

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERIA**

**MONITOREO Y CONTROL DE ENERGÉTICOS Y OTROS FLUÍDOS  
POR MEDIO DE INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL**

**TESIS**

**PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA  
DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA**

**POR**

**JOSÉ MANUEL PORRAS ACHTMANN**

**INGENIERO INDUSTRIAL**

**Guatemala, abril de 1999.**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

**MONITOREO Y CONTROL DE ENERGÉTICOS Y OTROS FLUÍDOS  
POR MEDIO DE INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 10 de febrero de 1997.

Atentamente,

A handwritten signature in black ink, appearing to read "José Manuel Porras Aichtmann". The signature is stylized and somewhat cursive.

**JOSÉ MANUEL PORRAS ACHTMANN**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERIA**

**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	ING. HERBERT RENÉ MIRANDA BARRIOS
VOCAL 1º.	ING. JOSÉ FRANCISCO GÓMEZ RIVERA
VOCAL 2º.	ING. CARLOS HUMBERTO PÉREZ RODRÍGUEZ
VOCAL 3º.	ING. JORGE BENJAMÍN GUTIÉRREZ
VOCAL 4º.	ING. DIMAS ALFREDO CARRANZA BARRERA
VOCAL 5º.	BR. JOSÉ ENRIQUE LÓPEZ BARRIOS
SECRETARIA.	INGA. GILDA MARINA CASTELLANOS DE ILLESCAS

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN**

**GENERAL PRIVADO**

DECANO	ING. HERBERT RENÉ MIRANDA BARRIOS
EXAMINADOR	ING. JUAN JOSÉ PERALTA DARDÓN
EXAMINADOR	ING. VÍCTOR MANUEL CARRANZA
EXAMINADOR	ING. HÉRNAN LEONARDO CORTEZ URIOSTE
SECRETARIA	INGA. GILDA MARINA CASTELLANOS DE ILLESCAS

Guatemala, 28 de Julio de 1998.

Ingeniero  
Francisco Gómez Rivera  
Director  
Escuela de Ingeniería Mecánica – Industrial  
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

Atentamente me dirijo a usted para someter a su consideración el trabajo de Tesis del Estudiante José Manuel Porras Achtmann, previo a obtener el título de Ingeniero Industrial.

El trabajo en mención se titula: **MONITOREO Y CONTROL DE ENERGETICOS Y OTROS FLUIDOS POR MEDIO DE INSTRUMENTACION INDUSTRIAL.** He asesorado y revisado el trabajo y considero que llena satisfactoriamente los requisitos, por lo que recomiendo su aprobación. Agradeciendo su atención a la presente y sin otro particular,

ID Y ENSEÑAD A TODOS



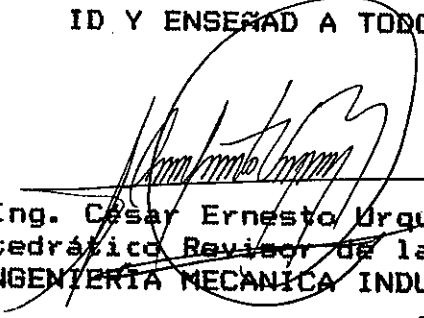
Ing. Oscar Fernando Mayen Flores  
COLEGIADO 3672  
Asesor de tesis



FACULTAD DE INGENIERIA

El Catedrático Revisor de Tesis de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor de Tesis al trabajo de tesis titulado **MONITOREO Y CONTROL DE ENERGETICOS Y OTROS FLUIDOS POR MEDIO DE INSTRUMENTACION INDUSTRIAL**, presentado por el estudiante universitario José Manuel Porras Achtmann, aprueba el presente trabajo y recomienda la autorización del mismo.

Y ENSEÑAR A TODOS

  
Ing. Cesar Ernesto Urquizú  
Catedrático Revisor de la Tesis  
INGENIERIA MECANICA INDUSTRIAL

Guatemala, enero de 1,999.

/emds



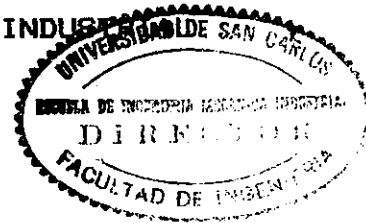


FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor con el Visto Bueno del Revisor de Tesis y del Licenciado en Letras, al trabajo de tesis titulado **MONITOREO Y CONTROL DE ENERGETICOS Y OTROS FLUIDOS POR MEDIO DE INSTRUMENTACION INDUSTRIAL**, presentado por el estudiante universitario José Manuel Porrás Achtmann, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Francisco Gómez Rivera  
DIRECTOR  
INGENIERIA MECANICA INDUSTRIAL



Guatemala, abril de 1999.

emds



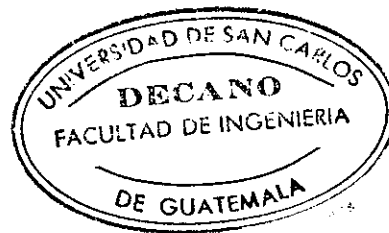
FACULTAD DE INGENIERIA

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de tesis titulado **MONITOREO Y CONTROL DE ENERGETICOS Y OTROS FLUIDOS POR MEDIO DE INSTRUMENTACION INDUSTRIAL**, presentado por el estudiante universitario **José Manuel Porrás Achtmann**, procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE

Ing. Herbert René Miranda Barrios  
DECANO

Guatemala, abril de 1999



emds

## ACTO QUE DEDICO

A DIOS

A MIS PADRES

URSULA ACHTMANN DE PORRAS  
HERMINIO PORRAS ARGUETA

A MI ESPOSA

HEYDI ROSALES DE PORRAS

A MIS HIJOS

HANS, HERSLY, JERSON Y CHRISTIAN

A MIS HERMANOS

MARIA SOLEDAD  
NORBERTO

A MI CENTRO DE TRABAJO

EQUIPOS Y SERVICIOS INDUSTRIALES

A MIS CENTROS DE ENSEÑANZA

INSTITUTO AMÉRICA LATINA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

A MIS FAMILIARES Y AMIGOS EN GENERAL

A MI PATRIA

GUATEMALA



## AGRADECIMIENTO

A: ingeniero Oscar Fernando Mayén,  
por su valiosa asesoría.

A: Gary Josué Pérez  
Germán Gutiérrez,  
por su ayuda para este trabajo.

A: ESINSA  
por permitirme adquirir nuevos conocimientos.

## INDICE GENERAL

	PAG.
ÍNDICE	I
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VI
GLOSARIO	VIII
INTRODUCCIÓN	XI
OBJETIVOS	XII
1. DEFINICIONES DE INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN, MONITOREO Y CONTROL EN PROCESOS INDUSTRIALES	
1.1 Elementos de lazo de control	1
1.2 Reseña histórica de la instrumentación	2
1.3 Conceptos y vocabulario de instrumentos de medición	4
1.4 Definición de sistemas de medición y control	8
1.4.1 Regulación automática	8
1.4.2 Discretos	9
1.4.3 Proporcional de tiempo variable	9
1.5 Analógicos	10
1.5.1 Proporcional	10
1.5.2 Proporcional integral	10
1.5.3 Proporcional integral y derivativo	10
1.6 Sistemas completos de medición y control	10
1.6.1 Servomecanismos	11

1.6.2	Sistemas de regulación automática	11
1.6.3	Sistemas de control de lazo abierto	12
1.6.4	Sistema de control de lazo cerrado	12
1.7	Sistema discreto de control	13
1.7.1	Relevación o mecanismo	13
1.8	Arquitectura de un PLC	15
1.9	Sistema de control distribuido	18
1.9.1	Sistema redundante	18
1.9.2	Comunicación HART	19
1.10	Convertidores de señal	20
1.11	Sistemas de registro y archivo	21

## **2. CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN Y APLICACIÓN DE MEDIDORES PARA FLÚIDOS MOTORES Y ENERGÉTICOS**

2.1	Tipos de fluidos sujetos a medición y control	22
2.2	Consideraciones especiales para cada fluido	22
2.3	Medidores para hidrocarburos	23
2.4	Medidores volumétricos	23
2.5	Medidores másicos (kilogramos, libras etc.)	24
2.5.1	Ventajas de un medidor másico	24
2.6	Medidores para gas	26
2.6.1	Líquido y comprimido	26
2.7	Medidores de agua	27
2.7.1	Tipo turbina	27
2.7.2	Magnéticos	28

2.7.3	Medidores de desplazamiento positivo	30
2.7.3.1	Disco mutante	30
2.7.3.2	Pistón recíprocante	30
2.8	Medidores para Sólidos	31
2.8.1	Balanzas por radiación nuclear	31
2.9	Líquidos especiales	33
2.9.1	Corrosivos	33
2.9.2	Abrasivos	33
2.10	Vapor	34
2.10.1	Placa de orificio	34
2.10.2	Tubo pitot	35
2.10.3	Tubo annubar	35
2.10.4	Vortex	35
2.11	Monitoreo de energía	39
2.12	Aplicación de los sistemas de despacho y medición	41
2.12.1	Descripción de la aplicación en la planta de procesamiento ARECA	41
2.12.2	Medición de vapor a través de medidor Vortex en la planta química Hoechst	43
2.13	Requisitos necesarios para solicitar equipos de medición	47
3.	<b>CARACTERÍSTICAS RELEVANTES DE LOS EQUIPOS DE MONITOREO, VENTAJAS y DESVENTAJAS DE LAS DIFERENTES LINEAS COMERCIALES</b>	
3.1	Evaluación de opciones de instrumentación industrial	47

3.2	Consideraciones fundamentales para la adquisición de equipos de medición industrial	49
3.2.1	Sobredimensionamiento	49
3.2.2	Perspectivas de crecimiento de la empresa	50
3.2.3	Dimensionamiento correcto de las instalaciones	50
3.2.4	Evaluación de cotizaciones	51
3.2.5	Ampliación de información técnica	52
3.2.6	Tiempo de entrega	52
3.2.7	Negociación	
3.2.8	Equipo obsoleto	
3.3	Características importantes en la evaluación de las distintas líneas comerciales	53
3.3.1	Especialidad definida	53
3.4	Factores de peso en la evaluación de equipo de medición	55
4.	<b>ASIGNACION DE COSTOS A LA PRODUCCION POR DEPARTAMENTOS, ÁREAS Y PROCESOS</b>	
4.1	Importancia de un adecuado prorrateo en la producción por departamentos y asignación de costos de los energéticos utilizados	57
4.2	Control de cada uno de los energéticos que se involucra en la producción	57
4.3	Consideraciones para las instalaciones en cada uno de los medidores	58
4.4	Cuantificación de costo por línea de producción	60

**5. ESTUDIO TÉCNICO PARA LA FACTIBILIDAD DE COMPRA  
DE EQUIPOS DE MEDICIÓN Y CONTROL**

<b>5.1</b>	<b>Evaluación económica de los equipos</b>	<b>61</b>
<b>5.2</b>	<b>Características y descripción del proceso a controlar</b>	<b>68</b>
<b>5.3</b>	<b>Rentabilidad de la inversión de los instrumentos</b>	<b>69</b>
<b>5.4</b>	<b>Evaluación por medio del método de valor presente</b>	<b>73</b>

<b>CONCLUSIONES</b>	<b>75</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>77</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>80</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>82</b>
<b>APÉNDICE</b>	<b>89</b>

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

No.	Título	Pag.
1	Elementos de control de proceso	1
2	Sistema cerrado de control	2
3	Loop manual de control	3
4	Conceptos y variables de medición	6
5	Estrategia de regulación automática	7
6	Arquitectura de un PLC	14
7	Esquema de aplicación de protocolo hart	17
8	Interfase hombre máquina	18
9	Convertidor de señal de corriente a presión	19
10	Sistema de registro y archivo	20
11	Cuadro comparativo de medidores	23
12	Diferentes modelos de medidores másicos	24
13	Medidor másico	25
14	Medidor de gas uso industrial	26
15	Cuadro descriptivo de medidores de turbina	28
16	Medidores magnéticos	29
17	Balanza por radiación nuclear	32
18	Sensor y controlador vortex	37
19	Sistema de control y monitoreo powerlogic	41
20	Diagrama de mezclas proyecto ARECA	43
21	Diagrama de medidores de vapor	45

## TABLAS

No	Título	Pag.
I.	Cuadro comparativo de los medidores Mas usados en el mercado.	38
II.	Cuadro descriptivo de medidores por diferente sistema.	51
III.	Evaluación por puntos de distintos fabricantes de medidores.	54
IV.	Tabla de distancias a considerarse para instalar Medidores de turbina.	58
V.	Cuadro de calculo para la materia prima de ARECA	65
VI.	Cuadro de insumos invertidos en la planta	66
VII.	Lista de lugares de aplicación de medición de fluidos	62
VIII.	Tabla costo - beneficio	71
IX.	Tabla comparativa de materias primas.	72
X.	Cuadro comparativo método de valor presente	74



## GLOSARIO

1. Abrasión                    Acción de raer o desgastar por fricción, afectada por la velocidad y la constancia.
  
2. Acidez                     Rango de pH de un fluido de 0 a 7 (concentración de iones de hidrógeno).
  
3. Alcalino                  Rango de pH de un fluido de 7 a 14 (concentración de iones de hidrógeno).
  
4. Backup                    Respaldo y copia de seguridad de un programa.
  
5. Batch                     Definición utilizadas para describir a la producción por lote y, no producción continua.
  
6. BTU                        British Thermal Unit (unidad de medida térmica británica).
  
7. Bunker                    Conocido también como fuel oil, se utiliza como combustible para calderas y otros quemadores.
  
8. Carta de registro        Utilizada para registrar temperatura, presión o cualquier otra variable.
  
9. Coriolisis                Sistema de medición utilizando la frecuencia simulada por el medidor y de esta manera inferir la masa o el volumen.

10. CPU Control Process Unit. (Unidad de control del proceso).
11. DCS Distributed Control System (sistema de control distribuido), realiza las funciones para control continuo y discreto en un mismo sistema.
12. Densidad Relación entre el peso de un cuerpo y el de igual volumen del agua.
13. HART High Way Addressable Remote Transmitter (transmisor remoto direccionable de vía rápida).
14. Hardware Sistema físico de la unidad de control incluyendo módulos de control, tarjetas de entradas y salidas etc.
15. Índice de productividad Parámetro de medición en porcentaje que indica el incremento o decremento de la productividad.
16. LPM Litros por minutos.
17. mA Señal de corriente universal en mili-amperios.
18. Micro-siemens Unidad de medida que indica la capacidad de conductividad de un fluido cualquiera.

19. Newtoniano Característica de un fluido al que no le afecta cambios en la temperatura.
20. NPT National Pipe Thread (Norma Internacional de Rosca).
21. PH Potencial de Hidrógeno. Mide la concentración de iones de hidrógeno.
22. PID Término que define un tipo de control, como lo es; proporcional, integral y derivativo.
23. PLC Program and Logic Controller (Controlador Lógico Programable).
24. RAM Random Access Memory. ( memoria de acceso aleatorio).
25. RS-485 Protocolo de comunicación remota, que permite hacer enlaces de equipo.
26. TIR Tasa interna de retorno. Permite evaluar un proyecto donde garantiza que la inversión se recupera a una misma tasa de interés.
27. Viscosidad Propiedad de un fluido a resistir el movimiento entre sus moléculas.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, en nuestro medio, pocas empresas emplean métodos o instrumentos adecuados para medir su materia prima; que en algunos casos, puede ser flujos de vapor, agua, búnker, electricidad, etc. Esta información se hace necesaria para reducir errores en formulaciones que traerían como consecuencia: desperdicios, mala calidad en el producto final, repeticiones del trabajo. Al realizarse permitiría el adecuado control financiero y estadístico para obtener los parámetros de costos involucrados en dicho proceso como en los diferentes procesos de transformación.

Los sistemas de monitoreo y/o medición apropiados permitirán que las empresas sean más competitivas, proporcionándole a los empresarios información valiosa respecto a costos, eficiencia, nuevos programas de mantenimiento preventivo, planificación, etc. Además, las empresas estarán adoptando una actitud vanguardista, ya que tomarán en cuenta el avance tecnológico de hoy y estarán mejor preparadas para efectos del mercado, como la globalización.

No obstante, en muchas empresas de Guatemala, la falta de instrumentos de medición se debe a su escaso conocimiento e información; y a menudo, a la falta de interés por parte de los productores y usuarios de este tipo de fluidos energéticos tales como: electricidad, hidrocarburos y otros, necesarios para su proceso. Esto impide obtener un conocimiento veraz del costo real de la producción, cuando en realidad, podrían evaluar y bajar los costos donde dichos fluidos energéticos se utilizan. Quizás esto requiera de una inversión aparentemente alta, pero que a mediano o incluso corto plazo le será a la empresa de mucha rentabilidad y beneficio.

