



# **INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ**

---

---

**DEPARTAMENTO DE METAL-MECÁNICA**

**INFORME TÉCNICO DE RESIDENCIA  
PROFESIONAL**

**INGENIERÍA MECÁNICA**

**“AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA CONTRA  
GOLPE DE ARIETE DE LA LINEA DE  
CONDUCCIÓN DE AGUA DE 36” DE  
DIAMETRO DE LA PLANTA DE REBOMBEO  
No.3 NUEVA”**

**PRESENTA:**

**GONZÁLEZ LÁZARO HÉCTOR ALEJANDRO**

**ASESORES:**

**ASESOR EXTERNO — ING. AMÍLCAR BEZARES AGUILAR**

**ASESOR INTERNO — ING. LORENZO MARCIANO VÁZQUEZ**

**TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS.**

**AGOSTO-DICIEMBRE 2015**



## INDICE

<b>INTRODUCCION</b> .....	1
<b>CAPITULO I. CARACTERISTICAS DEL PROYECTO</b> .....	3
1.1 IDENTIFICACION DEL PROBLEMA.....	4
1.2 DESCRIPCION DEL PROBLEMA.....	4
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	6
1.4 OBJETIVO GENERAL.....	8
1.5 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	8
1.6 ALCANCES Y LIMITACIONES.....	8
<b>CAPITULO II. CARACTERIZACIÓN DEL AREA Y CONDICIONES ACTUALES DEL SISTEMA A AUTOMATIZAR</b> .....	10
2.1 ANTECEDENTES.....	11
2.2 CARACTERIZACION DEL AREA DE TRABAJO.....	12
<b>CAPITULO III. MARCO TEORICO</b> .....	21
3.1 AUTOMATIZACIÓN.....	22
3.1.1 CONCEPTO DE AUTOMATIZACIÓN.....	22
3.2 MANTENIMIENTO.....	23
3.2.1 OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO.....	24
3.2.2 TIPOS DE MANTENIMIENTO.....	25
3.2.2.1 MANTENIMIENTO CORRECTIVO.....	26
3.2.2.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	27
3.2.2.3 MANTENIMIENTO PREDICTIVO.....	30
3.3 SENSORES DE NIVEL.....	31
3.3.1 INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DIRECTA:.....	33
3.3.2 INSTRUMENTOS DE MEDICION APROVECHANDO LA PRESIÓN HIDROSTATICA.....	36
3.3.3 MEDIDOR DE NIVEL APROVECHANDO LAS PROPIEDADES DEL LÍQUIDO.....	37
<b>CAPITULO IV. CÁLCULO Y DISEÑO DEL NUEVO SISTEMA AUTOMATIZADO DE LAS CÁMARAS DE AIRE</b> .....	42
4.1 PROPIEDADES DE LOS ELEMENTOS PARA LA AUTOMATIZACIÓN.....	43
4.2 LISTA DE LOS COMPONENTES A UTILIZAR EN LA AUTOMATIZACIÓN.....	45



4.3 DISEÑO EN SOLIDWORKS DEL NUEVO SISTEMA AUTOMATIZADO DE LAS CÁMARAS DE AIRE. ....	52
<b>CAPITULO V. CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE COSTOS DE LOS COMPONENTES A UTILIZAR EN LA AUTOMATIZACIÓN DE LAS CÁMARAS DE AIRE.....</b>	<b>60</b>
5.1 CUANTIFICACIÓN DE LOS COMPONENTES PARA LA AUTOMATIZACIÓN.....	61
5.2 VALORACIÓN DE LOS COMPONENTES PARA LA AUTOMATIZACIÓN.....	62
<b>CAPITULO VI. MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA AUTOMATIZADO DE LAS CÁMARAS DE AIRE.....</b>	<b>63</b>
MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL SISTEMA AUTOMATIZADO DE LAS CAMARAS DE AIRE CONTRA GOLPE DE ARIETE DE LA PLANTA DE REBOMBEO No.3 NUEVA .....	64
6.1 PRESENTACIÓN .....	65
6.2 INTRODUCCION.....	66
6.3 OBJETIVO .....	66
6.4 COMPONENTES ELECTROMECHANICOS DEL SISTEMA AUTOMATIZADO DE LA PLANTA DE REBOMBEO No.3 NUEVA.....	67
6.4.1 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO ELECTRICO .....	67
6.4.1.2 ELECTRONIVEL .....	67
6.4.1.3 ELECTRODOS O SONDAS DE NIVEL .....	72
6.4.1.4 RELEVADOR TEMPORIZADOR MULTIRANGO.....	74
6.4.1.5 VALVULA SOLENOIDE EXPULSORA DE AIRE .....	78
6.5 DIAGRAMA UNIFILAR DEL SISTEMA AUTOMATIZADO DE LAS CÁMARAS DE AIRE .....	82
6.6 DESCRIPCION DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA AUTOMATIZADO.....	83
<b>CONCLUSION .....</b>	<b>84</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>85</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>86</b>
NOMECLATURA .....	86
<b>REFERENCIAS DOCUMENTALES.....</b>	<b>87</b>



## INTRODUCCION

Actualmente en la mayoría de las empresas se está llevando a cabo la automatización de diversos procesos que en conjunto con otros tienen como finalidad la elaboración o modificación de un producto. Las industrias están percibiendo la automatización como una necesidad y no como un gasto innecesario como se veía a finales del siglo pasado.

