tiempo (día, mes, año), se gráfica los pares (E,P) y utilizando el método de los mínimos cuadrados o algún paquete estadístico, se determinan el coeficiente de correlación entre E y P. Después se traza la recta que más ajuste a los puntos situados en el diagrama o línea de tendencia.

La energía no asociada al proceso productivo en una empresa puede corresponder a:

- Iluminación de plantas, electricidad para equipos de oficinas, ventilación.
- Áreas climatizadas, tanto de calefacción como de aire acondicionado.
- Energía usada en servicios de mantenimiento.
- Trabajo en vacío de equipos eléctricos o térmicos.
- Energía perdida en salideros de vapor, aire comprimido, deficiente aislamiento térmico, etc.
- Pérdidas por radiación y convección en calderas.
- Precalentamiento de equipos y sistemas de tuberías.

5.6 Gráfico de tendencia o de sumas acumulativas (CUSUM).



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



Este gráfico se utiliza para monitorear la tendencia de la empresa en cuanto a la variación de sus consumos energéticos, con respecto a un período base de comparación dado. A partir de este gráfico también puede determinarse cuantitativamente la magnitud de la energía que se ha dejado de consumir o se ha consumido en exceso con relación al comportamiento del periodo base hasta el momento de su actualización.

La utilidad del gráfico de tendencia radica en conocer la tendencia real de la empresa en cuanto a variación de los consumos energéticos, en comparar la eficiencia energética de períodos con diferentes niveles de producción, en determinar la magnitud del ahorro o gasto en exceso en un período actual respecto a un período base y, en evaluar la efectividad de medidas de ahorro de energía.

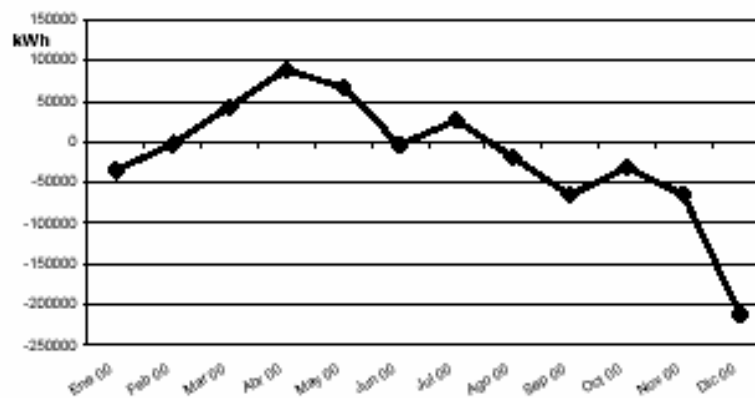


Figura 5.7 Diagrama Tendencia-Consumo-Electricidad

5.7 Diagrama de Pareto.

Los diagramas de Pareto son gráficos especializados de barras que presentan la información en orden descendente, desde la categoría mayor a la más pequeña en unidades y en porcentaje. Los porcentajes agregados de cada barra se conectan por una línea para mostrar la suma incremental de cada categoría respecto al total. El diagrama de Pareto es muy útil para aplicar la Ley de Pareto o Ley 80 – 20, que identifica el 20% de las causas que provoca el 80% de los efectos de cualquier fenómeno estudiado.

La utilidad del diagrama de Pareto es la de identificar y concentrar los esfuerzos en los puntos clave de un problema o fenómeno como puede ser; los mayores consumidores de energía de la fábrica, las mayores pérdidas energéticas o los mayores costos energéticos, la de predecir la efectividad de una mejora al conocer la influencia de la disminución de un efecto al reducir la barra de la causa principal que lo produce, y la de determinar la efectividad de una mejora comparando los diagramas de Pareto anterior y posterior a la mejora.



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.

