



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

**PROPUESTA TÉCNICA Y ECONÓMICA DE APLICACIÓN DE VIDEO
REGISTRADORES A LA INDUSTRIA LÁCTEA EN GUATEMALA**

Juan Carlos Ortiz Aldana

Asesorado por el Ing. Julio Edgar Castillo Rojas

Guatemala, marzo de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA TÉCNICA Y ECONÓMICA DE APLICACIÓN DE VIDEO
REGISTRADORES A LA INDUSTRIA LÁCTEA EN GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JUAN CARLOS ORTIZ ALDANA

ASESORADO POR EL ING. JULIO EDGAR CASTILLO ROJAS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRICISTA

GUATEMALA, MARZO DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Romeo Neftalí López Orozco
EXAMINADOR	Ing. Jorge Luis Pérez Rivera
EXAMINADOR	Ing. Jose Guillermo Bedoya Ramos
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

PROPUESTA TÉCNICA Y ECONÓMICA DE APLICACIÓN DE VIDEO REGISTRADORES A LA INDUSTRIA LÁCTEA EN GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 5 de septiembre de 2011.

Juan Carlos Ortiz Aldana

Guatemala, 20 de junio de 2014

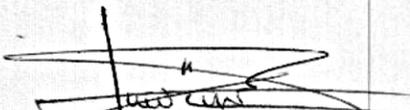
Ingeniero
Otto Fernando Andrino González
Coordinador del Área de Electrotecnia
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente.

Estimado Ingeniero Andrino:

Por este medio me dirijo a usted para informarle que habiendo asesorado al estudiante **Juan Carlos Ortiz Aldana** con carné No. **1995-16122**, en el trabajo de graduación "**Propuesta Técnica y Económica de aplicación de Video Registradores a la Industria Láctea en Guatemala**" y llenando éste los objetivos trazados, extendiendo la aprobación del mismo.

Por lo tanto, el autor de este trabajo y yo como asesor, nos hacemos responsables del contenido y conclusiones del mismo

Sin otro particular, me suscribo atentamente.


Ingeniero Julio Edgar Castillo Rojas
Asesor

Julio Edgar Castillo Rojas
INGENIERO ELECTRICISTA
COLEGIADO # 1604



FACULTAD DE INGENIERIA

Ref. EIME 39.2014
Guatemala, 1 de JULIO 2014.

Señor Director
Ing. Guillermo Antonio Puente Romero
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

**Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado:
PROPUESTA TÉCNICA Y ECONÓMICA DE APLICACIÓN DE
VÍDEO REGISTRADORES A LA INDUSTRIA LÁCTEA EN
GUATEMALA, del estudiante Juan Carlos Ortiz Aldana, que
cumple con los requisitos establecidos para tal fin.**

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,
ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Otto Fernando Andrino González
Coordinador Área Electrotécnica



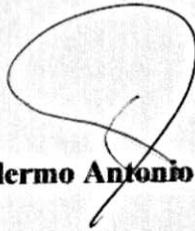
SRO



FACULTAD DE INGENIERIA

REF. EIME 39. 2014.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; JUAN CARLOS ORTIZ ALDANA titulado: PROPUESTA TÉCNICA Y ECONÓMICA DE APLICACIÓN DE VÍDEO REGISTRADORES A LA INDUSTRIA LÁCTEA EN GUATEMALA, procede a la autorización del mismo.


Ing. Guillermo Antonio Puente Romero



GUATEMALA, 1 DE SEPTIEMBRE 2,014.

Universidad de San Carlos
de Guatemala

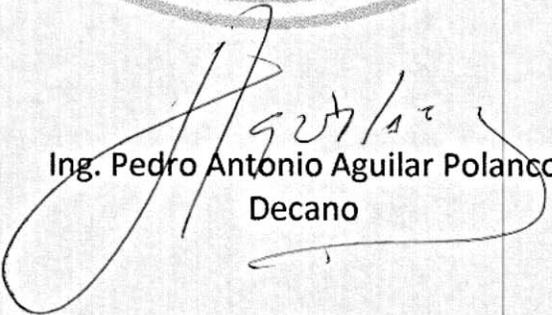


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 110.2017

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **PROPUESTA TÉCNICA Y ECONÓMICA DE APLICACIÓN DE VIDEORREGISTRADORES A LA INDUSTRIA LÁCTEA EN GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Juan Carlos Ortiz Aldana**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, marzo de 2017

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por darme la vida, cuidar de mí y brindarme la oportunidad de poder ver el éxito obtenido.
Mis padres (q. e. p. d.)	Nora Aldana y Adrián Ortiz, gracias a ellos soy quien soy, y sé que desde el cielo están siendo parte de mi éxito.
Mi esposa	Alma Urrutia, por brindarme su apoyo y amor incondicional durante todo el tiempo que llevamos de conocernos.
Mis hijas	María Gabriela y Dulce Sofía Ortiz Urrutia, gracias a las dos por todo el cariño que le dan a su papito, y ser mi fuente de inspiración.
Mis hermanos	Otto David, Guillermo Austreberto y Javier Adrián Ortiz Aldana, gracias por todo el apoyo y cariño brindado en el transcurso de nuestras vidas.
Mis sobrinos	A todos, por tantos momentos de alegría compartidos con la familia.

Mis cuñados

A todos, por todos los momentos compartidos y apoyo que de alguna u otra manera me han brindado.

Mi suegra

Doña María, gracias por apoyarme tanto a mí, como a mi familia en todo momento.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por darme la oportunidad de poder obtener mi carrera universitaria.
Facultad de Ingeniería	Por todos esos momentos alegres y difíciles que pasé para poder realizar mi carrera universitaria.
Mis amigos de la Facultad	Erwin Say, Roberto Patzán, Carlos Díaz, Darío Palma, Jenser Hernández, por todos esos momentos compartidos durante el transcurso de nuestras carreras.
Mis amigos	Ronaldo, Willy, José Carlos, Ángel Mario, por todos esos momentos de alegría y tristeza por los que hemos pasado sin perder el lazo de amistad.
Mis compañeros de Reset	Por el apoyo y compañerismo brindado durante mi estadía en la empresa, en especial a Nelly de Castillo e Ing. Julio Castillo, por su apoyo para la realización de mi trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. CONCEPTOS BÁSICOS DE INSTRUMENTACIÓN	1
1.1. Campo de medida	1
1.2. Alcance.....	2
1.3. Error.....	3
1.4. Incertidumbre en la medición.....	4
1.5. Exactitud.....	8
1.6. Precisión.....	8
1.7. Zona muerta	10
1.8. Sensibilidad	11
1.9. Repetibilidad.....	12
1.10. Histéresis.....	13
2. TIPOS DE INSTRUMENTOS UTILIZADOS EN UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN	15
2.1. En función del instrumento	16
2.1.1. Instrumentos primarios	16
2.1.2. Instrumentos secundarios.....	22
2.2. Instrumentos en función de la variable de proceso	29

3.	REGISTRADORES	31
3.1.	Registradores gráficos	32
3.1.1.	Registradores galvanométricos	32
3.1.2.	Registradores potenciométricos	34
3.2.	Registradores ultravioleta.....	35
3.2.1.	Registradores de fibra óptica.....	35
3.3.	Registradores de cinta magnética	37
3.4.	Registradores X-Y	38
3.5.	Registradores neumáticos.....	39
3.6.	Video registrador	40
4.	VIDEO REGISTRADOR.....	41
4.1.	Características principales	41
4.1.1.	Entradas universales	41
4.1.2.	Matemáticas y lógica	49
4.1.3.	Totalizadores.....	58
4.1.4.	Memoria	58
4.1.5.	Almacenamiento de archivos de acuerdo con las normas de la industria	59
4.1.6.	Conformidad con la Norma 21 CFR parte 11 y paquete	60
	de validación GAMP	60
4.1.7.	Salidas de relé.....	60
4.1.8.	Registro flexible.....	61
4.2.	Características especiales	62
4.2.1.	Revisión de datos en línea	62
4.2.2.	Comunicaciones Ethernet	63
4.2.3.	Servidor web integrado	66
4.2.4.	Revisión y análisis fuera de línea	68

4.2.5.	Registros históricos	69
5.	APLICACIONES GENERALES	71
5.1.	Planta de generación de energía.....	71
5.2.	Registro de datos en aplicaciones de gestión de la extracción de agua de pozo.....	73
5.3.	La supervisión del proceso de autoclaves en la industria farmacéutica	75
5.4.	Purificación de agua en la industria farmacéutica	80
5.5.	Registro de datos en los procesos de digestión anaeróbica....	84
5.6.	Registro de datos en los procesos de descarga de efluentes	88
6.	CASO ESPECÍFICO: APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA LÁCTEA	91
6.1.	Desarrollo del proyecto.....	91
6.2.	Estudio económico del proyecto.....	97
6.2.1.	Evaluación financiera de la inversión.....	98
6.2.2.	Criterios de rentabilidad	98
6.2.3.	Valor del proyecto.....	99
6.2.3.1.	Instalación y puesta en marcha de los equipos.....	100
6.2.3.2.	Programa de amortizaciones.....	102
6.2.3.3.	Gastos	103
	CONCLUSIONES	113
	RECOMENDACIONES.....	115
	BIBLIOGRAFÍA.....	117

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Definiciones de los instrumentos.....	2
2.	Esquema general de un sistema de control	15
3.	Elementos primarios.....	17
4.	Termocopla tipo J.....	18
5.	Sensor de temperatura tipo RTD	21
6.	Transmisores	22
7.	Instrumentos ciegos	23
8.	Instrumentos indicadores	24
9.	Instrumentos registradores.....	24
10.	Transductores	26
11.	Controladores.....	27
12.	Elemento final de control.....	28
13.	Clases de instrumentos.....	30
14.	Registrador circular de papel	31
15.	Registrador, tablero de control delantero de un registrador típico de tira de papel	33
16.	Escritura en papel térmico.....	33
17.	Lazo de control registrador potenciométrico	34
18.	Luz ultravioleta en registradores	35
19.	Registrador de fibra optica para temperatura.....	36
20.	Diagrama de bloques de un registrador de cinta.....	37
21.	Diagrama simplificado de la cabeza magnética de grabación.....	38
22.	Registradores X-Y	39

23.	Registrador neumático.....	40
24.	Video registrador.....	40
25.	Señal de salida en mA de un transmisor	42
26.	Señal de salida en V de un transmisor	42
27.	Valores de corriente <i>versus</i> temperatura	44
28.	Señales PV y MV de 4–20 mA.....	45
29.	Señal 4–20 mA <i>versus</i> porcentaje de la señal.....	46
30.	Apertura de válvula por controlador	48
31.	Pantalla para ingreso de ecuaciones matemáticas en un video registrador de marca ABB.....	49
32.	Salidas de relé de un video registrador.....	61
33.	Entradas analógicas en un video registrador.....	62
34.	Visualización de datos en tiempo real en el videograficador	63
35.	Puerto de comunicación Ethernet de un video registrador	65
36.	Acceso a los archivos vía FTP.....	65
37.	Visualización de datos en tiempo real vía web	67
38.	Ejemplo de pantalla de software Data Manager Pro de ABB.....	68
39.	Ejemplo de datos mostrados en registro del video registrador	70
40.	Esquema general del sistema de control	96
41.	Diagrama de control de flujo de recepción y despacho de leche en una industria láctea.....	97
42.	Valor actual neto.....	111

TABLAS

I.	Datos de calibración de manómetro Bourdon.....	5
II.	Datos para cálculo de repetibilidad	13
III.	Tipos de termocoplas.....	19
IV.	Operadores.....	50

V.	Fuentes analógicas	53
VI.	Estados de entrada digital	54
VII.	Funciones matemáticas y lógicas	56
VIII.	Punto #1- recepción de producto	100
IX.	Punto #2- cocimiento.....	100
X.	Punto #3- saborización.....	101
XI.	Punto #4- envasado	101
XII.	Gastos de operación	101
XIII.	Gastos adicionales	102
XIV.	Costo de equipos	102
XV.	Programa de amortizaciones	103
XVI.	Gastos por consumo eléctrico.....	103
XVII.	Gastos por mantenimiento	104
XVIII.	Gastos de operación	104
XIX.	Gastos por materiales	105
XX.	Resumen de beneficios y flujo de caja	107
XXI.	Evaluación económica del proyecto	108
XXII.	Beneficios.....	109
XXIII.	Costos <i>versus</i> beneficios	110
XXIV.	TIR <i>versus</i> VAN	110

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
RTD	Detector de temperatura resistivo
Ri	Flujo de caja
°C	Grado centígrado
°	Grado de temperatura
°F	Grado Fahrenheit
kPa	Kilo Pascal
PSI	Libra-fuerza por pulgada cuadrada
m	Metro
mm	Milímetro
nm	Nanómetro
K	Pago de la inversión
n	Vida útil del proyecto

GLOSARIO

Campo de medida con elevación de cero	El valor cero de la variable o señal medida es mayor que el valor inferior del campo, por ejemplo: 10° a 30° C.
Campo de medida con supresión de cero	El valor cero de la variable o señal medida es menor que el valor inferior del campo.
CF	<i>Compact Flash</i> dispositivo de almacenamiento de datos, usado en dispositivos electrónicos portátiles. Como dispositivo de almacenamiento, suele usar memoria <i>flash</i> en una carcasa estándar.
Elevación de cero	Cantidad con que el valor cero de la variable supera el valor inferior del campo. Puede expresarse en unidades de la variable medida o en porcentaje del alcance.
Estabilidad	Capacidad de un instrumento para mantener su comportamiento durante su vida útil y de almacenamiento especificadas.
Fiabilidad	Medida de la probabilidad de que un instrumento continúe comportándose dentro de límites especificados de error a lo largo de un tiempo

determinado y bajo condiciones específicas.

FTP Protocolo de red para la transferencia de archivos.

HTTP Protocolo de transferencia de hipertexto.

Linealidad Aproximación de una curva de calibración a una línea recta especificada.

Linealidad basada en puntos Falta de linealidad expresada en forma de desviación máxima con relación a una línea recta que pasa a través de los puntos dados correspondientes al cero y al 100 por ciento de la variable medida.

Memoria flash Derivada de la memoria EEPROM, permite la lectura y escritura de múltiples posiciones de memoria en la misma operación. Gracias a ello, la tecnología flash, siempre mediante impulsos eléctricos, permite velocidades de funcionamiento muy superiores frente a la tecnología EEPROM primigenia, que solo permitía actuar sobre una única celda de memoria en cada operación de programación.

MV Variable manipulada.

Peso muerto Se utiliza para la calibración de manómetros de presión. Consiste en pesas, cuyo peso ya es conocido, y conociendo el área de la base del pistón del cilindro del calibrador se puede determinar la

presión que el peso muerto ejerce. Conociendo este dato ya se tiene un patrón de referencia para calibrar los manómetros.

PV

Variable de proceso.

Reproducibilidad

Capacidad de reproducción de un instrumento de las medidas repetitivas de la lectura o señal de salida para el mismo valor de la variable medida alcanzado en ambos sentidos, en las mismas condiciones de servicio y a lo largo de una período de tiempo determinado. Por ejemplo, un valor representativo sería $\pm 0,2$ por ciento del alcance de la lectura o señal de salida a lo largo de un período de 30 días.

Resolución

Magnitud de los cambios en escalón de la señal de salida (expresados en tanto por ciento de la salida de toda la escala) al ir variando continuamente la medida en todo el campo.

Resolución infinita

Capacidad de proporcionar una señal de salida progresiva y continua en todo el campo de trabajo del instrumento.

**Respuesta
frecuencia**

Variación del cociente de las amplitudes de la señal de salida dentro de la variable medida debida a la frecuencia de oscilación de una onda senoidal aplicada a un instrumento, dentro de un campo establecido de frecuencias de la variable medida. Se

especifica usualmente como «dentro de \pm ...%... a ... Hz».

Ruido

Cualquier perturbación eléctrica o señal accidental no deseadas que modifica la transmisión, indicación o registro de los datos deseados.

Supresión de Cero

Cantidad con que el valor inferior del campo supera el valor cero de la variable. Puede expresarse en unidades de la variable medida o en porcentaje del alcance.

TCP/IP

Protocolo de control de transmisión/Protocolo de internet.

Temperatura de servicio

Campo de temperaturas en el cual se espera que trabaje el instrumento dentro de límites de error especificados.

VAN

Valor actual neto.

Vida útil de servicio

Tiempo mínimo especificado durante el cual se aplican las características de servicio continuo e intermitente del instrumento, sin que se presenten cambios en su comportamiento más allá de tolerancias específicas.

RESUMEN

En el capítulo uno se presenta una serie de conceptos básicos de instrumentación muy importantes para poder comprender de una mejor manera la funcionalidad de los equipos y aplicaciones mencionados en el presente trabajo.

En el capítulo dos se hace una clasificación de los tipos de instrumentos utilizados en un sistema de automatización, definiéndolos en función del instrumento y en función de la variable de proceso.

El capítulo tres describe los diferentes tipos de registradores utilizados comúnmente en los sistemas de automatización industrial.

El capítulo cuatro se centra en el video registrador, identificando sus principales características y las especiales.

Los ejemplos de aplicaciones y ventajas del video registrador en diferentes tipos de industria, se ilustran en el capítulo cinco

La aplicación del video registrador, específicamente en una industria láctea de Guatemala, demostrando la necesidad de la implementación del video registrador, así como el desarrollo del proyecto y estudio de factibilidad económica, se describe en el capítulo seis.

OBJETIVOS

General

Propuesta técnica y económica de aplicación de video registradores a la industria láctea en Guatemala.

Específicos

1. Presentar los conceptos básicos de instrumentación.
2. Dar a conocer los distintos tipos de instrumentos utilizados en automatización.
3. Presentar los fundamentos generales de los registradores.
4. Presentar el funcionamiento del video registrador.
5. Mostrar las aplicaciones generales del video registrador.
6. Presentar una propuesta técnica-económica de aplicación del video registrador en una industria láctea.

INTRODUCCIÓN

El video registrador es una herramienta muy útil y a veces obligatoria en algunos de los procesos de la industria. Existen procesos industriales en los que para llevar el registro de las variables de procesos, con respecto del tiempo, es obligatorio llevar una bitácora de su comportamiento, no solo por el hecho de garantizar que el proceso ha sido realizado correctamente, sino también, debido a que actualmente existen varias entidades tanto gubernamentales como privadas encargadas de velar porque los servicios o productos que se ofrecen al mercado cumplan con las diferentes normas nacionales o internacionales de procesos industriales, y así también, como sancionar a las empresas o industrias que no cumplan con dichas normas, es necesario contar con equipos certificados a nivel internacional que cuenten con sistemas de seguridad para que sus registros no sean modificados por ninguna persona, sin la debida autorización, y así poder garantizar que los registros son los valores verdaderos que se han venido trabajando a lo largo del proceso industrial.

En toda industria es necesario el ahorro de tiempo del personal encargado de llevar el control y registro de las variables del proceso industrial, debido a que se evita que el colaborador encargado de realizar sus rondas a ciertas horas, solo para tomar un registro escrito en papel del valor de la variable a esa hora exacta, se pierde tiempo en el recorrido de las instalaciones para poder llegar al punto donde están ubicados los diferentes sensores de variables de proceso y, además, las lecturas muchas veces pueden ser erróneas, debido a una lectura equivocada del valor, a una falla en el sensor o simplemente debido a que el operador no cumplió con asistir a la hora establecida para la lectura de

la variable. ¿Cómo puede el empresario asegurar que el operario cumplió con llegar al punto y registrar la variable?, porque pudiera ser que el operario asuma que el proceso sigue igual y solo anota el dato, este entonces es otro punto por el cual el uso de registradores como parte de un sistema de automatización industrial es vital para su eficaz funcionamiento.

La seguridad es otro punto interesante para aplicar el video registrador en un proceso industrial; actualmente existen varias entidades nacionales, internacionales, gubernamentales y no gubernamentales encargadas de velar porque todos los procesos industriales para la elaboración de productos, o un servicio, cumplan con todo el procedimiento establecido para la elaboración de los mismos, por ejemplo, en la industria láctea se debe cumplir con las temperaturas establecidas en los procesos de esterilización y pasteurización de la leche, que sería el elemento primario para la elaboración de una gran variedad de productos derivados de la leche. ¿Cómo garantizar que se ha cumplido con dichas temperaturas?

Es por esto que, el uso de registradores en este tipo de industria es vital, actualmente existen muchas empresas que utilizan todavía el registro de variables en papel, quedando cortos con el manejo de la información obtenida, desaprovechando las nuevas herramientas que provee el videograficador.

Los video registradores proveen diferentes niveles de seguridad para su programación y registro de datos, garantizando con esto, que la información descargada de ellos será verídica y que los valores registrados corresponderán efectivamente a las variables indicadas en el tiempo indicado, pudiendo así poder tener bases y pruebas de que su proceso ha sido realizado bajo las normas actualmente establecidas para la elaboración de algún producto en

especial, y poder optar a la certificación de dicho proceso, avalada por los organismos antes mencionados.

El control del video registrador, aunque no es su principal función, se puede configurar para que tengan la función de control en el proceso que se está monitoreando, básicamente ya cuenta con alarmas de los diferentes canales de monitoreo de variables, pero además de esto, se pueden realizar acciones de control vía relé, configurando los valores deseados para encendido o apagado del relé, el cual a su vez será encargado de encender o apagar dispositivos de finales de control. Todo el control dependerá en sí de la manera en que sea configurado el equipo y las acciones que debe realizar al momento que la variable llegue a cierto valor.

Por último, cabe mencionar que el video registrador es aplicable a todo tipo de industria donde se utilicen variables de proceso, como pudieran ser: energía, industria láctea, industria alimenticia, embotelladoras, cementeras, plásticos, entre otros.

1. CONCEPTOS BÁSICOS DE INSTRUMENTACIÓN

Los instrumentos de control empleados en la industria de proceso, tales como: química, petroquímica, alimenticia, metalúrgica, energética, textil, papel, entre otros, tienen su propia terminología; los términos empleados definen las características propias de medida y de control, así como las estáticas y dinámicas de los diversos instrumentos utilizados.