La importancia que tiene automatizar un sistema se basa principalmente en eficientar el proceso para aumentar el rendimiento, el nivel de calidad del producto y mejorar el servicio que se le proporciona a la comunidad de esta forma se aumenta la productividad y rentabilidad de los mismos.

El presente proyecto tiene como finalidad proponer un sistema automatizado para las cámaras de aire que se encargan de disminuir el golpe de ariete cuando este llegase a ocurrir. Debido a lo anterior es necesario garantizar un perfecto funcionamiento en todos los equipos involucrados en la automatización de las mismas.

Para analizar la problemática que presenta actualmente el Sistema Municipal de Agua Potable y Alcantarillado es necesario mencionar sus causas. Una de ellas es la dependencia del hombre para ejecutar el proceso debido a que si la persona descuida la operación del sistema se puede generar un mal funcionamiento de este, que puede resultar en consecuencias muy graves que podría afectar en el servicio y en la economía de la empresa. Cabe aclarar que la automatización no trata de remplazar al hombre ya que en cierta manera el hombre sería indispensable para observar el correcto funcionamiento del sistema.

Así como es indispensable automatizar ciertos procesos también lo es elaborar un plan de mantenimiento para todos los componentes involucrados en dicha automatización. La importancia de elaborar un plan de mantenimiento se basa principalmente en evitar el deterioro de los equipos que conforman el sistema, debido a los costos que supone este detrimento para las empresas, se hace necesario aumentar la fiabilidad de las máquinas.



Por consiguiente la eficiencia del mantenimiento radica en cual debo aplicar, como debo aplicarlo y en qué momento voy a aplicarlo, no basta con conocer y ser oportunos, se trata de tener bien estructurado un sistema que funcione organizadamente y que responda a los intereses de la empresa para que su efectividad genere los beneficios deseados, por tanto, el mantenimiento se convierte en un eslabón esencial en el éxito de la empresa.



# **CAPITULO I. CARACTERISTICAS DEL PROYECTO**



## 1.1 IDENTIFICACION DEL PROBLEMA.

El problema que el Sistema Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Tuxtla Gutiérrez presenta en la planta de rebombeo No.3 nueva, es el mal funcionamiento, la mala eficiencia y efectividad de las cámaras de aire contra golpe de ariete.

## 1.2 DESCRIPCION DEL PROBLEMA.

Se denomina golpe de ariete al choque violento que se produce sobre las paredes de un conducto forzado, cuando el movimiento del fluido es modificado bruscamente. Es esencial proteger la tubería de descarga de la estación de rebombeo No. 3 nueva contra el fenómeno de golpe de ariete, el cual se presenta en el sistema debido al cierre o apertura de las válvulas o a una falla repentina de la energía eléctrica que cause la parada repentina de las bombas, en cuyo caso debido a la inercia de las partes rotativas del conjunto de elevación la velocidad de las bombas comienza a disminuir, reduciéndose rápidamente el caudal.

La columna líquida continúa subiendo por la tubería hasta que la inercia es vencida por la acción de la gravedad. Durante este periodo se verifica una descompresión en el interior de la tubería, enseguida ocurre la inversión en el sentido del flujo y la columna líquida vuelve a las bombas. No existiendo válvula de retención, las bombas entonces comenzarían a funcionar como turbinas, girando en sentido contrario.

Una de las medidas más eficientes y que se tiene en la planta de rebombeo No.3 nueva es el empleo de las cámaras de aire en la parte inicial de la línea de conducción. En un fallo después del corte de energía, al expandirse el aire aporta su energía potencial a la continuidad del movimiento del fluido, y en su compresión absorbe gran parte de la energía de la gravedad, sirviendo de freno en el retroceso del agua.

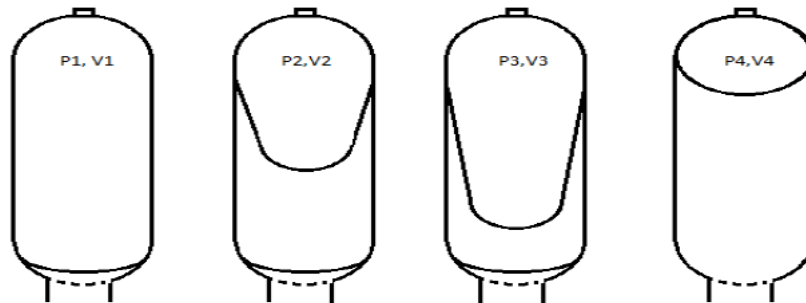
Una cámara de aire instalada en la línea de conducción de una planta de bombeo puede encontrarse en cuatro estados principales, los que determinan las presiones a las que estará expuesta la cámara y el volumen requerido de la misma.