## **OBJETIVO GENERAL**

- a) **Monitorear y controlar los principales fluidos que intervienen en un proceso de producción, para conocer el costo real de ellos, y así minimizar sus pérdidas por mal manejo.**

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- a) **Aplicación de los sistemas en la solución de problemas de medición de fluidos.**
- b) **Obtener con exactitud la cantidad de los insumos energéticos que más intervienen en el proceso a fin de determinar precios exactos en el producto final.**
- c) **Identificar los equipos adecuados para la aplicación correcta en la medición de los energéticos comunes que intervienen en el proceso de transformación.**
- d) **Mantener información actualizada a través de equipos de monitoreo que ayuden a tomar decisiones correctas, ya sea para el cambio, reparación o compra de equipo nuevo, como también tomar decisiones que ayuden al mejoramiento del proceso.**

# 1. DEFINICIONES PARA INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN, MONITOREO Y CONTROL EN PROCESOS INDUSTRIALES

## 1.1 Elementos de lazos de control

Para tener claro un concepto de medición y control en un determinado proceso es necesario mencionar el lazo de control (control loop), que literalmente es el conjunto de elementos en circuito cerrado que hacen posible el control automático:

**Sensor** Sensores específicos de Ph, flujo, temperatura o cualquier otra variable.

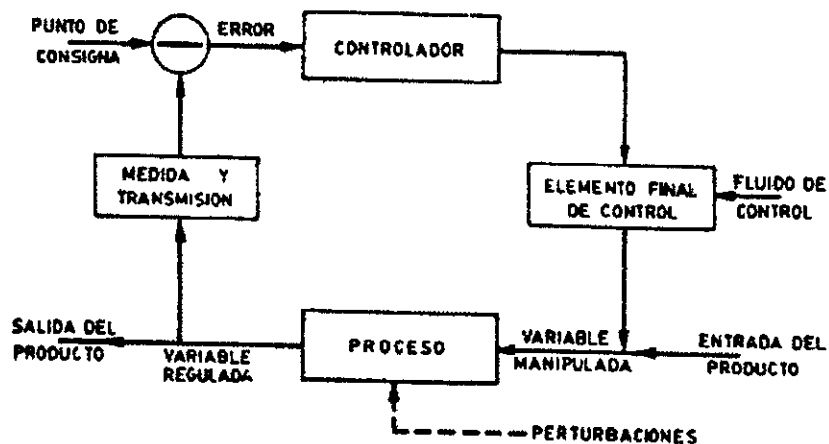
**Transmisor** Transductor de una señal de milivoltios a una señal estándar como por ejemplo 4-20mA, 0-10 VDC, etc.

**Controlador** Sistema que procesa la señal del transductor, y actúa de acuerdo a un punto de consigna, comandando así al elemento final de control.

**Elemento final de control** Actuador final por ejemplo, válvula, dosificador etc.

A continuación se indicará gráficamente los elementos mencionados anteriormente.

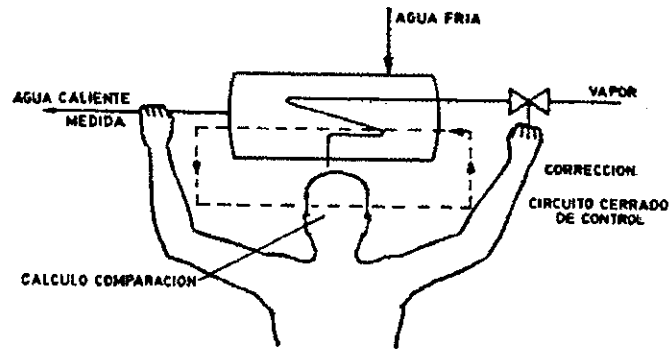
Figura 1 Elementos de control de proceso



FUENTE: INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL - ANTONIO CREUS PAG. 3

La confianza es una exigencia clave en los procesos así como el control. Una parte fundamental de esta exigencia está situada en el elemento final de control. De hecho, a causa de su misión final como elemento de control, se le hecha la culpa de malos resultados, aunque el fallo esté en la parte de medición, principalmente en el sensor, bien sea por mala selección de equipo, falta de mantenimiento u otra causa. La siguiente gráfica muestra este sistema.

**Figura 2 SISTEMA CERRADO DE CONTROL**



FUENTE: INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL - ANTONIO CREUS PAG. 486

## 1.2 Reseña histórica de la instrumentación

A lo largo de la historia el hombre siempre ha tratado de usar la tecnología para mejorar la productividad y aumentar la eficiencia en sus procesos y obtener así un beneficio propio. A medida que la era industrial se desarrolla la tecnología ha ido creciendo; ya que a los inicios de la revolución industrial sólo se usaban instrumentos simples, manómetros termómetros, válvulas manuales etc.; ésto debido en parte a la simplicidad de los procesos.

Sin embargo, en la medida que el grado de dificultad de controlar el proceso se ha incrementado, esto ha exigido el control y hasta la automatización completa.

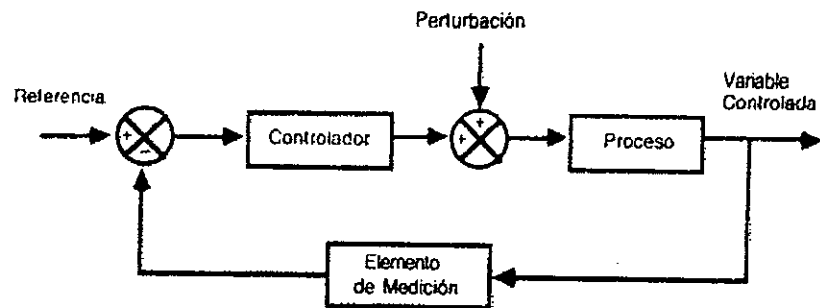
Esto ha permitido liberar al operario de la parte física, y, dedicarse a la supervisión directa del proceso, lo que ha contribuido enormemente a la estabilidad y estándares de calidad; cosa que no se logra si el operario está más interesado y preocupado de la parte operativa que lo que respecta a la parte manual.



Los procesos industriales a controlar se pueden dividir en dos categorías: procesos continuos y discontinuos o tipo batch. En ambos deben mantenerse bien las variables; es decir, en un valor fijo (presión, caudal, nivel temperatura etc.)

El sistema de control que permite este mantenimiento de las variables puede definirse como aquél que compara el valor de la variable o condición a controlar con un valor deseado, tomando una acción de corrección de acuerdo con la desviación existente.

**Figura 3** Loop manual de control



FUENTE: INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL - ANTONIO CREUS PAG. 486

### 1.3 Conceptos y vocabularios de instrumentación de medición

Definiciones por SCIENTIFIC APPARATUS MAKERS ASSOCIATION (SAMA).  
Norma PCM 20-2-1970.

**Campo de medida:** conjunto de valores de la variable a medir que están comprendidos dentro de los límites superior e inferior. Se expresa estableciendo los dos valores extremos.

**Alcance:** es la diferencia algebraica entre los valores máximo y mínimo del campo de medición, estos se pueden ajustar.

**Error:** es la diferencia algebraica entre el valor leído o transmitido por el instrumento y el valor real de la variable.

**Precisión:** es la tolerancia de medida o de transmisión que define los límites del error. Se pueden expresar de las siguientes maneras:

1. Porcentaje de todo el alcance.
2. Directamente en unidades de medida.
3. Porcentaje instantáneo del valor leído.
4. Porcentaje del valor máximo del campo de medida, (de la escala total).

**Zona muerta:** es el campo de valores de la variable que no hace variar la indicación o la señal del instrumento (%del alcance).

**Sensibilidad:** es la razón entre el incremento de la lectura y el incremento de la variable que lo ocasiona. (% del alcance).

**Repetibilidad:** es la capacidad de reproducción de las posiciones de la pluma o indicador del instrumento al medir repetidamente los valores en las mismas condiciones de servicio y en el mismo sentido (% del alcance).

**Histéresis:** es la diferencia máxima que se observa en los valores indicados por el índice o pluma de instrumento para el mismo valor cualquiera de campo, cuando, la variable recorre toda la escala en los dos sentidos (ascendente y descendente)

**Supresión de cero:** es la cantidad con que el valor inferior de campo supera el valor cero de la variable.

**Lazo de control:** sistema integrado por, sensor, transmisor, controlador y actuador final.

**Carga:** la carga del proceso es la cantidad total del fluido o agente de control que el proceso requiere en cualquier momento para mantener unas condiciones de trabajo equilibradas.

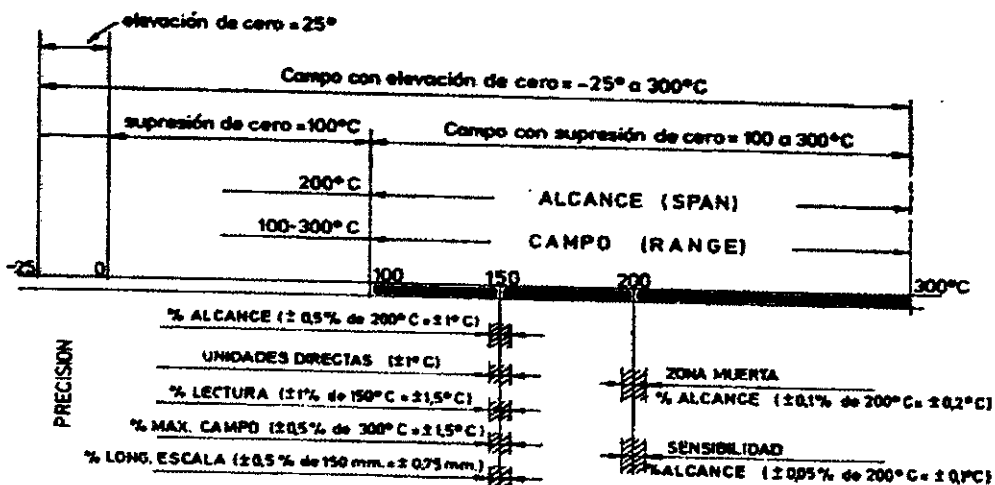
**Capacitancia:** es una medida de las características propias del proceso para mantener o transferir una cantidad de energía o del material con relación a una cantidad unitaria de alguna variable de referencia.

**Resistencia:** la resistencia es la oposición total o parcial de la transferencia de energía o de material entre las capacitancias.

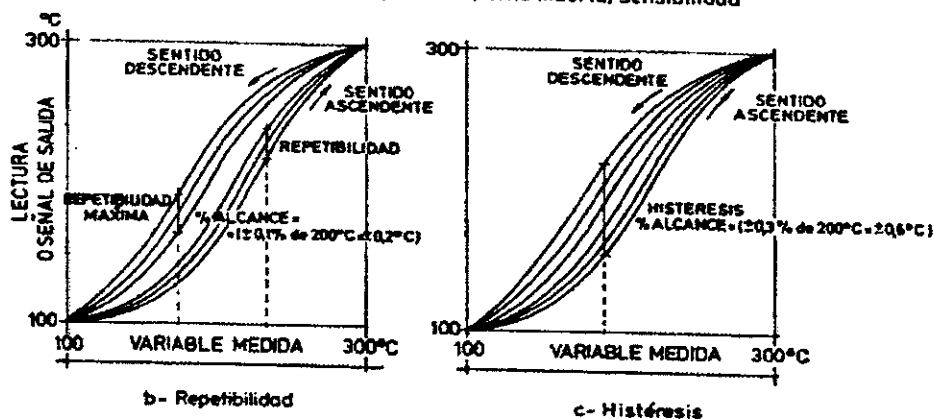
**Punto de Consigna:** es el valor deseado en el proceso.

La proxima figura compara los distintos terminos en una misma grafica lo que permite comparar cada una de estas variables.

Figura 4 Conceptos y variables de medición



a - Campo, alcance, precisión, zona muerta, sensibilidad



FUENTE: INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL- ANTONIO CREUS , PAG. 4

En la figura anterior se visualiza los diferentes parámetros para adquirir un instrumento de acuerdo a las necesidades de cada usuario.

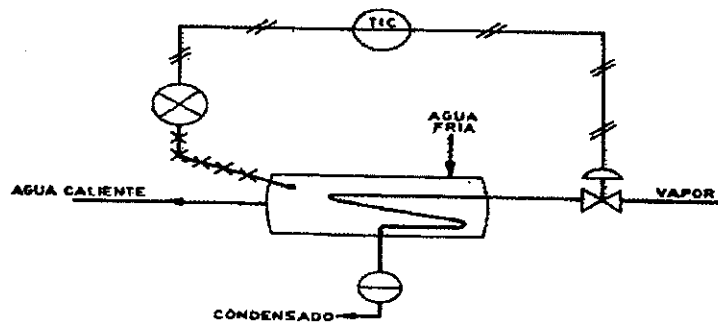
## 1.4 Definición para sistemas de medición y control

El control automático ha jugado un papel vital en el avance de la ingeniería y de la ciencia, ya que se ha convertido en parte importante e integral de los procesos de manufactura e industrias modernas. Debido a la fácil disponibilidad de computadoras digitales para uso de cálculos complejos y avanzados, el uso de estos sistemas de control de las operaciones de los procesos se está convirtiendo ahora en práctica casi necesaria y hasta habitual para los procesos.

### 1.4.1 Regulación automática

Hace algunos años e incluso ahora el control de procesos estaba basado en el tanteo y la intuición, así como también en la experiencia. A medida que el proceso es más complejo la posibilidad de error se hace más factible; y en estos casos el operador es quién juzga y decide la calidad del producto. El control automático básico esta formado por el proceso, el transmisor, el controlador y la válvula de control.

**Figura 5 Estrategias de regulación automática**



FUENTE: INSTRUMENTACION INDUSTRIAL ANTONIO CREUS, PAG. 3

El controlador permite al proceso cumplir su objetivo de transformación del material y realiza dos funciones que son:

1. Compara la variable medida con la medida deseada.
2. Establece el funcionamiento del lazo de control.

Un ejemplo consiste en calentar agua en un tanque a través de un intercambiador de calor por medio de una resistencia eléctrica, dado un voltaje, a una temperatura de entrada de agua y una demanda de esta constante. Si varía cualquiera de estas condiciones cambia la temperatura del agua. Esto se puede corregir con un sistema distribuido de control.

#### **1.4.2 Discretos**

También llamado todo o nada. En este tipo de control el elemento final de control se mueve rápidamente entre una de dos posiciones fijas a la otra, para un valor único de la variable controlada. Estos controladores de dos posiciones son aquellos cuya acción ocurre dependiendo del signo de la señal de error. Si este signo cambia, la acción de control cesa activa dependiendo de la lógica de control. Ejemplo típico de este tipo de control es el termostato de un aire acondicionado.

#### **1.4.3 Proporcional de tiempo variable**

En este sistema de regulación existe una relación predeterminada entre el valor de la variable controlada y la posición media en tiempo del elemento final de control de dos posiciones.

## **1.5 Analógicos**

### **1.5.1 Proporcional**

El sistema de regulación proporcional consiste en la relación lineal continua entre el valor de la variable controlada y la posición del elemento final de control.

La acción proporcional cambia la posición del elemento de control proporcionalmente a la desviación de la variable con respecto al punto de consigna.

### **1.5.2 Proporcional integral**

En el control integral, el elemento final se mueve de acuerdo con una función integral que mueve el elemento de control a una velocidad proporcional a la desviación de la variable con respecto al punto de consigna.

### **1.5.3 Proporcional integral y derivativo**

En la regulación derivada existe una relación lineal continua entre la velocidad de variación de la variable controlada y la posición del elemento final de control. (La acción derivada corrige la posición del elemento de control proporcionalmente a la velocidad de cambio de la variable controlada.)

## **1.6 Sistemas completos de medición y control**

a.-Sistemas de control retroalimentado: un sistema de control de este tipo es aquel que tiende a mantener una relación preestablecida entre la salida y la entrada

de referencia comparando ambas y utilizando la diferencia como parámetro de control.

### **1.6.1 Servomecanismos**

Un servomecanismo es un sistema de control retroalimentado en el cual la salida es alguna posición, velocidad o aceleración mecánica. Por tanto, los términos " sistema de control de servomecanismo" o "de posición" son sinónimos. El servomecanismo se utiliza ampliamente máquinas herramientas programadas.

### **1.6.2 Sistemas de regulación automática**

Un sistema de regulación automática es un sistema de control en el que la entrada de referencia o la salida deseada son; constantes, o bien varían lentamente en el tiempo. En este caso la tarea fundamental consiste en mantener la salida en el valor deseado a pesar de las perturbaciones presentes.

Un sistema de calefacción en el que un termostato es el control constituye un ejemplo de sistemas de regulación automática. En este sistema se compara el ajuste del termostato (temperatura deseada) con la temperatura efectiva de la habitación. En caso de no coincidir, se toma una acción correctiva. El objetivo del sistema de control es mantener la temperatura deseada en la habitación a pesar de la variación en la temperatura exterior.



### **1.6.3 Sistema de control de lazo abierto**

Los sistemas de control de lazo abierto son sistemas en los que la salida no tiene efecto sobre la acción de control; es decir, en un sistema de control de lazo abierto la salida no se mide, ni se compara con la entrada de referencia.

En la práctica, solo se puede usar el control de lazo abierto si la relación entre la entrada y la salida es conocida y si no hay perturbaciones ni internas ni externas. Nótese que cualquier sistema de control que funciona sobre una base de tiempo es de lazo abierto. Por ejemplo el control de un semáforo.

### **1.6.4 Sistema de control de lazo cerrado**

Un sistema de control de lazo cerrado es aquel en el que la señal de salida tiene efecto directo sobre la acción de control, es decir control retroalimentado.

La señal de error, que en este caso es la diferencia entre la señal de entrada y la de salida (retroalimentación), entra al control para reducir el error y llevar la salida del sistema al valor deseado. En otras palabras, la frase "lazo cerrado" implica el uso de la variable de salida como retroalimentación para reducir el error del sistema.

Considere un proceso térmico donde se usa vapor para calentar agua. Supóngase que aquí actúa un ser humano como controlador. Su intención es mantener la temperatura del agua caliente a un valor determinado. El termómetro instalado en la tubería de salida, indica la temperatura efectiva. Esta temperatura es la salida del sistema. Si el operador observa el termómetro y descubre que la

temperatura es superior a la deseada, reduce la entrada de vapor. De igual forma pero a la inversa lo hará si la temperatura baja. A este sistema se le denomina sistema de lazo cerrado manual.

Es importante hacer notar que aún en un sistema simple, un control automático es más eficiente que un ser humano. En casos de control de alta precisión, el control debe ser automático. La ventaja de un sistema de control de lazo cerrado es que el uso de la retroalimentación hace al sistema, en su respuesta, relativamente insensible a perturbaciones externas y las variaciones internas de parámetros del sistema.

## **1.7 Sistema discreto de control**

### **1.7.1 Relevación o mecanismos de relay**

Históricamente estos mecanismos considerados seguros constaban básicamente de enclavamientos eléctricos, los cuales proveían gran seguridad. No obstante, ello requería gran cantidad de demanda de mantenimiento y se incurria en enormes gastos, además no tenían mayor capacidad de comunicación, o auto-diagnóstico. Básicamente servían para un control todo o nada (on-off), para un proceso de ciclo continuo y determinado para las variables a controlar.