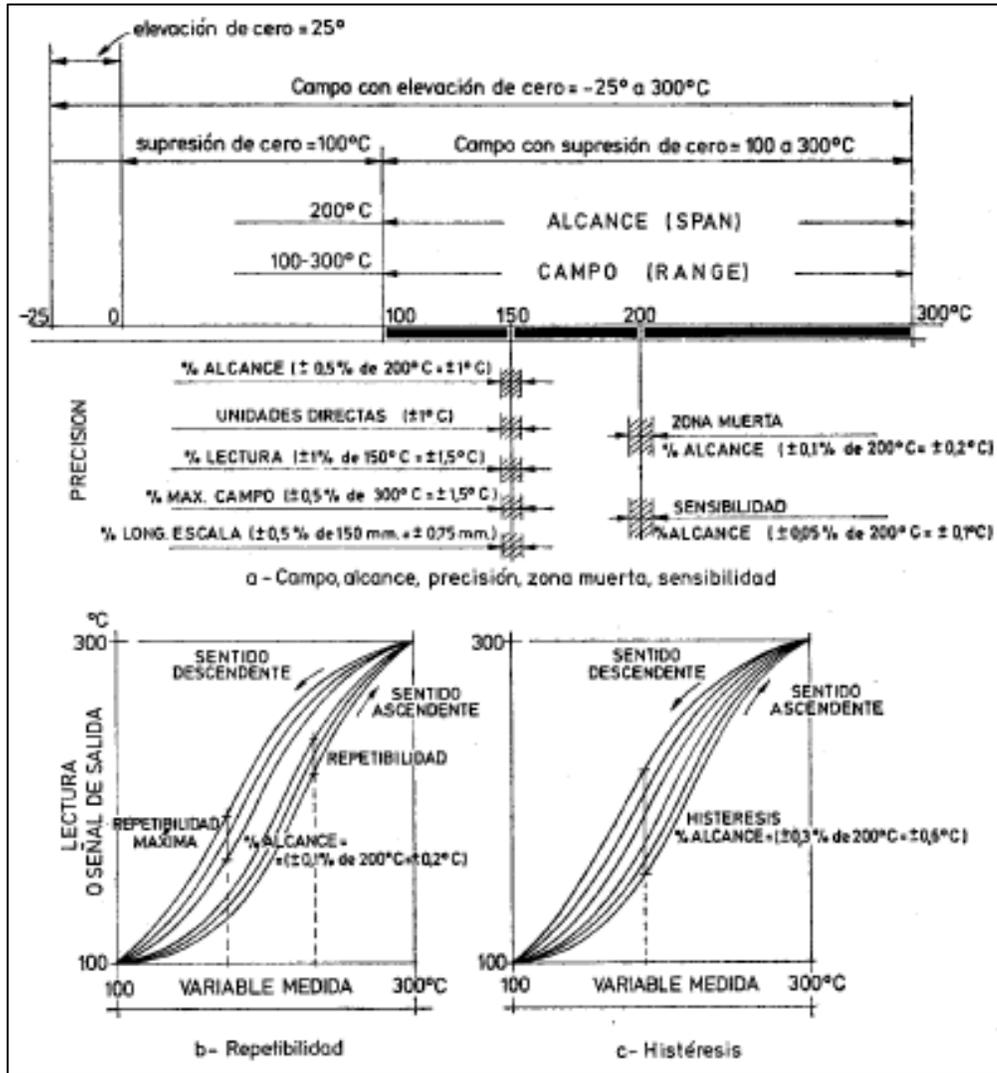
La terminología empleada se ha unificado con el fin de que los fabricantes, los usuarios y los organismos o entidades que intervienen directa o indirectamente en el campo de la instrumentación industrial empleen el mismo lenguaje. Las definiciones de los términos empleados se relacionan con las Normas hechas por la Asociación de Fabricantes de Aparatos Científicos (SAMA), específicamente la PMC-20-2-1970. Se presentan en la figura 1 y son las siguientes:

1.1. Campo de medida

Es un conjunto de valores de la variable medida que están comprendidos dentro de los límites superior e inferior de la capacidad de medida o transmisión del instrumento; viene expresado estableciendo dos valores extremos. Por ejemplo: el campo de medida de los instrumentos de temperatura de la figura 1 es 100-300 ° C.

Otro término derivado es el de la dinámica de medida o rangeabilidad, que es el cociente entre el valor de medida superior e inferior de un instrumento o se refiere a los valores mínimo y máximo que el instrumento es capaz de medir dentro del rango de precisión o exactitud especificado. En el ejemplo anterior sería de $300/100=3$.

Figura 1. Definiciones de los instrumentos



Fuente: CREUS, Antonio. *Instrumentación industrial*. p. 4.

1.2. Alcance

Es la diferencia algebraica entre los valores superior e inferior del campo de medida del instrumento. En el instrumento de temperatura de la figura 1, este valor es de 200 °C.

1.3. Error

Es la diferencia algebraica entre el valor leído o transmitido por el instrumento y el valor real de la variable medida. Si el proceso está en condiciones de régimen permanente existe el llamado error estático. En condiciones dinámicas, el error varía considerablemente debido a que los instrumentos tienen características comunes a los sistemas físicos: absorben energía del proceso y esta transferencia requiere cierto tiempo para ser transmitida, lo cual da lugar a retardos en la lectura del aparato.

Siempre que las condiciones sean dinámicas, existirá en mayor o menor grado el llamado error dinámico (diferencia entre el valor instantáneo de la variable y el indicado por el instrumento): su valor depende del tipo de fluido del proceso, de su velocidad, del elemento primario (termopar, bulbo y capilar), de los medios de protección (termo pozo), entre otros. El error medio del instrumento es la media aritmética de los errores en cada punto de la media determinados para todos los valores crecientes y decrecientes de la variable medida.

Cuando una medición se realiza con la participación de varios instrumentos, colocados unos a continuación de otros, el valor final de la medición estará constituido por los errores inherentes a cada uno de los instrumentos.

Si el límite del error relativo de cada instrumento es $\pm a$, $\pm b$, $\pm c$, $\pm d$, etc., el máximo error posible en la medición será la suma de los valores anteriores, es decir:

$$\pm(a + b + c + d + \dots)$$

Ahora bien, como es improbable que todos los instrumentos tengan al mismo tiempo, su error máximo en todas las circunstancias de la medida, suele tomarse como error total de una medición la raíz cuadrada de la suma algebraica de los cuadrados de los errores máximos de los instrumentos, es decir, la expresión:

$$\pm \sqrt{a^2 + b^2 + c^2 + d^2 + \dots}$$

Por ejemplo, el error obtenido al medir un caudal con un diafragma, un transmisor electrónico de 4-20 mA c-c, un receptor y un integrador electrónico es de:

Error del diafragma.....	2 %
Error del transmisor electrónico de 4-20mA c.c.....	0,5 %
Error del receptor electrónico.....	0,5 %
Error del integrado electrónico.....	0,5 %
Error total de la medición = $\pm \sqrt{2^2 + 0,5^2 + 0,5^2 + 0,5^2}$	= 2,18 %

1.4. Incertidumbre en la medición

Los errores que existen, necesariamente al realizar la medida de una magnitud, hace que se tenga una incertidumbre sobre el verdadero valor de la medida. La incertidumbre es la dispersión de los valores que pueden ser atribuidos razonablemente al verdadero valor de la magnitud medida. En el cálculo de la incertidumbre intervienen la distribución estadística de los resultados de series de mediciones, las características de los equipos, entre otros. Cuando se dispone de una sola medida, la incertidumbre es:

$$i = K\sigma$$

Donde

K = factor que depende del nivel de confianza (k = 2 para 95 %)

σ = desviación típica del instrumento indicada por el fabricante

Por ejemplo, el caso de un manómetro tipo Bourdon de 120 kPa (1,2 bar o 1,18 kg/cm²) que se calibra con un patrón (comprobador de manómetros de peso muerto) de incertidumbre 2×10^{-4} , efectuándose la calibración a la temperatura de $20^\circ \pm 2^\circ$ C, y con ciclos de presiones aplicadas de subida y de bajada, que permiten comprobar si el instrumento tiene histéresis. A continuación en la tabla I se describen los datos obtenidos en laboratorio.

Tabla I. **Datos de calibración de manómetro Bourdon**

Patrón (kPa)	Manómetro valor medio 4 medidas sin histéresis (kPa)	Corrección	% Escala (kPa)
20	20,10	-0,1	0,08
40	40,20	-0,2	0,17
60	59,85	0,15	0,13
80	79,95	0,05	0,04
95	95,15	-0,15	0,13

Fuente: CREUS, Antonio. *Instrumentación industrial*. p. 6.

La incertidumbre debida al patrón en el fondo de escala es:

$$i_{\text{patron}} \times P_{\text{escala}} = i_{\text{escala}}$$

Donde

i_{patron} = incertidumbre del patrón (peso muerto)

P_{escala} = presión de la escala del manómetro

i_{escala} = incertidumbre del manómetro a la presión elegida

$$2 \times 10^{-4} \times 120 \text{ kPa} = 0,024 \text{ kPa}$$

Y su desviación típica basada en la distribución normal y de student, con un nivel de confianza del 95 % es de:

$$\sigma_p = i_{\text{presion}} / K$$

Donde

σ_p = desviación típica del instrumento

i_{presion} = incertidumbre del manómetro a la presión elegida

K = factor que depende del nivel de confianza ($k = 2$ para 95 %)

$$\sigma_p = 0,024/2 = 0,012$$

La desviación típica del patrón (variación de presión del patrón con la temperatura = $21,6 \times 10^{-6}$ del fabricante), debida a las condiciones ambientales es:

$$\sigma_{\text{temp}} = (1/N-1) \times (\text{Variación de presión del patrón con la temperatura según fabricante}) \times (\text{Presión Máxima Escala})$$

Donde

N = cantidad de mediciones realizadas

$$\sigma_{\text{temp}} = (1/3) \times (21,6 \times 10^{-6}) \times 2 \times 120 = 0,002 \text{ kPa}$$

La desviación típica de las medidas es la máxima obtenida:

$$\sigma_{\text{max}} = 0,095 \times 1,7 = 0,162$$

Siendo 1,7 el factor multiplicador para cuatro medidas (subestimación de la incertidumbre que para diez medidas valdría la unidad).

$$\sigma_{\text{media}} = 0,162/2 = 0,081 \text{ kPa}$$

Donde

$$\sigma_{\text{media}} = \sigma_{\text{max}} / 2$$

La variancia experimental es:

$$\sigma_{\text{total}} = \sqrt{(\sigma_p^2 + \sigma_{\text{temp}}^2 + \sigma_{\text{media}}^2)}$$

$$\sigma_{\text{total}} = \sqrt{(0,012^2 + 0,002^2 + 0,081^2)} = 0,082 \text{ kPa}$$

Y la incertidumbre

$$\mu = \frac{2 \times 0,082}{120} \times 100 = 0,13 \% \text{ fondo escala}$$

1.5. Exactitud

Es la cualidad de un instrumento de medida por la que tiende a dar lecturas próximas al verdadero valor de la magnitud medida.

1.6. Precisión

Es la tolerancia de medida o de transmisión del instrumento (intervalo donde es admisible que se sitúe la magnitud de la medida), y define los límites de los errores cometidos cuando el instrumento se emplea en condiciones normales de servicio durante un período de tiempo determinado (normalmente 1 año). Hay varias formas para expresar la precisión:

- Tanto por ciento del alcance. Ejemplo: en el instrumento de la figura 1, para una lectura de 150 °C y una precisión de $\pm 0,5 \%$ el valor real de la temperatura estará comprendido entre $150 \pm 0,5 \times 200/100 = 150 \pm 1$, es decir, entre 149 y 151 °C.

Directamente, en unidades de la variable medida. Ejemplo: precisión de ± 1 °C.

- Tanto por ciento de la lectura efectuada. Ejemplo: precisión de $\pm 1 \%$ de 150 °C, es decir, $\pm 1,5$ °C.
- Tanto por ciento del valor máximo del campo de medida. Ejemplo: precisión de $\pm 0,5 \%$ de 300 °C = $\pm 1,5$ °C.

- Tanto por ciento de la longitud de la escala. Ejemplo: si la longitud de la escala del instrumento de la figura 1,3 es de 150 mm, la precisión de $\pm 0,5$ % representará $\pm 0,75$ mm en la escala.

La precisión varía en cada punto del campo de medida, si bien, el fabricante la especifica en todo el margen del instrumento indicando a veces su valor en algunas zonas de la escala. Por ejemplo: un manómetro puede tener una precisión de ± 1 % en toda la escala y de $\pm 0,5$ % en la zona central. Cuando se desea obtener la máxima precisión del instrumento en un punto determinado de la escala, puede calibrarse únicamente para este punto de trabajo, sin considerar los valores restantes del campo de medida.

Por ejemplo: un termómetro de 0-150 °C y de ± 1 % de precisión situado en un baño de temperatura constante a 80 °C puede ser calibrado a este valor, de modo que su presión en este punto de trabajo será la máxima que se pueda obtener con un termómetro patrón. Es obvio que para los valores restantes, en particular los correspondientes a los extremos de la escala, la precisión se apartará de ± 1 %.

Hay que señalar que los valores de precisión de un instrumento se consideran en general establecidos para el usuario, es decir, son los proporcionados por los fabricantes de los instrumentos. Sin embargo, estos últimos suelen considerar también los valores de calibración en fábrica y de inspección. Por ejemplo, un instrumento que en fábrica tiene una precisión de calibración de $\pm 0,8$ %, en inspección le corresponde $\pm 0,9$ % y la dada al usuario es ± 1 %.

Con ello se pretende tener un margen de seguridad para compensar los efectos de las diferencias de apreciación de las personas que efectúan la

calibración, las distintas precisiones de los instrumentos de medida utilizados, las posibles alteraciones debidas al desplazamiento del instrumento de un punto a otro, los efectos ambientales y de envejecimiento, entre otros.

Un ejemplo ilustrativo de la diferencia entre exactitud y precisión es el siguiente:

Un manómetro de escala 0-10 bar repite la medida de 5 bar muchas veces en las mismas condiciones, dará diferentes lecturas alrededor de 5 bar, que estarán distribuidas según una curva de campana (curva de Gauss). El manómetro será tanto más exacto cuando más próximo esté el valor medio de las medidas al valor verdadero de 5 bar y será más preciso cuanto menos sea la dispersión de las medidas. Por lo tanto, los instrumentos de medida estarán diseñados por los fabricantes para que sean precisos, y como periódicamente se descalibran, deben reajustarse para que sean exactos.

1.7. Zona muerta

Es el campo de valores de la variable que no hace variar la indicación o la señal de salida del instrumento, es decir, que no produce su respuesta. Viene dada en tanto por ciento del alcance de la medida. Por ejemplo: si se tienen los siguientes datos de un instrumento para medición de flujo:

Span = 100 ml/s

Zona muerta = ± 1 %

Entonces:

Zona muerta = porcentaje zona muerta x span

$$\text{Zona muerta} = \pm(1/100) \times 100 = \pm 1 \text{ ml/s}$$

Esto significa que sí se debe realizar un control de flujo a 60 ml/s, el flujo actual puede variar entre 59 y 61 ml/s sin producir cambio alguno en la señal de salida.

Si el flujo ha estado a 59 ml/s al borde inferior de la zona muerta empieza ahora a aumentar, no se producirá ninguna acción hasta que el flujo sea de 61 ml/s.

Esto significa que la variable controlada es capaz de cambiar a través de 2 ml/s, sin que haya acción correctiva, y además significa que si el flujo comienza a aumentar, la acción controladora es demorada. Esto es equivalente a tiempo muerto, y contribuye a la inestabilidad del circuito de control.

1.8. Sensibilidad

Es la razón entre el incremento de la lectura y de la variable que lo ocasiona, después de haberse alcanzado el estado de reposo. Por ejemplo, si en un transmisor de temperatura de rango 0 – 200 °C, la temperatura pasa de 70 °C a 75 °C, y la señal de salida de 8 mA a 9,6 mA, con un rango de salida de 4 – 20 mA, entonces se tiene que:

Variable primaria: 70 °C a 75 °C con un span de 200 °C

Variable secundaria: 8 mA a 9,6 mA con un span de 16 mA

$$\text{Sensibilidad} = S = (\Delta V_s / \text{Span}_{\text{salida}}) / (\Delta V_p / \text{span}_{\text{entrada}})$$

Entonces,

$$S = ((9,6-8)/16)/((75-70)/200) = (1,6/16)/(5/200) = 0,1/0,025 = 4$$

En términos porcentuales se tiene que la sensibilidad es de 400 %

Hay que señalar que no debe confundirse la sensibilidad con el término de zona muerta: son definiciones básicamente distintas, que antes eran fácil confundir, cuando la definición inicial de la sensibilidad era valor mínimo en que se ha de modificar la variable para apreciar un cambio medible en el índice o en la pluma de registro del instrumento.

1.9. Repetibilidad

Es la capacidad de reproducción de las posiciones de la pluma, del indicador o de la señal de salida del instrumento al medir repetidamente valores idénticos de la variable en las mismas condiciones de servicio y en el mismo sentido de variación, recorriendo todo el campo. Se considera en general su valor máximo (repetibilidad máxima) y se expresa en tanto por ciento del alcance; un valor representativo es el de $\pm 0,1$ %. Nótese que el término repetibilidad no incluye la histéresis (figura 1 b).

Para determinarla, el fabricante comprueba la diferencia entre el valor verdadero de la variable y la indicación o señal de salida del instrumento, recorriendo todo el campo y partiendo para cada determinación desde el valor mínimo del campo de medida. De este modo, en el caso de un manómetro puede haber anotado los datos relacionados en la tabla II.

Tabla II. **Datos para cálculo de repetibilidad**

Variable	Indicación	Variable	Indicación
Desde 0 a 0.5	0.502	Desde 0 a 5.0	5.010
Desde 0 a 1.0	1.006	Desde 0 a 5.5	5.505
Desde 0 a 1.5	1.509	Desde 0 a 6.0	6.006
Desde 0 a 2.5	2.008	Desde 0 a 6.5	6.501
Desde 0 a 3.0	2.506	Desde 0 a 7.0	7.003
Desde 0 a 3.5	3.503	Desde 0 a 7.5	7.504
Desde 0 a 4.0	4.006	Desde 0 a 8.0	8.009
Desde 0 a 4.5	4.507	Desde 0 a 9.0	9.008
		Desde 0 a 10.0	10.005

Fuente: CREUS, Antonio. *Instrumentación industrial*. p. 9.

La repetitividad viene dada por la fórmula $\sqrt{(\sum (x_i - \bar{x})^2)/N}$ resultando:

Donde

x_i = valor verdadero de la variable

\bar{x} = valor de salida del instrumento

N = número de lecturas del instrumento

$$\sqrt{(0.00785/19)} = \pm 0,02 \% = \text{repetitividad}$$

1.10. Histéresis

Es la diferencia máxima que se observa en los valores indicados por la pluma del instrumento para el mismo valor cualquiera del campo de medida, cuando la variable recorre toda la escala en los dos sentidos, ascendente y descendente.

Se expresa en tanto por ciento del alcance de la medida. Por ejemplo: si en un termómetro de 0-100 %, para el valor de la variable de 40 °C, la aguja marca 39,9 al subir la temperatura desde 0, e indica 40,1 °C al bajar la temperatura desde 100 °C, el valor de la histéresis es de:

$$\text{Histéresis} = \frac{\text{Lectura máxima} - \text{lectura mínima}}{\text{Valor máximo escala} - \text{valor mínimo escala}} \times 100$$

$$\frac{40,1 - 39,9}{100 - 0} \times 100 = \pm 0,2 \%$$

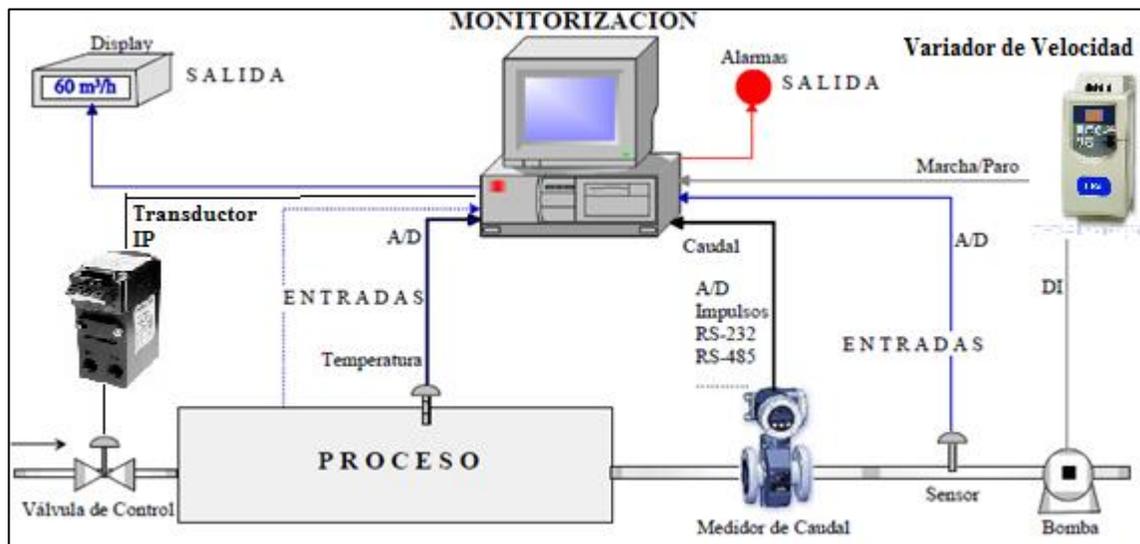
En la figura 1 pueden verse las curvas de histéresis que están dibujadas exageradamente para apreciar bien su forma. Hay que señalar que el término zona muerta está incluido dentro de la histéresis.

2. TIPOS DE INSTRUMENTOS UTILIZADOS EN UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN

Los instrumentos de medición y de control son relativamente complejos y su función puede comprenderse bien si están incluidos dentro de una clasificación adecuada.

A continuación, en la figura 2 se aprecia un esquema general de un sistema de control, donde se muestran sus diferentes componentes: indicación, registro, control, conversión y elemento final de control:

Figura 2. Esquema general de un sistema de control



Fuente: LÓPEZ, M.; PÉREZ, E. *Control de procesos: de la señal de la planta hasta el algoritmo de control*. p. 2.

Pueden existir varias formas para clasificar los instrumentos, cada una de ellas con sus propias ventajas y limitaciones. Se considerarán dos clasificaciones básicas: la primera relacionada con la función del instrumento y la segunda con la variable del proceso.