**Tabla 1. Estados principales de trabajo de las cámaras de aire contra golpe de ariete.**

Estado 1	$P_1, V_1$	Tubería vacía, $P_1$ estado inicial.
Estado 2	$P_2, V_2$	Equipo en servicio, tubería llena, $P_2$ presión de operación
Estado 3	$P_3, V_3$	Corte de corriente, $P_3$
Estado 4	$P_4, V_4$	Sobrepresión por golpe de ariete, $P_4$ presión máxima prevista

La figura 1 muestra los cuatro estados anteriores de una cámara de aire acoplada como elemento de protección contra golpe de ariete en la línea de conducción de una estación de bombeo.

El estado 1 o estado inicial, ocurre cuando la tubería está vacía. Una vez puesto en marcha el sistema, este pasará del estado 1 al estado 2 que es la condición de servicio. Al ocurrir un corte de energía eléctrica el transitorio sigue su paso hasta que la acción de la gravedad venza la energía cinética del agua, debido al flujo de agua que existe en la tubería no permite que descienda el nivel de agua que existe dentro de las cámaras de aire, evitando así el vacío dentro de esta. Inmediatamente inicia el proceso de compresión de aire que limitará el choque violento de la onda de presión en el interior de la tubería hasta alcanzar el estado 4, en este estado entra en funcionamiento la válvula de seguridad expulsando la sobrepresión mientras ocurre el transitorio.



**Figura 1. Comportamiento de la cámara de aire acoplada al sistema**





Las condiciones en que actualmente se encuentran estas cámaras de aire en la planta de rebombeo No.3 nueva son inaceptables, desde el sistema de medición de nivel hasta la forma de operación de las mismas. El sistema de las cámaras de aire es deficiente ya que cuenta con medidores tipo regleta que actualmente no funcionan, teóricamente estas regletas sirven para observar el nivel de agua que existe dentro de estas, lo que nos da una dependencia del ser humano a estar monitoreando continuamente el nivel para que estas operen de forma correcta, de esta manera se convierte un sistema totalmente antiguo y deficiente sumándole a eso el inconveniente de la calidad del agua que se maneja en la planta No.3 nueva, sabemos de antemano que el agua no ha sido tratada anteriormente por lo que esta agua sucia impide la visibilidad en el medidor tipo regleta incluso puede llegar a taparse el orificio de entrada dando como resultado falsas lecturas de nivel y mala operación del equipo.

De igual manera la mayor parte del equipo que conforman todo el sistema contra golpe de ariete esta inservible, actualmente solo se encuentra operando un compresor que alimenta a una sola cámara de aire, lo cual puede tener consecuencias muy graves cuando ocurra un paro de energía eléctrica o cierre de válvulas de manera imprevista.

### 1.3 JUSTIFICACIÓN

Debido a que la dirección del Sistema Municipal de Agua Potable y Alcantarillado no contempla, por ahora la automatización del sistema contra golpe de ariete de la línea de conducción de agua de 36" de diámetro, únicamente se planteará un bosquejo del sistema automatizado así como la planeación del mantenimiento, la cuantificación y valoración de los componentes necesarios para optimizar el funcionamiento de estos.

La principal causa del porque presentar este proyecto es debido a la mala efectividad que tiene el sistema actual de las cámaras de aire, como ya lo hemos descrito en el apartado anterior es de suma importancia que el sistema contra golpe de ariete funcione de la mejor manera posible.



El presente proyecto automatizado contra golpe de ariete tendrá muchas ventajas con respecto al que se tiene actualmente. En primer lugar no se tendrá que depender de una persona para estar monitoreando el nivel de agua existente dentro de las cámaras, este se hará por medio de electrodos de cobre que estarán sumergidos en las cámaras que a su vez estarán conectados a electroniveles que ejecutarán sus funciones de acuerdo a las señales captadas por estos mismos.

También se evitarán sobrepresiones que ocurren cuando por accidente se dejan trabajando los compresores, llegando a la situación en que estos se llenan de aire completamente provocando un mal funcionamiento en la línea de conducción, contrariamente cuando la persona encargada no está atenta del sistema las cámaras de aire se pueden llenar de agua completamente debido a que no se opera el compresor para hacer descender el nivel de agua, esto puede tener consecuencias muy graves si cuando esto suceda al mismo tiempo que ocurra un golpe de ariete el sistema no tendría una amortiguación y dañaría seriamente las líneas.

En cuestión de mantenimiento es importante recalcar que los costos serían mínimos ya que la mayoría son partes eléctricas que no requieren un mantenimiento continuo, sin embargo se sugerirá unos pasos para aumentar la vida de operación de estos componentes del sistema.

Automatizar el llenado y vaciado para mantener el agua dentro de las cámaras de aire a un nivel óptimo de funcionamiento es verdaderamente necesario si se quieren evitar futuros gastos en materia de correcciones en las líneas o en la planta de rebombeo. El beneficio que esta tendrá será para todo el Sistema Municipal de Agua Potable y Alcantarillado debido a que esta automatización puede aplicarse para todas las plantas de rebombeo en que existan cámaras de aire, aunque no de manera directa también se beneficiaría a la población que consume el producto que la empresa les proporciona, ofreciendo un mejor servicio de calidad.