Este tipo de control funciona satisfactoriamente si el proceso tiene una velocidad de reacción lenta y posee un tiempo de retardo mínimo

## 1.8 Controladores Lógicos Programables (PLC's)

Los controladores lógicos revolucionaron a los sistemas de relay por su mayor capacidad de pasos, y las limitaciones de comunicación.

La facilidad de programación y versatilidad contribuyeron enormemente a la automatización de muchos procesos completos. Es importante considerar a cada PLC individualmente, debido una potencial falla que en algunos procesos puede ser peligrosa, como: procesos químicos y plantas de gas principalmente.

Existen diseños de fabricantes como por ejemplo MOORE PRODUCTS CO, que ha diseñado sistemas redundantes y normalmente éstos solamente tienen la entrada proveniente de un sensor, el procesador resuelve las funciones lógicas hace los cálculos y de acuerdo al requerimiento genera una salida, la cual típicamente energiza o des-energiza un relay de estado sólido o a va a un actuador de alguna valvula donde regula algún fluido.

El sistema de este fabricante es muy novedoso debido a que posee un autodiagnóstico de falla, así como alimentación redundante y también comunicación; hace un test exhaustivo en el CPU propio y la memoria RAM, todo esto en milisegundos cualquier anomalía encontrada por el sistema el control lo toma el "respaldo", sin transferencia de tiempo debido a que ambos sistemas están actualizados en cualquier momento. Los equipos se instalan redundantes en áreas críticas del proceso o por seguridad en algunas partes de la planta.

**Figura 6**      **Arquitectura de un PLC**



FUENTE: MOORE PRODUCTS. CO. APACS 353 PAG. 4

### **1.8**      **Sistemas de control distribuido**

A medida que el número de lazos de control aumenta en los diferentes procesos de las fábricas y que en algunos casos se requiere control combinado, es decir control continuo y discreto, se llegó a la necesidad de tener un sistema más seguro y eficiente, con características como:

- a. Cada controlador digital debe disponer de algoritmos de control seleccionables por software, que permitan resolver todas las situaciones de control.
- b. La velocidad en procesar la información debe ser rápida.
- c. Sistema de comunicación a los transmisores entre sí y los operarios.
- d. Sustituir un controlador único por varios controladores capaces de controlar individualmente el proceso.

El controlador básico del sistema es un microprocesador que proporciona los clásicos controles PID. Cabe considerar que muchos sistemas requieren control continuo combinado con el control discreto, antes debía ser separado incurriendo en ciertas complicaciones y obviamente más costoso, debido a la configuración, instalación, integración y mantenimiento de dos sistemas. El sistema APACS de MOORE PRODUCTS. CO., Creó un sistema que permite realizar este tipo de control, es decir integra a un CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE Y A UN SISTEMA DE CONTROL DISTRIBUIDO.

Este sistema permite un lenguaje combinado de cuatro distintos, texto estructurado, bloques funcionales, diagramas de escalera y bloques secuenciales. Todo ello, brinda una gran variedad de control de variados y complejos procesos en un mínimo de diseño y de tiempo importantes y valiosos recursos, además de ser de gran versatilidad permitiéndole al operario operar con seguridad.

A continuación se mencionaran algunas ventajas de este sistema:

- a. Rápida actualización de configuración en línea así como ver los valores en tiempo real.
- b. Reducción de hasta un 50% de "stock" por repuestos.
- c. Instalación sencilla por conectadores que permiten una rápida instalación.
- d. No restricciones de ambiente debido a que soporta temperaturas de hasta 60 grados centígrados y humedad de 90%
- e. Ya que hay módulos con combinaciones de distintas entradas y/o salidas.
- f. Opera en ambiente Window.

El Sistema de MYCROADVANTAGE posee sistemas de alarma manual lo que permite al operario tener anunciación audible y visual. Le despliega por detalles las posibles fallas, además de un historial en tiempo real. Posee distintos niveles de acceso, esto por seguridad de la configuración.

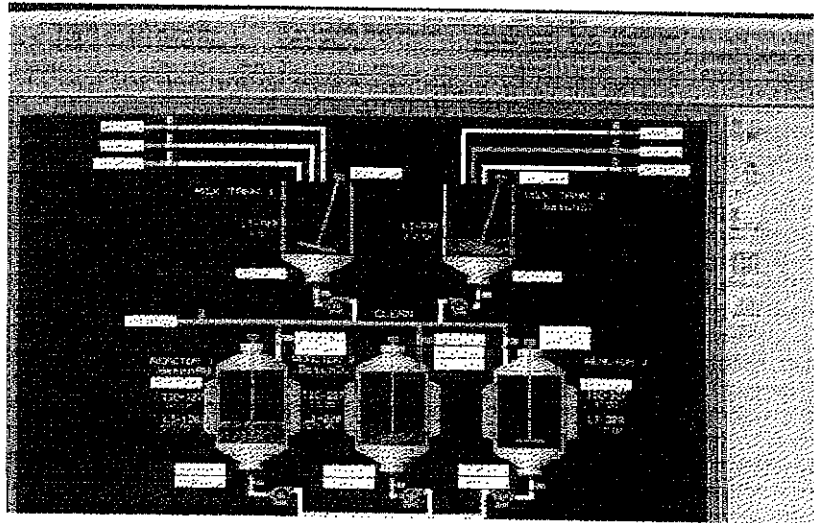
**SISTEMA SUPERVISOR:** dentro del control supervisor se usa el termino "Supervisory control and data acquisition", significando el uso de un ordenador huésped que usa los datos transmitidos desde el campo y presenta los resultados al operador para que actúe como supervisor e inicie alguna acción de control y utiliza unidades remotas de transmisión situadas a largas distancias del ordenador.

Estas unidades suelen ser inteligentes. Poco a poco los sistemas supervisores se han hecho semejantes al control distribuido, y la única diferencia reside en el tipo de circuito. El sistema APACS provee una poderosa base de operación del operador lo que permite satisfacer las necesidades del ingeniero de planta y del operador. Este sistema ofrece entre otros beneficios:

- a.- Permite expandir Hardware.
- b.- Reducción de factura por la necesidad entrenamiento.
- c.- Reducción de tiempo extra.
- d.- Fácil integración a sistemas establecidos.

El sistema de monitoreo del proceso es mejorado a través de tener menús de funciones configurables por el usuario, sistema de reportes. Posee botón de prioridad para acción de alarmas. El sistema posee un sistema completo, accesible de alarmas. El siguiente grafico enseña una visualización.

**Figura 7 INTERFACE HOMBRE MÁQUINA**



FUENTE: MOORE PRODUCTS, CO. BLOO294 PAG. 11

### **1.9 Sistemas redundantes**

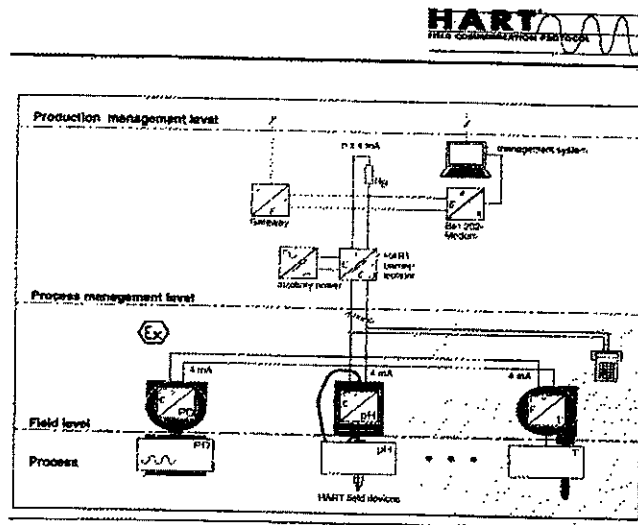
Este sistema consiste principalmente en duplicación de ciertos puntos de control del proceso, siendo este el respaldo para cualquier operación. Sin embargo, es utilizado solo en partes críticas y de alta prioridad debido al costo que representa duplicar cualquier tipo de control.

### **1.10 Comunicación HART**

Este es el nombre de un protocolo de comunicación que es compatible con sistemas existentes de 4-20 mA. Es una señal de frecuencia, análoga superpuesta. Esta no es un sistema cerrado, sino abierto es decir, no es lenguaje propietario. Este tipo de comunicación permite comunicar hasta 8 transmisores por un mismo par de cables si consideramos el ahorro de instalación material, mano de obra entre otras,

es una cualidad que es importante considerar al adquirir equipos de control ya que el ahorro, el cual es muy significativo versus el costo del equipo pesa en la toma de la decisión contra equipos que no posean este tipo de comunicación.

Figura 8 ESQUEMA DE APLICACIÓN DE PROTOCOLO HART



FUENTE: HART FOUNDATION PROTOCOL

### 1.10 Convertidores de señal

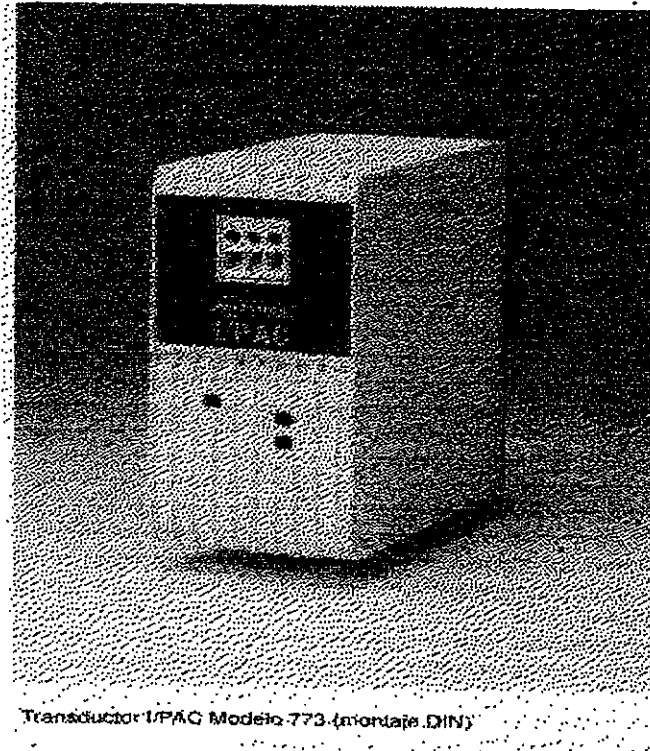
Estos son necesarios donde tenemos control neumático y necesitamos el mando electrónico. Existen convertidores como los que presentan a continuación:

1. Neumático - eléctrico y viceversa.
2. Mecánico - eléctrico y viceversa.
3. Eléctrica voltaje - Eléctrica corriente (mA).



A continuación se presenta un modelo de un convertidor de corriente a presión.

**Figura 9 CONVERTIDOR DE SEÑAL DE CORRIENTE A PRESIÓN**



FUENTE: MOORE PRODUCTS, CO. BI00294 Pag. 16

### **1.11 Sistemas de registro y archivo**

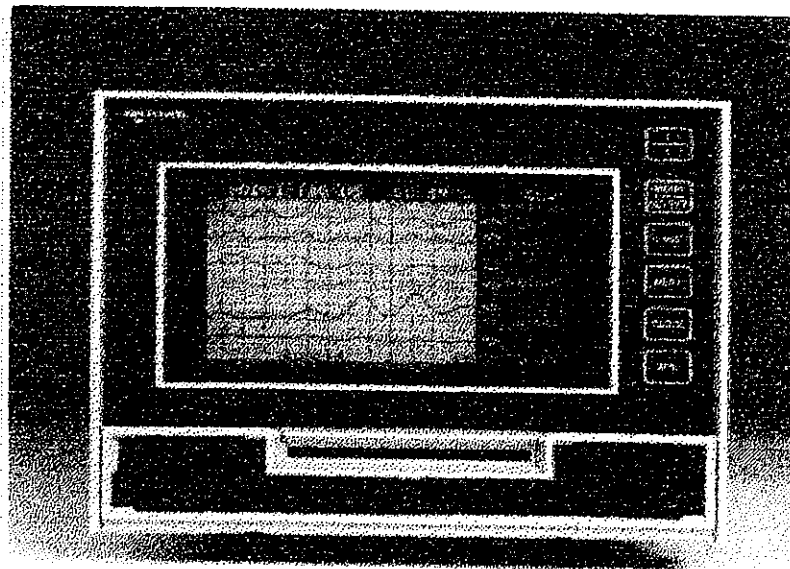
En la actualidad para todo aquello que requiere de historial con control de calidad o bien supervisión simple de la operación, se puede tener un registro de

las distintas variables a través de registro digital, así como el convencional de cartilla. La ventaja del electrónico sobre el convencional es que tenemos acceso de 30 días continuos, 24 horas de información actualizada en el mismo equipo o hacer backup de la información que se requiere grabar. Esto evita el cambio de cartilla diaria, repuestos de plumilla etc. Además, estos nuevos sistema permiten la alimentación de información estadística, como la media, promedios, deltas etc. y por supuesto gráficas por medio del software.

Todo ello es de gran valor en la actualidad ya que podemos hacer tendencias, pronósticos y otro tipo de análisis, los cuales son muy útiles en estos días donde se requiere de estadísticas y tendencias para la toma de decisiones.

También es importante para determinar la hora de alguna falla o alteración del proceso, en momentos que no hay personas supervisando algún proceso.

**Figura 10 Sistema de registro y archivo**



FUENTE: MOORE PRODUCTS, CO. BI002294 PAG. 7

## **2. CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN Y APLICACIÓN DE MEDIDORES PARA FLUIDOS MOTORES Y ENERGÉTICOS**

### **2.1 Tipos de fluidos sujetos a medición y control**

Todo fluido es sujeto a medir, sin embargo, debemos limitarnos a aquellos que por su importancia en el proceso o por su alto volumen y costo lo americe y justifique.

Por ejemplo en un proceso donde se debe agregar cierta cantidad de agua, el medidor se justifica para que la mezcla sea adecuada, homogénea, proporcional y de calidad, y no precisamente, por su valor monetario. Sin embargo, en el consumo de bunker de una caldera que no se sabe con exactitud la cantidad de vapor obtenida por cada galón de combustible invertido, se hace muy necesario para manejar un adecuado inventario del fluido que permita evaluar la eficiencia de la caldera, y además cotejar la cantidad de BTU-HORA que se esta produciendo versus lo consumido.

### **2.2 Consideraciones especiales para cada fluido**

Es importante considerar las características así como las condiciones de operación de cada fluido; con esto se refiere principalmente al tipo de medidor a utilizar así como a la naturaleza del fluido. Sin embargo, si fuera algún solvente esto no es seguro, debido a que el medidor magnético trabaja con campos magnéticos y podría ocurrir una explosión, o bien en el caso que su

conductividad fuere menor de 20 micro Siemens tampoco lo haría ya que el medidor necesita dicha característica para conducir entre sus dos electrodos.

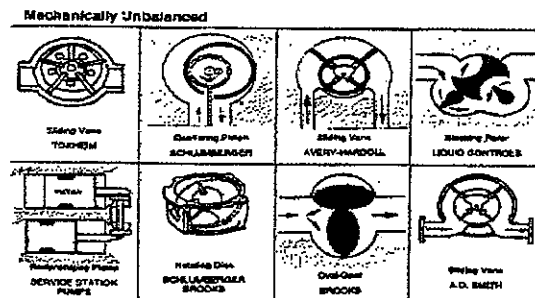
### 2.3 Medidores para hidrocarburos

Este tipo de medición es muy especial debido a los cambios de volumen que los hidrocarburos presentan por cambios en la temperatura, razón por lo que esto debe considerarse en el momento de decidir entre un medidor volumétrico y un medidor másico. Estos medidores son recomendables por la exactitud del instrumento, además, a un medidor másico no le afectan los cambios en la temperatura, en la viscosidad ni en la densidad.

### 2.4 Medidores volumétricos

También conocidos como medidores de desplazamiento positivo midiendo el caudal contado o integrando volúmenes separados. Aprovechando la energía transmitida del líquido a través de la bomba o por gravedad. Entre estos tenemos: disco oscilante, pistón oscilante, medidor rotativo y medidor pistón recíprocante.

Figura 11 Cuadro comparativo de medidores



FUENTE: SCHLUMBERGER DIVISIÓN DE MEDICIÓN m/6 6/84 PAG. 47

## **2.5 Medidores másicos (tipo coriolis)**

Estos medidores revolucionaron por su exactitud y ventajas a los medidores convencionales VOLUMETRICOS.

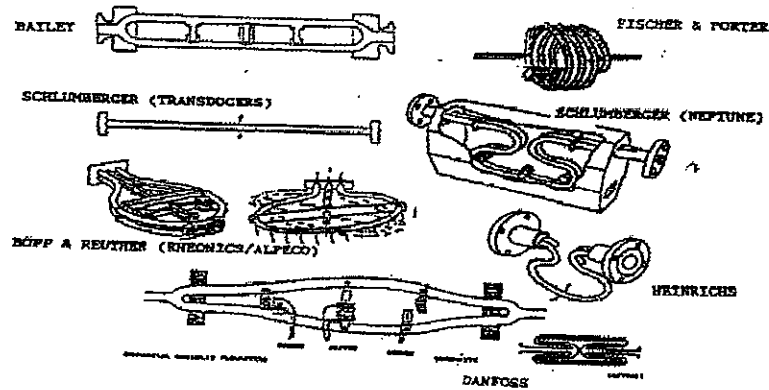
Si bien en la industria se utilizan normalmente medidores volumétricos de caudal con el caudal determinado en las condiciones de servicio, o bien compensando la presión, la temperatura o la densidad, en ocasiones interesa también aprovechar las características medibles de la masa.