2.1. En función del instrumento

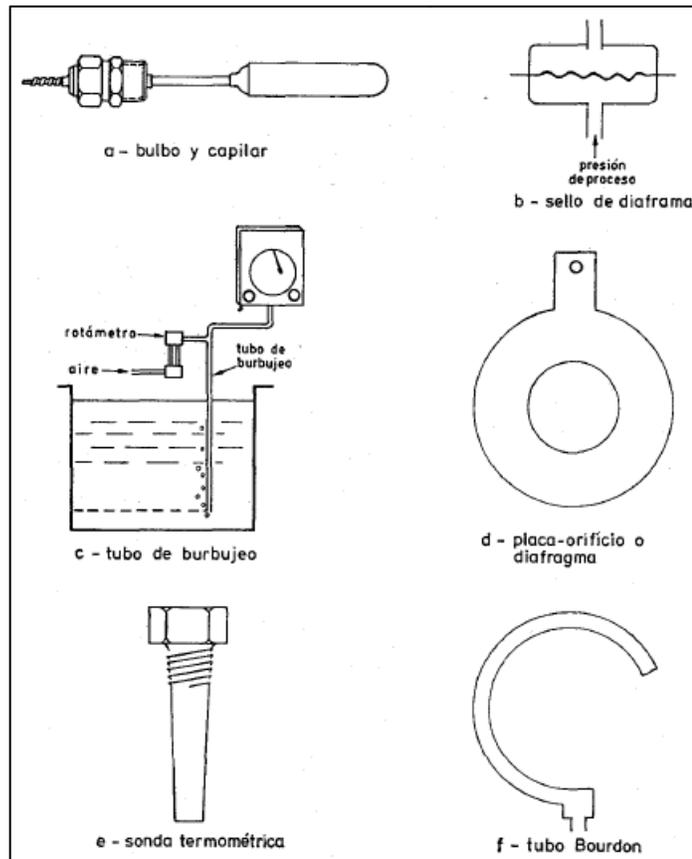
De acuerdo con la función del instrumento se obtienen las formas siguientes:

2.1.1. Instrumentos primarios

Son todos aquellos instrumentos que están en contacto directo con el proceso y generan señales del tipo digital, analógico o por comunicación.

- Están en contacto con la variable y utilizan o absorben energía del medio controlado para dar al sistema de medición una indicación en respuesta a la variación de la variable controlada. El efecto producido por el elemento primario puede ser un cambio de presión, fuerza, posición, medida eléctrica, entre otros. Por ejemplo: en los elementos primarios de temperatura de bulbo y capilar, el efecto es la variación de presión del fluido que los llena y en los de termopar se presenta un pequeño voltaje debido al efecto *Seebeck* (figura 3).

Figura 3. Elementos primarios

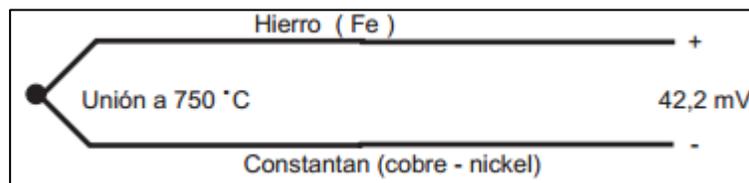


Fuente: CREUS, Antonio *Instrumentación industrial*. p. 16.

- Las termocoplas: son el sensor de temperatura más común utilizado industrialmente. Una termocopla se hace con dos alambres de distinto material unidos en un extremo (soldados generalmente). Al aplicar temperatura en la unión de los metales se genera un voltaje muy pequeño (efecto *Seebeck*) del orden de los milivoltios el cual aumenta con la temperatura (figura 4).

Por ejemplo, una termocopla tipo J está hecha con un alambre de hierro y otro de constantán (aleación de cobre y níquel). Al colocar la unión de estos metales a 750 °C debe aparecer en los extremos 42,2 milivoltios.

Figura 4. **Termocopla tipo J**



Fuente: nota técnica 2.

<http://www.arian.cl/downloads/nt-002.pdf> Consulta: 12 de septiembre de 2014.

Normalmente las termocoplas industriales se consiguen encapsuladas dentro de un tubo de acero inoxidable u otro material (vaina), en un extremo está la unión y en el otro el terminal eléctrico de los cables, protegido adentro de una caja redonda de aluminio (cabezal).

Existen una infinidad de tipos de termocoplas, pero casi el 90 por ciento de las utilizadas son del tipo J o del tipo K.

Las tipo J se usan, principalmente en la industria del plástico, goma (extrusión e inyección) y fundición de metales abajas temperaturas (zamac, aluminio).

La de tipo K se usan en fundición y hornos a temperaturas menores de 1 300 °C, por ejemplo: fundición de cobre y hornos de tratamientos térmicos.

Las R, S, B se usan exclusivamente en la industria siderúrgica (fundición de acero).

Finalmente, las de tipo T eran usadas hace algún tiempo en la industria de alimentos, pero han sido desplazadas en esta aplicación por los Pt100.

Tabla III. **Tipos de termocoplas**

Tipo	Cable + aleación	Cable - aleación	Rango (Min, Max) °C	Volts Max mV
J	Hierro	Cobre/níquel	(-180,750)	42,200
K	Níquel/cromo	Níquel/aluminio	(-180,1372)	54,800
T	Cobre	Cobre/níquel	(-250,400)	20,800
R	87 % platino 13 % rhodio	100 % platino	(0,1767)	21,090
S	90 % platino 10 % rhodio	100 % platino	(0,1767)	18,680
B	70 % platino 30 % rhodio	94 % platino 6 % rhodio	(0,1820)	13,814

Fuente: Artículo gentileza de Arian S. A.

<http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=1502&edi=79>. www.arian.cl Consulta: 3 de septiembre de 2014.

- Las termoresistencias (RTD): trabajan según el principio de que, en la medida que varía la temperatura, su resistencia se modifica, y la magnitud de esta modificación puede relacionarse con la variación de temperatura. Las de uso más común se fabrican de alambres finos soportados por un material aislante y luego encapsulados.

El elemento encapsulado se inserta luego dentro de una vaina o tubo metálico cerrado en un extremo, que se llena con un polvo aislante y se sella con cemento para impedir que absorba humedad.

La relación fundamental para el funcionamiento es:

$$R_t = R_o * (1 + \alpha * t)$$

Donde

R_o : resistencia en ohmios a 0 grados Celsius

R_t : resistencia en ohmios a T grados Celsius

α : coeficiente de temperatura de la resistencia

Los materiales utilizados para los arrollamientos de termorresistencias son fundamentalmente platino, níquel, níquel-hierro, cobre y tungsteno.

El platino encuentra aplicación dentro de un amplio rango de temperaturas y es el material más estable y exacto.

En efecto, la relación resistencia-temperatura correspondiente al alambre de platino es tan reproducible que la termorresistencia de platino se utiliza como estándar internacional de temperatura desde -260 °C hasta 630 °C.

En general, el sensor viene introducido dentro de un tubo protector metálico de acero inoxidable o construido de aceros especiales o aleaciones, como: el inconel, incoloy y hastelloy.

Su construcción puede hacerse con 2, 3 o 4 cables, según la necesidad del proceso.

La interconexión entre termorresistencias e instrumentos se realiza con cable común de cobre.

En cambio, en el caso de las termocoplas deben emplearse cables especiales de compensación, de costo superior.

El aspecto exterior de las termorresistencias industriales es prácticamente idéntico al de las termocoplas.

Se aplican las mismas consideraciones ambientales y de instalación y se debe prestar la misma atención a los conceptos de presión, temperatura, ataque químico, abrasión, vibración, porosidad y velocidad de fluido, requiriéndose los mismos tipos de vainas de protección.

Figura 5. **Sensor de temperatura tipo RTD**



Fuente: *Título RTD*. http://www.logicbus.com.mx/RTD_general.php. Consulta: 1 de septiembre de 2014.

- Los transmisores (figura 6) captan la variable de proceso a través del elemento primario y la transmiten a distancia en forma de señal neumática de margen 3 a 15 psi (libras por pulgada cuadrada) o electrónica de 4 a 20 mA (0 a 20 mA en algunos casos) de corriente continua. También se emplea la señal en unidades métricas 0,2 a 1 bar (0,2 a 1 kg/cm²). La señal digital utilizada en algunos transmisores inteligentes es apta directamente para ser utilizada por un computador.

Figura 6. **Transmisores**



Fuente: *Transmisores de presión.*

<http://www.abb.com/product/seitp330/d5120397979abda3c1256f11003d3cf2.aspx>. Consulta: 1 de septiembre de 2014.

El elemento primario puede formar o no parte integral del transmisor; el primer caso lo constituye un transmisor de medición de pH y el segundo un transmisor de presión manométrica.

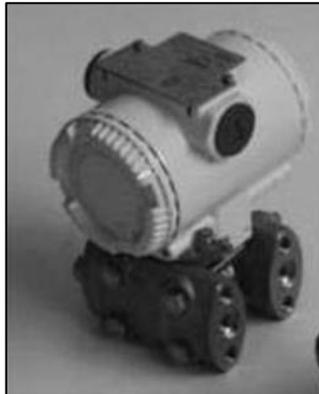
2.1.2. Instrumentos secundarios

Son instrumentos que reciben la señal de un sensor denominado primario, normalmente la procesan en forma neumática (3-15 PSI), analógica (4-20 mA o

bien 0- 5 Voltios), o por protocolo, y con ello ejercen la función de indicación, registro y control.

- Instrumentos ciegos (figura 7): son aquellos que no tienen indicación visible de la variable. Hay que hacer notar que son ciegos los instrumentos de alarma, tales como presostatos y termostatos (interruptores de presión y temperatura respectivamente), que poseen una escala exterior con un índice de selección de la variable, ya que solo ajustan el punto de disparo del interruptor o conmutador al cruzar la variable el valor seleccionado. Son también instrumentos ciegos, los transmisores de caudal, presión, nivel y temperatura sin indicación.

Figura 7. **Instrumentos ciegos**



Fuente: *Transmisores sin indicador.*

<http://www.abb.com/product/seitp330/d5120397979abda3c1256f11003d3cf2.aspx>.

Transmisores sin indicador. Consulta: 1 de septiembre de 2014.

Los instrumentos indicadores (figura 8) disponen de un indicador y de una escala graduada en la que puede leerse el valor de la variable. Según la amplitud de la escala se dividen en indicadores concéntricos y excéntricos.

Existen también indicadores digitales que muestran la variable en forma numérica con dígitos.

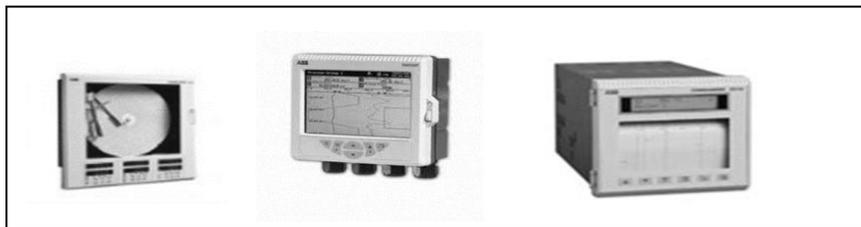
Figura 8. **Instrumentos indicadores**



Fuente: *Guía del usuario medidor de flujo*. www.abb.com Consulta: 1 de septiembre de 2014.

- Los instrumentos registradores (figura 9) registran con trazo continuo o a puntos la variable, y pueden ser circulares o de gráfica lineal según sea el tipo de proceso; proceso tipo *batch* o tipo continuo.

Figura 9. **Instrumentos registradores**



Fuente: *Guía del usuario registrador video gráfico*. www.abb.com Consulta: 1 de septiembre de 2014

De acuerdo a la manera de introducir una alimentación a un proceso y de extraer el producto, los mismos pueden clasificarse en continuos, *batch* (sistemas por lotes) o semicontinuos.

Proceso *batch* o por lotes: la alimentación es cargada al comienzo de la operación en un recipiente y luego de un cierto tiempo el contenido del recipiente es removido o descargado. En este modo de operación, no hay transferencia de materia a través de las fronteras del sistema (entendiendo por sistema cualquier porción arbitraria o completa de un proceso establecido por el ingeniero para el análisis). Esta operación también es llamada cerrada, aunque no debe asociarse este término a que esté en contacto con la atmósfera, simplemente se les llama cerrados porque no hay ingreso de materia a ser procesada ni egreso de productos durante el tiempo en que ocurre la transformación. Ejemplo: agregado rápido de reactivos a un tanque y extracción de los productos de reacción y de los reactivos no consumidos luego de un cierto intervalo de tiempo, o una vez que el sistema alcance el equilibrio.

Proceso continuo: hay un flujo permanente de entrada y de salida durante todo el tiempo que dura el proceso, esto es, siempre hay un flujo de materia que ingresa por las fronteras del sistema y otro que egresa por ellas mientras se lleva a cabo la transformación. Ejemplo: bombeo de una mezcla líquida a un destilador y extracción permanente de los productos de cabeza y fondo de la columna.

Proceso semicontinuo o *semibatch*: Cualquier forma de operar un proceso que no sea continuo ni *batch*. Ejemplo: permitir el escape de un gas presurizado en un contenedor a la atmósfera o introducir líquido en un tanque sin extraer nada de él, o sea, llenado de un tanque o vaciado del mismo. De acuerdo a la

variación del proceso con el tiempo, los mismos pueden ser clasificados en estacionarios o transitorios.

Si en un proceso dado, los valores de las variables no cambian en el tiempo, entonces el proceso está operando en un estado estacionario. Por el contrario, si las variables del proceso cambian en el tiempo, el proceso es operado en estado transitorio o no estacionario.

- Los transductores reciben una señal de entrada que es función de una o más cantidades físicas y la convierten modificada o no a una señal de salida. Son transductores, un relé, un elemento primario, un transmisor, un convertidor PP/I (presión de proceso a intensidad), un convertidor PP/P (presión de proceso a señal neumática), entre otros.

Son aparatos que reciben una señal de entrada neumática (3-15 psi) o electrónica (4-20 mA cc) procedente de un instrumento y después de modificarla envían la resultante en forma de señal de salida estándar. Ejemplo: un transductor P/I (señal de entrada neumática a señal de salida electrónica), un transductor I/P (señal de entrada electrónica a señal de salida neumática).

Figura 10. **Transductores**



Fuente: *Transductores digitales*. www.abb.com Consulta: 1 de septiembre de 2014.

Los elementos secundarios reciben las señales procedentes de los transmisores y las indican o registran. Los elementos secundarios controladores envían otra señal de salida normalizada a los valores ya indicados 3–15 psi en señal neumática, o 4–20 mA c.c., en señal electrónica que actúan sobre el elemento final de control.

Los controladores mostrados en la figura 11 comparan la variable controlada (presión, nivel, temperatura), con un valor deseado y ejercen una acción correctiva de acuerdo con la desviación.

La variable controlada la pueden recibir directamente, como controladores locales o bien indirectamente en forma de señal neumática, electrónica o digital procedente de un transmisor.

Figura 11. **Controladores**



Fuente: *Guía del usuario control digital*. www.abb.com Consulta: 1 de septiembre de 2014.

El elemento final de control (figura 12) recibe la señal del controlador y modifica el caudal del fluido o agente de control. En el control neumático, el

elemento suele ser una válvula neumática o un servomotor neumático que efectúan su carrera completa de 3–15 psi (0,2–1 bar). En el control electrónico la válvula o servomotor anteriores son accionados a través de un convertidor de intensidad a presión (I/P) o señal digital a presión que convierte la señal electrónica de 4–20 mA cc, o digital a neumática 3–15 psi. En el control eléctrico el elemento suele ser una válvula motorizada que efectúa su carrera completa accionada por un servomotor eléctrico.

Figura 12. **Elemento final de control**



Fuente: *Electroválvulas*. www.abb.com Consulta: 2 de septiembre de 2014.

Las señales neumáticas (3-15 psi o 0,2-1 bar o 0,2 – 1 kg/cm²) y electrónica (4 – 20 mA c.c.) permiten el intercambio entre instrumentos de la planta. Ocurre así en los instrumentos de señal de salida digital (transmisores, controladores) donde las señales pueden ser manejadas a través de diversos protocolos de comunicación normalizados como Hart, Profibus, Modbus y Fieldbus Foundation.

2.2. Instrumentos en función de la variable de proceso

De acuerdo con la variable de proceso, los instrumentos se dividen en: de caudal, nivel, presión, temperatura, densidad y peso específico, humedad y punto de rocío, viscosidad, posición, velocidad, pH, conductividad, frecuencia, fuerza, turbidez, entre otros.

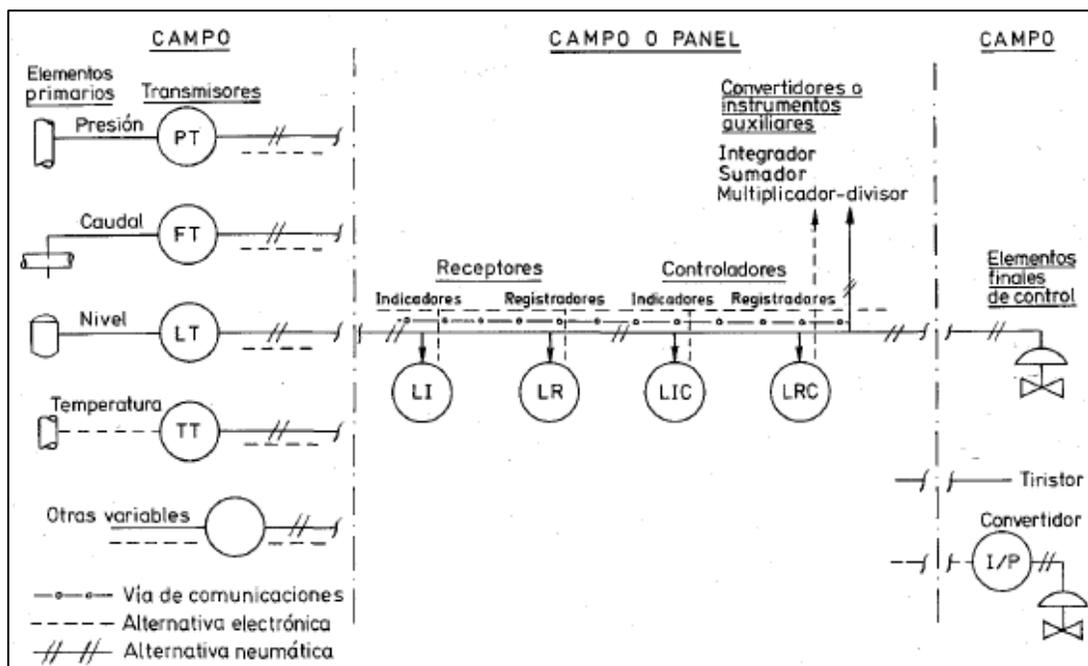
Esta clasificación corresponde, específicamente, al tipo de las señales medidas, siendo independiente del sistema empleado en la conversión de la señal de procesos.

De este modo, un transmisor neumático de temperatura del tipo de bulbo y capilar, es un instrumento de temperatura a pesar de que la medida se efectúa convirtiendo las variaciones de presión del fluido que llena el bulbo y el capilar; el aparato receptor de la señal neumática del transmisor anterior es un instrumento de temperatura, si bien, al ser receptor neumático se podría considerar elemento de presión, caudal, nivel o cualquier otra variable, según fuera la señal de medida por el transmisor correspondiente; un registrador potenciométrico puede ser un instrumento de temperatura, de conductividad o de velocidad, según sean las señales medidas por los elementos primarios de termopar, electrodos o dínamo.

Asimismo, esta clasificación es independiente del número y tipo de transductor existentes entre el elemento primario y el instrumento final. Así ocurre en el caso de un transmisor electrónico de nivel de 4 a 20 mA cc, un receptor controlador con salida de 4 a 20 mA cc, un convertidor de intensidad a presión (I/P) que transforma la señal de 4 a 20 mA cc, a neumática de 3-15 psi y la válvula neumática de control; todos estos instrumentos se consideran de nivel.

En la designación del instrumento se utiliza en el lenguaje común las dos clasificaciones expuestas anteriormente. De este modo se consideran instrumentos: transmisores ciegos de presión, controladores registradores de temperatura, receptores indicadores de nivel, receptores controladores registradores de caudal, entre otros. En la figura 13 pueden verse los diversos instrumentos descritos.

Figura 13. **Clases de instrumentos**



Fuente: CREUS, Antonio. *Instrumentación industrial*. p. 21.

Es de hacer notar que, se consideran instrumentos de campo y de panel; la primera designación incluye los instrumentos locales situado en el proceso o en sus proximidades (es decir, en tanques, tuberías, secadores, entre otros) mientras que la segunda se refiere a los instrumentos montados en paneles, armario y pupitres situado en salas aisladas o en zonas del proceso.

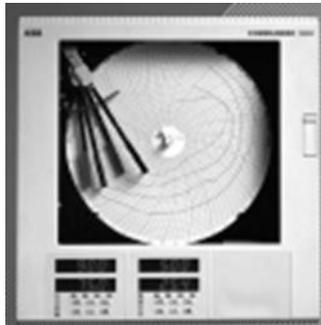
3. REGISTRADORES

Un instrumento de registro es un dispositivo cuya función es registrar el valor de una variable al medirla.

Dentro de estos instrumentos se tienen los registradores gráficos, las impresoras de computación, las grabadoras de cinta, los discos de computadoras, entre otros.

Estos dispositivos tienen circuitos de acondicionamiento de señal para que las señales de entrada se puedan escalar de algún modo antes de registrarse.

Figura 14. **Registrador circular de papel**



Fuente: *Guía del usuario registrador de papel*. www.abb.com Consulta: 4 de septiembre de 2014.

Por ejemplo, las entradas del termopar se pueden linearizar.

3.1. Registradores gráficos

Son los más utilizados por su economía, confiabilidad y por su uso simple. Su respuesta dinámica es pobre, y no pueden registrar señales con frecuencia superior a 30 Hz.

Estos ofrecen una forma relativamente simple y económica de realizar registros permanentes de señales eléctricas. Existen de dos tipos:

- Galvanométrico: que representa cerca del 80 por ciento del mercado
- El potenciométrico

3.1.1. Registradores galvanométricos

Se basa en el principio de movimiento de bobina móvil, excepto que la aguja dibuja una traza de tinta sobre el papel, en lugar de moverse con relación a una escala.

La señal que se mide se aplica a la bobina, por ende, la deflexión angular de la bobina y su aguja indicadora es proporcional a la magnitud de la señal aplicada.

Conectando directamente la pluma de escritura a la bobina, se obtiene un registro curvilíneo.

La frecuencia máxima de operación de estos registradores es de aproximadamente 100 Hz, las impedancias de entrada son, típicamente, 100 k Ω o más.

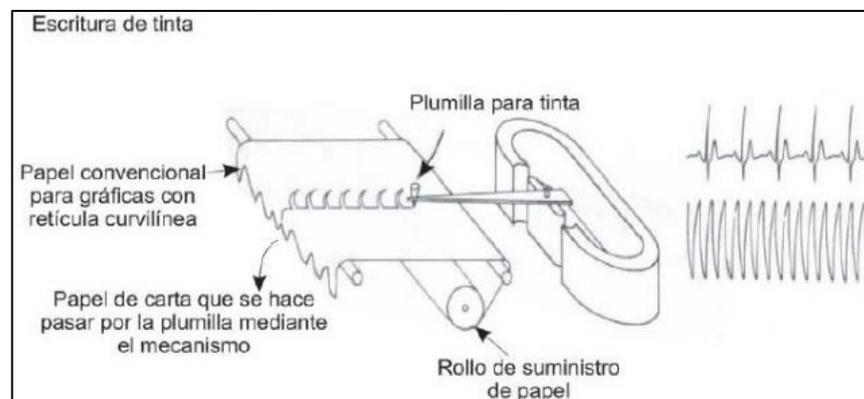
Figura 15. **Registrador, tablero de control delantero de un registrador típico de tira de papel**



Fuente: *Registradores de papel*. www.abb.com Consulta: 4 de septiembre de 2014.