## 1.4 OBJETIVO GENERAL

Automatizar el sistema contra golpe de ariete para evitar alguna falla o daño en los equipos, o bien, alguna ruptura de la línea de conducción de 36" de diámetro que la sobrepresión en esta pueda causar debido al mal funcionamiento de estas.

## 1.5 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Con la proyección de un sistema automatizado se tendrá un control exacto de los niveles de agua y aire dentro de las cámaras, optimizando así el funcionamiento de estas y no depender de una persona para su buen funcionamiento.
- Elaborar un buen plan de mantenimiento de manera clara y precisa.
- Llevar un control más estricto en el mantenimiento del sistema contra golpe de ariete, para prevenir fallos al momento de la operación de toda la planta.

## 1.6 ALCANCES Y LIMITACIONES

En la planeación del automatizado del sistema contra golpe de ariete (cámaras de aire) y el planteamiento del mantenimiento, lo cual se espera que aplique para todas las plantas de rebombeo del Sistema Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Tuxtla Gutiérrez, se plantean las siguientes limitaciones y alcances:

Limitaciones para la automatización del sistema contra golpe de ariete (cámaras de aire):

- En la empresa Sistema Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Tuxtla Gutiérrez (SMAPA) se cuenta con limitado capital de uso inmediato, al ejecutar un proyecto primero se evaluará por el gerente general y posteriormente en un comité de la dirección general del SMAPA el cual decidirá si el monto de capital que se utilizará será un gasto en términos generales a largo plazo o bien si es prioritario corregir el sistema, por lo cual el proyecto deberá de ser eficiente y económico para los términos de la gerencia de la empresa anteriormente citada.
- La falta de personal técnico que conozca bien los principios de la neumática y de los sistemas lógicos programables.



Para el mantenimiento las limitantes encontradas son las siguientes:

- Falta de capital para la compra de refacciones, por lo cual en ocasiones no se ejecuta el mantenimiento programado llegando a ejecutar mantenimientos correctivos.



# **CAPITULO II. CARACTERIZACIÓN DEL AREA Y CONDICIONES ACTUALES DEL SISTEMA A AUTOMATIZAR**



## 2.1 ANTECEDENTES

Debido a que la concentración de personas en el municipio de Tuxtla Gutiérrez se incrementó considerablemente en el año de 1980 alcanzando un aproximado de 190,000 habitantes y del río Santo Domingo solo podía obtenerse 500 lps. a través de las dos líneas de conducción existentes de 20 y de 24 pulgadas respectivamente, el gobierno del estado tomo cartas en el asunto, ofreciendo que en un tiempo no mayor a un año la ciudad contaría con 1,000 lps. para resolver el problema de agua potable que la aquejaba.

Dicho proyecto consistió en una nueva línea de conducción de concreto pre-esforzado de 36" de diámetro, el cual conduciría un gasto de 1000 lps. La longitud de esta nueva línea sería aproximadamente de 10 Km. y partiría del cárcamo de concreto nuevo, en donde se encontraban instalados los equipos de bombeo que abastecían a las líneas existentes de 20" y 24" de diámetro.

En el trayecto de esta nueva línea se construyeron dos estaciones de rebombeo que se les conoce como planta de rebombeo No.2 nueva y planta de rebombeo No.3 nueva, las que se encuentran localizadas en terrenos aledaños o paralelos en donde están construidas las plantas No2 y No.3 antiguas que abastecen con las líneas de 20" y 24" de diámetro.

Actualmente estas estaciones de rebombeo se encuentran en operación, sin embargo, se encuentran en malas condiciones debido al poco presupuesto que se tiene en el Sistema Municipal de Agua Potable y Alcantarillado destinado para dar mantenimiento o en su caso para realizar las reparaciones que sean pertinentes.

## 2.2 CARACTERIZACION DEL AREA DE TRABAJO

El sistema municipal de agua potable y alcantarillado cuenta con varias plantas de rebombeo, las cuales se encargan de transportar el agua residual para su tratamiento convirtiendo este en agua potable, posteriormente es suministrado a toda la población de la capital de Tuxtla Gutiérrez y alrededores.

La planta de rebombeo No.3 nueva comenzó su operación en el año de 1982, esto debido a la demanda en el consumo del vital líquido por parte de la población. Esta planta está diseñada para bombear un gasto de  $1000 \frac{\text{Its}}{\text{s}}$ .



**Fig. 2 Planta de Rebombeo No.3 Nueva.**

Operando un total de 6 bombas del tipo turbina vertical de bote o auto contenida más uno de reserva, esto con la finalidad de no disminuir el gasto bombeado cuando algún equipo presente una falla o se le de mantenimiento. En total se tienen 7 equipos de bombeo que nos da un gasto por equipo de  $166.67 \frac{\text{Its}}{\text{s}}$ , cabe señalar que los equipos de bombeo están conectados en paralelo, de tal manera que se pueda sumar los gastos dando un total de  $1000 \frac{\text{Its}}{\text{s}}$ .



**Fig. 3 Bomba Vertical de bote o auto-contenida**



Cada bomba es operada por un motor tipo flecha hueca de 350 HP; 60 ciclos; 4 polos; 3 fases y conectados a 440 voltios.