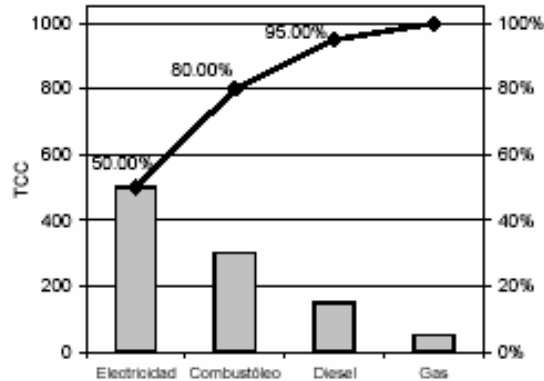


Figura 5.8 Diagrama de Pareto de Portadores Energéticos

5.8 Estratificación.

Cuando se investiga la causa de un efecto, una vez identificada la causa general aplicando el diagrama de Pareto, es necesario encontrar la causa particular del efecto, aplicando sucesivamente Pareto a estratos más profundos de la causa general. La estratificación es el método de agrupar datos asociados por puntos o características comunes pasando de lo general a lo particular. Pueden ser estratificados los gráficos de control, los diagramas de Pareto, los diagramas de dispersión, los histogramas y otras herramientas de descripción de efectos.

La estratificación es un método de análisis, no consta de un diagrama particular. Consiste en utilizar las herramientas de diagramas para profundizar en las capas interiores de las causas. Si se estratifica un diagrama de Pareto, en cada capa se utiliza un diagrama de Pareto para encontrar las causas particulares más influyentes en el efecto estudiado. Si se estratifica un gráfico de control, se subdivide el gráfico en períodos, máquinas, áreas, etc., para encontrar la influencia de estos elementos en la variabilidad del gráfico. Si se aplica la estratificación a un diagrama de dispersión, se agrupan los puntos por materiales, fabricantes, períodos, etc., para encontrar las causas de una alta dispersión, etc.



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



ANEXO 6. PROTOCOLO DE KYOTO



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



El Protocolo de Kyoto tiene su origen en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático que fue aprobado en la Sede de las Naciones Unidas, en Nueva York, el 9 de mayo de 1992. Esta Convención es fruto de un proceso internacional de negociación a raíz de la publicación del Primer Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés).

Reconoce que el sistema climático es un recurso compartido que puede verse dañado por todas las actividades (incluyendo las industriales) que emiten Dióxido de Carbono y otros gases de efecto invernadero (GEI's).

En virtud de esta Convención, los países firmantes:

- Recogen y comparten la información sobre las emisiones de GEI's, las políticas nacionales y las prácticas óptimas en materia de reducción de emisiones.
- Ponen en marcha estrategias nacionales para abordar el problema de las emisiones y adaptarse a los efectos previstos del cambio climático, incluida la prestación de apoyo financiero y tecnológico a los países en desarrollo.
- Cooperan para prepararse y adaptarse a los efectos del cambio climático.

El órgano supremo de la Convención es la Conferencia de la Partes (COP), que reúne anualmente a todos los Estados que han ratificado la Convención. En la primera de las Conferencias de las Partes (COP1) en Berlín en 1995, las Partes pusieron en marcha una nueva ronda de conversaciones para decidir la adopción de compromisos más firmes y más detallados para los países industrializados. Después de dos años y medio de negociaciones intensas, se adoptó el Protocolo de Kyoto en la COP3 de Kyoto (Japón), el 11 de diciembre de 1997.

6.1 Contenido del Protocolo de Kyoto

El objetivo del Protocolo de Kyoto es reducir las emisiones de GEI's de los principales países industrializados y según la propuesta inicial de 1997, los países firmantes debían lograr que en el plazo que va de 2008 a 2012 esas emisiones descendieran un 5,2% por debajo de las registradas en 1990. En la Cumbre de Bonn (julio de 2001) ese límite se ha fijado en un 1,8%, ya que de lo contrario se corría el riesgo de que el Protocolo no se ratificara.

Los principales componentes del Protocolo de Kyoto son los que a continuación se exponen:

- Gases contemplados
- Objetivos
- Países
- Mecanismos flexibles

6.1.1 Gases contemplados

El Protocolo de Kyoto se aplica a las emisiones de seis gases de efecto invernadero:

- Dióxido de carbono (CO₂);
- Metano (CH₄);
- Óxido nitroso (N₂O);
- Hidrofluorocarbonos (HFC);
- Perfluorocarbonos (PFC);



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



- Hexafluoruro de azufre (SF6).