La aguja indicadora está conectada a una pluma, y con la ayuda de un motor que funciona a velocidad constante para impulsar el papel gráfico con el que la aguja se encuentra en contacto, se obtiene una representación de la señal medida con respecto al tiempo.

Figura 16. **Escritura en papel térmico**



Fuente: ROLDÁN CASTILLO, Juan. *El registrador de procesos*. p. 10.

En la figura 16 se puede apreciar el uso de papel gráfico sensible al calor que pasa por debajo de una cuchilla por un punzón caliente. El error de las lecturas para excursiones de ± 10 grados se mantiene en 0,7 por ciento.

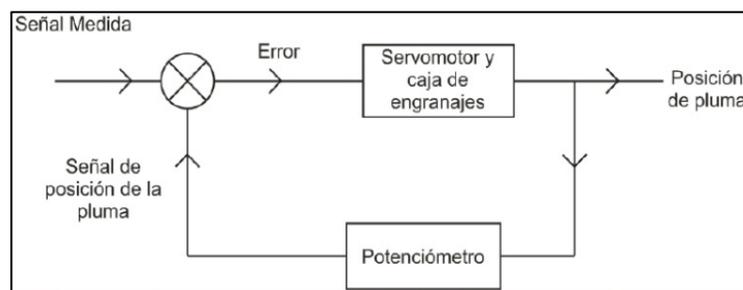
3.1.2. Registradores potenciométricos

Con esta clase de registradores se puede obtener una inexactitud de $\pm 0,1$ por ciento o menos de la escala máxima, y resoluciones de medición de 0,2 por ciento. Ambos valores superan en gran medida a las cifras de los registradores galvanométricos.

Estos instrumentos utilizan un servosistema, en el que el servomotor impulsa la pluma, y un potenciómetro que está acoplado a la pluma realimenta una señal que es proporcional a la posición de la pluma. Esta señal se compara con la señal medida, y la diferencia se aplica como una señal de error que acciona el motor.

Una consecuencia de este mecanismo es que el tiempo de respuesta del instrumento es muy lento, se trata de un intervalo de 0,2 a 2 segundos.

Figura 17. **Lazo de control registrador potenciométrico**



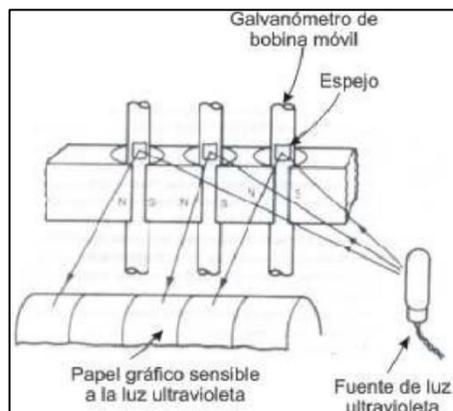
Fuente: ROLDÁN CASTILLO, Juan. *El registrador de procesos*. p.10.

3.2. Registradores ultravioleta

Los registradores ultravioleta trabajan de acuerdo con principios muy similares a los que rigen la operación de los registradores gráficos galvanométricos.

Reducen la inercia del sistema y las constantes de resorte al montar un espejo estrecho en lugar de un sistema de pluma; el espejo refleja un haz de luz ultravioleta sobre papel sensible a este tipo de luz. Permite registrar señales que tienen frecuencias hasta de 13 kHz con una exactitud representativa de $\pm 2''$ de escala máxima. Se deben tomar precauciones con el papel al momento de instalarlo, también al de manipular este tipo de luz ultravioleta.

Figura 18. Luz ultravioleta en registradores



Fuente: ROLDÁN CASTILLO, Juan. *El registrador de procesos*. p. 17.

3.2.1. Registradores de fibra óptica

Este tipo de registradores utilizan un sistema de fibra óptica para dirigir la luz sobre el papel sensible. Su construcción es similar a los osciloscopios, ya

que tienen un cañón de electrones y un sistema de enfoque que dirige un haz de electrones hacia un punto sobre una pantalla fluorescente. La señal que se va a registrar se aplica en las placas deflectoras y el movimiento del punto de electrones que se enfoca en la pantalla es proporcional a la amplitud de la señal.

Una tira estrecha que alberga un conjunto de fibra óptica y, que a su vez están en contacto con la pantalla fluorescente, transmite el movimiento del punto al papel fotosensible que se mantienen cerca del otro extremo de la tira de la fibra óptica. Al mover con velocidad constante el papel fotosensible que está en contacto con la tira de fibra óptica, se obtiene una representación gráfica en el tiempo de la señal medida. Son mucho más costosos que los ultravioleta, pero ofrece un ancho de banda mucho mayor.

Figura 19. **Registrador de fibra optica para temperatura**



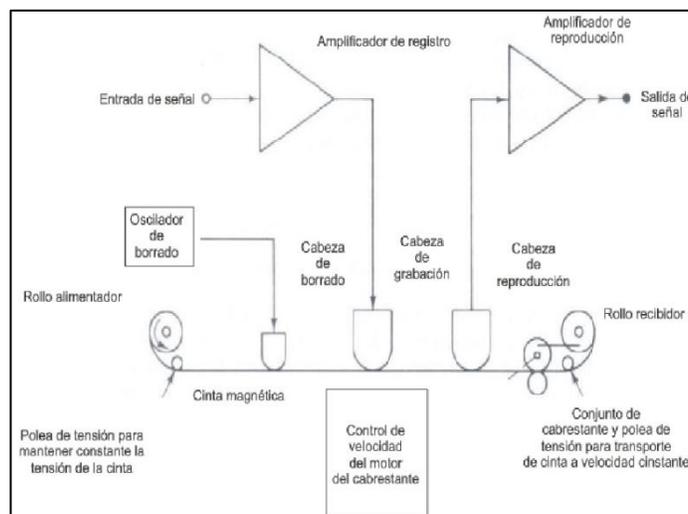
Fuente: Registrador de datos de fibra óptica. <http://news.thomasnet.com/fullstory/Fiber-Optic-Data-Logger-Thermometer-promotes-freedom-of-use-528152>. Consulta: 6 de septiembre de 2014.

3.3. Registradores de cinta magnética

Los registradores de cinta magnética pueden grabar señales analógicas que tienen una frecuencia de hasta 80 kHz. Como el instrumento permite seleccionar diferentes velocidades de transporte de la cinta, se puede registrar una señal a alta velocidad para reproducirla posteriormente a una velocidad inferior. Este escalamiento en el tiempo de la información registrada permite obtener un documento impreso que representa el comportamiento de la señal, similar al que se obtendría con los registradores ultravioleta y galvanométricos.

No se puede registrar directamente una señal de 200 Hz en un registrador gráfico, pero sí se graba en un registrador de cinta magnética que opera a una velocidad superior y después se reproduce a una velocidad diez veces inferior, su frecuencia se escalará en el tiempo hasta 20 Hz, valor que puede registrarse en un registrador gráfico.

Figura 20. Diagrama de bloques de un registrador de cinta

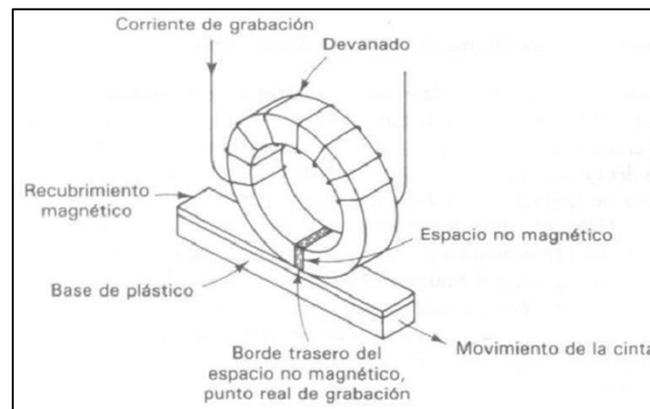


Fuente: ROLDÁN CASTILLO, Juan. *El registrador de procesos*. p. 19.

Existen dos técnicas básicas de registro analógico en cinta: registro directo y modulado en frecuencia. El primero ofrece el mejor ancho de banda en datos, pero la exactitud en la amplitud de la señal es bastante pobre, lo que limita seriamente la utilidad de esta técnica en la mayoría de las aplicaciones.

La técnica de modulación en frecuencia ofrece una exactitud superior en el registro de la amplitud, con una inexactitud de solo $\pm 5\%$ a frecuencias de señal de 80 kHz. Por ende el uso de esta técnica es más común que el registro directo.

Figura 21. **Diagrama simplificado de la cabeza magnética de grabación**



Fuente: ROLDÁN CASTILLO, Juan. *El registrador de procesos*. p. 19.

3.4. Registradores X-Y

Son instrumentos que tienen la capacidad especial de mostrar dos cantidades variables por separado en los ejes X y Y de coordenadas cartesianas.

Figura 22. **Registadores X-Y**



Fuente: Sudamericana de Fibras, S.A.

<http://www.slideshare.net/rafaelmartinanayafigueroa/registrador>. Consulta: 6 de septiembre de 2014.

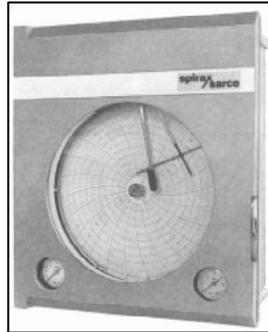
Cada una de las variables se puede aplicar a la entrada X del registrador y la otra a la entrada Y, y el registrador graficará las variaciones de una con respecto a la otra. Esto debido a que el registrador puede mover una plumilla simultáneamente, tanto en la dirección X como en la Y, a través de un papel fijo en respuesta a señales eléctricas aplicadas a sus dos terminales de entrada.

3.5. **Registadores neumáticos**

Los reguladores-registadores neumáticos están diseñados para el control neumático y, al mismo tiempo, registrar una o más variables, medidas recibidas en modo de señal neumática o eléctrica. Disponibles en diferentes versiones con las siguientes funciones:

- Regulador-registrador con una sola plumilla
- Regulador-registrador con dos plumillas con una variable controlada
- Regulador-registrador para dos variables

Figura 23. **Registrador neumático**



Fuente: El registrador neumático. <http://www.spiraxsarco.com/es/pdfs/TI/7b320s.pdf>. Consulta: 6 de septiembre de 2014.

3.6. **Video registrador**

Un video registrador, al igual que los registradores mencionados anteriormente, es un dispositivo capaz de almacenar gráficamente el comportamiento de una variable indicándola por medio de la pantalla, por lo tanto no utiliza papel para su registro.

Producen una gráfica de los datos tomados de la variable, esta gráfica puede ser almacenada dentro de una memoria interna o externa.

Figura 24. **Video registrador**



Fuente: *Video registradores*. www.abb.com Consulta: 6 de septiembre de 2014.

4. VIDEO REGISTRADOR

4.1. Características principales

A continuación se enumeran una serie de características principales de un registrador, las cuales pueden ser generales para todo tipo de registrador dependiendo de su modelo y fabricante.

4.1.1. Entradas universales

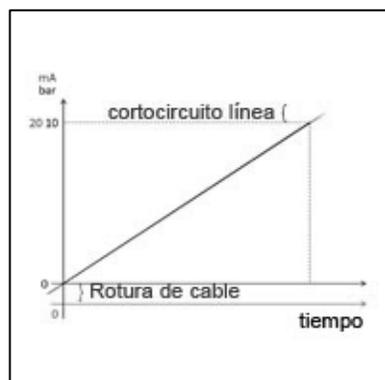
Las entradas universales pueden admitir una señal de termopar, RTD (3/4 hilos), mA, resistencias y digital. Se pueden agregar varias entradas universales más, dependiendo de la marca y modelo de video registrador que se desee utilizar.

La señal de 4-20 mA es la más utilizada en el sector de la automatización para transmitir valores de medida. La gran popularidad de esta señal se debe a su fácil manejo y sobre todo por su resistencia contra las perturbaciones. Una señal de corriente ofrece una mayor resistencia contra efectos electromagnéticos que señales de tensión. Las perturbaciones electromagnéticas se manifiestan en variaciones de tensión y provocan pocas variaciones de corriente.

Esta señal de 4–20 mA se aplica a menudo en la transmisión de valores de presión y temperatura. Un transmisor, por ejemplo, puede convertir el rango de 0 a 10 bar a una señal de 4–20 mA. El conexionado habitual, por ser el más económico, es el de dos hilos en lugar del conexionado de tres hilos. Una rotura de cable se detecta al bajar la corriente por debajo de 3,8 mA y un

cortocircuito provoca una subida por encima de 20,5 mA (según NAMUR NE43, Asociación Internacional de Usuarios de la Tecnología de Automatización en la Industria de Procesos, en su artículo NE43). Las variantes de 4–20 mA con tres hilos son poco habituales y se aplican únicamente para instrumentos que requieren un elevado nivel de energía auxiliar.

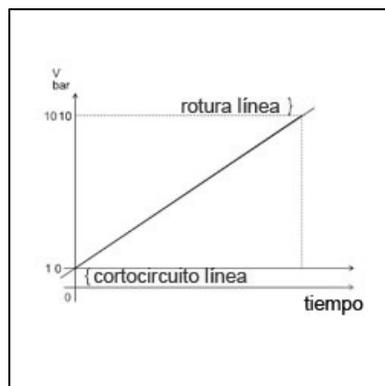
Figura 25. **Señal de salida en mA de un transmisor**



Fuente: Señales de salida analógica en la instrumentación.

<http://www.bloginstrumentacion.com/blog/2011/09/08/senales-de-salida-analogicas-en-la-instrumentacion/>. Consulta: 23 de septiembre de 2014.

Figura 26. **Señal de salida en V de un transmisor**



Fuente: Señales de salida analógica en la instrumentación.

<http://www.bloginstrumentacion.com/blog/2011/09/08/senales-de-salida-analogicas-en-la-instrumentacion/>. Consulta: 23 de septiembre de 2014.

Otras señales muy frecuentes en la automatización industrial son 0–10 V, 1–5 V y 1–10 V. Las ventajas residen en el fácil manejo y en la detección fácil de errores mediante un multímetro.

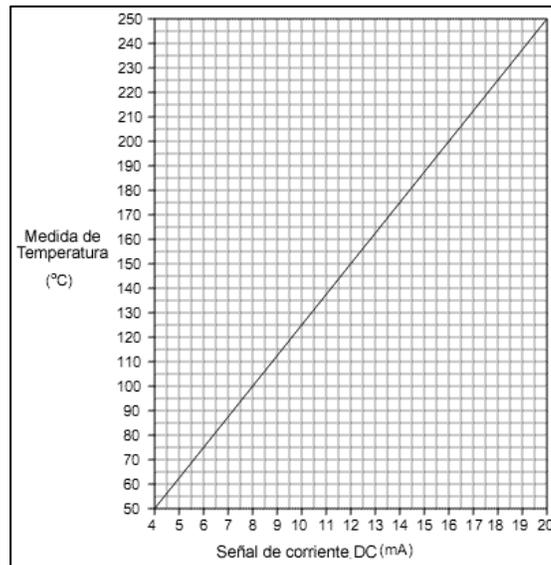
Sin embargo, este tipo de señalización de tensión es muy susceptible a perturbaciones electromagnéticas, provocando errores de medición. Por lo tanto se deben de utilizar cables apantallados para la protección. Las señales de 0-1– V, 1–5V y 1–10 V son muy frecuentes como valores nominales de motores, pero también se aplican, en contados casos, en sensores de temperatura y presión.

Entonces, la forma más popular para transmitir señales en instrumentación industrial, actualmente, es el estándar 4 a 20 miliamperios DC. Esta es una señal estándar, que significa que la señal de corriente es usada proporcionalmente para representar señales de medidas o salidas (comandos).

Típicamente, un valor de 4 miliamperios de corriente representa 0 por ciento de medida, y un valor de 20 miliamperios representa un 100 por ciento de la medida, y cualquier otro valor entre 4 y 20 miliamperios representa un porcentaje entre 0 por ciento y 100 por ciento.

Por ejemplo, si se está calibrando un transmisor de temperatura a 4-20 mA para medir rango de 50 a 250 grados C, se pueden representar los valores de corriente y temperatura como el que se muestra en la figura 27.

Figura 27. **Valores de corriente versus temperatura**



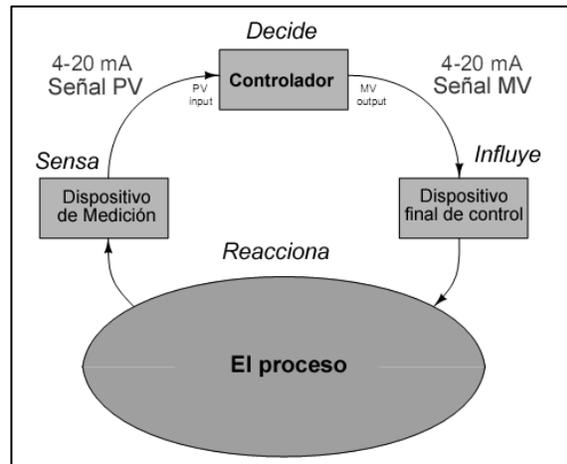
Fuente: Señales de salida analógica en la instrumentación.

<http://www.bloginstrumentacion.com/blog/2011/09/08/senales-de-salida-analogicas-en-la-instrumentacion/>. Consulta: 24 de septiembre de 2014.

Esta señal de 4-20mA, también es usada para sistemas de control para comandar posicionadores en una válvula de control o en variadores de velocidad. En estos casos, el valor de miliamperios no representa una medida del proceso, pero sí un grado el cual el elemento final de control influye en el proceso. Típicamente, los 4 miliamperios comandan a cerrar la válvula de control o parar un motor, mientras que 20 miliamperios comandan a abrir totalmente una válvula de control o poner un motor a su máxima velocidad.

Por lo tanto, casi todos los sistemas de control usan dos diferentes señales de 4-20mA: una para representar variables de proceso (PV) y otra para representar comandos hacia un elemento final de control (la variable manipulada o MV).

Figura 28. **Señales PV y MV de 4–20 mA**



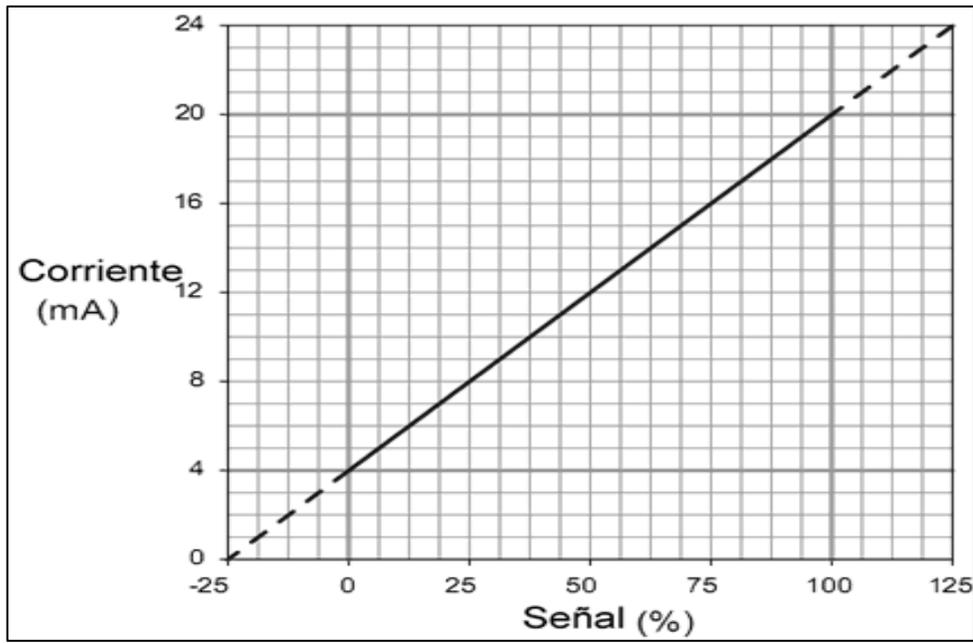
Fuente: Señales de salida analógica en la instrumentación.

<http://www.bloginstrumentacion.com/blog/2011/09/08/senales-de-salida-analogicas-en-la-instrumentacion/>. Consulta: 2 de octubre de 2014.

La relación entre estas dos señales depende, enteramente, de la respuesta del controlador. No hay razón para decir que las dos señales van a ser iguales, porque representan dos cosas totalmente diferentes. De hecho, si el controlador es de acción inversa, es totalmente normal que las dos señales sean inversamente proporcionales, cuando la señal de proceso PV de incrementa va hacia el controlador de acción inversa, entonces la señal de salida se decrementará. Si el controlador es puesto en modo manual por el operador, la señal de salida no será automáticamente proporcionada a la señal de entrada PV del todo, en cambio esta señal será totalmente manipulada a gusto del operador.

Una señal 4 a 20 mA representa alguna señal en una escala de 0 a 100 en porcentaje. Usualmente, es una escala lineal, como se observa en la figura 29:

Figura 29. **Señal 4–20 mA versus porcentaje de la señal**



Fuente: Señales de salida analógica en la instrumentación.

<http://www.bloginstrumentacion.com/blog/2011/09/08/senales-de-salida-analogicas-en-la-instrumentacion/>. Consulta: 2 de octubre de 2014.

Siendo una función lineal, se puede usar la ecuación de una recta para proporcional las señales medidas a sus respectivos valores de corriente:

$$y = mx + b$$

Donde

y = salida del instrumento

x = entrada del instrumento

m = pendiente de la recta

b = punto de intercepto respecto a y (por ejemplo: el *live zero* cero

del rango del instrumento)

Una vez determinados los valores adecuados para m y b , se puede entonces usar esta ecuación lineal para predecir cualquier valor para y dado un valor x , y viceversa. Esto será muy útil para cuando se busque determinar el valor de señal 4-20mA de salida de cualquier transmisor, o la posición de vástago de una válvula entre una salida de señal 4-20mA, o cualquier otra correspondencia entre una señal 4-20mA y alguna variable física.

Antes que se pueda usar la ecuación para cualquier propósito, se deben determinar los valores de la pendiente (m) y el intercepto (b) apropiados para el instrumento que se desea aplicar la ecuación.