Fig.4 Motor Tipo Flecha Hueca



Fig. 5 Especificaciones de los motores tipo flecha hueca



**Tabla 2. Especificaciones de los motores que operan a las bombas.**

<b>H.P</b>	<b>350</b>
<b>FASES</b>	<b>3</b>
<b>HERTZ</b>	<b>60</b>
<b>VOLTAJE</b>	<b>460</b>
<b>AMPERAJE</b>	<b>378</b>
<b>F.S.</b>	<b>1.15</b>
<b>R.P.M.</b>	<b>1785</b>
<b>EFICIENCIA NOM. NEMA</b>	<b>95.8</b>

Actualmente en la planta se tiene operando un total de 2 equipos de bombeo, esto debido a que no se cuenta con los recursos necesarios para darles el mantenimiento o en su caso la compra de las refacciones que estos necesiten.

Dentro de la planta existe un tanque de almacenamiento elaborado de concreto armado de 1,000 m<sup>3</sup> de capacidad.



**Fig. 6 Tanque de Almacenamiento de la Planta No.3 Nueva**

La alimentación eléctrica está dada por subestaciones eléctricas del tipo intemperie compactas, con 2 transformadores cada una de 1000 KVA de capacidad, los cuales tienen una relación de transformación de 34,500/440/254 voltios.



**Fig. 7 Subestación Eléctrica del Tipo Intemperie Compacto.**

Para operar los equipos de bombeo se cuenta con un Centro de Control de Motores (CCM) de la marca SIEMEN´S, dentro de estas, están los arrancadores, un arrancador por equipo de bombeo lo que hace un total de 7 arrancadores.



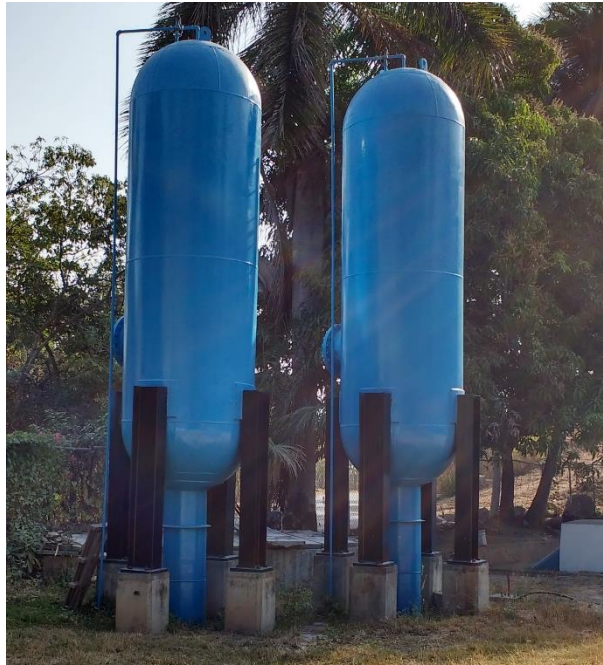
**Fig. 8 Cuarto de Control de Motores (CCM)**



**Fig. 9 Interior del Centro de Control de Motores (CCM)**

Se cuenta con un sistema contra golpe de ariete o llamada también sistema de amortización hidráulico, esto con la finalidad de absorber el golpe hidráulico cuando exista un paro no programado o un fallo en algún equipo que ocasione una sobrepresión en la línea de 36"  $\varnothing$ . En total se tiene 2 cámaras de aire, los cuales manejan una presión de trabajo de  $8 \frac{Kgf}{cm^2}$  y una presión máxima de  $10 \frac{Kgf}{cm^2}$ . Cuentan de igual manera con una válvula de alivio (válvula de seguridad), para cuando la presión dentro de las cámaras sea mayor a la máxima y esta permita controlar la presión para evitar un posible colapso en la línea o daño a los equipos de bombeo de la planta.





**Fig. 10 Cámaras de aire contra golpe de ariete**

Además se tienen dos compresores, uno para cada cámara que suministra aire a estas para mantener la presión de trabajo dentro de las mismas. Cabe señalar que estos compresores están diseñados para operar automáticamente cuando la presión de trabajo dentro de las cámaras de aire disminuya. Esto se lleva a cabo mediante un manómetro que activa al arrancador automático (uno para cada compresor), para la operación de los compresores.