### **2.5.1 VENTAJAS DE UN MEDIDOR MÁSIKO TIPO CORIOLIS**

- I. Medida de masa es una medida primaria.
- II. No requiere compensación por cambio de temperatura densidad o viscosidad.
- III. Fluidos con propiedades de variación pueden medirse simplemente sin otro tipo de compensaciones.
- IV. Gran exactitud intrínseca.
- V. Ningún otro medidor lo mejora en exactitud.
- VI. Permite operaciones continua o tipo batch.
- VII. No posee partes en movimiento.
- VII. No existe degradación de exactitud por tiempo de servicio.
- VIII. Gran tolerancia y medición de sólidos en suspensión.
- IX. Múltiple variables de medición.
- X. Medición de masa (Kilogramos, libras, etc.), volumen (Litros, Galones).  
temperatura(°F., °C). densidad, porcentajes de sólidos.
- XI. Tiene una curva libre de mantenimiento.

Además, provee la mejor combinación por medio de la medición tipo coriolis de exactitud y caída de presión.

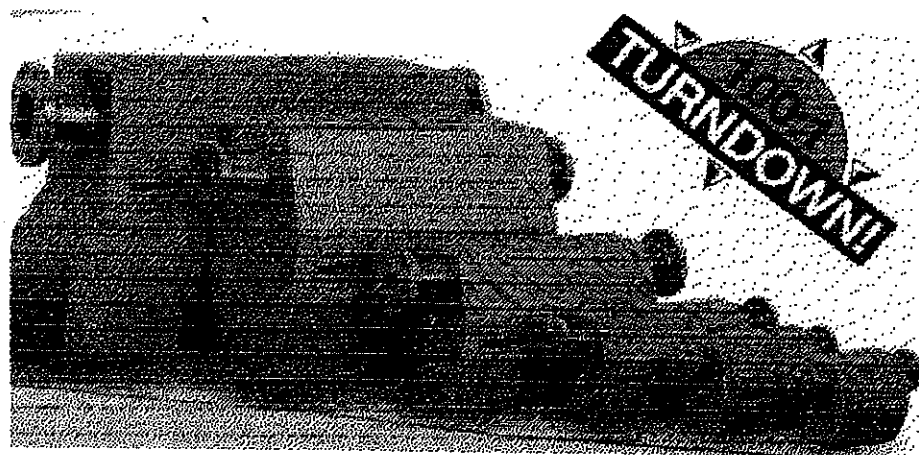
Figura 12. Diferentes modelos de medidores másicos



FUENTE: SCHLUMBERGER INDUSTRIES BOLETIN 3 1992

A continuación se presenta el medidor tipo másico del fabricante Schlumberger.

Figura 13. Medidor másico



FUENTE: SCHLUMBERGER INDUSTRIES10-696 PAG 2

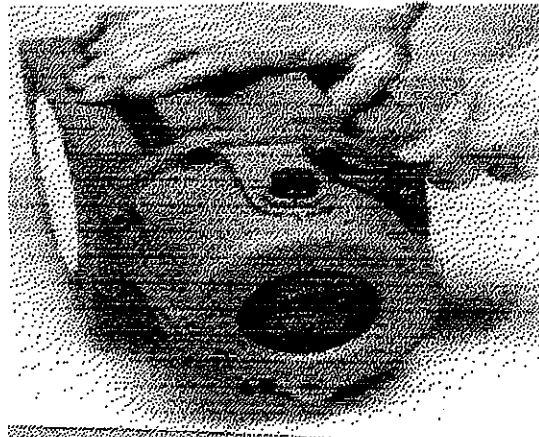
## 2.6 Medidores para gas

Considerando que la medición de gas en nuestro medio no es distribuida por una red como lo hacen en otros países es necesario tener un contador principalmente en áreas de alto consumo o simplemente para prorratear distintas líneas de producción que consumen gas, o simplemente para control de inventarios.

### 2.6.1 Liquido- comprimido

Existen medidores de gran exactitud para propano licuado y gas butano. Estos medidores utilizan un sistema de pistón oscilante de desplazamiento positivo con medición tipo cilindro. Maneja flujos desde 11 LPM Hasta 68 LPM, Además, trabaja en presiones de hasta 350 PSI en temperaturas desde  $-23^{\circ}\text{C}$  hasta  $60^{\circ}\text{C}$  Los medidores de Schlumberger de la Línea Neptune poseen compensación por cambios de temperatura.

**Figura 14** Medidor de gas marca Neptune



FUENTE: SCHLUMBERGER INDUSTRIES. 2M 06/94 PAG. 4

## **2.7 Medidores de agua**

Pese a ser un fluido que en la mayoría de casos no representa un alto costo a menos que pase por un estricto sistema de purificación, caso que casi no se da, puede en muchos ser crítico por cuestiones de dosificación o lo especial que deben de ser las cantidades suministradas en una determinada operación. Muchas veces este fluido se constituye por aguas residuales con altos porcentajes de sólidos en suspensión y con excesos de acidez o alcalinidad y se necesita dosificar algún químico para neutralizar el Ph por cuestiones de medio ambiente o por regulaciones gubernamentales. Por ello, se recomiendan los siguientes medidores.

### **2.7.1 Tipo turbina**

Este medidor como se aprecia en el dibujo consiste en: un sensor con una turbina que gira al ser impulsada por el fluido, esta a su vez posee magnetos en cada una de las aspas, generando de esta manera una frecuencia que es dirigida al transmisor, que la convierta a una señal lineal, digitalizándola para posteriormente verse en una pantalla líquida. Ya que el caudal es igual a área multiplicada por la velocidad lineal del fluido este sensor determina la velocidad, infiriendo así el caudal.

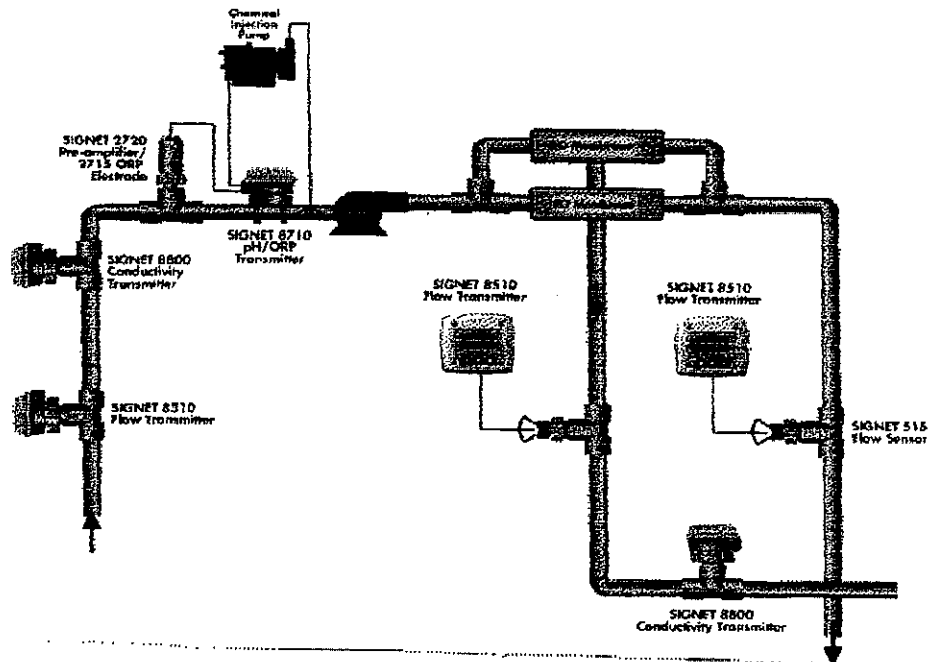
Este tipo de medidores sirve para fluidos limpios con un número de Reynolds superior a 4500 y que su variación de densidad por temperatura no sea tan grande y frecuente.

Su principal ventaja es bajo costo, exactitud del 0.15% y su versatilidad, ya que un mismo sensor se puede colocar en diferentes diámetros de tubería



desde 0.5" hasta 12" únicamente cambiando el accesorio de conexión del sensor.

**Figura 15 Cuadro descriptivo de medidores de turbina**



FUENTE: GEORGE FISCHER-SIGNET.

### 2.7.2 Medidores magnéticos

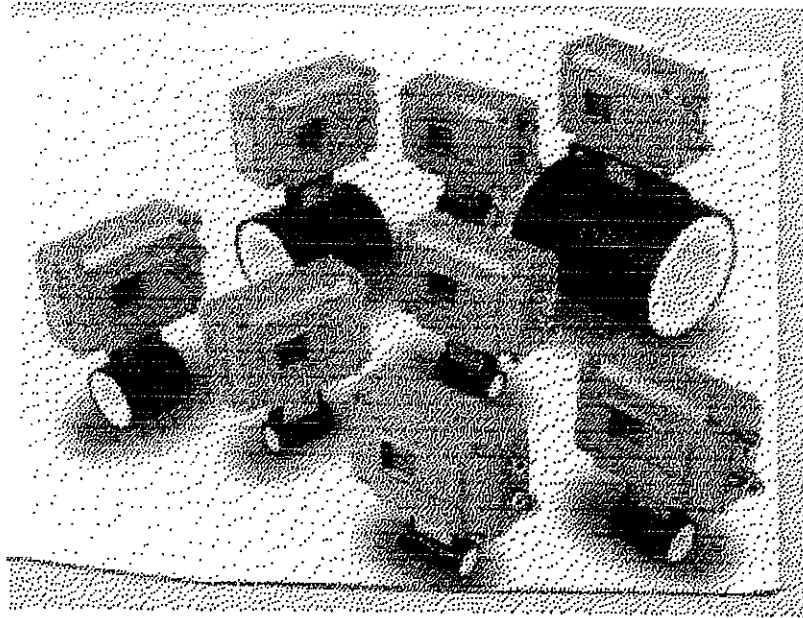
Estos medidores son de gran importancia cuando vemos las limitaciones que los otros medidores poseen, como por ejemplo para ser usados en afluentes que se caracterizan por ser fluidos con muchos sólidos en suspensión y en muchos casos corrosivos y/o abrasivos, ya que con los medidores convencionales esta medición no es recomendable.

El principio de operación de estos consiste en dos bobinas colocadas transversalmente, montadas en una carcasa de acero inoxidable 316, con dos electrodos como sensores donde detecta el flujo. La medición se hace bajo la ley de Faraday's. El voltaje inducido en un fluido conductor que se mueve perpendicularmente al campo magnético es directamente proporcional a la velocidad del fluido.

La conductividad que debe poseer el fluido es de por lo menos de 20 micro Siemens, a menos que sea un fluido desionizado. A estos medidores también no les afecta el cambio de temperatura, presión, gravedad específica, no le afecta la viscosidad. No provoca caídas de presión y no tiene partes en movimiento. La siguiente gráfica nos muestra algunos de ellos.

#### **CUADRO 16.**

#### **Medidores magnéticos**



FUENTE: SCHLUMBERGER 10/696/69304 1996 PAG. 2

### **2.7.3 Medidores de desplazamiento positivo**

Existe una gran cantidad de medidores de flujo de desplazamiento positivo, estos miden volúmenes separados, las partes mecánicas del instrumento se mueven aprovechando la energía del fluido lo que a su vez provoca una pérdida de presión. A continuación se mencionan los de mayor importancia y de uso más común.

#### **2.7.3.1 Disco Mutante Neptune de Schlumberger**

Este medidor al igual que todos los de desplazamiento positivo no depende de ningún número de Reynolds, es ideal por su bajo costo y fácil instalación para aplicaciones tipo batch. Es robusto, se fabrica desde 5/8" hasta 1 1/2", los rangos de flujo que maneja son desde 2 hasta 160 GPM 150 PSI y 125 grados centígrados. Mide fluidos bastante sucios, se puede cambiar la cámara de medición y puede trabajar por bombeo o simplemente, por gravedad.

#### **2.7.3.2 Pistón reciprocante**

Este es el medidor convencional más antiguo de los medidores de desplazamiento positivo. El instrumento se fabrica en muchas marcas, uno de los fabricantes como lo es Schlumberger le llama pistón reciprocante, algunos otros fabricantes le llaman pistones de doble acción, válvulas rotativas, o como válvulas deslizantes horizontales.

Este tipo de medidor tiene gran demanda en la industria petroquímica debido a la exactitud de  $\pm 0.1\%$ , así como su campo de medición que es de 200:1, posee gran tolerancia a los cambios de viscosidad que lo hacen ideal

para este tipo de aplicaciones. Se fabrica para aplicaciones químicas en acero inoxidable, se puede pedir con registrador incorporado o bien se puede pedir con un contador de pulsos con salida para un registrador con totalizador electrónico. Ideal para automatización de despachos.

## **2.8 Medidores para sólidos**

Existe gran cantidad de flujos de sólidos que son difíciles de monitorear como despacho de granos, polvos, harinas y pequeñas partículas. Que en muchos casos es necesario pesarlos en línea.

### **2.8.1 Balanza por radiación nuclear**

Esta medición tiene la ventaja de no entrar en contacto con el producto esto es importante cuando se miden químicos bacteriológicos o productos de alimentos que se previene de contacto con bacteria. El principio de operación consiste de un isótopo radioactivo en una recubierta sólida con un detector de radiación del otro lado. Debido al conocimiento de que todos los materiales absorben la energía electromagnética, se puede predecir el rango de la cantidad de energía absorbida por el material. Ya que la cantidad de energía es conocida, dando así la masa, debido a que esta, está relacionada directamente.

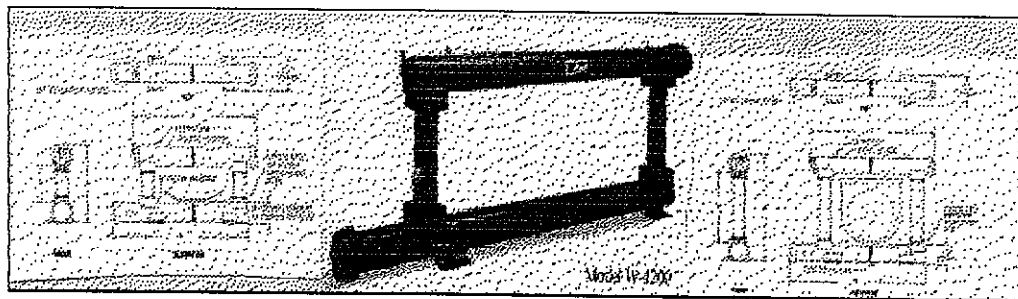
Puesto que la masa es la densidad multiplicada por el volumen, si el líquido es encerrado en un espacio de volumen conocido, como por ejemplo una tubería; entonces la masa del material cambia solo si cambia la densidad. Tenemos entonces una medida de densidad simplemente midiendo la energía absorbida; absorción es entonces una medida directa de densidad.

Sin embargo, la exactitud lograda en esta medición depende de varios factores que deben ser considerados como: espesor de la tubería y tipo de material sobre todo para efectos de configuración de la balanza. Esta posee muchas ventajas sobre todo porque es libre de mantenimiento, fácil recalibración y sencilla instalación únicamente posee abrazaderas sanitarias que abrazan el tubo. El transmisor tiene salida de 4-20 mA, misma señal que viene del sensor. Útil para sistemas de control distribuido o para registro.

La principal limitación para el uso de este tipo de tecnología es el elevado costo ya que una balanza oscila dentro de un precio aproximado de doce a quince mil dólares por unidad.

Dentro de esta familia de medidores y pesa por radiación están las balanzas para tornillos sin fin y/o para bandas transportadoras.

**Figura 17. BALANZA POR RADIACIÓN NUCLEAR**



FUENTE: CHMART CORP M15-696 PAG .3

**b. Medidores para semisólidos:** algunos fluidos excesivamente viscosos como las pastas por ejemplo melaza, miel, o también en el caso de aditivos de lubricantes y similares no se pueden medir con los medidores convencionales, debido al costo de mantenimiento y pérdida de producción.

En estos casos se pueden usar medidores másicos ya que de por sí estos medidores sanitarios en acero inoxidable, no tienen partes en movimiento y pueden utilizarse como sistema de despacho.

Sin embargo, para este tipo de fluidos se pueden utilizar los convencionales usando el medidor de pistón recíprocante o el de disco nutante como los más recomendados dentro de los medidores de desplazamiento positivo.

## **2.9 Líquidos especiales**

Por la naturaleza de cada fluido los podemos dividir en:

### **2.9.1 Corrosivos**

Fluidos que su Ph baja y sube de 7. Éstos producen una corrosión acelerada si agregamos que muchos de estos también son abrasivos. Aceleran el desgaste de los equipos. Según un estudio reciente los termoplásticos son una excelente opción para procesos donde la temperatura y la presión no son críticas. Ver apéndice 5

### **2.9.2 Abrasivos**

Muchos procesos como por ejemplo la extracción de aceite donde combina aceite junto restos de arena y lodos hacen que esta variable sea sumamente crítica en el desgaste de equipos principalmente en codos válvulas y bombas. La solución con termoplásticos esta vez de PDVF ha permitido triplicar la vida de válvulas y otras variables de control donde pese al costo inicial

que es mas alto representa un verdadero ahorro debido a la prolongación y durabilidad. Representando ahorro también en cambio e inversión de horas-hombre. Ver. ANEXO 1

## 2.10 Vapor

Esta medición al igual que otro tipo de mediciones no es muy frecuente. El monitoreo de una caldera o de una de las líneas principales provee una valiosa información que permite no solo ver la eficiencia de la caldera y el rendimiento de la misma sino que nos permite inclusive costear la producción de vapor de la caldera o de una línea independiente. Para la medición de esta variable existen varias opciones y las más comunes son:

- a.- Placa de orificio
- b.- Tubo Pitot
- c. - Tubo Annubar
- d. - Vortex

### 2.10.1 Placa de orificio

Este medidor de placa consiste en una placa instalada directamente en el centro de la tubería y sometida al empuje del fluido. La fuerza originada es proporcional a la energía cinética del fluido y depende del área anular entre las paredes de la tubería y la placa.