Para la ecuación lineal mostrada, se puede determinar el valor de la pendiente (m) dividiendo el *rise* (cambio en el eje vertical) entre el *run* (cambio en el eje horizontal) es decir los rangos en miliamperios (4-20mA) y rango de apertura (0-100 %).

$$m = \frac{\text{Rise}}{\text{Run}} = \frac{(20 - 4)}{(100 - 0)} = \frac{16}{100}$$

$$y = \left(\frac{16}{100} \right) x + b$$

Para calcular el intercepto (b), todo lo que se necesita hacer es resolver la ecuación en un punto determinado (x - y). En este caso se prueba el punto (0,4) es decir a 0 por ciento, se tiene 4 miliamperios y se calcula:

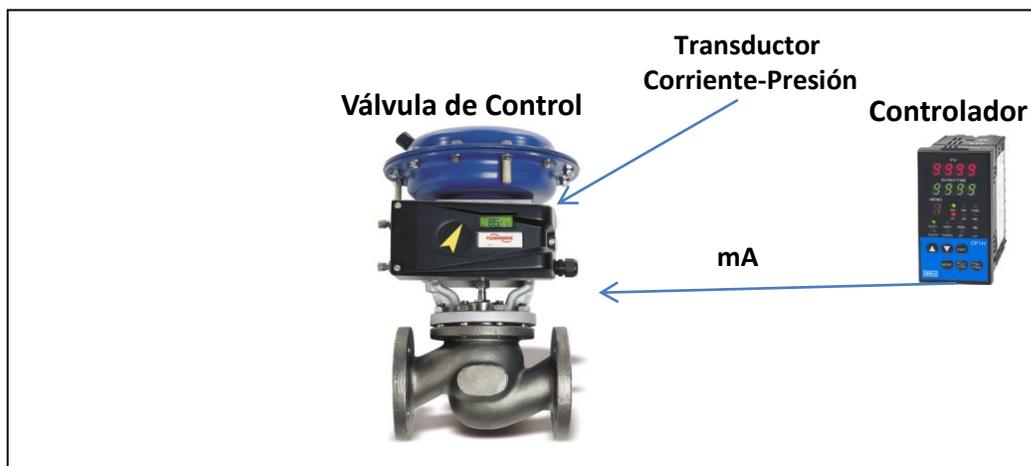
$$4 = \left(\frac{16}{100}\right) 0 + b$$

$$4 = 0 + b$$

$$b = 4$$

Ahora que está la ecuación completa se puede describir la relación entre la señal 4-20mA y una señal de apertura 0-100 por ciento, se puede usar para determinar cuántos miliamperios representan cualquier porcentaje de señal. Por ejemplo, suponiendo que se necesita convertir un porcentaje de 34,7 por ciento a su correspondiente señal de corriente de 4-20mA, como se representa en la figura 25.

Figura 30. **Apertura de válvula por controlador**



Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Visio.

Entonces se tendría que hacer el siguiente cálculo:

$$y = \left(\frac{16}{100} \right) 34.7 + 4$$

$$y = 5.552 + 4$$

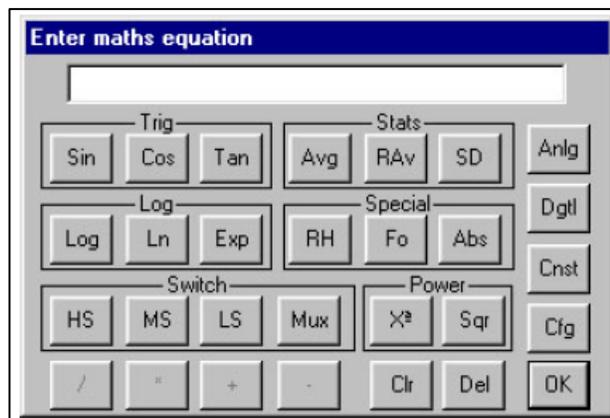
$$y = 9.552$$

Por lo tanto, 34,7 % es equivalente a 9,552 miliamperios en un rango de señal de 4–20 mA.

4.1.2. Matemáticas y lógica

El video registrador posee ecuaciones matemáticas y lógicas que se pueden aplicar a las variables registradas.

Figura 31. **Pantalla para ingreso de ecuaciones matemáticas en un video registrador de marca ABB**



Fuente: *Manual del usuario SM500, lógica*. www.abb.com Consulta: 4 agosto de 2014.

Los canales de grabación de señales individuales, de fuentes analógicas y digitales pueden combinarse en un bloque de matemáticas y producir un registro personalizado de un canal o como fuente de retransmisión.

Un ejemplo típico de las funciones matemáticas son la adición y sustracción de cierto número de fuentes analógicas, para formar un solo registro de grabación.

Se pueden implementar bloques matemáticos más complejos para determinar variables, tales como: humedad relativa, flujo de masa o concentración de óxido de circonio.

Las señales digitales se pueden utilizar en los bloques de matemáticas para activar o desactivar las salidas cuando se cumplen ciertas condiciones.

Cada bloque matemático consta de cualquier número de fuentes, constantes, operadores y funciones con una longitud máxima de 40 caracteres regularmente.

Tabla IV. **Operadores**

Operador	Descripción	Operador	Descripción
+	Sumar	-	Restar
*	Multiplicar	/	Dividir

Fuente: *Manual del usuario SM500, lógico*. www.abb.com Consulta: 4 de agosto de 2014.

- Constantes

Un bloque de matemáticas puede contener cualquier número de constantes, cada una con un límite de tres cifras decimales, hasta una máximo de 40 caracteres por el bloque entero. El rango máximo de cada constante es 999 a -999.

Ejemplo:

$m_1 = a_1 + 52,4 \cdot \log(a_2) - md_2$ (19 caracteres de un total de 40)

$m_1 =$ resultado matemático (asignado a los canales de registro y salidas de retransmisión)

$a_1 =$ fuente (analógica)

52.4= constante (cualquier valor numérico de hasta 3 decimales)

$\log(a_2) =$ función

$md_2 =$ fuente digital

Los operadores se evalúan de izquierda a derecha, por lo tanto, la ecuación anterior se evalúa como:

$$[(a_1 + 52,4) \cdot \log(a_2)] - md_2$$

y no como

$$a_1 + (52,4 * \log(a_2) - md_2)$$

Las funciones de bloque no se pueden anidar dentro de otras funciones. Para introducir una ecuación, que requiera funciones anidadas, es necesario el uso de otro bloque de matemáticas, por ejemplo, para evaluar la siguiente ecuación:

$$\frac{a_1 + a_2}{52,4 - a_3}$$

Se debe proceder de la siguiente manera:

Ingresar el módulo matemático 1 como: $m_1 = (a_1 + a_2)/m_2$

Ingresar el módulo matemático 2 como: $m_2 = 52,4 - a_3$

Las señales digitales son evaluadas como 0 (inactiva) y 1 (activa), así como el siguiente ejemplo:

$$M_1 = a_1 + a_2 * md_1$$

La suma de $(a_1 + a_2)$ es puesta a cero si la entrada digital md_1 es también cero.

- Fuentes: pueden ser analógicas o digitales.
 - Las fuentes analógicas pueden ser identificadas dentro de un bloque matemático por medio de variables preestablecidas en el video registrador, como lo muestra la tabla IV

Tabla V. **Fuentes analógicas**

Fuentes analógicas	
Entrada analógica A1 a Entrada analógica B6	Valores de entrada analógica (del módulo de entrada analógica). Disponible sólo si se ha colocado un módulo de entrada analógica en la posición correspondiente.
Entradas analógicas de comunicaciones 1 a 24	Valores de entrada analógica. Recibido a través del enlace de comunicaciones en serie Modbus; consulte el APÉNDICE B, página 116.
Estadística 1.1 máx. a Estadística 2.6 máx.	Valor de entrada de estadística máximo. Valor desde que el totalizador de un determinado canal se ajustó o hizo una vuelta por última vez. Disponible sólo en los canales analógicos y si el totalizador correspondiente está activo en el nivel de configuración.
Estadística 1.1 mín. a Estadística 2.6 mín.	Valor de entrada de estadística mínimo. Valor desde que el totalizador de un determinado canal se ajustó o hizo una vuelta por última vez. Disponible sólo en los canales analógicos y si el totalizador correspondiente está activo en el nivel de configuración.
Estadística 1.1 pro. a Estadística 2.6 pro.	Valor de entrada de estadística de promedio. Valor desde que el totalizador de un determinado canal se ajustó o hizo una vuelta por última vez. Disponible sólo en los canales analógicos y si el totalizador correspondiente está activo en el nivel de configuración.

Fuente: *Registrador videográfico*. Guía del usuario IM/SM1000-E Rev.0, SM1000, 2014, ABB. p.

12.

- Fuentes digitales: tres señales digitales identificadas en el módulo matemático como md1, md2 y md3 se pueden utilizar dentro de cada bloque de matemáticas, estas señales deben ser asignadas a una fuente digital antes de la selección dentro de la plataforma matemática.

Tabla VI. **Estados de entrada digital**

Estados de entrada digital

A1 a D1 I/P digital	Estados de Entrada digital Señales digitales recibidas de los módulos de entrada analógicos colocadas en las posiciones de módulo A a D si el "Tipo" de entrada se ha ajustado como "Entrada digital libre de tensión" durante la configuración. Sólo disponible si el módulo está instalado.
Ent. Dig comunic. 1 a 24	Estados de Entrada digital Señales digitales movidas a través del enlace de comunicaciones en serie Modibus (consulte Tabla B.14 de la página 52).
Estado de alarma 1.1 a 2.4D	Estados de alarma Disponible solo si la alarma correspondiente se activa durante la configuración.
Estado de confirmación de alarma 1.1A a 2.4D	Estados de confirmación de alarma Disponible solo si la alarma correspondiente se activa durante la configuración. Alarma confirmada = 0; Alarma no confirmada = 1. Solo alarmas de proceso, de bloqueo y de anuncio.
Grupo de alarma 1 a 12	Grupos de alarma Solo disponible si cualquier alarma está habilitada en el nivel de configuración. Sólo activo si cualquiera de las alarmas asignadas a un grupo está activa.
Cualquier alarma	Solo disponible si se activa, al menos una alarma en la configuración. Sólo activo si cualquiera de las alarmas habilitadas está activa.
Alarma nueva	Disponible solo como fuente para disparos de correo electrónico. Genera un mensaje de correo electrónico si cualquier alarma se activa.
AI de tiempo real 1 a 4	Estados de alarma en tiempo real Disponible sólo si la alarma correspondiente se activa durante la configuración.
Ejecutar estado 1.1 a 2.4	Estados de ejecución de totalizador Activo cuando el totalizador está en ejecución. Disponible sólo si el totalizador pertinente está activo en el nivel de configuración.
Pulso de vuelta de 1.1 a 2.4	Estados de vuelta del totalizador Disponible solo si se ha activado la opción de totalizador y si el totalizador correspondiente se ha activado durante la configuración. SI "Activar vuelta" se encuentra en "Activo" se activa durante 1 segundo cuando se ha llegado al recuento predeterminado. SI "Activar vuelta" se encuentra en "Desactivado", se activará cuando se haya llegado al recuento predeterminado y permanecerá así hasta que se minimice el totalizador.
Salida 1ra. Etapa 1.1 a 2.4	Salida primera etapa del totalizador (recuento intermedio) Se activa durante 1 segundo cuando se ha llegado al recuento intermedio. Disponible solo si se ha activado la opción de totalizador y si el totalizador correspondiente se ha activado durante la configuración.
Pulso de recuento de 1.1 a 2.4	Pulso de recuento del totalizador Activo durante 100 ms cada vez que el totalizador se actualiza en un recuento completo. Por ejemplo, si se fijan dos o más decimales, se genera un pulso cuando el valor del totalizador aumenta de 0.99 a 1.00 o de 1.99 a 2.00

Fuente: *Registrador videográfico* Guía del usuario IM/SM1000-E Rev.0, SM1000, 2014, ABB. p.

El video registrador permite utilizar capacidades matemáticas y lógicas avanzadas. Se pueden configurar ecuaciones matemáticas y ecuaciones lógicas, ambas con varios elementos. Las ecuaciones se pueden anidar entre sí para ofrecer capacidades más amplias.

Se pueden encontrar las funciones media, desviación estándar y media de despliegue.

Las operaciones de: suma, resta, multiplicación y división estándar se complementan con logaritmo, logaritmo natural, raíz cuadrada, potencia, seno, coseno, tangente y funciones absolutas.

Las señales de proceso se pueden cambiar a través de la selección de señal alta/baja/media y las funciones de multiplexión.

Se puede disponer, también de ecuaciones predefinidas para humedad relativa y el cálculo de F0.

Los operadores Y, NY, O, NI, o exclusivo y NO están disponibles con las ecuaciones lógicas.

Todos los resultados de las ecuaciones matemáticas y lógicas se pueden mostrar en la pantalla del video registrador y almacenarse en la unidad extraíble. Asimismo, se proporcionan funciones de diagnóstico detalladas para las ecuaciones matemáticas y lógicas.

Todas las funciones empiezan con un carácter en mayúscula para diferenciarlas de las fuentes.

Tabla VII. **Funciones matemáticas y lógicas**

Función	Descripción
Funciones trigonométricas Sin(x) Cos(x) Tan(x)	Especificados en radianes, $\text{Rad} = \pi / 180^\circ$
Funciones estadísticas Avg (x, n , t)	El promedio de la variable x de n muestras, a una frecuencia de muestreo de t segundo, donde n = 1 hasta 999 muestras y t = 1 hasta 999 segundo. El promedio se resetea después de n muestras.
Rav (x, n, t)	El promedio cambiante de la variable x de n muestras, a una frecuencia de muestreo de t segundos. La más antigua de las muestras en cada cálculo de Rav se pierde y el nuevo resultado se calcula teniendo en cuenta la muestra actual. N = 1 hasta 999 muestras, t = 1 hasta 999 segundos.
Sd (x, n, t)	La desviación estándar de la variable x, n muestras a una frecuencia de muestreo de t segundos. N = 1 a 200 muestras, t = 1 a 999 segundos.
Funciones logarítmicas Log(x)	Log base 10 de x.

Continuación de la tabla VII.

$\text{Ln}(x)$	Log natural de x .
$\text{Exp}(x)$	e a la potencia x .
Funciones especiales $\text{RH}(x,y)$	Cálculo de la humedad relativa usando bulbos de lectura. $\text{wet}(x)$ y $\text{dry}(x)$
$\text{FO}(x,y,z)$	Optimización de tiempos de esterilización usando cálculos FO y medición de temperatura(x), temperatura del objetivo (y) y factor $Z(z)$.
$\text{Abs}(x)$	El valor absoluto de la variable x .
Funciones de interruptor $\text{Hs}(x,y,z)$	Devuelve la variable de mayor cantidad.
$\text{Ms}(x,y,z)$	Devuelve la variable cuya magnitud está entre los límites superior e inferior de las tres variables.
$\text{Ls}(x,y,z)$	Devuelve la variable de menor cantidad.
$\text{Mux}(x,y,s)$	Selecciona si x es falso o de lo contrario y .
Funciones de potencia XEa	Eleva la variable x a la potencia a .
$\text{Sqr}(x)$	Retorna la raíz cuadrada de la variable x .

Fuente: *Registrador videográfico* Guía del usuario IM/SM1000-E Rev.0, SM1000, 2014, ABB.

p. 13.

4.1.3. Totalizadores

Estos equipos cuentan con totalizadores para poder llevar el registro total de la medición de la variable elegida, por ejemplo, se puede totalizar el flujo de un líquido cualquiera, con una señal de instrumentación proveniente de un medidor de flujo, también, totalizar la cantidad de veces que ha sido encendida o apagada una válvula, se puede utilizar para línea de producción de cajas o botellas, recibiendo una señal digital proveniente de los sensores de la línea de producción para contar las cajas o botellas producidas, entre otros.

Con la opción de totalizadores se pueden hacer cálculos estadísticos, tales como: promedio, máximo y mínimo (para señales analógicas).

4.1.4. Memoria

Gracias al uso de la tecnología de memoria *flash*, el video registrador no depende de las baterías para preservar los datos almacenados durante una falla en el suministro de energía eléctrica. Dentro de la memoria interna, los datos se almacenan en pequeños bloques, cada uno de los cuales contiene una suma de verificación para garantizar la integridad de la información. El equipo cuenta con una memoria *flash* interna para el almacenamiento en el buffer de los datos del proceso. La memoria completa puede revisarse en cualquier momento con una opción llamada vista del gráfico, disponible en el video registrador. Cuando se ha utilizado toda la memoria disponible, esta se recicla automáticamente y se reescriben los datos más antiguos, lo cual permite capturar siempre los datos del último proceso.

La versión estándar del video registrador, por lo menos puede registrar cualquier señal analógica, digital o de comunicaciones (vía Modbus). Para la

obtención de las muestras se pueden predefinir dos velocidades de muestreo, una primaria y otra secundaria (rápida o lenta). La conmutación automática entre estas dos velocidades de muestreo permite almacenar la información detallada bajo condiciones específicas de proceso, por ejemplo, estados críticos del proceso o condiciones de alarma. Mediante el uso de filtros de prealmacenamiento, es posible registrar el valor promedio, máximo / mínimo o instantáneo de cualquier dato analógico.

4.1.5. Almacenamiento de archivos de acuerdo con las normas de la industria

La tarjeta de memoria *compact flash* puede utilizarse para fines de almacenamiento. La característica de estado sólido de estos dispositivos garantiza que el video registrador pueda operar en temperaturas ambiente de hasta 50 °C, mientras que las unidades de disco flexible electromecánicas tradicionales solo soportan temperaturas de hasta 40 °C. Cada escritura en la unidad de almacenamiento de archivos es verificada para asegurar la integridad de los datos. Los datos del proceso pueden archivarse en medios extraíbles con dos formatos: texto (variable separada por comas) o código binario.

Además de los canales de registro analógicos/digitales, en las unidades extraíbles, también pueden archivarse los registros de auditoría, evento de alarma y totalizador (si están instalados). Toda la información almacenada en la tarjeta de memoria es segura. Los archivos almacenados en formato de variable separada por comas están dotados de firma digital encriptada, mientras que los almacenados en formato binario tienen codificación de seguridad con verificaciones de integridad incorporadas. Ambos formatos de almacenamiento de datos cumplen con el estándar FDA 21 CFR parte 11.

4.1.6. Conformidad con la Norma 21 CFR parte 11 y paquete de validación GAMP

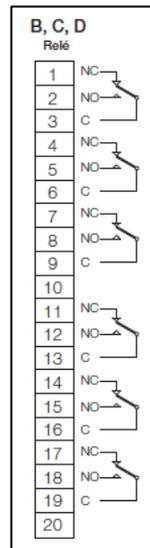
El video registrador es un método ideal para aplicaciones en las que es necesario garantizar el cumplimiento con la Norma 21CFR parte 11 (la normativa de la FDA referente a la conservación de registros electrónicos), gracias a los datos completos de auditoría, un formato de almacenamiento seguro y un gran número de funciones de seguridad físicas y de configuración. En consecuencia está disponible una plantilla para validar el registrador videográfico.

De acuerdo con la GAMP 5 (un enfoque basado en el análisis de riesgos aplicado a sistemas GxP informatizados), la plantilla se ha creado para simplificar al máximo el proceso de validación y es válida para la calificación de la instalación (QI) y el funcionamiento (OQ) llevada a cabo en las instalaciones del cliente, antes y después de la instalación. Una vez completa, la plantilla se presentará, junto con la documentación relativa al sistema en su conjunto, ante el organismo regulatorio de inspección correspondiente.

4.1.7. Salidas de relé

También cuentan con salidas de relé para poder ejercer algún tipo de control sobre un elemento final de control accionado por relé. La cantidad de salidas de relé es especificada según los requerimientos de la aplicación en la que se utilizará el video registrador.

Figura 32. **Salidas de relé de un video registrador**

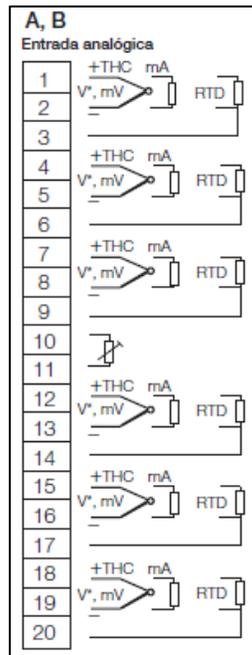


Fuente: *Registrador videográfico*. Ficha técnica DS/SM1000-ES Rev. AB
SM1000, www.abb.com. Consulta: 4 de agosto de 2014.

4.1.8. Registro flexible

Se pueden incorporar varias entradas físicas analógicas/digitales dependiendo de la marca y modelo de video registrador a utilizar, a cada una de las cuales se les puede asignar un canal de registro de *software*. El resto de los canales de registro de *software* se pueden utilizar para registrar los resultados de bloque matemático, el estado de alarma, las señales transmitidas a través de TCP Modbus o cualquier otra señal analógica o digital disponible en el registrador. Cada uno de los canales de registro de *software* presenta alarmas de proceso y totalizadores opcionales.

Figura 33. **Entradas analógicas en un video registrador**



Fuente: *Registrador videográfico* Ficha técnica DS/SM1000-ES Rev. AB
SM1000, www.abb.com. Consulta: 4 de agosto de 2014.

4.2. Características especiales

El video registrador ofrece una serie de características únicas que le permiten visualizar claramente el proceso.

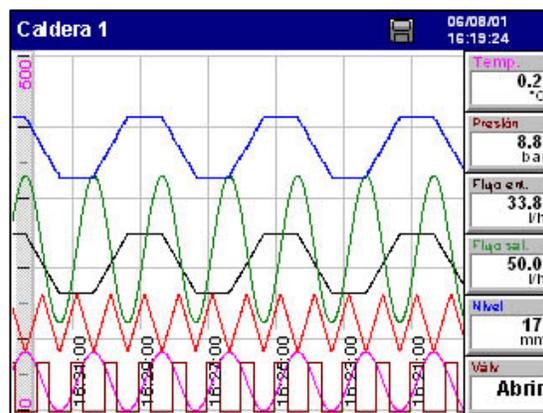
4.2.1. Revisión de datos en línea

Es posible modificar el intervalo en pantalla para que muestre entre 18 y 7 días de información sin afectar la velocidad de muestreo. Eso permite acercarse *zoom in*, para obtener un primer plano de los datos más actuales o alejarse *zoom out*, para obtener una imagen general.

Los trazos individuales pueden eliminarse temporalmente de la pantalla para que el operador pueda establecer una clara comparación entre dos o más canales.

El video registrador debe poder revisar fácilmente todos los datos históricos almacenados en la memoria intermedia interna. Esta operación no afecta el registro de los datos del proceso en la memoria interna.

Figura 34. **Visualización de datos en tiempo real en el videograficador**



Fuente: *Registrador videográfico*. Ficha técnica DS/SM1000-ES Rev. AB SM1000. www.abb.com. Consulta: 4 de agosto de 2014.