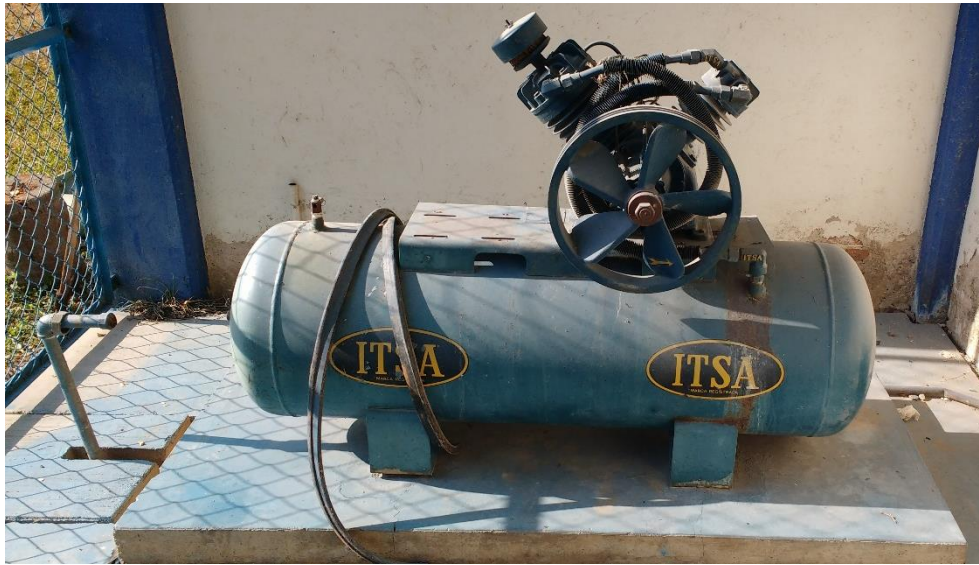
**Fig. 11 Compresor**

<b>Tabla 3. Especificaciones Técnicas del Compresor ITSA (Industrial Torreón, S.A. de C.V.)</b>	
<b>HP</b>	<b>3</b>
<b>PRESION</b>	<b>17.6 K.C.C / 250 L.P.C</b>
<b>R.P.M.</b>	<b>460</b>
<b>DESPLAZAMIENTO</b>	<b>.37 M.C.M / 13.2 P.C.M</b>
<b>CAPACIDAD DEL TANQUE</b>	<b>80 GALONES</b>
<b>PRESION DE TRABAJO</b>	<b>12.3 K.K.C</b>

<b>Tabla 4. Especificaciones Técnicas del Motor que Acciona al Compresor</b>	
<b>HERTZ</b>	<b>60</b>
<b>VOLTS</b>	<b>120/220</b>
<b>AMPERES</b>	<b>10.4/5.2</b>
<b>R.P.M</b>	<b>1750</b>
<b>FACTOR DE SERVICIO</b>	<b>1.15</b>
<b>OPERACIÓN DE HORAS</b>	<b>24</b>



**Fig. 12 Arrancador Automático para el compresor**



**Fig. 13 Compresor defectuoso**

Actualmente el sistema contra golpe de ariete se encuentra operando de manera deficiente, debido a que solo trabaja una cámara de aire por falta de accesorios en un compresor (un motor quemado, cabezal frenado y uno de los arrancadores para los compresores se encuentra inservible), el cual afecta al sistema cuando ocurra un paro no programado que puede causar la rotura de la línea o en el peor de los casos daño a los equipos de bombeo.

La medición de nivel de agua y aire que contiene las cámaras de aire lo hacen por medio de un sistema de medición de nivel de tipo regleta, debido a la presión que maneja esta cuenta con prensaestopas que presionan al cristal para que este no se rompa. Cabe señalar que este sistema de medición es obsoleto porque el operador de cada planta tiene que observar este nivel, actualmente este monitoreo ya no se realiza debido a que esta regleta no funciona.



**Fig. 14 Medidor de Nivel Tipo Regleta**



**Fig. 15 Válvula de seguridad**



# **CAPITULO III. MARCO TEORICO**



## 3.1 AUTOMATIZACIÓN

### 3.1.1 CONCEPTO DE AUTOMATIZACIÓN

Automatización Industrial (automatización: del griego antiguo auto: guiado por uno mismo) es el uso de sistemas o elementos computarizados para controlar maquinarias y/o procesos industriales sustituyendo a operadores humanos.

El alcance va más allá que la simple mecanización de los procesos ya que esta provee a operadores humanos mecanismos para asistirlos en los esfuerzos físicos del trabajo, la automatización reduce ampliamente la necesidad sensorial y mental del humano. La automatización como una disciplina de la ingeniería es más amplia que un mero sistema de control, abarca: la instrumentación industrial, que incluye los sensores y transmisores de campo, los sistemas de control y supervisión, los sistemas de transmisión y recolección de datos y las aplicaciones de software en tiempo real para supervisar y controlar las operaciones de las plantas o procesos industriales.

La parte más visible de la automatización actual puede ser la robótica industrial, algunas ventajas son; repetitividad, control de calidad más estrecho, mayor eficiencia, integración con sistemas empresariales, incremento de productividad y reducción de trabajo. Algunas desventajas son; requerimientos de un gran capital, decremento severo en la flexibilidad, y un incremento en la dependencia del mantenimiento y reparación.

Para mediados del siglo 20, la automatización había existido por muchos años en una escala pequeña, utilizando mecanismos simples para automatizar tareas sencillas de manufactura. Sin embargo el concepto solamente llegó a ser realmente práctico con la adicción (y evolución) de las computadoras digitales, cuya flexibilidad permitió manejar cualquier clase de tarea. Las computadoras digitales con la combinación requerida de velocidad, poder de cómputo, precio y tamaño empezaron a aparecer en la década de 1960's.