La placa está conectada a un transmisor de presión diferencial que de acuerdo al cambio de presión nos da el flujo instantáneo. Tiene una ventaja de amplio rango, sin embargo, requiere de constantemente recalibración.

### **2.10.2 Tubo pitot**

El Tubo Pitot mide la diferencia entre la presión total y la presión estática, o sea, la presión dinámica, la cual es proporcional al cuadrado de la velocidad

### **2.10.3 Tubo annubar**

Este es una innovación del tubo pitot y consta de dos tubos, el de presión total y el de presión estática. El tubo que mide la presión total esta situado a lo largo de un diámetro transversal de la tubería y consta de varios orificios de posición crítica determinada por el computador, que cubren cada uno la presión total en un anillo de área transversal de la tubería.

Los anillos tienen áreas iguales. En tuberías de tamaño de una pulgada se tiene en el interior del tubo otro que promedia las presiones obtenidas en los orificios, y es más exacto que el tubo pitot.

### **2.10.4 Vortex**

El medidor para medir gases, vapor e inclusive líquidos es el medidor VORTEX, el cual está desplazando a los convencionales. El medidor VORTEX es un flujómetro, la frecuencia del vortex es una función de la velocidad del fluido. Esta señal de velocidad es convertida a flujo volumétrico con una ecuación de continuidad.

Muchos de estos medidores han sido en Guatemala suministrados por ESINSA, y están en industrias como: KELLOG'S, HOECHST e ingenios como; Tierra Buena, El Baúl, Concepción, Pantaleón como los más frecuentes.



Algunas empresas también los han adquirido directamente de proveedores en el extranjero. Esto es debido a que ellas cuentan con un departamento de instrumentación para instalarlos y calibrarlos, situación que no sucede con las demás empresas.

Las características de este medidor son principalmente:

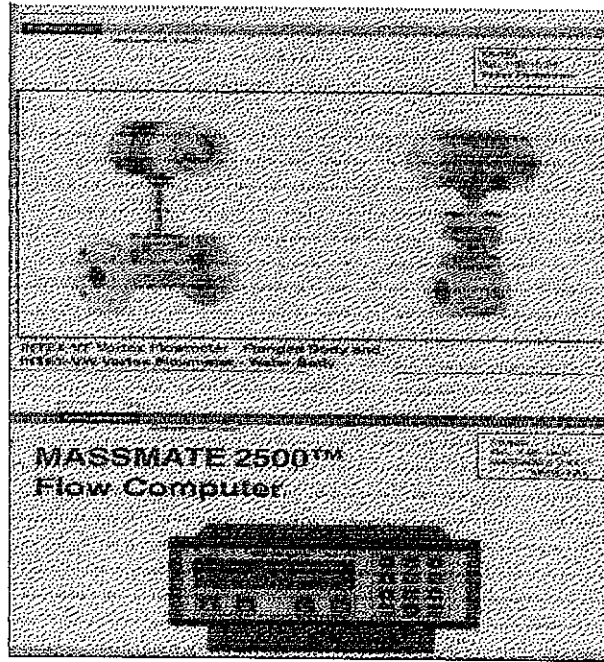
- a. Diseño simple sin partes en movimiento.
- b. Salida basada en una característica física.
- c. Amplio campo de servicio, mide vapor, líquidos y gases.
- d. Caída de presión baja.
- e. Gran campo de medición.

Entre sus ventajas están:

- a. Bajo costo inicial y de mantenimiento.
- b. A la calibración no le afecta cambios en la viscosidad, presión, y temperatura. Poca degradación en la exactitud. Y no es necesaria la recalibración.
- c. Permite la estandarización de los medidores en planta.
- d. Bajo costo de operación.

**Figura 18.**

**Sensor y controlador vortex**



FUENTE: SCHLUMBERGER INDUSTRIES .

En la siguiente hoja, se aprecia una tabla de datos comparativos entre diferentes medidores de flujo. Donde se aprecia las diferentes variables que estos poseen y da un panorama de la exactitud costo entre otros para poder elegir el que más se adapte a las necesidades del usuario.

**TABLA I COMPARACIÓN DE MEDIDORES DE CAUDAL**

MEDIDOR	CAUDAL MAX/MIN	PRECISIÓN EN %	ESCALA	PRESIÓN MAX BAR	TEMP. MAX. °C	SERVICIO	MATERIAL	COSTO RELATIVO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
PLACA OR.	3:1	1-2 %	7-	400	600	LÍQUIDO GAS	METALES Y PLÁSTICOS	BAJO	SIMPLE, ECONÓMICA	DP, FLUIDOS LIMPIOS DP, CARA MUY CARO, MUY CARO POCA EXACT POCA EXACT.
TUBO VENTURI	" " "	0.8-1.6% 1.5-4 % 1.3%	" " "	" " "	" " "	" " "	" " "	MEDIO MUY ALTO MUY ALTO	PRECISIÓN PRECISIÓN, POCA DP SIMPLE ECONÓMICO	" " "
TUBO PITOT	"	1.5-5%	"	"	"	"	"	BAJO		
TUBO ANNUBAR	"	1.3%	"	"	"	"	"	BAJO	ECONÓMICO	POCO EXACTO
TURBINA	16:1	0.3%	LINEAL	200	260	LÍQUIDO	METALPLAST	BAJO	PRECISIÓN, MARGEN	FLUIDOS LIMPIOS
SONICO	20:1	2%	LINEAL	100	260	LÍQUIDO	METALPLAST	ALTO	CUALQ. LÍQUIDO	CARO, CALIBRACION
MAGNÉTICO	30:1	0.5-1%	LINEAL	20-200	150	LÍQUIDO	CERÁMICA,	ALTO	BAJA DP.	CARO CONDUCTIVIDAD
DISCO OSCILANTE	6:1	1.2%	LINEAL	26-50	150	LÍQUIDO	METALES	BAJO	BARATO	MANTENIMIENTO
PISTÓN OSCILANTE	6:1	0.2-0.6%	LINEAL	25	160	LÍQUIDO	METALES	MEDIO	LÍQUIDO VISCOSO CORROSIVO	MANTENIMIENTO
VORTEX	100:1	1% INSTA.	LINEAL	50	100	LÍQUIDO	METALES	MEDIO	POCA DP	CARO
BALANZA POR RADIACIÓN	10:1	1.2%	LINEAL	NO AFECTA	100	SÓLIDOS, LÍQUIDOS	METALES	MUY ALTO	No-INTRUSIÓN	MUY CARO

FUENTE: EQUIPOS Y SERVICIOS INDUSTRIALES

## **2.10 Monitoreo de energía eléctrica**

Como principal fuente de energía de la mayoría de las empresas es de gran importancia tener control de los parámetros utilizables, tales como: voltaje, amperios factor de potencia entre otros, ya que involucra una de las facturas a cancelar más importantes y que esta sujeta a multas por incorrecta utilización de la energía. Como por ejemplo, tener un bajo factor de potencia, que la empresa penaliza con multas que no se ven reflejadas directamente pero están cargadas en la factura. Además de la necesidad de tener una adecuada calidad de energía que redunde en el beneficio de los equipos y aparatos de las empresas.

Sobre la base de esto se presenta a uno de los fabricantes más importantes en lo que respecta a equipo de medición eléctrica, el cual se detallara con sus principales características, ventajas y cualidades en las siguientes líneas.

Una de las cualidades y ventajas en particular de este equipo es la capacidad de registro bidireccional, es decir, registra lo generado en el caso de que se haga y/o de lo consumido según sea el caso. Así como:

- a.- Verdadero valor hasta la treinta y una armónica.
- b.- Registro de dos direcciones de fluido eléctrico.
- c.- Registro de factor de potencia independiente de la carga y la temperatura.
- d.- 0.2% de exactitud en voltaje y corriente.
- e.- Captura tensión y corriente simultáneamente.

La conexión se puede hacer con transformador primario de 32,767 amperios y transformador de potencial de hasta 1.7 mega vatios. Este instrumento se puede conectar en serie con hasta 32 monitores en serie para distintas áreas utilizando puertos de comunicación RS-485

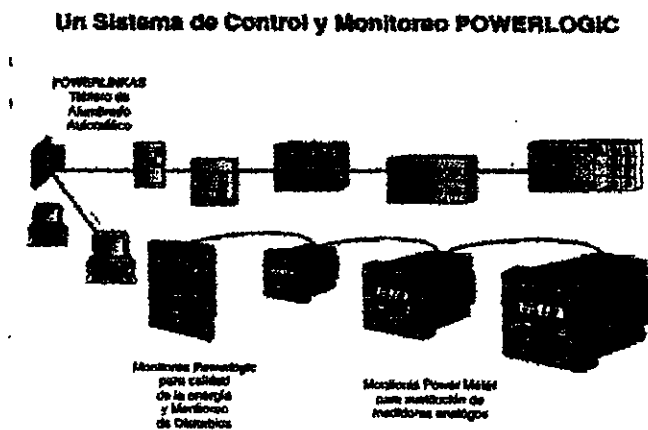
Además, ofrece la captura, archivo y alarmas de los datos en tiempo real de las siguientes variables:

- 1.- Tensión fase-fase y fase Neutro.
- 2.- Intensidad de cada fase.
- 3.- Factor de Potencia.
- 4.- Frecuencia.
- 5.- Potencia aparente (KVA).
- 6.- Potencia activa. (KW).
- 7.- Potencia reactiva. (KVAR).
- 8.- Energía (KWH)
- 9.- Distorsión total por armónicos en corrientes (THDC)
- 10.-Distorsión total por armónicos en voltaje (THDV)
- 11.-Factor K en la corriente por fase.
- 12.-Máximos y Mínimos de las lecturas anteriores con la programación de alarmas de cada uno de ellos.

Además, este sistema posee memoria para hasta 51,200 valores, lo cual habilita a este equipo para tener un histórico de variables de hasta 40 días, independientes de la memoria de la computadora. Además, mediante los módulos de control así como más de 90 alarmas configurables para los distintos parámetros establecidos.

El equipo posee también distintos niveles de acceso para seguridad para efectos de configuración. El equipo opera en ambientes desde -25 grados centígrados hasta 70 grados centígrados, que es un ambiente industrial, no necesita cuarto de aire acondicionado.

**Figura 19. Sistema de control y monitoreo powerlogic**



FUENTE: SCHNEIDER GROUP DIFEST 170

## 2.11 Aplicación para los sistemas de despacho y medición de flujo

### 2.12.1 Descripción de la aplicación en la planta de procesamiento ARECA

Los fabricantes de concentrado para animales agregan proteína a través de combinar grasa, melaza, agua y aceite de tiburón a la harina en una formulación adecuada.

**PROBLEMA:** la formulación se ve alterada con cualquiera de los ingredientes anteriormente descritos por descuido del operario. Cerca del agitador donde están los recipientes de grasa, melaza y aceite existen continuos derrames; y, por consiguiente, pérdida de materia prima e inseguridad, causados previamente a la instalación del sistema medición y de despacho.

- **Solución y beneficios del sistema de medición**

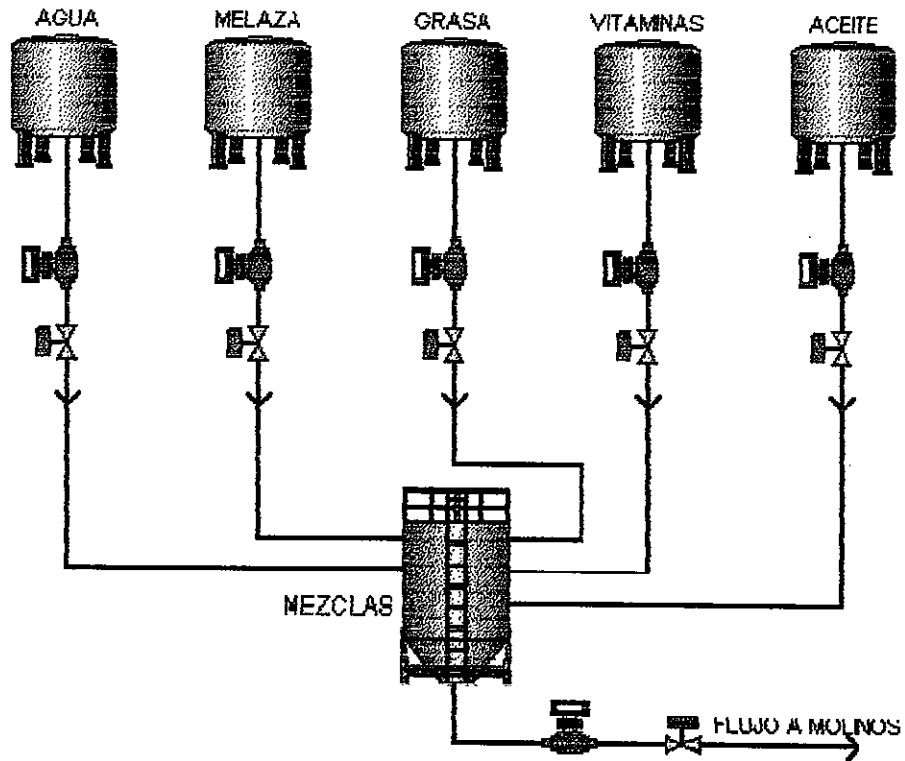
Debido a que cada fluido es de características distintas, se procedió a la instalación de dos sistemas de medición de pistón recíprocante volumétrico con transmisor de pulso hacia un sistema de despachos electrónico, con salida de relay de diez amperios para el arrancador de la bomba. Un sistema para medir melaza y otro para medir grasa a cuarenta grados centígrados. El sistema de despacho de agua fue un sistema tipo turbina con salida del transmisor de 4-20 mA, este fue a su vez al controlador de batch. La formulación ahora se ingresa desde el panel de control, despachándose al agitador.

El sistema una vez calibrado fue puesto en marcha con los siguientes resultados:

- a.- Sistema homogéneo en la formulación y calidad estándar.
- b.- Reducción la pérdida por lotes adulterados.
- c. - Seguridad en el sistema.

FIGURA 20.

### DIAGRAMA DE MEZCLAS PROYECTO ARECA



Sistema después de tener despacho automático para la materia prima de la planta de producción

#### 2.12.2 Medición de vapor a través de medidor Vortex en la planta química Hoechst

La empresa química farmacéutica HOECHST se le presentó el desafío de evaluar y estimar el costo, del consumo de vapor por cada una de sus tres principales líneas de producción para el prorrateo de sus diferentes productos.



Como es de hacer notar el monitoreo de vapor se hace una tarea difícil debido, a pérdidas en el proceso y lo difícil de tener una medición exacta de este fluido.

**PROBLEMA:**

- a. La carencia de información del gasto exacto por cada línea de vapor así como un adecuado prorrateo y la asignación del costo de vapor para cada una de las líneas de producción.
- b) Monitoreo exacto de la eficiencia real (no teórica) de la caldera para una programación de mantenimiento.

**SOLUCIÓN:**

Aun cuando resulta una mayor inversión se hizo necesario colocar un sistema de medición de vapor tipo VORTEX por cada una de las líneas, estos sistemas tienen ventajas significativas sobre la placa de orificio algunas por ejemplo son:

- a) no necesitan de recalibración,
- b) Son libres de mantenimiento.

Ya que las placas de orificio si lo necesitan, además del cambio de placa cada año o menos. El medidor VORTEX se instaló en cada una de las tres líneas principales de producción en la salida de los escapes múltiples y no uno para la línea principal a la salida de la caldera.

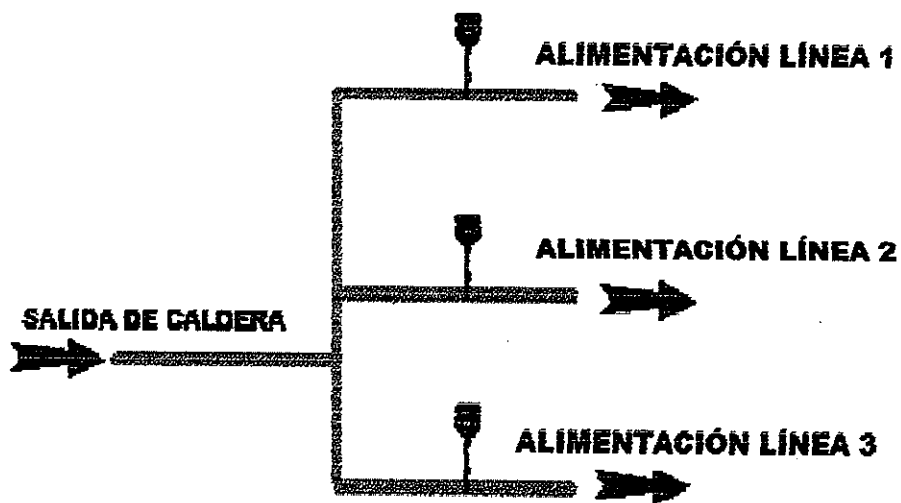
EL sistema quedo previsto con salida para recibir lectura de temperatura para que el computador compense y haga el cálculo en BTU/HORA, dando la lectura en flujo instantáneo y acumulado. El computador también viene previsto con salida de 4 a 20 mA.

Para un futuro control de flujo de vapor. Se instaló un sistema de medición de agua y bunker, para así poder tener costo unitario en moneda nacional para cada uno de estos fluidos; Se estimó también un factor de depreciación para la caldera; de este modo se obtiene el precio unitario por libra de vapor consumido en cada una de las líneas de producción. Información valiosa para la estimación de los costos de producción.

A continuación se presenta la instalación de los medidores de vapor en HOECHST.

**FIGURA 21**

**DIAGRAMA DE MEDIDORES DE VAPOR PLANTA HOECHST**



**INSTALACIÓN DE MEDIDORES DE VAPOR EN QUÍMICA HOECHST**

## **2.13 Requisitos necesarios para solicitar equipos de medición**

Cada vez que se requiere de equipos de medición se deben llenar las especificaciones claramente, esto con el objeto de tener la certeza de que lo que se solicite es lo que se entregara por parte del proveedor. Todo fabricante, a través de su representante local, posee la información que se requiere para cotizar correctamente.