4.2.2. Comunicaciones Ethernet

El video registrador ofrece la posibilidad de comunicación Ethernet10BaseT a través de un conector RJ45 estándar y utiliza los protocolos TCP/IP, FTP y HTTP, estándares en el sector. El uso de estos permite realizar una fácil conexión con las redes de PC existentes. El video registrador incluye funcionalidad de servidor FTP.

El servidor FTP del registrador se utiliza para acceder al sistema de archivos, desde una estación remota de la red. Para ello es necesario que el equipo servidor disponga de un cliente FTP. Tanto MS-DOS® como Microsoft® Internet Explorer, versión 5,5 o superior, pueden utilizarse como clientes FTP.

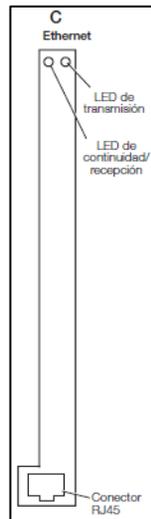
El uso de un explorador web u otro cliente FTP permite el acceso de forma remota a los archivos de datos contenidos en la tarjeta de memoria del dispositivo, y transferirlos al PC o a una unidad de red.

En el video registrador se pueden programar usuarios FTP individuales. Para cada usuario se puede configurar un nivel de acceso.

Toda la actividad de acceso a FTP se registra en el archivo de auditoría del video registrador.

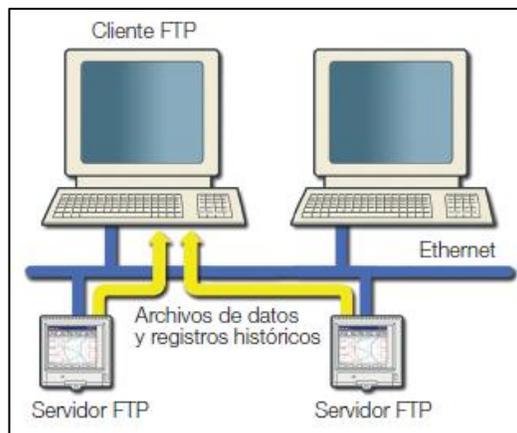
El programa de planificación de transferencia de archivos de datos del fabricante permite realizar la copia de seguridad automática de los archivos de datos de varios registradores en un PC o una unidad de red para su almacenamiento a largo plazo, garantizando así la seguridad de la información valiosa de proceso y reduciendo al mínimo la intervención del operador.

Figura 35. **Puerto de comunicación Ethernet de un video registrador**



Fuente: *Registrador videográfico*. Ficha técnica DS/SM1000-ES Rev. AB SM1000. www.abb.com. Consulta: 4 de agosto de 2014.

Figura 36. **Acceso a los archivos vía FTP**



Fuente: *Videográfico*. Ficha técnica DS/SM1000-ES Rev. AB SM1000 Registrador. www.abb.com. Consulta: 4 de agosto de 2014.

4.2.3. Servidor web integrado

El video registrador puede incluir un servidor web integrado, que permite el acceso a las páginas web creadas en el registrador. El uso de HTTP (Hyper Text Transfer Protocol; Protocolo de transferencia de hipertexto) permite a los exploradores Web estándar visualizar estas páginas.

En las páginas web se puede ver en la pantalla actual del registrador: información detallada sobre las señales de proceso, las condiciones de alarma, los valores del totalizador y otra información clave de proceso.

Los registros históricos almacenados en la memoria intermedia interna del video registrador se pueden ver de forma íntegra en las páginas Web.

Mediante el servidor web se pueden introducir mensajes del operador, permitiendo así el almacenamiento de comentarios en el registrador.

Toda la información que aparece en las páginas web se actualiza de forma regular, para que se pueda utilizar como herramienta de supervisión del proceso.

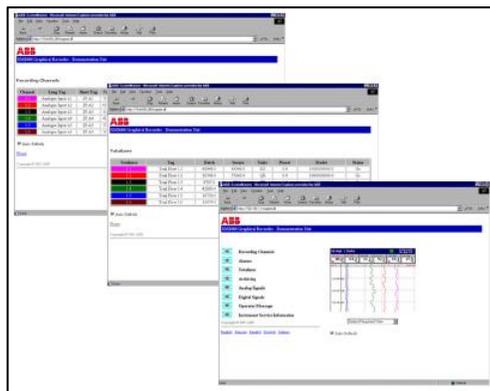
La configuración actual del video registrador se puede cambiar a otra si es necesario. Esta puede ser una configuración existente en la memoria interna o un archivo nuevo de configuración transferido al registrador a través de FTP.

El reloj, en tiempo real, del registrador se puede ajustar a través del servidor web. Asimismo, los relojes de varios registradores se pueden sincronizar a través del programa FTS (planificador de transferencia de archivos).

Las comunicaciones Ethernet pueden proporcionar un enlace a los registradores instalados en sitios remotos. Mediante el uso de un enrutador por discado, el video registrador puede instalarse en un sitio remoto y además se puede acceder al mismo a través de la red telefónica pública cuando se requiera.

El video registrador puede enviar notificaciones por correo electrónico sobre eventos importantes mediante el cliente SMTP incorporado. Los mensajes originados por alarmas de proceso y otros eventos críticos pueden enviarse a varios destinatarios. También puede programarse el registrador para enviar por correo electrónico informes del estado del proceso actual a las horas indicadas, cuyo contenido puede modificarse según las necesidades específicas del proceso. Cabe mencionar que todas las características que se han mencionado al momento en este trabajo están basadas en un video registrador de última generación, todas las características indicadas son las que se pueden encontrar actualmente en un video registrador moderno.

Figura 37. **Visualización de datos en tiempo real vía web**



Fuente: *Registrador videográfico*. Ficha técnica DS/SM1000-ES Rev. AB SM1000, www.abb.com. Consulta: 5 de agosto de 2014.

4.2.4. Revisión y análisis fuera de línea

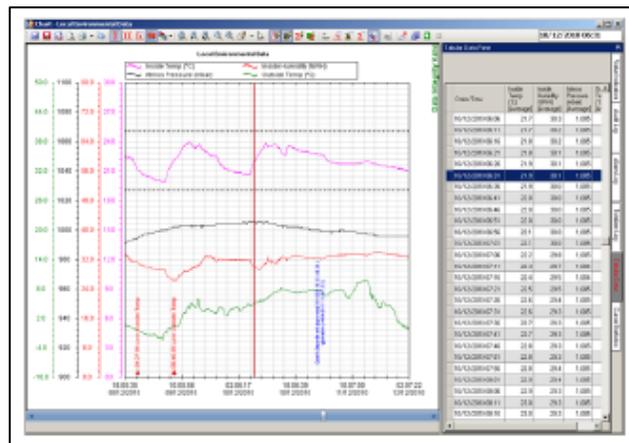
El uso del *software* permite revisar fácilmente los datos de proceso archivados y los registros históricos guardados en la tarjeta de almacenamiento extraíble.

La administración de bases de datos de archivos, que debe ofrecer el *software*, debe garantizar el almacenamiento a largo plazo y la recuperación de los datos históricos de manera sencilla y segura.

El *software* debe proporcionar, también, funciones de gráfico que garanticen la fácil consulta de los datos del proceso.

Durante el proceso de almacenamiento y recuperación, el *software* debe comprobar la validez de todos los archivos de datos, lo que garantiza la máxima integridad de la información.

Figura 38. Ejemplo de pantalla de *software* Data Manager Pro de ABB



Fuente: Registrador videográfico. Ficha técnica DS/SM1000-ES Rev. AB SM1000, www.abb.com. Consulta: 5 de agosto de 2014.

4.2.5. Registros históricos

Con funciones no disponibles en los registradores basados en papel, los tres registros históricos aseguran la absoluta validez del registrador y los datos.

Cualquiera de estos registros puede ser exportado a la unidad extraíble.

- Registro de eventos de alarmas: visualización completa de todas las alarmas reconocidas y no reconocidas, cambios del estado de alarma y mensajes al operador.
- Registro de auditoría: muestra los datos del sistema con su indicación de hora, fecha e identificación correspondiente, incluyendo información de configuración, cambios de calibración, errores del sistema y acciones de operación. Ofrece numerosas pruebas de la integridad, validez y trazabilidad de los datos registrados del video registrador, de conformidad con la normativa 21 CFR parte 11 de la FDA.
- Registro del totalizador: intervalos de registro independientes para cada canal, que permiten establecer la hora y la fecha de las lecturas totales, promedio, máximas y mínimas.

Figura 39. **Ejemplo de datos mostrados en registro del video registrador**

Registro totalizador				16/10/00
				09:26:44
No	Indicador/Valor	Fuente	Fecha	Hora
42	Total unidades 1.1	Ent A1	16/10/00	09:26:20
Σ	0.0 Litres			
43	Total unidades 1.2	Ent A2	16/10/00	09:26:20
Σ	1000000.0 Gal			
44	Total unidades 1.1	Ent A1	16/10/00	09:26:24
Σ	0.0 Litres			
45	Total unidades 1.2	Ent A2	16/10/00	09:26:24
Σ	1000000.0 Gal			

Fuente: *Registrador videográfico*. Ficha técnica DS/SM1000-ES Rev. AB
SM1000, www.abb.com. Consulta: 5 de agosto de 2014.

5. APLICACIONES GENERALES

A continuación se enlistan algunas de las actividades donde puede ser de gran ayuda el uso de un video registrador dentro de su sistema de control, el rango de aplicación es muy amplio.

- Plantas de tratamiento de agua
- Almacenamiento en frío
- Monitoreo de gases de combustión
- Monitoreo ambiental
- Autoclaves
- Procesamiento de sustancias alimenticias, lácteos y bebidas
- Hornos
- Tratamiento térmico
- Pulpa y papel
- Ciencias de la vida

5.1. Planta de generación de energía

El video registrador en conjunto con otros equipos de instrumentación industrial, puede mostrar y registrar una gran variedad de variables, tomando como ejemplo una central de generación eléctrica, se puede determinar las siguientes variables en cada punto de la central:

- Chimenea: flujo de masa térmica, temperatura, presión y monitoreo de flujo de gases.

- Alimentación de agua a la caldera: flujo vortex, temperatura, presión, presión diferencial (flujo), conductividad, oxígeno disuelto, pH, actuadores y posicionadores.
- Sistema de combustible: flujo de aceite por coriolis (aceite), flujo vortex (gas), flujo multivariable de presión diferencial.
- Filtros: flujo, presión y pH.
- Estación de muestras: todas las variables medidas por equipos analíticos.
- Línea de vapor: temperatura, presión, presión diferencial (flujo), conductividad, sílice, sodio, actuadores y posicionadores.
- Sistema de enfriamiento de agua: medición de flujo, temperatura, presión diferencial, presión y conductividad.
- Cuarto de control: registro de datos.
- Generador: temperatura, presión diferencial, presión, pureza de hidrógeno, monitoreo de purga de gas, actuadores y posicionadores.
- Condensador: temperatura, presión diferencial (nivel), cloro, conductividad, pH y sílice.
- Bomba de extracción: presión, conductividad, oxígeno disuelto, sodio, actuadores y posicionadores.

5.2. Registro de datos en aplicaciones de gestión de la extracción de agua de pozo

- Registros precisos de agua extraída.
- Ayuda a simplificar el cumplimiento de los requisitos de concesión de licencias de extracción.
- Utilizado para ayudar a proteger la calidad del agua.

El agua es un valioso recurso que tiene que ser cuidadosamente gestionado con el fin de garantizar suministros suficientes para todo, desde fines residenciales y de ocio a través de uso industrial, comercial y agrícola.

Con tan solo un 0,32 por ciento del suministro total de agua de la tierra apta para el consumo humano, es vital asegurar que los suministros disponibles sean monitoreados y medidos con tanto cuidado como sea posible. Reconociendo este hecho, muchos países industrializados han puesto en marcha estrategias nacionales, tanto para regular el agua, uso de la superficie, el agua subterránea y salvaguardar la calidad de los suministros.

Medir la cantidad de agua extraída de los pozos es una de las formas en que se gestiona el consumo de agua. Hay diversos estándares internacionales, pero en el Reino Unido, cualquiera que desee extraer más de 20 metros cúbicos (aproximadamente 4 400 galones) al día debe tener una licencia de extracción. Introducido en el Reino Unido en la década de 1960, la licencia de extracción especifica una serie de criterios, entre ellos:

- Los detalles de dónde se puede extraer el agua
- La cantidad de agua que se puede extraer
- Los fines para los cuales el agua puede ser utilizada

Un requisito fundamental para los titulares de licencia en el Reino Unido es la necesidad de medición de los suministros de agua extraída. Según la categoría de licencia, las mediciones deben ser tomadas y presentadas en diferentes frecuencias, que van desde diaria, semanal y mensual. Por otra parte, los titulares de licencia son también obligados a mantener un registro preciso de las lecturas del medidor. Desde octubre de 2001, un límite de 12 años ha sido fijado para permisos de extracción, tras lo cual el titular de la licencia debe volver a solicitarse. Parte de este proceso de solicitud requiere que el titular de la licencia pueda probar que han estado usando sus suministros de manera eficiente y de acuerdo con los términos de su licencia.

Un reto adicional es la necesidad de probar que el agua extraída es apta para el consumo humano y que cumple con los niveles de calidad requeridos. También se recomienda que el titular de la licencia asegure la medición de flujo que el medidor de caudal registra. Esto puede ahorrar tiempo en la búsqueda de fugas que no existen.

Una combinación de caudalímetros electromagnéticos y video registrador sin papel son de gran ayuda, por su utilidad internacional para regular la extracción de agua de dos pozos y fuentes de agua superficial a 37 de sus sitios. Los caudalímetros proporcionan una medición precisa de la cantidad de agua extraída y los datos de los medidores de flujo son recogidos por el video registrador. Cuando los datos son descargados a la computadora, estos pueden ser utilizados en los informes que luego pueden ser presentados por la empresa a la agencia de medio ambiente, para demostrar su cumplimiento con los términos de su licencia de extracción.

Para ayudar a proteger la calidad del agua, el video registrador también se puede utilizar para recibir los datos en línea, instrumentos de análisis que miden parámetros como la turbidez, pH y manganeso. Estos datos pueden ser analizados o utilizados como base para información adicional.

Los registradores sin papel o video registradores son ampliamente utilizados en los sistemas de extracción del agua de pozo. Ellos pueden medir y mostrar las señales del proceso y guardarlos en un lugar seguro a prueba de manipulaciones del formato. Las funciones avanzadas permiten la visualización remota utilizando un servidor web o notificación por correo electrónico si un estado de alarma se produce. Una vez registrados, los datos se pueden transferir a servidores remotos donde un procedimiento a largo plazo de almacenamiento de datos puede ser implementado. Usando el *software* que viene con el video registrador como herramienta de análisis, se puede verificar que los datos sean originales y sin manipulación alguna, además de analizarlos en una computadora.

5.3. La supervisión del proceso de autoclaves en la industria farmacéutica

- Verificación independiente y supervisión de validación del proceso de autoclave.
- Cumplimiento con las últimas regulaciones y directrices GAMP.
- Ajuste no autorizado de introducción de datos registrados bajo las condiciones en las cuales los productos farmacéuticos son esterilizados bajo normas rigurosas.

La satisfacción de estas exigencias es esencial para empresas que desean demostrar que sus productos han sido producidos bajo una forma

segura, y son convenientes para la venta tanto en casa como a nivel internacional. Esto conlleva al empleo de equipo electrónico en la esterilización, las normas son puestas por la Sociedad Internacional de Ingenieros Farmacéuticos (ISPE) y por el subcomité internacional de Buenas Prácticas de Fabricación Automatizada, (GAMP). Adoptadas por los países, este juego de directrices indica las exigencias principales que deben ser consideradas, planificando y poniendo en práctica sistemas automatizados en usos farmacéuticos. Como el mercado líder mundial más grande para productos farmacéuticos, la Unión Europea ha enseñado el camino en el desarrollo de su propia interpretación de estas directrices, con los alimentos y la administración de medicinas las reglas de buenas prácticas de la Administración de Alimentos y Drogas (FDA) que ponen el estándar para empresas por todo el mundo.

Las Normas del FDA son de particular importancia, ya que establecen los requisitos estrictos para la fabricación, elaboración, embalaje y almacenamiento de productos farmacéuticos.

Las normas que se describen a continuación, están específicamente relacionadas a los productos farmacéuticos:

- 21 CFR parte 210, que estipula la práctica actual para la fabricación, elaboración, envasado y almacenamiento de productos farmacéuticos.
- 21 CFR parte 211, establece la práctica de los productos terminados.

Estas reglas incluyen orientación sobre qué variables de producción farmacéutica deben ser registradas, incluyendo cualquier ajuste de control de procesos, los detalles sobre la comprobación de los datos registrados y requisitos específicos para la recolección de lotes registros de producción y control.

Cuando estos registros se recogen electrónicamente, la Norma 21 CFR parte 11 se aplica también, ya que proporciona registros electrónicos y firmas del mismo, peso y confiabilidad como sus homólogos en papel. Un aspecto clave de 21 CFR parte 11 es que se centra en la seguridad, en particular en relación con la prevención de la manipulación de los datos y la capacidad de identificar específicamente los individuos y eventos involucrados en la producción y / o datos de los procesos de gestión.

La esterilización permite la reutilización de equipos farmacéuticos, tales como: instrumentos, utensilios, equipos de laboratorio y preparación de medios, y es necesario eliminar los agentes transmisibles tales como esporas, bacterias y virus. Es posible matar a algunos microorganismos con productos químicos, la radiación y el calor seco, pero el método más eficaz y barato es con vapor saturado.

El equipo más popular para su uso en procesos de esterilización por vapor es el autoclave. Este es un recipiente presurizado que utiliza el vapor para aplicar presión y calor a una carga colocada en el interior. La ventaja de usar un autoclave es que puede alcanzar temperaturas superiores al agua hirviendo solo, por lo que puede matar, no únicamente las bacterias, sino también, las esporas bacterianas, que tienden a ser resistentes.

Los autoclaves suelen utilizar vapor calentado entre 115-134 ° C (250-273 ° F). Para lograr la esterilidad, un tiempo de mantenimiento de al menos 30 minutos a 115 ° C, 15 minutos a 121 ° C (250 ° F) o 3 minutos a 134 ° C (273 ° F) se requiere.

La validación y verificación del proceso de esterilización está bien controlado en la industria farmacéutica y los operadores deben garantizar que

los autoclaves cumplan con las directrices y los reglamentos del Reino Unido y del extranjero. Estos incluyen la dirección del NHS en la esterilización HTM 2010, las buenas prácticas de fabricación automatizada (GAMP), y 21 de la FDACFR parte11, que establece el estándar para los registradores sin papel durante el proceso de esterilización.

Hay dos cuestiones principales que deben abordarse a fin de verificar el proceso de esterilización:

- Asegurarse que el sistema de control esté controlado de forma independiente y grabar el correcto funcionamiento de la autoclave, de conformidad con GAMP y 21CFR parte11.
- Asegurarse que el sistema haya sido validado y verificado de acuerdo con las directrices GAMP.

El video registrador tendrá que ser validado bajo las directrices GAMP, de acuerdo con la FDA y otros organismos de autorización.

La función de control de la autoclave se lleva a cabo normalmente utilizando un sistema integrado de control del fabricante. Sin embargo, es habitual que los parámetros clave se registren de forma independiente contra el tiempo, incluyendo la temperatura y la presión. El número de puntos de temperatura y presión que se registren de forma independiente varía según el tamaño de la autoclave para asegurar que un registro representativo es retenido. Típicamente tres temperaturas y una señal de presión son las que se utilizan. Estos sensores son totalmente independientes del sistema de control.

Un sensor de temperatura se encuentra normalmente en la fuga o el mejor lugar, uno en la carga del producto a esterilizar, y uno en el espacio libre (por lo

general, el punto más caliente). La señal de presión está ahí para correlacionar la temperatura, la presión es directamente proporcional a la temperatura de vapor saturado.

El registro toma la temperatura y utiliza un cálculo exponencial para dar puntos muertos, para cualquier temperatura por debajo de la temperatura de esterilización deseada. Cuanto mayor sea la temperatura, más rápida será la esterilización. El resultado es un tiempo equivalente a la temperatura de esterilización. Es importante realizar una comprobación regular de la calibración y ser capaz de realizar un ajuste de calibración completa para las entradas del sistema, ya que es importante verificar que las mediciones realizadas son fiables.

El sistema que registra los datos de forma independiente, también dispara las alarmas de alerta y activa los parámetros de proceso cuando son excedidos.

En este caso, es habitual que para 134 °C de temperatura de esterilización se tenga una alarma de alta a 137 °C. Un video registrador que tiene conectividad Ethernet permite la provisión de datos históricos registrados, alarmas y la información de registro de auditoría para ser recuperados automáticamente a una base de datos central donde se pueden archivar y analizar si se requiere.

El uso de video registradores independientes para supervisar autoclaves da confianza en que el proceso se ha realizado según sea necesario y normalmente forma parte de la documentación de la versión del producto.

5.4. Purificación de agua en la industria farmacéutica

Proporciona una verificación independiente y validación del proceso de purificación del agua.

- Eliminar el ajuste no autorizado de los datos registrados
- Permitir el cumplimiento con los últimos reglamentos y directrices GAMP

Las condiciones para la purificación de agua en la industria de productos farmacéuticos, están sujetas a normas estrictas. La satisfacción de estos requisitos es esencial para las empresas que deseen demostrar que sus productos han sido producidos de forma segura y son adecuados para venta en el país y en el extranjero.

Cuando se trata de la utilización de equipo electrónico en la purificación de agua, los estándares de facto son establecidos por la Sociedad Internacional de Ingenieros farmacéuticos (ISPE) y por las buenas prácticas de fabricación automatizada (GAMP), aprobadas por países de todo el mundo, estas directrices indican los requisitos que deben tenerse en cuenta al planificar y aplicar un sistema informatizado en la industria farmacéutica.

El mayor mercado del mundo para los productos farmacéuticos, ha sido los EE.UU., ha liderado el camino en el desarrollo de su propia interpretación de estas directrices, con la de FDA, las normas de buenas prácticas estableciendo el estándar para las empresas en todo el mundo.

De particular importancia son las reglas de la FDA, las cuales establecen requisitos estrictos para la fabricación, elaboración, embalaje y almacenamiento de productos farmacéuticos.

Las reglas subyacentes específicas relativas a la fabricación de productos farmacéuticos son:

- 21CFR parte 210: estipula la práctica actual para la fabricación, elaboración, envasado y almacenamiento de productos farmacéuticos.
- 21CFR parte 211: establece la práctica actual para la fabricación de los productos terminados.