Antes de ese tiempo, las computadoras industriales eran exclusivamente computadoras analógicas y computadores híbridos. Desde entonces las computadoras digitales tomaron el control de la mayoría de las tareas simples, repetitivas, tareas semi-especializadas y especializadas, con algunas excepciones notables en la producción e inspección de alimentos.

Existen muchos trabajos donde no existe riesgo inmediato de la automatización. Ningún dispositivo ha sido inventado que pueda competir contra el ojo humano para la precisión y certeza en muchas tareas; tampoco el oído humano. El más inútil de los seres humanos puede identificar y distinguir mayor cantidad de esencias que cualquier dispositivo automático. Las habilidades para el patrón de reconocimiento humano, reconocimiento de lenguaje y producción de lenguaje se encuentran más allá de cualquier expectativa de los ingenieros de automatización.

Computadoras especializadas, son utilizadas para leer entradas de campo a través de sensores y en base a su programa, generar salidas hacia el campo a través de actuadores. Esto conduce para controlar acciones precisas que permitan un control estrecho de cualquier proceso industrial. (Se temía que estos dispositivos fueran vulnerables al error del año 2000, con consecuencias catastróficas, debido a que son tan comunes dentro del mundo de la industria).

Existen dos tipos distintos: DCS o Sistema de Control Distribuido, y PLC o Controlador Lógico Programable. El primero era antiguamente orientado a procesos de tipo análogos, mientras que el segundo se utilizaba en procesos de tipo discreto (ceros y unos). Actualmente ambos equipos se parecen cada vez más, y cualquiera de los dos puede ser utilizado en todo tipo de procesos.

### 3.2 MANTENIMIENTO

El mantenimiento es la actividad destinada a la ejecución de actividades de revisión, reparación, o corrección de todo tipo de maquinaria, para evitar daños de la misma, los contratiempos en la producción de la empresa o muy frecuentemente accidentes los cuales en las grandes industrias suelen ser muy graves, así pues el mantenimiento da la capacidad de producir calidad, seguridad y rentabilidad.

Entenderemos pues que el mantenimiento es una inversión que a mediano y largo plazo dará ganancias no solo para el empresario, sino también el ahorro que representara tener trabajadores sanos e índices de accidentes bajos. El mantenimiento representa un arma importante en seguridad laboral, ya que un gran porcentaje de accidentes son causados por defectos en los equipos que pueden ser prevenidos.

### 3.2.1 OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO

Los objetivos en el mantenimiento nos sirven para guiarnos a la verdadera finalidad del mantenimiento y del porqué de su aplicación dentro de una empresa, se tiene que entender que el diseño y operación de cualquier sistema organizativo y su posterior informatización deberán siempre tener en cuenta que sirven a determinados objetivos.

En el caso del mantenimiento deberá siempre encaminarse a la permanente consecución de los siguientes objetivos, estos objetivos pueden variar un poco en su redacción en las empresas pero su finalidad debe ser siempre la misma.

Dicho lo anterior el mantenimiento debe cumplir con dos objetivos fundamentales: reducir costos de producción y garantizar la seguridad industrial.

Cuando se habla de reducir los costos de producción se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Optimizar la disponibilidad de equipos e instalaciones para la producción.
- Se busca reducir los costos de las paradas de producción ocasionadas por deficiencia en el mantenimiento de los equipos, mediante la aplicación de una determinada cantidad de mantenimiento en los momentos más apropiados.
- Incrementar la vida útil de los equipos.

Uno de los objetivos evidentes del mantenimiento es el de procurar la utilización de los equipos durante toda su vida útil. La reducción de los factores de desgastes, deterioros y roturas garantiza que los equipos alcancen una mayor vida útil.

Maximizar el aprovechamiento de los recursos disponibles para la función del mantenimiento. Es aquí donde se debe de analizar la conveniencia o no de continuar prestando el servicio de mantenimiento a una máquina que representa problemas de funcionamiento o buscar un remplazo.

La planificación del mantenimiento reduce los costos de operación y reparación de los equipos industriales. Los programas para la lubricación, limpieza y ajustes de los equipos permiten una reducción notable en el consumo de energía y un aumento en la calidad de los productos terminados. A mayor descuido en la conservación de equipos, mayor será la producción de baja calidad.

Referente al tema de seguridad industrial, podemos decir que el objetivo más importante desde el punto humano es garantizar con el mantenimiento la seguridad de operación de los equipos.

Para poder cumplir estos objetivos es necesario realizar algunas funciones específicas a través del departamento de mantenimiento, tales como:

- Administrar el personal de mantenimiento.
- Programar los trabajos de mantenimiento.
- Proveer al personal de mantenimiento la herramienta adecuada para sus funciones.
- Mantener actualizadas las listas de repuestos y lubricantes.
- Adiestrar al personal de mantenimiento sobre los principios y normas de seguridad industrial.
- Disponer adecuadamente de los desperdicios y del material recuperable.