Se hará énfasis en ésto ya que se ha tenido experiencia en las que el usuario da los datos sin cerciorarse de ellos y/o únicamente verbalmente. Éste da la opción a que se confundan o no se den correctamente. El representante local esta obligado a ayudar a llenar esta hoja de datos técnico, que a continuación se presentan. Ver anexo 7

### **3. CARACTERÍSTICAS RELEVANTES DE LOS EQUIPOS DE MONITOREO, VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS DIFERENTES LÍNEAS COMERCIALES.**

#### **3.1 Evaluación de opciones de instrumentación industrial.**

A pesar que no existe un inmenso numero de fabricantes de instrumentación, si hay suficientes opciones para seleccionar a uno de los mejores que se ajuste a las necesidades y prioridades del usuario final.

Entre los pasos más importantes a considerar en la evaluación de dichas alternativas, los más relevantes requeridos por el usuario, así como los recomendados por el fabricante como estrategia de venta son los siguientes.

**Precio:** este es uno de los factores de peso a considerar inicialmente por fines de presupuesto, y aunque debe considerarse sustancialmente es necesario evaluar las demás ofertas, tomando en cuenta los intereses de la empresa quién es la que compra, se debe considerar el cuadro de comparación de fabricantes que mas adelante se describe. En este tipo de equipo es una decisión que esta fuera del alcance de compras sino que es una desición que se comparte entre el ingeniero encargado del proyecto junto al Gerente Financiero.

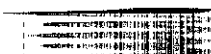
**Reconocimiento internacional:** esto se pide para estandarizar las características, y éstas no sean propietarias; es decir, que solo se comuniquen con sus propios equipos sino que tengan comunicación universal y que sean compatibles con los distintos fabricantes existentes. Estos sistemas se conocen

como sistemas abiertos, ya que de lo contrario estamos sujetos con un mismo tipo de marca o fabricante en ampliaciones futuras. Ver ANEXO 2

**Experiencias previas;** éstas, aunque son de gran valor, no son determinantes en la compra, pero si ayudan con una mejor visión y están sujetas a menos errores en lo que el usuario final demandará, así como nos dará la referencia de como los otros equipos trabajan en aplicaciones similares.

Debido a que este campo es casi virgen en la mayoría de industrias medianas y pequeñas, algunos distribuidores con el único fin de realizar la venta no toman en cuenta factores que pueden alterar la medición y disminuir no solamente su exactitud sino también la repetibilidad, perjudicando al usuario final. Por esto se recomienda no solo la experiencia previa sino el respaldo local. Con una forma de pago escalonada. Es decir, distribuir el pago hasta el final cuando los equipos ya estan funcionando satisfactoriamente a fin de que estos queden en condiciones tal los acordados.

**Respaldo técnico local:** en algunos casos vale más que ningun otro aspecto, ya que la experiencia dice que cuando no existe este respaldo y se requiere de asesoría especial el costo de traer a un técnico del extranjero es exageradamente mas caro que el soporte local, esto sin diferencia significativa. En todo caso este respaldo es util no solo para reclamos de garantía, sino como certeza de que los equipos que se adquieren funcionaran correctamente cumpliendo las características de fábrica. Sin embargo, en Guatemala ocurre algo muy usual, y es que sino es el dueño o el ingeniero que sale de viaje a los Estados Unidos adquieren equipo alla sin siquiera poder configurarlo o imaginando que con el manual es suficiente.



Otra situación que se ha observado son las compras por catalogo, claro que hay equipo que no necesita de mayor experiencia o conocimientos especializados. Sin embargo, más de una empresa ha hecho compras de equipo que posteriormente tiene que dejar a un lado o esperar que algún experto venga para hacerlo funcionar, incurriendo así en gastos o inversiones innecesarias.

**Referencias técnicas de aplicaciones similares:** como respaldo del distribuidor hacia el usuario, por la falta de referencias locales se recomienda que el proveedor le informe de aplicaciones realizadas por la compañía en otros países.

**Entrenamiento:** es importante solicitar entrenamiento como parte de la compra y de preferencia que sea local esto debido a que muchos dan entrenamiento en el extranjero pero hay que cargar con los gastos de alojamiento, comida, boletos entre otros gastos que el usuario debe asumir.

### **3.2 Consideraciones fundamentales para la adquisición de equipos de medición industrial**

#### **3.2.1 Sobredimensionamiento**

Cuando un equipo no se ajusta a las necesidades inmediatas como por ejemplo si el rango está más allá de los requerimientos ya sea que se necesita medir de 0-100 grados centígrados y se brinda como opción de 0-500 grados centígrados el cual cumple con las expectativas, pero obviamente este tendrá un costo mayor.

Otro ejemplo es cuando no se necesita que sea tan exacto, por decir 1% de exactitud y se ofrece más allá de la exactitud necesaria por ejemplo 0.25%. Esta es

una diferencia a considerarse sustancialmente dentro de los diferentes fabricantes ya que en esto si hay variaciones significativas en el precio.

### **3.2.2 Perspectivas de crecimiento de la empresa**

Esto es importante ya que si la empresa tiene un importante crecimiento es necesario considerar esto para rangos futuros, así como estimar puntos donde podría ser importante instalar un determinado medidor.

### **3.2.3 Dimensión correcta de las instalaciones**

Es necesario tomar en cuenta distancias de tubería y espacios especiales que los medidores necesitan, ya que de lo contrario posteriormente dicha instalación quedaría obsoleta y se tendría que recurrir a un gasto adicional.

La tabla II indica algunas de formas de medición para los distintos flujómetros.

Tabla II DESCRIPCIÓN DE MEDIDORES POR SU EFECTO

TIPO DE MEDIDOR	EFECTO	VARIABLE
DESPLAZAMIENTO POSITIVO	MECÁNICO	VOLUMEN
DIFERENCIAL DE PRESIÓN	FLUIDO	VELOCIDAD
TURBINA	MECÁNICO	VELOCIDAD
MAGNÉTICO	ELECTRÓNICO	VELOCIDAD
VÓRTEX	FLUIDO	VELOCIDAD
ULTRASONICO	SONIDO	VELOCIDAD
CORIOISIS	MECÁNICO	MASA

Nota: velocidad convertida a volumen por la siguiente

$$\text{Fórmula } Q=V \times A$$

Donde V= velocidad.

A= area.

Q= caudal.

### 3.2.4 Evaluación de cotizaciones

Para la compra y decisión final en la compra de equipo de instrumentación debe tenerse al menos dos ofertas o más de distintos fabricantes, que cumplan con nuestros requerimientos. Esto con objeto de tener opción de negociación y de comparación.

Dentro de ello se puede observar la forma de pago, algunos piden pago anticipado del valor total de la factura, algunos otros solamente un anticipo; sin embargo, es importante en esta fase determinar y quedar claro con el proveedor, es



decir se puede solicitar el pago en forma escalonada; por ejemplo 20% con la orden, 20% contra entrega, 20% contra instalación y el resto contra pruebas y puesta en marcha, esto garantiza el adecuado funcionamiento del mismo, así también se evita un fuerte desembolso para la empresa y es un mecanismo de presión para exigir lo convenido.

### **3.2.5 Ampliación de información técnica**

En algunos casos no se brinda la información suficiente por lo que es necesario solicitar dicha información, y en el mejor de los casos exhibición de equipos si el tipo de instrumentos lo permite.

### **3.2.6 Tiempo de entrega**

Esto depende básicamente de nuestra necesidad en tiempo, si tenemos suficiente es posible esperar una buena oferta sin sacrificar calidad y capacidad de negociaciones. Esta parte va ligada directamente a la forma que este el proyecto planeado en el programa de actividades, llamase PERT, GANT o cualquier otro.

### **3.2.7 Negociaciones**

Aunque esta característica surge mas bien de la experiencia en una buena parte, es necesario tener algunas situaciones previstas como por ejemplo tener a la mano las diferentes cotizaciones; así como tiempo suficiente para esperar el tiempo de entrega. Preferentemente, que sea una entrevista personal con cada una de los posibles proveedores.

### **3.2.8 Equipo obsoleto**

En ocasiones un equipo antiguo que tenga mucha Impresión, representará un costo extra. Por ejemplo, si se despacha con un medidor que de mucho error para el usuario en una gasolinera, es decir se le esta dando menos combustible, podría incurrir en un problema legal. Y por el contrario, si esta dando más combustible representara una perdida para la empresa.

### **3.3 Características importantes a considerar en la evaluación de los proveedores de distintas líneas comerciales**

#### **3.3.1 Especialidad definida**

Al existir un proyecto importante aparecen muchos proveedores que dicen ser expertos en esta área, y por tanto es necesario verificar su historial así como proyectos anteriores, ésto dara certeza al encargado del proyecto y no solo se inclinará por una oferta de precio.

- a. Que el fabricante o representante garantice el suministro de repuestos y los tiempos de entrega de los mismos.
- b. Tamaño de los equipos que ofrece cada fabricante, así como características de temperaturas máximas y mínimas, rangos, repetibilidad y exactitud entre otros.

El siguiente cuadro evalua por puntos a tres diferentes fabricantes donde se aprecia que el fabricante C es el óptimo.

**TABLA III EVALUACIÓN POR PUNTOS DE DISTINTOS FABRICANTES**

**FABRICANTE A:**

VARIABLES	FACTOR	PUNTUACIÓN	TOTAL
PRECIO	9	80	720
FABRICANTE:	6	65	390
ENTREGA	10	40	400
EXACTITUD	8	90	720
SERVICIO LOCAL	10	90	900
<b>TOTAL</b>			<b>3130</b>

**FABRICANTE B:**

VARIABLES	FACTOR	PUNTUACIÓN	TOTAL
PRECIO	9	75	675
FABRICANTE:	6	50	300
ENTREGA	10	80	800
EXACTITUD	8	75	600
SERVICIO LOCAL	10	40	400
<b>TOTAL</b>			<b>2775</b>

**FABRICANTE C:**

VARIABLES	FACTOR	PUNTUACIÓN	TOTAL
PRECIO	9	100	900
FABRICANTE:	6	60	360
ENTREGA	10	60	600
EXACTITUD	8	85	680
SERVICIO LOCAL	10	85	850
<b>TOTAL</b>			<b>3390</b>

FUENTE: EQUIPOS Y SERVICIOS INDUSTRIALES, S.A.

### **3.4 Factores de peso a considerarse para la instalación y compra de equipos de medición**

Muchos de los fabricantes exigen que el usuario final brinde información acerca de las características de su proceso dependiendo de la medición que se va a realizar, si es por ejemplo caudal, nivel temperatura etc. Ya que en este sentido un equipo mal especificado no tendrá la garantía que el fabricante normalmente ofrece por lo que se tendrá que dar esta información junto al distribuidor local. Entre ellas tenemos:

**Datos generales de la empresa:** este brinda un panorama del tipo de empresa, si es Transnacional o local etc.

**Información completa del proceso:** aquí tenemos características cualitativas, como; tipo servicio, función, tipo de uso y el estado (pastoso, porcentaje de sólidos etc.

**Datos cuantitativos:** como por ejemplo, flujos mínimo. Normal máximo, de igual forma con la temperatura, presión densidad viscosidad y las demás variables posibles.

**Tipo de instalación:** diámetro de tuberías, material, espesor de tubería, distancias antes y después del medidor.

**Opcionales:** es importante saber que tanto más puede un equipo en determinado momento ofrecer. Esto también con fines de crecimiento para el proceso; ampliación de puntos de control calibraciones, rangos ajustables.

**Certificaciones de garantía y funcionamiento:** esta garantía esta dada normalmente por un año y no tiene ningún costo adicional, sin embargo, se puede prolongar por un determinado porcentaje establecido por el fabricante. Esto es de gran utilidad ya que si el equipo falla en condiciones normales después del tiempo normal de garantía el fabricante repondrá sin costo adicional lo que este defectuoso o dañado.

El **ANEXO 4** da una guía útil para las personas que de una u otra forma toman la decisión en cuánto a compra de equipos de medición o instrumentos de control. Se espera debido a lo escaso de información existente sobre todo al personal de compras que no tiene mucha experiencia en esta área. Se considera un importe importante para las personas que de una u otra forma se involucran en el proceso de compra.

#### **4. ASIGNACIÓN DE COSTOS A LA PRODUCCIÓN POR DEPARTAMENTOS, ÁREAS Y PROCESOS.**

##### **4.1 Importancia de un adecuado prorrateo en la producción por departamentos y asignación de costos de los energéticos utilizados**

Una vez adquirido el equipo debidamente seleccionado ya sea un sistema para monitorear energía eléctrica, vapor o algún tipo de combustible, es necesario tener un precio unitario de la variable que se está midiendo. Para ello se determina cual es el flujo acumulado registrado, la diferencia de la última lectura menos la lectura actual determinará el consumo total real.

En el caso de tener un sistema donde se involucran varias variables se necesita el valor unitario de cada una y hacer la suma para un sistema completo, y de esta forma se puede determinar y asignar el valor total para una determinada producción. Este dato es importante sobre todo para el departamento de costos o contabilidad a fin de tener el prorrateo junto a la materia prima, mano de obra y los demás costos involucrados.

##### **4.2 Control de cada uno de los energéticos que se involucra en la producción.**

Al no tener un valor real de los energéticos, principalmente combustible y energía eléctrica, el prorrateo no siempre es real por lo que otras áreas o departamentos cargan con dicho costo, no logrando tener un parámetro verdadero para medir la eficiencia real de cada uno de ellos ni poder tener control.

Ésto también se debe a que no se tiene la medición de la cantidad usada por cada uno de ellos, y la medición es de gran ayuda principalmente en empresas medianas y grandes o un proceso donde se usa gran cantidad del fluido como materia prima.

#### 4.3 Consideraciones generales para las instalaciones en medidores de flujo principalmente (medidores más comunes)

**Medidor tipo turbina (medición de agua principalmente):** este normalmente necesita un determinado numero de diámetros para tener un adecuado perfil de flujo, aún para algunos medidores volumétricos ya que sí el fluido está después de una bomba, codo, tee, etc. presenta aire que podría afectar la medición y para esto se necesita las siguientes distancias mínimas que se deben respetar. Esto con el fin de obtener la máxima linealidad y precisión, el sensor debe colocarse en un tramo recto de la tubería ascendente o descendente del sensor. Si hubiera bombas o válvulas accionadas requieren de mayor tramo recto. Ver el cuadro con las siguientes distancias para antes y después del sensor de turbina.

**TABLA IV DISTANCIAS A CONSIDERARSE PARA INSTALACIÓN DE MEDIDORES TIPO TURBINA**

ACCESORIO	BRIDA	CODO 90	CODO 2X90	REDUCTOR	VÁLVULA	BOMBA
ENTRADA	10	20	25	15	50	50
SALIDA	5	5	5	5	5	5
PERFIL DE FLUJO	TURBULENTO DESARROLADO	IDEM	IDEM	IDEM	IDEM	IDEM

**VER ANEXO 6**

**Filtros:** en algunos casos el fluido esta con algún porcentaje de sólidos, los cuales normalmente soportan hasta un 10%. Si excede esto, es necesario colocarle a la tubería filtros adecuados dependiendo del fluido así como la cantidad de flujo. Este es usado hasta en medidores volumétricos para reducir el tiempo de mantenimiento en limpieza principalmente.

**Bomba adecuada:** si el fluido tiene densidad arriba de 1.05 Kg/cc. y si el Ph es abajo de 7 es necesario instalar una bomba con impeler abierto de acero inoxidable o de un material adecuado como PVC, PVDF, siembre y cuando la temperatura no sea en el caso del PVC arriba de 60 . VER ANEXO 5

**Tipo de fluido:** cuando las condiciones son extremas como por ejemplo muy ácido o ya sea alcalino, y además sucio, es necesario tener un medidor magnético cerámico donde las anteriores condiciones no le afectan.

El único parámetro a considerar es la conductividad que debe ser arriba de 20 uS para poder operar adecuadamente.

**Tipo de medidor:** volumétrico o másico. Si se elige un medidor volumétrico para medir fluidos con densidad variable a la temperatura, es necesario compensar el volumen para tener un medidor de masa aproximado; estas condiciones no le afectan al medidor tipo másico, ya que este mide masa: Kilogramos, Libras. Etc., sin que le afecte en absoluto la temperatura, densidad o viscosidad. El medidor magnético brinda datos de volumen también.

**Salidas del medidor:** en algunos casos se requiere registrar, acumular o hacer un sistema de despachos. Para esto se requiere tener de antemano las posibles aplicaciones futuras por lo que se debe dejar previsto la salida del medidor. (tipo



pulsos, 4-20 mA), por lo menos debe ser un equipo que tenga este tipo de opción. Actualmente, algunos tienen como estándar esta salida. Útil para cuando se desea controlar un caudal hacia un proceso.

#### **4.4 Cuantificación de costo por línea de producción**

Una vez determinado el costo por departamento puede ser que sea de utilidad para el departamento de costos el prorrateo no solo por departamento sino también por cada línea de producción.

Para ello, por supuesto, es necesario el monitoreo de cada uno de los variables. Ésto debe ser analizado para poder determinar la capacidad de financiamiento del proyecto y las retribuciones que estas puedan tener.

## 5. ESTUDIO TÉCNICO PARA LA FACTIBILIDAD DE COMPRA DE EQUIPOS DE MEDICIÓN Y MONITOREO

### 5.1 Evaluación económica de los equipos

Este punto en algunos casos viene a ser el aspecto que evita que los departamentos de proyectos o mantenimiento adquieran los equipos de medición.

Debido en parte a una inadecuada justificación económica, sobre todo en empresas medianas, por lo que se pretende dar un ejemplo de cómo realizar un estudio de esta naturaleza.

También se puede determinar el costo-beneficio, no solamente cuantitativo sino también cualitativo, haciendo un cálculo de renta uniforme, esto con el fin de agregarle al costo de los insumos invertidos en el ciclo dos para considerar también este valor en la alteración del método.