El agua es un recurso importante usado por la industria farmacéutica. Los diferentes grados de calidad del agua se requieren de acuerdo con el proceso farmacéutico. La Farmacopea de Estados Unidos (USP) y la Farmacopea Europea (EP) son los órganos de gobierno que emiten directrices para la fabricación de medicamentos para sus respectivos mercados. Entre estas directrices, reglamentos legalmente exigibles por los equivalentes del FDA y europeas (como la MHRA), para la purificación de diferentes calidades de agua utilizada en los procesos farmacéuticos:

- Agua purificada: se utiliza en la preparación de medicamentos que no sean aquellos que requieren el uso de agua para ser estériles.
- Agua altamente purificada: para uso en la preparación de productos donde se requiere agua de alta calidad biológica, excepto donde el agua para inyección se requiere.
- Agua para inyección: el grado más puro de agua a granel monografiados por la USP y EP y se encuentra en la fabricación de oftálmica parenteral, y productos de inhalación.

La validación y cualificación de los sistemas de purificación de agua son una parte fundamental de las buenas prácticas de fabricación automatizada (GAMP) y forman parte integral de la inspección.

Los diferentes grados de agua se producen de acuerdo con los requisitos USP y EP, generalmente por: destilación; ósmosis inversa; desionización, o ultrafiltración. Todos estos procesos deben ser validados y registrados de acuerdo con las normas específicas.

Cada conjunto de directrices esbozan los requisitos legales para el contenido químico de cada grado del agua, incluyendo una prueba de tres etapas de conductividad para compuestos inorgánicos que van a determinar el pH y el oxígeno orgánico total (TOC) en la sangre. La FDA indica que implícito en el término agua purificada es que tiene un nivel razonable y objetiva de la pureza. Pruebas TOC permite evaluar las impurezas en el agua, además de los que son aniones y cationes inorgánicos.

Aunque no hay estándares absolutos microbianos para agua (que no sean aguas destinadas a ser estériles), las regulaciones requieren ser supervisadas. Acciones o límites de alerta deben basarse en los datos de validación y se debe establecer lo suficientemente bajo como para señalar los cambios significativos de las condiciones normales de funcionamiento.

En todos estos casos una gama de instrumentación es necesaria para cumplir con las directrices GAMP, incluyendo medidores de conductividad, medidores de pH, sensores de temperatura y equipos de grabación. Un monitoreo independiente y sistema de grabación se debe poner en marcha para proporcionar los datos suficientes y seguros para asegurar que estos procesos cumplen las diferentes normas específicas.

A fin de que los datos grabados puedan ser aceptados como prueba válida de conformidad con las diversas normas relativas a la purificación del agua, es

necesario eliminar cualquier posibilidad de un ajuste no autorizado o la manipulación de esos datos.

Considerando que la manipulación de las cartas de papel puede verse fácilmente, es obvio que a los datos electrónicos se refiere. Por esta razón, cualquier video registrador electrónico de datos debe incorporar una amplia gama de características de seguridad, incluyendo:

- Acceso a datos restringido solo a las personas autorizadas.
- El uso de contraseña para proteger del acceso no autorizado.
- Facilidad de una pista de auditoría para atribuir de forma independiente una hora y fecha cada vez que se crea un registro, modifica o elimina.
- La capacidad de proteger la pérdida no deseada de datos registrados.
- El uso de firmas digitales para mostrar que el dispositivo se ha utilizado solamente por personas autorizadas.

También es necesario asegurarse de que los datos grabados no pueden ser alterados cuando se descargan a una computadora u otro dispositivo para su revisión.

Como hay un gran número de métodos para producir agua purificada de diferentes grados, también hay una gran variedad de parámetros diferentes que deben ser monitorizados y controlados, incluyendo conductividad, pH, temperatura y presión, entre otros. Es importante realizar una comprobación de la calibración regular y ser capaz de realizar un ajuste de calibración completa para las entradas del sistema, ya que es importante verificar que las mediciones realizadas son fiables.

El sistema que registre los datos de forma independiente, también debe desencadenar advertencias y las alarmas activas, si los parámetros del proceso aceptado son excedidos. Estos incorporan a menudo un tiempo de retardo o una histéresis. Esto es, solo se activa la alarma una vez que el parámetro ha superado los niveles aceptables por una cierta cantidad de tiempo, lo que ayuda a prevenir las falsas alarmas.

La provisión de conectividad Ethernet, también permitirá registro de datos históricos y que la información de alarma y registro de auditoría se retransmitan automáticamente, a una base de datos central, donde se puedan archivar y analizar si se requiere.

El uso de video registradores independientes para la producción de agua purificada permite a los procesos específicos e independientes ser monitorizados sin el requisito de validación de un complejo entero Sistema de Control Distribuido (DCS). Demuestra exactamente lo que ha ocurrido, así como detalles de las alarmas en tiempo real.

5.5. Registro de datos en los procesos de digestión anaeróbica

Garantizar el funcionamiento eficiente de las plantas de tratamiento de aguas residuales y lodos

- Ayudar a optimizar la eficiencia del proceso
- Cumplir con los requisitos legales
- Proporciona datos globales para elaboración de informes

Los sólidos presentes en las aguas residuales tienen que ser de forma segura y exhaustivamente tratados y eliminados.

Esto significa no solo eliminación de los compuestos tóxicos, incluyen tanto orgánicos como materiales inorgánicos (metales pesados), pero también eliminando todas las bacterias nocivas presentes en los sólidos.

La digestión anaeróbica es el proceso por el cual los microorganismos se descomponen en material biodegradable en ausencia de oxígeno.

Como tal, el proceso puede ayudar a reducir enormemente cantidades de materia orgánica que, de otro modo, podría ser vertida en el mar, enviados a los vertederos o ser incinerada.

Además, el gas metano, a partir de la descomposición de materia orgánica, está siendo cada vez más aprovechado como energía verde, fuente tanto para usos domésticos e industriales.

Muchos países de todo el mundo han introducido legislación ambiental relacionada con la eliminación de residuos sólidos, tales como la eliminación de lodos de la UE (Inglaterra y Gales) el Reglamento 2001 y ha conducido a un aumento en el uso de anaeróbico en los procesos de digestión, que puede caer en una de dos categorías:

- Digestión termofílica, donde los lodos se fermentan en tanques a 55 °C.
- Mesófilas, donde se trata el lodo a alrededor de 36 °C.

Aunque la digestión termofílica tiene un proceso de más corto tiempo y requiere tanques más pequeños, sin embargo, es la más costosa de las dos técnicas, se necesita más energía para calentar el lodo.

Cualquiera que sea el proceso utilizado, es importante asegurarse que el lodo es tratado adecuadamente para lograr la supresión de cualquier bacteria y parásito que puedan estar presentes. Es particularmente importante cuando el lodo digerido va a ser utilizado como abono en los procesos agrícolas. Dado el costo relativamente alto de la digestión anaerobia, es importante optimizar la eficiencia del proceso de digestión con el fin de reducir costes y maximizar la generación de gas metano.

Legislación de la UE se centra en una serie de puntos críticos de control durante el tratamiento de los lodos de aguas residuales. Un aspecto clave de la legislación es el requisito de control trazable, individual de la temperatura, la mezcla y el contenido con el fin de lograr la destrucción de bacterias dañinas presentes en el lodo. Es también necesario medir y registrar el tiempo de retención del proceso para garantizar que cualquier materia orgánica ha sido tratada por el período correcto para que pueda ser completamente seguro.

Esta información es necesaria a fin de proporcionar pruebas del cumplimiento de la legislación. Por ejemplo, en el Reino Unido, la cual ha promulgado la legislación comunitaria a la eliminación de los lodos (Inglaterra y Gales) de 2001, que, dicha evidencia debe ser suministrada a la Agencia de Medio Ambiente, el organismo regulador responsable de protección y mejora del medio ambiente en Inglaterra y Gales.

- Ayudar a optimizar la eficiencia del proceso
- Cumplir con los requisitos legales
- Proporcionar datos globales para elaboración de informes

Las diferencias en la materia prima utilizada para estimular la digestión anaeróbica y los diversos tipos de digestor utilizado significan que la temperatura óptima de digestión puede variar. Para ayudar a garantizar tanto la producción de gas sostenido y la destrucción completa de las bacterias dañinas, es necesario asegurar que la temperatura se mantenga constante en el nivel óptimo.

Cuando se utiliza la digestión termofílica, también hay potenciales desafíos asociados con las temperaturas de proceso más altas y su mayor sensibilidad a las variaciones en funcionamiento y las condiciones ambientales. Ante estos desafíos, es importante asegurarse que las condiciones del proceso son precisamente registradas y documentadas.

Como el metano se forma como un subproducto de la digestión de aguas residuales, también existe el riesgo potencial de explosión, que requiere que los instrumentos de medición sean adecuados para su uso en ambientes peligrosos.

Utilizando sensores de temperatura RTD, en conjunto con termómetros para controlar la temperatura del digestor, un caudalímetro electromagnético para medir el flujo de entrada de lodo y un medidor de masa térmica que medirá los flujos de gases en el sistema, las señales de temperatura y flujo de estos instrumentos, junto con datos de otros equipos tales como bombas de lodo y PLC's u otros sistemas de control utilizados para el control del mezclador se pueden transmitir a través de señales analógicas o comunicaciones Modbus a un video registrador de datos, para el almacenamiento seguro. Estos datos se pueden descargar en una computadora para su posterior análisis y presentación de informes.

5.6. Registro de datos en los procesos de descarga de efluentes

Demostrar que el efluente está dentro de los límites legales.

- Cumple con los requisitos legales
- Elimina la necesidad de colección de datos manual
- Proporciona datos globales para elaboración de informes

La descarga de efluentes líquidos en el medio ambiente está sujeta a estricta legislación que obliga a los operadores de la industria y sitios municipales a medir calidad y cantidad de sus emisiones. Esta legislación les obliga a demostrar, a las autoridades competentes, que la composición química y el volumen descargada no superen los límites legales.

Las diferentes partes del mundo operan su propia legislación para gobernar las descargas de efluentes, tales como la Ley de Agua Limpia en los EE.UU. y la Water Industry Act 1991 del Reino Unido. En cada área, un requisito fundamental es la necesidad de registrar los datos en tanto calidad del agua, incluyendo los niveles de cualquier químico presente, y cantidad, para asegurar que los niveles de emisión están dentro del límite que requieren.

Típicamente, un pH mínimo e instantáneo, caudal y flujo se registran. Estas variables deben ser registradas en un método seguro, de forma que en caso de un incidente o de una inspección posterior los datos originales puedan ser fácilmente recuperados y vistos. Dependiendo del tipo de descarga, otros contaminantes, también pueden ser medidos y registrados en el video registrador.

La compañía de agua *United Utilities* se enfrentó a la necesidad de monitorear y medir las descargas de efluentes para cumplir con la Water Industry Act 1991. Según la Ley, las empresas de servicios públicos deben solicitar un consentimiento de descarga para que puedan cumplir con el servicio de alcantarillado o cursos de agua.

En particular, un consentimiento de descarga estipula específicamente:

- La autorización de descarga a un alcantarillado.
- La naturaleza del líquido.
- Los límites de los componentes: productos químicos, metales, sólidos, grasas y pH.
- El caudal máximo.
- El caudal máximo total en un período de 24 horas.
- La temperatura máxima.

A fin de garantizar que los operadores cumplen los requisitos de su consentimiento, deberán acreditar el cumplimiento de las restricciones sobre el tipo y el volumen de efluente, incluyendo el suministro y el mantenimiento de medición adecuado y equipo de grabación para controlar el caudal del efluente y su contenido. *United Utilities* necesitaba una solución que les permitiera recopilar automáticamente datos en los diversos criterios establecidos por el consentimiento.

United Utilities utilizó un video registrador para controlar y registrar el máximo y total de los flujos de volumen comercializados para ayudar a los efluentes y garantizar su conformidad con los términos de su acuerdo de descarga. Dos canales del video registrador se utilizaron para cada uno de los flujos. El primer canal fue ajustado para monitorizar, registrar y visualizar el

caudal. Este canal, también tiene una función de alarma alto / bajo que se establece en el 95 por ciento del caudal máximo indicado en la autorización. Una salida se asignó a cambiar un indicador estroboscópico y sirena audible para alertar al operador de un problema pendiente. Esta alarma está conectada en paralelo a una salida adicional que está controlada por un segundo canal. Este canal tiene la tasa de flujo desde el primer canal y proporciona un total en curso del flujo para el período de 24 horas estipuladas por el consentimiento. Esta función también proporciona un totalizador intermedio que puede ser restablecido por el operador.

El video registrador se ajusta para proporcionar una señal diariamente cada media noche, justo antes de que la totalización intermedia se ponga a cero. En este momento el intermedio total se deriva y es transferido y grabado en la memoria. El totalizador intermedio se pone a cero listo para el próximo período de 24 horas. La alarma del totalizador intermedio se fija en un 95 por ciento del volumen total de 24 horas que se indica en el consentimiento, por lo que si se alcanza este volumen la alarma se activa para acción por el operador.

Al instalar el videograficador, *United Utilities* ha sido capaz de cumplir los términos de sus consentimientos de descarga y ha reducido la necesidad de la grabación manual diaria de los caudales y totales. El videograficador proporciona también las alarmas por una posible infracción del consentimiento, lo que permite a los operadores tomar medidas antes de que suceda. Esto permite actuar solo, facilidad de grabación validando el sistema para uso legislativo y no se basa en infraestructura adicional, lo que reduce los costos y la complejidad.

6. CASO ESPECÍFICO: APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA LÁCTEA

6.1. Desarrollo del proyecto

Esta aplicación es real y se realizó en una de las principales empresas privadas de Guatemala dedicada a la fabricación de helados y pasteles, y que tiene como parte principal de sus materias primas la leche.

El objetivo es lograr un control eficaz de la recepción y uso de la leche utilizada para la elaboración de sus productos, por medio de:

- Control exacto y estable de la cantidad de leche recibida del proveedor.
- Reducción de pérdida de materia prima debido a la ausencia de medición al momento de su recepción.
- Registro de consumo de materia prima para poder ser comparado con cantidad de productos terminados.
- Control de cantidad de leche solicitada por cada operario encargado de su diferente línea de producción.
- Monitoreo en línea por ingenieros de producción y demás gente involucrada.

Un buen sistema de control y registro se necesita en una industria de manufacturación de productos lácteos, debido a que su principal materia prima es la leche, debe de tenerse un perfecto conocimiento de la cantidad de leche que se está recibiendo por parte del proveedor, como primer paso.

Luego se debe contar con un control por cada operario encargado de las diferentes líneas de producción, al momento que un operario solicite cierta

cantidad de leche se podrá conocer qué persona solicitó esa cantidad de leche, a qué hora, qué fecha, para qué proceso fue solicitada, de qué tanque fue sustraída, entre otros. Con un sistema de registro y control, podemos reducir riesgos por pérdida de leche, como lo pueden ser: fugas, despachos incorrectos, robo, horas de trabajo, cantidad de producto final elaborado, entre otros.

Para poder establecer un sistema de control y registro de leche, se necesita, la instalación de un medidor de flujo electromagnético en el mejor de los casos por su exactitud, en el área de recepción de la leche, en este caso sería en el muelle de recepción, donde las pipas se estacionan para poder hacer entrega de la leche por medio de una bomba o por gravedad. El medidor de flujo electromagnético será capaz de entregar una medición de la cantidad de leche que está siendo recibida, dicha medición podrá ser observada directamente sobre el medidor si el medidor cuenta con pantalla, en el caso que el medidor de flujo sea del tipo de instrumento ciego, la medición solo podrá ser observada en un indicador remoto o controlador externo, el cual tendría que estar recibiendo la señal del mismo.

El medidor de flujo electromagnético es el primer equipo que tiene contacto con la materia prima (elemento primario) y el primero del proceso de registro y control. Este medidor de flujo aportará una señal de 4-20 mA, que traducido proporcionará la cantidad de leche que está siendo recibida en galones, litros o la variable de ingeniera que se elija. Esta señal 4-20mA será entregada por medio de cable de control hacia el video registrador, el cual debe contar con un canal de entrada para señal 4-20 mA, y programar dicho canal para poder totalizar la cantidad de leche recibida en cada entrega.

En este caso, la cantidad de leche recibida será indicada en la pantalla del video registrador, y puede ser programado para mostrar dicha cantidad en número o gráficos de barras.

El videograficador puede hacer uso de las alarmas y controles, por ejemplo; si la cantidad de leche a recibir excede la capacidad de los recipientes y el proveedor sigue entregando sin darse cuenta, se puede programar una alarma en el video registrador, la cual se active al momento de que la cantidad de leche recibida sea mayor a la capacidad de los recipientes, pudiendo activar una indicación estroboscópica o auditiva de alarma y alertar al operador en recepción para terminar el proceso de recepción. Entonces, con esto se logra evitar el desperdicio de materia prima o leche, y posiblemente almacenar la leche en otro recipiente auxiliar o regresarla al proveedor por exceso.

El motivo principal de esta aplicación, además de las antes mencionadas, es la perfecta verificación de la cantidad de leche comprada al proveedor, y poder verificar que la cantidad de leche que se está pagando es la que se está recibiendo, ya que anteriormente no se contaba con un sistema de medición en la recepción de leche, no se podía confirmar dicha cantidad.

Luego de que se confirma la cantidad de leche recibida, este dato ya está disponible en el video registrador para que pueda ser descargado o monitoreado remotamente por los ingenieros de producción o por parte de alguna de las altas autoridades de la empresa.

Ya verificada la cantidad de leche recibida, se puede proceder a su despacho interno, tanto al pasteurizador como a homogenizador, donde recibirá sus procesos respectivos. Luego de esto se tendría la leche disponible para los diferentes procesos con que cuenta la empresa, como lo pueden ser fabricación

de helado de fresa, de chocolate, de vainilla, de vaso, pastel de helado, entre otros.

Antes del uso del video registrador en el proceso de control, se tenía el inconveniente de que la cantidad de producto terminado no coincidía con la cantidad de leche solicitada por el operario, dando esto a duda; luego de la incorporación del video registrador se lleva un registro por usuario, a cada operario le es asignado una clave de acceso para poder solicitar despachos de leche a su línea de producción.

Cuando un operario necesita leche para su línea de producción, ingresa el valor a despacharse en el controlador del sistema, seleccionando la cantidad de leche que será despachada, el controlador acciona automáticamente una salida de relay que está conectada a una electroválvula que permite el flujo de leche hacia esa línea de producción, al momento de empezar el flujo de leche un medidor de flujo instalado en la tubería empieza su medición, y dicha medición está siendo mostrada en el controlador y en el video registrador, cuando el controlador cuenta que la cantidad de leche solicitada se ha entregado, dejará de enviar la señal de salida de relay y, por lo tanto, la electroválvula se desactivará cerrando el paso de leche, y el medidor de flujo también registrará que la leche ha dejado de fluir, dicha medición siempre está siendo registrada por el video registrador.

De esta manera, el control de flujo de leche hacia cada línea de producción es controlado y registrado. Quedando registrado qué operario hizo la solicitud, a qué hora, que fecha, cuanta leche solicitó, para qué la utilizó y en qué línea se solicitó.

En esta aplicación se utilizaron 5 medidores de flujo electromagnético; 1 medidor principal para la medición de la recepción de leche y 4 medidores de flujo para la medición de entrega de leche a sus diferentes líneas de producción.

Con este sistema, también se redujo la pérdida de leche debido a fugas en las tuberías, ya que al contar con un registro más exacto de la cantidad de leche requerida para producir x cantidad de helados, por ejemplo, se puede detectar fácilmente que la leche se está fugando por alguna tubería o, en el peor de los casos, está siendo víctima de robo.

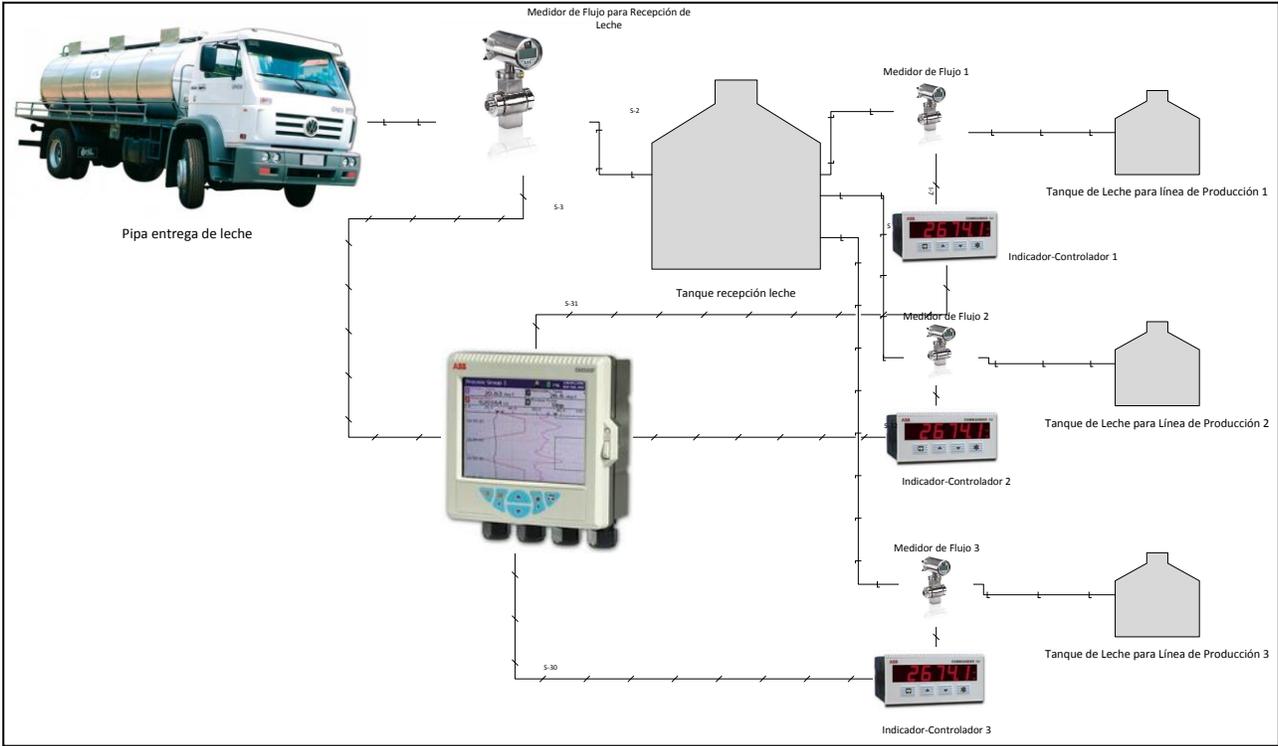
Para indicación individual de cada medidor de flujo de las líneas de producción se utilizaron también, 4 indicadores marca ABB modelo C150, los cuales muestran en su pantalla electrónica la cantidad de flujo de leche que está circulando en ese punto, y en ellos el operario es donde programará la cantidad de leche solicitada.