6.1.2 Objetivos del Protocolo de Kyoto

El Protocolo de Kyoto marca objetivos obligatorios relativos a las emisiones de GEI's para las principales economías mundiales que lo han aceptado. Estos objetivos individuales van desde una reducción del 8% hasta un crecimiento máximo del 10% respecto a las emisiones del año base, que ha sido fijado en 1990 (se podrá utilizar el año 1995 para los gases fluorados) y según cita el Protocolo "con miras a reducir el total de sus emisiones de los GEI's a un nivel inferior de no menos de un 5% al nivel de 1990 en el periodo de compromiso 2008-2012" a nivel mundial.

En casi todos los casos, incluso en aquellos que tienen un crecimiento máximo de las emisiones del 10% sobre 1990, estos límites obligan a unas reducciones importantes sobre las emisiones proyectadas. Además de para el periodo de compromiso 2008-2012, se prevé el establecimiento de objetivos obligatorios futuros para periodos de compromiso posteriores a 2012.

6.1.3 Países firmantes

Los compromisos contraídos en virtud del Protocolo de Kyoto varían de un país a otro. Así, el objetivo de recorte global del 5% sobre los niveles de GEI's de 1990 para los países desarrollados oscila entre el recorte del 28% de Luxemburgo y el 21% de Dinamarca y Alemania; y un incremento máximo de las emisiones del 25% en Grecia y de un 27% en Portugal.

A continuación se presenta una tabla de los objetivos de emisión de GEI's contraídos por las diferentes partes:

Tabla 2. Objetivos de emisión de los GEI's

País	Porcentaje objetivo de emisión de GEI's
Comunidad Europea, Bulgaria, República Checa, Estonia, Lituania, Mónaco, Rumania, Eslovaquia, Eslovenia, Suiza, Letonia, Liechtenstein.	-8%
Estados Unidos de América	-7%
Canadá, Hungría, Japón y Polonia	-6%
Croacia	-5%
Nueva Zelanda, Federación Rusa, Ucrania	+0%
Noruega	+1%
Australia	+8%
Islandia	+10%

La Unión Europea ha asumido un objetivo conjunto de reducción del 8% de sus emisiones de 1990 para 2008-2012, si bien esta reducción ha sido distribuida de forma diferenciada entre sus Estados Miembros en función de sus características individuales. Así, el Estado Español tiene



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.



un objetivo de incremento máximo del 15% de sus emisiones de GEI's respecto a las generadas en 1990.

6.2 Extienden Protocolo de Kyoto hasta 2020

12 de Agosto de 2012. Cumbre de la ONU

Una cumbre de la ONU sobre cambio climático aceptó el sábado 11 de Agosto de 2012 extender hasta 2020 el Protocolo de Kyoto, un pacto que limita la liberación de gases de efecto invernadero de algunos países ricos, pero que sólo cubrirá un 15% de las emisiones globales.

La extensión fue adoptada por casi 200 países después de una serie de sesiones con disputas acaloradas y pese a la objeción de Rusia.

A pesar de que las expectativas eran bajas para la conferencia de dos semanas en Doha, muchos de los países en desarrollo rechazaron el acuerdo al considerarlo insuficiente para encaminar al mundo a combatir las crecientes temperaturas que aumentan los niveles de los mares. Algunas naciones de Oceanía consideran esto como una amenaza a su existencia.

6.2.1 Expiraba este año

El Protocolo de Kyoto fue creado en 1997, y controla la emisión de gases de invernadero causantes del calentamiento planetario, expiraba este año.

Sin embargo, la segunda fase sólo cubre un 15% de las emisiones globales después de que Canadá, Japón, Nueva Zelanda y Rusia se retiraron.

Los negociadores reunidos en Qatar pasaron la noche afinando los detalles de un pacto que permitirá al pacto de Kyoto vivir antes de que sean posibles más concesiones mutuas. Los países intentarán adoptar en 2015 un pacto más amplio que se aplicaría a todas las naciones y entraría en vigor cuando expire la extensión del Protocolo de Kyoto.



La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.





La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.





La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.





La Administración Energética y la Importancia de la Instrumentación y Control en los Procesos Productivos.