Para esto se utilizará una fórmula usada para calcular índice de productividad que esta dada por:

Partiendo del siguiente factor:

$$\frac{\text{No. unidades}}{\text{Hombres X hrs/día X días trabajados}}$$

Y para otros casos la siguiente:

$$\text{INDICE DE PRODUCTIVIDAD} = \frac{\text{INSUMOS INVERTIDOS(CICLO 1) / INSUMOS OBTENIDOS (CICLO 1)}}{\text{INSUMOS INVERTIDOS(CICLO 2) / INSUMOS OBTENIDOS (CICLO 2)}}$$

$$\text{INDICE DE PRODUCTIVIDAD} = \frac{\frac{\text{No. unidades}}{\text{Horas de mano obra directa}}}{\frac{\text{No. unidades}}{\text{Horas de mano obra directa}}}$$

Incluyendo un cálculo de renta uniforme para tomarlo en cuenta en la parte del ciclo dos tenemos:

$$R = P \frac{(1+i)^n - 1}{i}$$

donde P= costo inicial del equipo (Q 108,000.00)

n= 15 años (expectativa de vida del equipo)

i= 12.5% interes bancario.

Se considera los siguientes factores:

5 personas trabajando 15 horas al dia por 24 dias al mes

2 jornadas al dia de lunes a sabado. (1,800 horas trabajadas promedio al mes.)

Para el ciclo No 2 es decir luego de que se hizo el sistema de despacho se redujo la mano de obra en tres empleados trabajando las mismas jornadas.

El ciclo no solamente es un periodo de tiempo sino, la comparación entre un método de producción y la evaluación de uno similar después de un cambio del método. Evidentemente el costo de los insumos invertidos se ve afectado por el equipo adquirido. Realizando ésto tenemos

$$R = 108,000 \frac{(1)}{(1+0.125)^{15}} = Q18,456.00$$

para efectos de llevarlo a periodos de un mes similar procedimiento

$$R = 18,456.00 \frac{(1)}{(1+0.125)^{12}} = Q 4,490.00$$

Y el resultado es: RENTA UNIFORME MENSUAL Q 4,490.00

Este valor se suma a la totalidad de insumos invertidos.

El resultado a obtener será un valor adimensional por lo que su interpretación será en porcentaje y será arriba de uno en el caso que aumento la productividad, de lo contrario una disminución en la misma será menor a uno.

Haciéndolo con datos de una empresa en el caso del ejemplo que ya se mencionó, ARECA que son los siguientes son:

a.- Insumos invertidos antes del sistema de despacho

TOTAL: Q 28,564.20 (SOLO MATERIA PRIMA)

b.- Insumos obtenidos antes del sistema de despacho:

TOTAL: Q 28,564.20 – 10% DE DESPERDICIO = Q 25,707.78

c.- Insumos invertidos después del sistema de despacho:

Q 28,564.20 + Q 4,490.00( TASA DE RECUPERACION DE INVERSION)

TOTAL INSUMO INVERTIDO= Q 33,050.00

d.- Insumos obtenidos después del sistema de despacho:

Q 35,705.25 (INCLUYE AUMENTO DEL 25% DE EFICIENCIA ASI COMO  
CERO % DE DESPERDICIOS O FORMULACIONES INADECUADAS)

Con estos datos tenemos lo siguiente

	<u>21,630 kilos (ciclo 1)</u>		12.01667
	<u>1,800 hrs. (ciclo 1)</u>	X 100=	<u>0.50</u>
INDICE DE PRODUCTIVIDAD=	<u>25,956 kilos (ciclo 2)</u>		
	1,080 hrs. (ciclo 2)		24.03331

IP= 0.500\*100= 50.00% DE AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD

Nota: Estos datos se han tomado para compararse en un mes típico de producción antes y después del sistema. Aunque pareciera mucho en este caso si se da debido a la deficiencia que el proceso presentara antes del sistema descrito. En casos donde los procesos sean mas eficientes el incremento seria menor.

Tomando como insumos de la mezcla lo siguiente:

**TABLA V. PRORRATEO DE INGREDIENTES PARA MEZCLA DE CONCENTRADO**

	MELAZA	GRASA	VITAMINA	ACEITE	AGUA
KILOS/BATCH	7	6	2	1.5	7
BATCH/DIA	28	28	28	28	28
TOTAL KILOS/DIA	196	168	56	42	196
COSTO-KILO	1.45	1.20	3.5	2.5	0.04
COSTO TOTAL-DIA	Q 284.20	201.60	Q196.00	Q105.00	7.84
COSTO TOTAL MES(30 DIAS)	Q8526.00	Q6,040.00	Q5880.00	Q3150.00	Q235.20

**CUADRO RESUMEN MATERIA PRIMA ARECA**

**CUADRO VI. RESUMEN INSUMOS INVERTIDOS/ MES  
PLANTA ARECA (MES TÍPICO)**

<b>PRODUCTO</b>	<b>COSTO (Q)KILO</b>	<b>CONSUMO MES(KILOS)</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
<b>MELAZA</b>	<b>1.45</b>	<b>5,880</b>	<b>8,526.00</b>
<b>GRASA</b>	<b>1.20</b>	<b>5,040</b>	<b>6,048.00</b>
<b>VITAMINAS</b>	<b>3.5</b>	<b>1,680</b>	<b>5,880.00</b>
<b>ACEITE DE TIBURÓN</b>	<b>2.5</b>	<b>3,150</b>	<b>7,875.00</b>
<b>AGUA</b>	<b>0.04</b>	<b>5,880</b>	<b>235.20</b>
<b>TOTAL</b>		<b>21,630</b>	<b>Q28,564.20</b>

El cuadro anterior indica evidentemente que la productividad se elevo en un 50%.

Esto es importante porque no se incrementó mano de obra directa, por el contrario se redujo en tres operarios, ni ninguna otra inversión importante más que la de los equipos, que considerando una vida útil de 10 años aproximadamente y haciendo un cálculo de renta uniforme previamente considerado, se tiene dicho dato. Posiblemente se vea un aumento elevado, sin embargo, se debe considerar que la reducción de desperdicio así como la reducción de mano de obra directa afecta de este modo al índice de productividad.

Esta parte es de suma importancia debido a que una de las principales metas de todo Ingeniero Industrial, así como una manera de justificar la compra de equipos es la medición e incremento de la productividad. Definitivamente se ve influida en la disminución de los costos unitarios, mejorando así la utilidad de las empresas y teniendo la capacidad de aumentar salarios sin que estos se vean afectados por la inflación en el ámbito general.

"Este efecto aumentado de los incrementos de la productividad se debe a la acción de la llamada 'espiral salario-precio'.

Un aumento de los salarios puede hacer subir los precios, a su vez puede ser causa de que suban los costos y, por lo tanto, los precios. Este aumento de precios vuelve a hacer subir los salarios, lo cual hace que suban nuevamente los precios...y la espiral continua. Pero siempre que tenga lugar un aumento de la productividad, actuar frenando la espiral más de una vez.

Un incremento en la productividad da lugar a un aumento de la oferta agregada, lo cual mantiene bajo los costos unitarios de mano de obra. Al aumentar la productividad se puede mejorar los salarios sin aumentar los costos por unidad ni los precios." (Louis E. Davis, Manual del ingeniero industrial. Pag. 40)

Esto indica que mayor producción no necesariamente es mayor productividad.



El siguiente cuadro muestra los siguientes casos comparativos:

<u>DESCRIPCIÓN</u>	<u>CASO 1</u>	<u>CASO 2</u>
Los salarios aumentan	8 por ciento	8 por ciento
La productividad aumenta	<u>0 por ciento</u>	<u>3 por ciento</u>
Los costos por unidad de mano De obra aumentaran entonces en	<u>8 por ciento</u>	<u>5 por ciento</u>

Este cuadro nos explica mejor lo dicho anteriormente.

## 5.2 Características y descripción del proceso a controlar

La medición de flujos puede ser desde muy elemental y sencilla hasta complicada y difícil. Por ello es necesario detallar todas y cada una de las características del fluido incluyendo: temperatura, rango de flujo, densidad, viscosidad, si es newtoniano o no, tipo y diámetro de la tubería, presión, todas estas como las más importantes. Importante considerar si el fluido es bombeado, o simplemente por gravedad, si tiene sus respectivos chequeos ya que algunas líneas de fluido tienen retornos y esto afecta haciendo una medición inexacta.

Tal es el caso de un medidor vendido a Duralux, (empresa fabricante de baterías). Donde se observó que el medidor una vez detenida la bomba continuaba midiendo y en realidad era a causa de retorno del fluido, situación que fue solucionada simplemente con un cheque. Sin embargo, puede ser que únicamente cambiando de posición el medidor después del retorno se corrija este problema.

No está demás decir que si el fluido baja no se debe instalar un sensor de turbina, y se debe utilizar un medidor de desplazamiento positivo, revisar también

si el medidor esta después de un codo, brida, bomba, reductor, te, válvula o algún otro dispositivo de control.

A continuación se presentará una lista de posibles aplicaciones donde existe ya monitoreo y control:

**TABLA VII LUGARES DE APLICACIÓN DE MEDICIÓN DE FLUJOS**

1 ADHESIVOS	17 PLANTAS DE
2 PESTICIDAS	TRATAMIENTO DE AGUA.
3 PRODUCCIÓN DE	18 FABRICAS DE ACERO
ALUMINIO	19 INGENIOS.
4 ALIMENTOS DE	20 INDUSTRIA TEXTIL
ANIMALES	21 HOTELES
5 PLANTA DE ASFALTO	22 HOSPITALES
6 PROCESADORA DE	23 PETROLERAS
ALIMENTOS	24 FABRICANTES DE
7 CEMENTO	BATERIAS.
8 FABRICA DE	25 PINTURAS.
HELADOS	26 FABRICANTES DE
9 FABRICA DE JUGOS	ACEITE COMESTIBLE
10 PLANTA DE VIDRIO	27 PROCESADORAS DE
11 FARMACEUTICAS	PLYWOOD.
12 FABRICANTES DE PAPEL	
13 EDIFICIOS DE	
APARTAMENTOS.	
14 DESTILERIAS DE	
ALCOHOL.	
15 INYECTORAS DE	
PLASTICO	
16 EMBOTELLADORAS	

### 5.3 Rentabilidad de la inversión de los instrumentos

El cálculo de la rentabilidad, adicionalmente, da a conocer el aumento de la productividad que es necesario establecer debido a que por el departamento financiero, en algunos casos, la única manera de desembolsar dinero en una inversión es conociendo qué tanto le es rentable.

En esta parte si se hace el cálculo antes de comprar el equipo; se toman en cuenta los datos del fabricante del instrumento y se determina el valor de exactitud que pueda arrojar dicho instrumento. Se hace énfasis que aunque no necesariamente es el único factor que debe inclinar a una empresa a considerar en la compra de un equipo, si debe entenderse la necesidad de conocer este valor.

Para asuntos de presupuesto es muchas veces vital para realizar su adquisición.

Para esto necesitamos un valor presente del equipo y trasladarlo a una renta uniforme equivalente durante su estimación de vida útil del instrumento. Debido a que este valor ya se tiene en el punto anterior se anotará simplemente, éste es de:  
Q 4,490.00

También se estimará el monto que puede mejorar el proceso, éste en quetzales. Estimado y comparado a un mismo período para lo cual el equipo tiene una vida útil, para este caso no se realizará un cálculo de beneficio-costos, si no cuánto se puede obtener de lo que se invierte.

**TABLA VIII COMPARACIÓN INVERSIÓN RECUPERACIÓN (6 MESES)**

<b>COSTO</b>	<b>BENEFICIO</b>	<b>BENEFICIO ACUMULADO</b>
Q 4,490.00	Q.10,711.57	Q.10,711.57
Q 4,490.00	Q.10,711.57	Q.21,423.15
Q 4,490.00	Q.10,711.57	Q.32,134.72
Q 4,490.00	Q.10,711.57	Q.42,846.29
Q 4,490.00	Q.10,711.57	Q.53,557.86
Q 4,490.00	Q.10,711.57	Q.64,269.43
<b>TOTAL</b>	<b><u>Q26,940.00</u></b>	<b><u>Q.64,269.42</u></b>

Nota: dicho beneficio está basado en un aumento del 20% de la productividad así como una reducción del 10% de desperdicios.

Como se puede observar existe un incremento económico de Q 37,329.00 que ya esta cantidad es representativa y justifica esta inversión.

A continuación se presenta el siguiente cuadro que nos refiere el aumento de productividad por cada material de acuerdo a los cálculos de índice de productividad así como la reducción del desperdicio.

**TABLA IX. COMPARACIÓN INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD  
POR INSUMOS**

PRODUCTO	COSTO TOTAL	31% PRODUCTIVIDAD	TOTAL
MELAZA	5,880.00	1,822.80	7,056.00
GRASA	6,048.00	1,874.88	7,257.60
VITAMINAS	5,880.00	1,822.80	7,056.00
ACEITE	7,875.00	2,441.25	9,450.00
AGUA	235.20	72.85	282.24
<b>TOTAL</b>	<b>Q 25,918.20</b>	<b>Q 8,033.78</b>	<b>Q 31,101.84</b>

El cuadro anterior nos muestra que un incremento desglosado por material con un incremento sustancial económico de 5,183.64 sin considerar la reducción de un 10% de desperdicio; adicional a que la calidad del proceso mejoró sustancialmente evitando reprocesar materia prima cuando esto fue posible.

Además, se mejoró la seguridad del área para los operarios que trabajaban en este ambiente, debido a que esta área está en un segundo nivel, y previo al sistema de despacho que se hacia manual existía un riesgo alto de que las personas cayeran de las gradas, no solamente por la carga, sino por la materia prima que cae al suelo.

**A Continuación se presenta el indice de productividad de las materias primas.**

Insumos invertidos(kilos) Ciclo 1: 21,630

Insumos obtenidos (kilos) Ciclo 1: 19,464

Insumos invertidos(kilos) Ciclo 2: 21,630

Insumos obtenidos (kilos) Ciclo 2: 25,956

	<u>21,630 (ciclo 1)</u>	1.11111	
Indice de materia prima=	<u>19,467 (ciclo 1)</u>		1.333
	<u>21,630 (ciclo 2)</u>	0.8333	
	25,956 (ciclo 2)		

Lo que nos da un aumento del aprovechamiento de materias primas del 33.33% que no es nada despreciable. Esto realmente corrobora que la automatización ya en sistemas grandes también es rentable desde el punto de vista económico y también en variables agregadas al producto como calidad, homeneidad, seguridad en el proceso, limpieza para mencionar solamente algunas.

#### 5.4 Evaluación por medio del método valor presente

Esta evaluación servirá, básicamente, para la elección del mejor equipo tomando en cuenta diferentes marcas comerciales así como la asignación de prioridades que el usuario requiere y los puntos más importantes: una vez satisfechos se hará con ellos la siguiente comparación, como por ejemplo vida útil, costo de operación valor de salvamento.

Para ello tenemos el caso de dos distintos equipos de medición que previamente fueron investigados que cumplieran con las características técnicas como por ejemplo exactitud, rangos de medición, salidas de 4-20 mili amperes etc.

**TABLA X. EVALUACIÓN DEL MÉTODO VALOR PRESENTE**

VARIABLES		Equipo A	Equipo B
(P)	COSTO INICIAL	\$25,000.00	\$35,000.00
CAO	COSTO ANUAL DE OPERACIÓN	\$ 9,000.00	\$ 7,000.00
VS	VALOR DE SALVAMENTO	\$ 2,000.00	\$ 3,500.00
VU	VIDA UTIL, AÑOS.	5	5

NOTA: A UNA TASA ANUAL BANCARIA DEL 10%.

Utilizando los factores de valor presente tenemos.

$$P(a) = 25,000 + 9,000(P/A, 10\%, 5) - 2,000(P/F, 10\%, 5) = \$57,880.00$$

$$P(b) = 35,000 + 7,000(P/A, 10\%, 5) - 3,500(P/F, 10\%, 5) = \$59,360.00$$

Se debe seleccionar el equipo A, puesto que P(a) es menor que P(b). Un método sencillo pero práctico de evaluación para diferentes opciones.

## CONCLUSIONES

1. La medición de fluidos motores es necesaria y conlleva beneficios económicos para las empresas, sean éstas: grandes, medianas o pequeñas.
2. La información generada por los medidores ayuda en la toma de decisiones, para mejorar el proceso y evitar desperdicios y repeticiones en procesos continuos y procesos tipo lote (batch).
3. El usuario, como otro cliente, debe entender claramente que está en la posición de negociar y presionar al fabricante o al representante local. Pueden pedir: calidad, servicio, información adicional, etc.
4. El departamento de proyecto o mantenimiento debe justificar la compra de los equipos a través de una adecuada presentación de costos contra los beneficios adquiridos, realizando una labor de venta interna con la ayuda del representante local.



5. Se encontró que la mayoría de los fabricantes de instrumentación industrial utilizan la norma ISO 9001, lo que garantiza al usuario que los equipos que está comprando les sirvan y respondan como se espera. Ésto se lleva a cabo de una mejor manera cuando se dan y conocen con detalle todos los datos técnicos sin ser falseados o manipulados.
  
6. Todas las consideraciones hechas en este documento informan sobre compras innecesarias o en el peor de los casos, comprar equipos que no funcionen o en una mala aplicación.
  
7. El uso adecuado de sistemas de monitoreo y control permitirán a las empresas estar en una posición competitiva al hacer sus procesos más eficientes y controlados.