Las electroválvulas no se reemplazaron, se utilizaron las que ya se tenían en uso, solo que las manejaban anteriormente de forma manual, sin ningún tipo de medición exacta.

Además, el video registrador tiene la capacidad de poder ir ampliando sus canales de entrada, esto quiere decir que, sí se tienen algunos otros puntos de medición que se deseen registrar, se tiene la oportunidad de poder agregar canales de entrada, por ejemplo, si se quisiera agregar algunas temperaturas del homogenizador o pasteurizador, se utilizarían dichos canales para su registro.

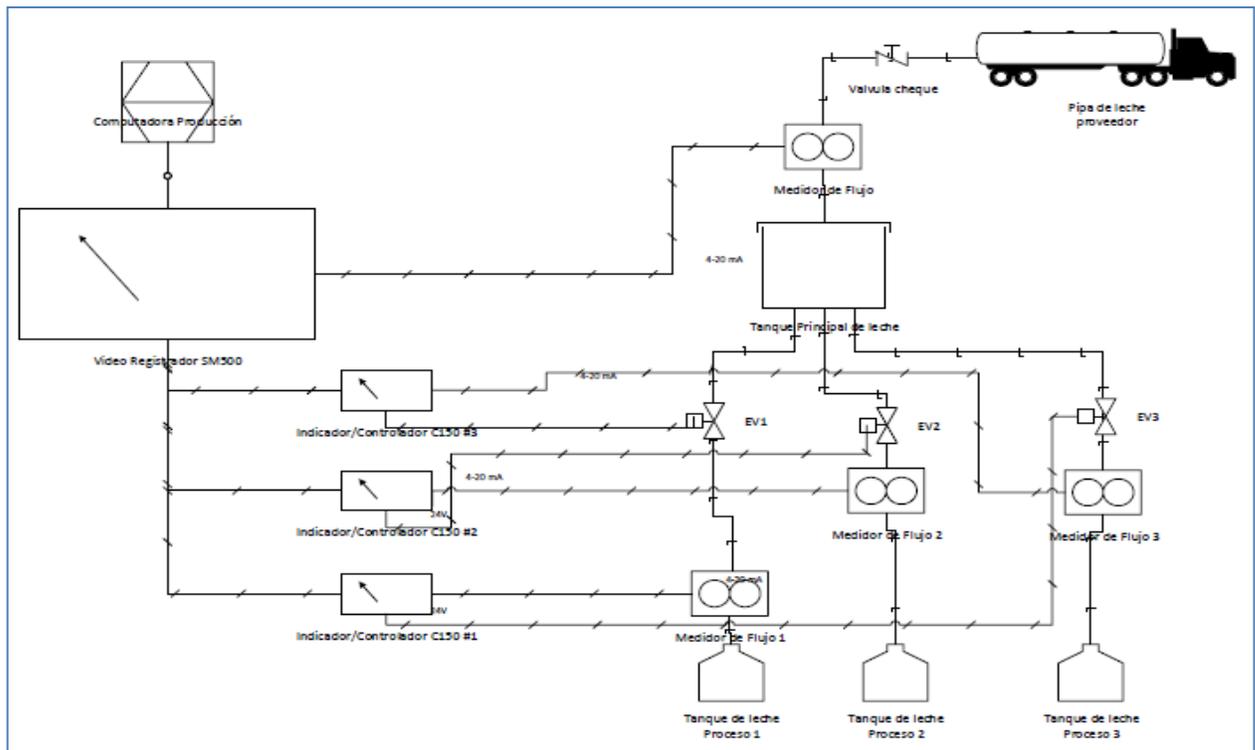
En el diagrama a continuación se puede observar de una mejor manera la función de cada instrumento utilizado:

Figura 40. Esquema general del sistema de control



Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Visio.

Figura 41. Diagrama de control de flujo de recepción y despacho de leche en una industria láctea



Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Visio.

6.2. Estudio económico del proyecto

Para ejemplo del estudio económico del proyecto se tomaron los datos de esta misma aplicación.

Los costos de los equipos, materiales, mano de obra y demás, son precios reales que se manejan actualmente en la industria guatemalteca.

Todos los datos que se utilizarán para el estudio económico, por ejemplo las pérdidas son reales, proporcionadas por el ingeniero a cargo del proyecto en la industria láctea mencionada.

6.2.1. Evaluación financiera de la inversión

El presente estudio tiene por finalidad establecer la rentabilidad de la inversión en el proyecto. Los parámetros que definen una inversión son tres:

- Pago de la inversión (K): es el número de unidades monetarias que el inversor debe desembolsar para conseguir que el proyecto empiece a funcionar como tal.
- Vida útil de proyecto (n): es el número de años estimados durante los cuales la inversión genera rendimientos.
- Flujo de caja (R_i): resultados de efectuar la diferencia entre cobros y pagos, ya sean estos ordinarios o extraordinarios, en cada uno de los años de vida del proyecto.

6.2.2. Criterios de rentabilidad

Los parámetros previamente mencionados se aplican a los siguientes métodos de evaluación:

- Valor actual neto (VAN): indica la ganancia o la rentabilidad neta generada por el proyecto. Se puede describir como la diferencia entre lo que el inversor da a la inversión (K) y lo que la inversión devuelve al inversor (R_i). Cuando un proyecto tiene un VAN mayor que cero, se dice que para

el interés elegido resulta viable desde el punto de vista financiero. Se calcula mediante la expresión:

$$VAN = -K + R_i \times \frac{(1+i)^n - 1}{i \times (1+i)^n}$$

- Relación beneficio/inversión (Q): mide el cociente entre el VAN y la cifra de inversión (K). Indica la ganancia neta generada por el proyecto por cada unidad monetaria invertida. A mayor Q más interesa la inversión.

$$Q = VAN/K$$

- Plazo de recuperación: es el número de años que transcurren entre el inicio del proyecto hasta que la suma de los cobros actualizados se hace exactamente igual a la suma de los pagos actualizados. La inversión es más interesante cuanto más reducido sea su plazo de recuperación.
- Tasa interna de rentabilidad (TIR): tipo de interés que haría que el VAN fuera nulo. Para que la inversión sea rentable, este valor debe de ser mayor al tipo de interés del mercado.

6.2.3. Valor del proyecto

En este caso se tomará en cuenta la programación, el montaje del *software* y la capacitación, ya que la instalación física de cableado, equipos y tubería fue realizada por personal técnico del Departamento de Mantenimiento de la empresa.

6.2.3.1. Instalación y puesta en marcha de los equipos

Quedando bajo responsabilidad de ellos cualquier problema en la instalación eléctrica y de señales.

Programación de 4 medidores de flujo, 3 controladores Comander C150, 1 videograficador SM1000, montaje de *software* y capacitación de personal, como se muestra en la tabla VII.

Tabla VIII. Punto #1- recepción de producto

Descripción	Costo Q
Programación medidor de flujo	905,52
Programación tabla en excel	616,00
Configuración SM1000	1 358,28

Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Excel.

Tabla IX. Punto #2- cocimiento

Descripción	Costo Q
Programación medidor de flujo	905,52
Programación tabla en excel	616,00
Configuración C150	301,84

Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Excel.

Tabla X. **Punto #3- saborización**

Descripción	Costo Q
Programación medidor de flujo	905,52
Programación tabla en excel	616,00
Configuración C150	301,84

Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Excel.

Tabla XI. **Punto #4- envasado**

Descripción	Costo Q
Programación medidor de flujo	905,52
Programación tabla en excel	616,00
Configuración C150	301,84

Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Excel.

Tabla XII. **Gastos de operación**

Descripción	Costo Q
Gastos de movilización y alimentación	1 250,00

Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Excel.

Tabla XIII. **Gastos adicionales**

Descripción	Costo Q
Visita técnica para asesoría de montaje de equipos y distribución de cableado de señales	1 000,00

Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Excel.

Tabla XIV. **Costo de equipos**

Descripción	Costo Q
Medidores de flujo (4 unidades)	102 031,00
Video graficador SM1000	41 184,00
Indicador C150 (3 unidades)	18 159,00

Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Excel.

Total de la inversión Q171 973,88.

6.2.3.2. Programa de amortizaciones

En la tabla XIV se muestra el programa de amortizaciones.

Tabla XV. Programa de amortizaciones

	INVERSIÓN Q	PERIODO	INVERSIÓN ANUAL Q	INVERSIÓN MENSUAL Q
PROYECTO REGISTRO Y MEDICIÓN DE FLUJO DE LECHE	171 069,88	10 años	17 106,98	1 425,58

Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Excel

6.2.3.3. Gastos

Son los provocados por los nuevos equipos instalados, necesarios para el funcionamiento de todo el proceso del registro y medición del flujo de leche.

Tabla XVI. Gastos por consumo eléctrico

TABLA DE CONSUMO ELÉCTRICO						
EQUIPO	CONSUMO	HORAS DE USO DÍA	CONSUMO DIARIO Kwh	CONSUMO ANUAL kWh	PRECIO POR kWh quetzales	Total quetzales al año
COMMANDER C150	4,8 Watts	24	0,1152	41,47	0,84	34,83
VIDEO REGISTRADOR SM1000	28 Watts	24	0,672	241,92	0,84	203,21
MEDIDOR DE FLUJO FXL- 4000	5	24	0,12	43,2	0,84	36,28
TOTAL POR CONSUMO ELECTRICIDAD ANUAL						274,32

Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Excel

Tabla XVII. **Gastos por mantenimiento**

Mantenimiento preventivo de 1 video registrador SM1000, 4 medidores de flujo electromagnéticos y 3 controladores Comander C150, en forma de contrato por dos visitas anuales cada 6 meses.				
Cantidad	Descripción	Precio unitario \$	Total \$	Total quetzales
8	Medidores de flujo ABB electromagnéticos, 4 equipos x 2 visitas anuales	\$117,60	\$940,80	7 545,22
6	Controladores C150 ABB, 3 equipos x 2 visitas anuales	\$39,20	\$235,20	1 886,30
2	Video registrador SM1000, 1 equipo x 2 visitas anuales	\$215,60	\$431.20	6 916,45
TOTAL			\$1 607.20	16 347,97
SUGERIDO			\$1 608.00	16 348,00

Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Excel.

Tabla XVIII. **Gastos de operación**

ITEM	GASTOS DE OPERACIÓN			
1	100 km x 1,6 Q/km x 2 días	320,00	Movilización por servicio	Q 320,00
2	\$ 8,00 x 2 técnicos x 2 días x tipo cambio 8,2	262,40	Alimentación	Q 262,40
TOTAL				Q 582,40
SUGERIDO				Q 583,00

Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Excel

Tabla XIX. **Gastos por materiales**

	Materiales			Q 1 000,00
--	------------	--	--	------------

Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Excel.

Total del servicio Q17 931,00, con un tipo de cambio de Q 8,02 por dólar estadounidense.

- Gastos por operación

Los gastos por mano de obra u operación no se tomarán en cuenta, ya que serán los mismos operarios de la planta los que tendrán a cargo el uso de los equipos instalados, no es necesario la contratación de nuevo personal para la operación de los mismos. Con la capacitación que se brindará, los empleados actuales aprenderán a usar los equipos, haciéndoles más fácil, rápido y eficiente su trabajo.

- Gastos de materiales

No es necesario tomar gastos de materiales en cuenta para el estudio, ya que tampoco se necesitan materiales adicionales necesarios para su correcto funcionamiento. Los equipos no dependen de ningún material extra a ellos, ya que una de las ventajas del video registrador es que ya no se necesita de cartas de registro como en los antiguos registradores de papel, en los cuales hay que cambiar la carta de registro cada 12 horas, 1 semana, 7 días, dependiendo del tipo y modelo de carta que utilizaba el registrador, ahora dicho registro como se ha mencionado anteriormente se realiza en la memoria del video registrador y puede ser visualizado en hojas de excel en una computadora o en la propia

pantalla del video registrador. Por esta razón no se incluye gastos de material en el estudio.

Total de gastos: Q18 205,32

- Costo recuperado

La leche es entregada a la fábrica en pipas sanitarias de acero inoxidable con una capacidad de 14 800 litros, en un inicio, tal y como se ha mencionado, no se hacía medición en su recepción, solamente se basaba en la cantidad que decía en la facturación. Luego del primer paso que fue colocar un medidor de flujo en la recepción de la leche, se pudo comprobar que se tenía un faltante promedio de 60 litros/*batch*.

También hay que tomar en cuenta que se compraban 3 pipas de leche 3 veces a la semana, dándonos como resultado una pérdida aproximada de 540 litros de leche a la semana, de 2 160 litros de leche al mes y de 25 920 litros de leche al año.

Si se tiene en cuenta temporadas bajas o algún otro tema que pueda reflejarse en que las ventas de productos bajen, suponiendo un 25 por ciento menos de compra de leche al proveedor, siendo entonces 19 440 litros de leche los que se estaría dejando de recibir al año.

El precio al cual se cancela el litro de leche al proveedor es de Q3,00 por cada litro de leche, lo cual quiere decir que ahora con el nuevo sistema de medición de flujo y registro, se podrá asegurar de un ingreso verdadero de Q58 320,00 los 19 440 litros de leche que ahora si se recibirá.

Se tomarán los ingresos que se recibirán únicamente por la leche que se estará recogiendo realmente, pero además de esto se tendrán otros ingresos relacionados con los productos finales, ya que al ingresar la cantidad de leche exacta se tendrá mayor cantidad de materia prima, y por lo tanto mayor cantidad de productos terminados, como también se contarán con márgenes de utilidad por cada uno de estos productos.

Tabla XX. **Resumen de beneficios y flujo de caja**

Resumen de beneficios y flujo de caja	
Total de ingresos:	Q 58 320,00
Total de gastos:	Q 18 205,32
Beneficios:	Q 40 114,68
Amortizaciones:	Q 17 106,98
Flujo de caja:	Q 23 007,70
Total de costos recuperados	Q 58 320,00

Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Excel.

Total de costos recuperados: Q 58 320,00

Tabla XXI. **Evaluación económica del proyecto**

COSTOS				
AÑO	INVERSIÓN	ORDINARIOS	EXTRAORDINARIOS	COSTE TOTAL
1	Q 171 973,88			Q 171 973,88
2		Q 18 205,32		Q 18 205,32
3		Q 18 205,32		Q 18 205,32
4		Q 18 205,32		Q 18 205,32
5		Q 18 205,32		Q 18 205,32
6		Q 18 205,32		Q 18 205,32
7		Q 18 205,32		Q 18 205,32
8		Q 18 205,32		Q 18 205,32
9		Q 18 205,32		Q 18 205,32
10		Q 18 205,32		Q 18 205,32

Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Excel.

Tabla XXII. **Beneficios**

AÑO	ORDINARIOS	EXTRAORDINARIOS	BENEFICIO
			TOTAL
1			
2	Q 58 320,00		Q 58 320,00
3	Q 58 320,00		Q 58 320,00
4	Q 58 320,00		Q 58 320,00
5	Q 58 320,00		Q 58 320,00
6	Q 58 320,00		Q 58 320,00
7	Q 58 320,00		Q 58 320,00
8	Q 58 320,00		Q 58 320,00
9	Q 58 320,00		Q 58 320,00
10	Q 58 320,00		Q 58 320,00

Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Excel.

Tabla XXIII. **Costos versus beneficios**

AÑO	COSTOS	BENEFICIOS	FLUJO
1	Q 171 973,88		Q 171 973,88
2	Q 18 205,32	Q 58 320,00	Q 40 114,68
3	Q 18 205,32	Q 58 320,00	Q 40 114,68
4	Q 18 205,32	Q 58 320,00	Q 40 114,68
5	Q 18 205,32	Q 58 320,00	Q 40 114,68
6	Q 18 205,32	Q 58 320,00	Q 40 114,68
7	Q 18 205,32	Q 58 320,00	Q 40 114,68
8	Q 18 205,32	Q 58 320,00	Q 40 114,68
9	Q 18 205,32	Q 58 320,00	Q 40 114,68
10	Q 18 205,32	Q 58 320,00	Q 40 114,68

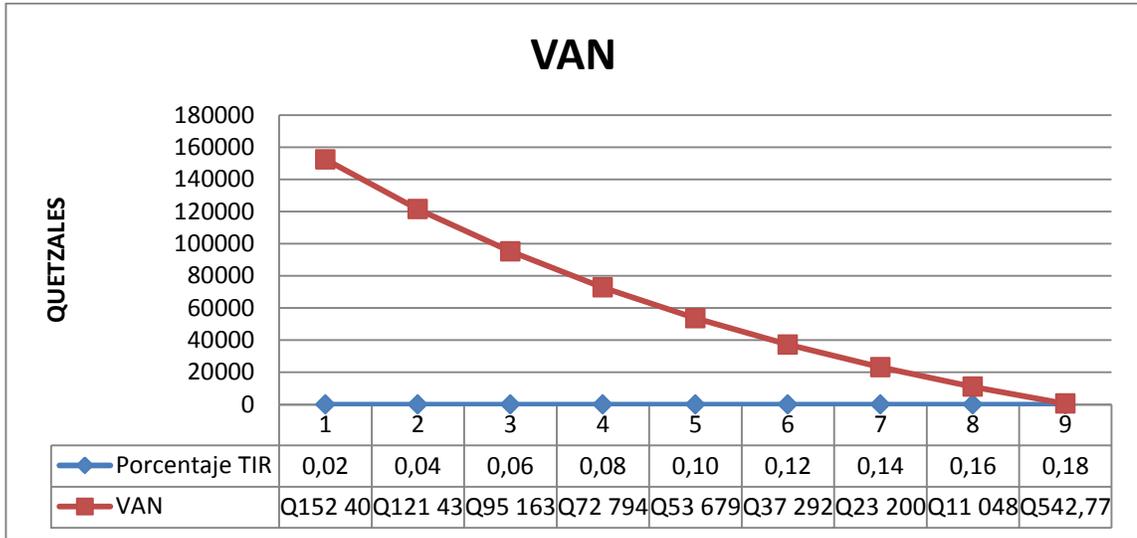
Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Excel

Tabla XXIV. **TIR versus VAN**

TIR	VAN
0,02	Q 152 403,56
0,04	Q 121 434,68
0,06	Q 95 163,99
0,08	Q 72 794,47
0,10	Q 53 679,56
0,12	Q 37 292,10
0,14	Q 23 200,21
0,16	Q 11 048,41

Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Excel

Figura 42. Valor actual neto



Fuente: elaboración propia empleando programa Microsoft Excel.

Como resultado del estudio económico se puede ver que aporta beneficios de una forma rápida (TIR 18 %) y que la inversión inicial de las instalaciones es alta, pero se amortiza de forma rápida.

CONCLUSIONES

1. Para iniciar un proyecto de automatización, instrumentación o control es necesario contar con el conocimiento de los conceptos básicos de instrumentación, de esta manera se podrá diseñar y programar los equipos con mayor efectividad y rapidez.
2. Además de los conceptos básicos, es importante saber también, qué tipo de instrumento será el requerido para la ejecución del proyecto a diseñar o implementar, para esto es necesario conocer los diferentes tipos de instrumentos disponibles en el mercado, así como sus funciones y con base en qué elemento se deben escoger.
3. El registrador tiene una gran gama de aplicaciones dentro de un sistema de control o automatización industrial, ya que puede registrar cualquier tipo de variable con la ayuda del transmisor indicado. Posee la ventaja de que puede integrarse a cualquier sistema de control distribuido en el caso de crecimiento de una industria.
4. Las viejas tecnologías de discos flexibles utilizadas por muchos fabricantes de registradores gráficos, limitan en gran medida la capacidad de almacenamiento, que a veces ni siquiera está a la altura de los registradores tradicionales.
5. La gran capacidad de las unidades de almacenamiento utilizadas en el video registrador reduce, significativamente la frecuencia con que el operador debe transferir los datos a una PC.

6. El videograficador es una herramienta muy útil para la parte de auditoría, ya que podrá tener una comparación más exacta de su materia prima adquirida contra su cantidad de producto terminado.
7. El videograficador es un equipo con altos protocolos de seguridad que garantiza la veracidad de la información almacenada.
8. Para la industria pequeña, con capacidad de crecimiento es mucho más recomendable el uso de un videograficador, que un registrador de papel tradicional, por todas las ventajas que posee.
9. El video registrador, por todas las características especiales que posee, es un equipo muy versátil que puede ser utilizado en una gran cantidad de aplicaciones dentro de la industria, siempre y cuando estén presentes los demás elementos necesarios para su correcto funcionamiento.
10. Aunque los costos indicados en el estudio económico del proyecto específico en la industria láctea pudiesen incrementarse ligeramente, se determina que el valor de retorno de la inversión aún sigue siendo relativamente rápido, aproximadamente 9 meses.

RECOMENDACIONES

1. Poseer los conceptos básicos de instrumentación y control.
2. Definir desde un inicio del proyecto, cuál será la variable que se desea controlar, así como el proceso a implementar para poder elegir el tipo de instrumento correctamente.
3. Para poder elegir el tipo de video registrador más adecuado al proceso, se debe establecer un diagrama de control completo de la aplicación que se desea realizar.
4. Determinar la cantidad de entradas y salidas necesarias en el video registrador para las variables a registrar y controlar.
5. Revisar el sitio de instalación del video registrador, para poder especificar el tipo de protección ambiental con el que deberá contar el mismo.
6. Para evitar cambios de configuraciones, cambios de datos, pérdida de información o cualquier anomalía en la configuración del video registrador se debe establecer un rango de accesos de seguridad, establecer contraseñas de usuarios para nivel operario, ingeniería o auditoria.

7. Revisar las distintas marcas de video registradores que existen actualmente en el mercado, ya que, aunque en general hacen las mismas funciones, cada fabricante tiene alguna característica diferente o especial que las distingue de las demás.
8. Verificar que en el mercado local se tenga un respaldo técnico que garantice la pronta atención a algún problema con el videograficador adquirido.
9. Determinar si es técnica y económicamente rentable la adquisición del video registrador.

BIBLIOGRAFÍA

1. ABB.<http://www.abb.com/product/seitp330/de276b6db94ebbdcc125711b005e7d23.aspx>. [Consulta: 5 de mayo de 2013].
2. CREUS SOLÉ, Antonio *Instrumentación industrial*. 7a ed. ISBN, 9788426713612. 2005. 776 p.
3. LÓPEZ M., E. PÉREZ. *Control de procesos: de la señal de planta hasta el algoritmo de control*.
http://www.eueti.uvigo.es/files/material_docente/478/muestreodese-nales.pdf. [Consulta: 1 de febrero de 2014].
4. ROLDÁN CASTILLO, Juan. *El registrador de procesos*. publicación no comercial, 2011. 27 p.
5. Universidad de Buenos Aires [en línea]. <http://www.fi.uba.ar/>. [Consulta: 4 de febrero de 2014].