## RECOMENDACIONES

1. Cuando se miden fluidos que cambian su volumen en relación con la temperatura, es mejor utilizar un medidor tipo coriolis que mide masa, temperatura y densidad directamente. De lo contrario, una inversión en medidores volumétricos podría ser inadecuada y posteriormente reinvertir en la misma medición.
2. Si el proceso lo permite, así como las condiciones de la empresa, se deben dejar previsto los espacios o lugares para éstos. Aunque no se adquieran los equipos de medición en el presente. Se deben considerar distancias, espacios para tableros de control, colectores múltiples de escape etc.
3. En algunos casos cuando el presupuesto normal de un equipo es costoso, por ejemplo: \$20,000.00 o \$50,000 dólares o dependiendo de la capacidad así como del tipo y la cantidad de equipos, algunos representantes locales pueden financiar el monto de estos equipos redundando en beneficio de la empresa. Es decir, no realizar un desembolso total sino, 20% anticipo, 20% contra embarque, 20% contra entrega, 20% contra funcionamiento, y 20% crédito a la negociación final con la que se llegue entre usuario y representante del fabricante.

4. Para todo medidor previo a adquirirse debe realizarse un estudio adecuado de factibilidad, considerando a dos o más proveedores internacionales; así como las variables más importantes del proceso.
  
5. Cuando se desee llevar a cabo un proyecto de medición donde se involucre una inversión muy grande, se puede realizar por la fases. La primera fase compra de instrumentos de campo; es decir, únicamente monitoreo; y en la segunda fase se involucra la parte de los controles de proceso, como lo son: válvulas, controladores lógicos programables Etc.
  
6. Es necesario tener mediciones correctas y lo más exactas posibles, de acuerdo a los instrumentos adquiridos, para así poder tener un proceso bajo control; es decir, se aplica el criterio se mide primero y se controla después.
  
7. La instalación de los equipos debe de ser por un distribuidor a quién se le hizo la compra. Esto con el fin de tener un adecuado funcionamiento de dichos equipo y satisfacer las expectativas del usuario. Esto también permite exigir la garantía dada por el fabricante, ya que ellos no dan garantía por mal manejo o instalación defectuosa.

8. Debido a la legislación actual de la EGGSA (Empresa Electrica de Guatemala S.A.), y considerando las multas por bajo factor de potencia, y por lo que esto representa monetariamente hablando, como un costo adicional para la producción, se debe corregir este factor por medio de un banco de capacitores.
  
9. En la compra de los equipos de medición no debe tomarse en cuenta además del precio, variables como: exactitud, respaldo técnico, capacitación etc., dependiendo de la aplicación.
  
10. Cuando la inversión del equipo sea considerable (aprox. US \$5,000.00) o bien supere la fijada por el departamento financiero, es necesario hacer un cuadro comparativo de ventajas y desventajas, incluyendo garantía, vida útil del equipo y repuestos.
  
11. Debido al escaso material de apoyo en lo relacionado a la compra de equipo de instrumentación industrial se elaboró una guía que sirva de referencia y apoyo para el departamento de compras, de tal manera que tengan mejores bases y lineamientos en la selección y compra de sus equipos. VER ANEXO 4

## BIBLIOGRAFÍA

1. **AVALLONE A. Eugene. Manual del ingeniero mecánico. 9a. edición. México: Editorial Mc Graw Hill, 1,996.**
2. **CREUS Sole, Antonio. Instrumentación industrial.4a. edición. México: editorial ALFA OMEGA, 1,993.**
3. **FREEMAN H. Harry. Manual de prevención de contaminación. industrial. 3ra. Edición. México: Editorial Mc. Graw Hill, 1,998.**
4. **GURAKNIK B. David. Webster's new world dictionary. 2a. edición. Estados Unidos de América: Editorial The World Publishing Company, 1996.**
5. **HART communication foundation-HC. Field comunication protocol. Boletín abril 1994.**
6. **LOUIS E. Davis. Manual del ingeniero industrial,3a. edición. Tomo 1,2. México: Editorial Mc Graw Hill, 1994.**
7. **MOORE Corp. Advance Program and Controls Sistem. Configuracion and operation training manual. Manual de Entrenamiento TM39-1. 1997.**
8. **OHMART Corp. Measurement and control manual. Density Detectors. Manual de operación 1997.**

9. **ROBB A. Louis. Diccionario para ingenieros.13a. edición. México. Editorial continental, S.A. 1993.**
10. **SCHLUMBERGER Industries. Positive displacement gas meters. Gas division. Manual de Compra 3m, 5m and 7m models. 1993.**
11. **SCHLUMBERGER. Measurement Division. Vortex Flowmeters. Catalogo TS-755. 1995.**
12. **SIGNET flow sensor. Insertion types flowmeters turbine. Catalogo de instrumentación 30-41. 1996 pp.**
13. **SQUARE-D, Group Schneider DIGEST, Manual de selección No. 171 1998.**
14. **STREETER L. Víctor. Mecánica de los fluidos. 8ª. Edición. México: Editorial Mc. Graw Hill, 1,992.**
15. **TAYLOR A. George. Ingeniería económica. 2a. edición. México: Editorial Limusa, 1,996.**

## ANEXO No. 1

### CUADRO COMPARATIVO DE SENSORES Y SUS MATERIALES

MATERIAL	RESISTENCIA CORROSIÓN	RESISTENCIA A LA ABRASIÓN
ACERO INOX. 316 SS	BUENA	MEDIA
OPCIONAL: HASTELLOY B5C HAYNES ALLOY 25 PLATINO TANTALIO TITANIO	BUENA MEDIA EXELENTE BUENA BUENA	MEDIA EXCELENTE POBRE MEDIA BUENA
ESPECIAL: MONEL CARPENTER 20	BUENA BUENA	MEDIA EXELENTE

FUENTE: INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL ANTONIO CREUS.

### RESISTENCIA A LA CORROSIÓN Y ABRASIÓN DE VARIOS REVESTIMIENTOS

## **ANEXO No 2**

### **LISTA DE FABRICANTES DE EQUIPO DE INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL**

<b>FABICANTE</b>	<b>DIRECCIÓN</b>
<b>ABB Kent-Taylor</b>	<b>PO Box: 110 Rochester, N:Y: 14692 (201) 225-1717</b>
<b>Accurate Metering Systems, Inc.</b>	<b>1651 Wilkening court schaumburg, IL 60173 (312) 882-0690</b>
<b>Brooks Instrument Division Emerson Electric Co.</b>	<b>407 West Vine Street Hatfield, PA 19440 (215) 362-3500</b>
<b>Endress &amp; Hauser, Inc.</b>	<b>2350 Endress Place P.O. Box 246-1 Greenwood, IN 46143 (800) 428-4344</b>
<b>Fischer &amp; Porter Co.</b>	<b>125 E. County Line Road. Warminster, PA 18974 (215) 674-6000</b>
<b>FOXBORO Company</b>	<b>Bristol Pike (800) 521-0451</b>
<b>Honeywell Industries Automation</b>	<b>16404 N. black Canyon highway Phoenix, AZ. 85203 (602) 863-5144</b>
<b>Johnson Yokogawa Corp.</b>	<b>4 Dart Road. Newnan, GA 30265-1040 (404)- 254-0400</b>
<b>Krohne-America, Inc.</b>	<b>P.O. Box 729</b>



**Lynnfield, ma 01940-0729  
(617) 535-6060**

**Rosemont, INC.**

**12001 Technology Drive  
Eden Prairi. MN 55344  
(612) 828-3888**

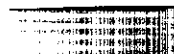
**SCHLUMBERGER INDUSTRIES**

**1310 Emerald Road  
Greenwood, SC. 29646  
(803) 223-1212**

**TURBO INSTRUMENT, INC**

**4 Vashell way  
Orinda, Ca 94563  
(800) 822-1314**

FUENTE: EQUIPOS Y SERVICIOS INDUSTRIALES, S.A.



**ANEXO No 3**

**CUADRO DE COMPARACIÓN DE MEDIDORES DE FLUJO, MAGNÉTICOS**

<b>FABRICANTE</b>	<b>Schlumberger</b>	<b>Khronel</b>	<b>F. &amp; P.</b>	<b>Foxboro</b>
Tamaños. (pulgadas)	½ a 6"	1/10 a 4"	1/10 a 4"	½ a 6"
Modelo	Flumag FC.	Afx. K280	K-Mag.	Model 8000
Rango de Flujo (litros/min)	0.44 - 2370	0.02 - 1600	0.008 - 1200	0.3 - 2440
Rango de velocidad Plena escala (M/S.)				
Giro máximo de campo	50-1	N.A.	100-1	65-1
Presión máxima PSI.	580	580	285	675
Temp. máxima (°C)				
Local	80	120	66	120
Remoto	150	180	180	204
Consumo ( VA)	11-13 VA.	7.5 VA	15 VA	15 VA
Repetibilidad	+ - 0.1%	NA	+ - 0.1%	+ - 0.05% PLENA ESCALA
Exactitud	+ - 1%	NA	+ - 1%	+ - 1%
Protección estándar	NEMA 4	NEMA 4	NEMA 4	NEMA 4
Conductividad . Mínima u-Siemens	5	5	5	5
Pantalla en dígitos	4	4	(None) Blind	3 Opcionales
Basados en micro-Procesador	Si	NA	Opcional	Yes
Material del electrodo	latino sólido	Platino	Platino	Platino

## ANEXO 4

### CONCENTRACIÓN DE ION HIDROGENO EN CONCENTRACIONES ÁCIDAS Y ALCALINAS

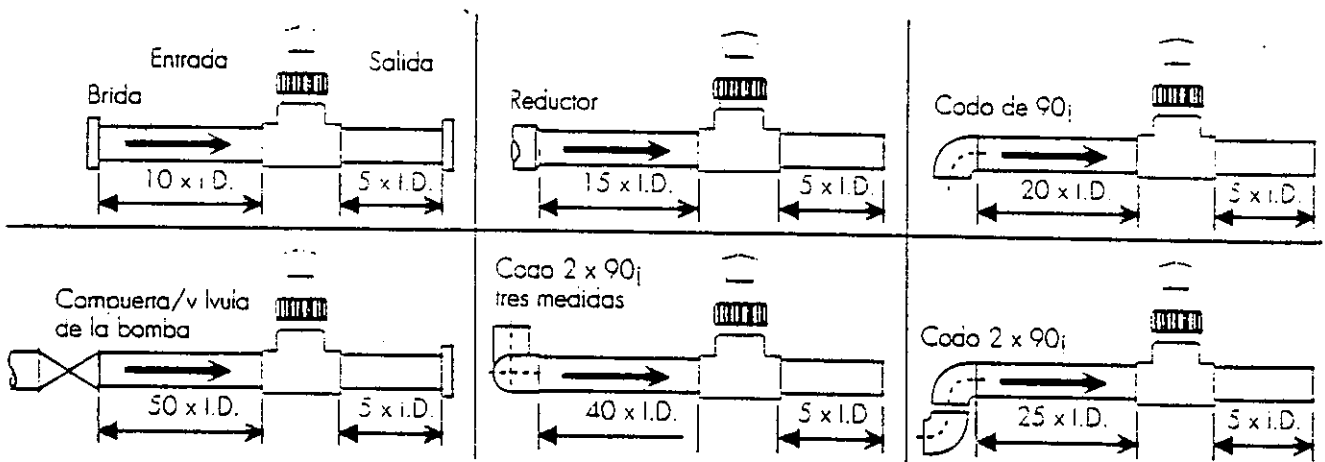
CONCENTRACION DE  
ION-HIDROGENO  
(gramos/litro)

VALOR DECIMAL	ESCALA DE 10 Ph		EJEMPLO DE SOLUCIONES
1.0	$10^0$	0	ACIDO HIDROCLORHIDRICO (10.0 N) ACIDO SULFURICO (1.0 N)
0.1	$10^1$	1	ACIDO HIDROCLORHIDRICO (0.1 N) ACIDO SULFURICO (0.1 N) ACIDO FOSFORICO (0.1 N) ACIDO GASTRICO
0.01	$10^2$	2	JUGO DE LIMON JUGO DE LIMON GIGER ALE
0.001	$10^3$	3	VINAGRE (4% ACIDO ACETICO) JUGO DE UVA VINOS
0.0001	$10^4$	4	JUGO DE NARANJA CERVEZA
0.00001	$10^5$	5	JUGO ACIDO DE TOMATE ACIDO HIDROCLORHIDRICO (0.00001 N)
0.000001	$10^6$	6	AGUA DESTILADA MAIZ LECHE FRESCA
0.0000001	$10^7$	7	NEUTRAL
			TEORICAMENTE AGUA PURA
0.00000001	$10^8$	8	SANGRE HUMANA AGUA DE MAR SODA (1%)
0.000000001	$10^9$	9	SOLUCION BORAX (0.1 - 10%) SOIL NATURAL MUY ALKALINO
0.0000000001	$10^{10}$	10	SOLUCIONES DE JABON LECHE DE MAGNESIA
0.00000000001	$10^{11}$	11	HIDROXIDO DE AMONIACO
0.000000000001	$10^{12}$	12	COBRE BAÑADO EN CIANURO DE PLATA
0.0000000000001	$10^{13}$	13	HIDROXIDO DE SODIO (0.1 N)
0.00000000000001	$10^{14}$	14	ALKALINO FUERTE (BASICO) HIDROGENO-DE SODIUM (1.0 N) ACIDO HIDROCLORHIDRICO (0.1 N)

FUENTE: SIGNET GEORGE FISCHER.

## ANEXO 5.

### MEDIDAS A CONSIDERAR PARA INSTALAR SENSORES DE FLUJO TIPO TURBINA



FUENTE: SIGNET GEORGE FISCHER

# ANEXO 6

## HOJA DE DATOS PARA LA SELECCIÓN DE MEDIDORES DE FLUJO

NOMBRE DE LA EMPRESA:

DIRECCIÓN:

NOMBRE DEL CONTACTO:

TELÉFONO/FAX

### INFORMACIÓN DEL PROCESO

FUNCIÓN:  TOTAL  FLUJO  BATCH  CONTROL PROCESO CONTINUO

SERVICIO:  CONTINUO  INTERMITENTE \_\_\_\_\_ HORAS AL DÍA O TAMAÑO DE BATCH \_\_\_\_\_

FLIDO:

ESTADO:  LÍQUIDO  PASTOSO, \_\_\_\_\_ % SÓLIDOS  GAS  VAPOR

	UNIDADES	NORMAL	MÁXIMO	MÍNIMO	ESCALA TOTAL
FLUJO					
PRESIÓN					
TEMPERATURA					
VISOSIDAD					
DENSIDAD					

PRESIÓN DE GASIFICACION: \_\_\_\_\_ CONDUCTIVIDAD: \_\_\_\_\_

DIAMETRO TUBERÍA: \_\_\_\_\_ CÉDULA: \_\_\_\_\_ MATERIAL: \_\_\_\_\_ TIPO UNIÓN: \_\_\_\_\_

CONEXIÓN DEL MEDIDOR DE FLUJO TIPO: \_\_\_\_\_ TOLERANCIA: \_\_\_\_\_

DISTANCIA DE TUBERIA RECTA ANTES Y DESPUÉS DEL MEDIDOR A: \_\_\_\_\_ D: \_\_\_\_\_

### ELECTRÓNICA

FUENTE DE PODER  EXTERNA  LAZO ELECTRÓNICA  REMOTA  LOCAL

AMBIENTE DE INSTALACIÓN DE LA ELECTRÓNICA  NO PELIGROSO  PELIGROSO CL: DIV:

DISPLAY LOCAL  NINGUNO  FLUJO  TOTAL

DISPLAY REMOTO  NINGUNO  FLUJO  TOTAL

SALIDAS  NINGUNA  PULSO  4-20 mA  INTELIGENTE, PROTOCOLO: \_\_\_\_\_

LARGO DE CABLE DEL SENSOR AL TRANSMISOR: \_\_\_\_\_

### DIBUJO DEL PROCESO

EQUIPOS Y SERVICIOS INDUSTRIALES S.A. TEL.: 4424606 FAX: 4424605 E-mail esinsa@guate.net

# **APENDICE**

## **GUÍA DE COMPRA PARA INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL**

- 1. Reconocimiento internacional:** evaluar compatibilidad con otros equipos existentes dentro de la fabrica, como PLC, módulos de control, etc.
- 2. Experiencias previas (del proveedor):** le dará al usuario final referencia de cómo los equipos similares trabajan y, por supuesto, menos incertidumbre en el aspecto técnico.
- 3. Respaldo técnico local:** cuando se requiera de repuestos, asesoría adicional, (que siempre se requiere).
- 4. Entrenamiento:** esto se da como una cortesía cuando el proveedor esta introduciendo una nueva marca en una planta donde no se conoce. De lo contrario se puede solicitar que se incluya dentro de la cotización.
- 5. Dimensionamiento correcto:** todo proveedor da una hoja de requisitos técnicos que deben cumplirse antes de poder cotizar. Cerciorarse que esta información sea correcta, como lo son temperatura, rango de fluido, presión, información del proceso, tipo de conexión etc.
- 6. Estimación del crecimiento de la planta:** esto es un punto a considerarse internamente por parte del usuario, y debe tomar en cuenta las opciones que el equipo pueda ofrecer para el futuro.

- 7. Evaluación de las cotizaciones:** considerar dos o más ofertas que cumplan los requisitos mínimos requeridos.
- 8. Ampliación de la información técnica:** en ocasiones la cotización es muy escasa y debe solicitarse mayor información, debido a que en ocasiones se cotiza solo lo básico.
- 9. Tiempo de entrega:** esto dependerá de la fase en que se encuentra el proyecto en el diagrama de actividades, si es de urgencia esto será vital y será la diferencia entre adjudicarlo a uno u otro proveedor.
- 10. Garantía:** esto debe solicitarse por escrito con la firma del representante legal. Es importante cerciorar este punto porque en el momento que se reclame garantía y esta no fue firmada por el representante puede dar lugar a perderla.
- 11. Repuestos:** algunos repuestos no están en plaza por lo que se debe considerar el tiempo que el proveedor se compromete a entregarlo.
- 12. Negociación:** definitivamente uno de los más importantes a considerarse en todo cierre de compra donde se solicita mejor precio, tiempo de entrega, garantía, etc.