### 3.2.2 TIPOS DE MANTENIMIENTO.

Actualmente existen variados sistemas para realizar el servicio de mantenimiento de las instalaciones en operación. Algunos de ellos no solamente centran su atención en la tarea de corregir los fallos, sino que también tratan de actuar antes de la aparición de los mismos haciéndolo tanto sobre los bienes, tal como fueron concebidos, como sobre los que se encuentran en etapa de diseño, introduciendo en estos últimos, las modalidades de simplicidad en el diseño, diseño robusto, análisis de su mantenibilidad, diseño sin mantenimiento, etc.

Los tipos de mantenimiento que serán profundizados son los siguientes:

- Mantenimiento correctivo.
- Mantenimiento preventivo.
- Mantenimiento predictivo.
- Mantenimiento productivo total.

### 3.2.2.1 MANTENIMIENTO CORRECTIVO.

Se entiende por mantenimiento correctivo la corrección de las averías o fallas cuando éstas se presentan. Es la habitual reparación tras una avería que obligó a detener la instalación o máquina afectada por el fallo.

Existen dos formas diferenciadas de mantenimiento correctivo: el programado y no programado. La diferencia entre ambos radica en que mientras el no programado supone la reparación de la falla inmediatamente después de presentarse, el mantenimiento correctivo programado o planificado supone la corrección de la falla cuando se cuenta con el personal, las herramientas, la información y los materiales necesarios y además el momento de realizar la reparación se adapta a las necesidades de producción.

La decisión entre corregir un fallo de forma planificada o de forma inmediata suele marcarla la importancia del equipo en el sistema productivo: si la avería supone la parada inmediata de un equipo necesario, la reparación comienza sin una planificación previa. Si en cambio, puede mantenerse el equipo o la instalación operativa aún con ese fallo presente, puede posponerse la reparación hasta que llegue el momento más adecuado.

La distinción entre correctivo programado y correctivo no programado afecta en primer lugar a la producción. No tiene la misma afección el plan de producción si la parada es inmediata y sorpresiva que si se tiene cierto tiempo para reaccionar. Por tanto, mientras el correctivo no programado es claramente una situación indeseable desde el punto de vista de la producción, los compromisos con clientes y los ingresos, el correctivo programado es menos agresivo con todos ellos.

El mantenimiento correctivo como base del mantenimiento tiene algunas ventajas indudables:

- No genera gastos fijos.
- No es necesario programar ni prever ninguna actividad.
- Sólo se gasta dinero cuando está claro que se necesita hacerlo.
- A corto plazo puede ofrecer un buen resultado económico.
- Hay equipos en los que el mantenimiento preventivo no tiene ningún efecto, como los dispositivos electrónicos.

No obstante, el mantenimiento correctivo también tiene importantes inconvenientes:

- La producción se vuelve impredecible y poco fiable. Las paradas y fallos pueden producirse en cualquier momento. Desde luego, no es en absoluto recomendable basar el mantenimiento en las intervenciones correctivas en plantas con un alto valor añadido del producto final, en plantas que requieren una alta fiabilidad.
- Supone asumir riesgos económicos que en ocasiones pueden ser importantes.
- La vida útil de los equipos se acorta.
- Impide el diagnóstico fiable de las causas que provocan la falla, pues se ignora si falló por mal trato, por abandono, por desconocimiento del manejo, por desgaste natural, etc. Por ello, la avería puede repetirse una y otra vez.
- Las averías y los comportamientos anormales no sólo ponen en riesgo la producción: también pueden suponer accidentes con riesgos para las personas o para el medio ambiente.

En resumen el mantenimiento correctivo es al que no se desea llegar en la empresa pues conlleva a que se pare abruptamente la producción y que el equipo se dañe muy seriamente y en ocasiones este ya no pueda ser reparado con tanta facilidad en un corto tiempo o en el peor de los casos que se vuelva completamente inservible debido a la falla que se produjo.

### 3.2.2.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El mantenimiento preventivo puede definirse como la programación de actividades de inspección de los equipos, tanto de funcionamiento como de limpieza y calibración, que deben llevarse a cabo en forma periódica con base en un plan de aseguramiento y control de calidad. Su propósito es prevenir las fallas, manteniendo los equipos en óptima operación.

La característica principal de este tipo de mantenimiento es la de inspeccionar los equipos, detectar las fallas en su fase inicial y corregirlas en el momento oportuno. Con un buen mantenimiento preventivo se obtiene experiencia en diagnóstico de fallas y del tiempo de operación seguro de un equipo.

## OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Los objetivos principales del mantenimiento preventivo son los siguientes:

- Garantizar la seguridad de los equipos y/o instalaciones para el personal.
- Reducir la gravedad de las averías.
- Evitar la parada productiva.
- Reducir los costes que se derivan del mantenimiento, optimizando los recursos.
- Mantener los equipos en condiciones de seguridad y productividad.
- Alargar la vida útil de las instalaciones y equipos.
- Mejorar los procesos.
- 

## ALCANCE DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Se recomienda como norma general que el mantenimiento preventivo se haga en todo el centro de trabajo ya que servirá para llevar el control de todas sus revisiones, aunque haya algunas instalaciones o maquinaria con normativa específica y con el mantenimiento externalizado.

No se puede tener ningún puesto sin revisar y/o controlar. Se tiene que inventariar todo el material tangible del centro de trabajo para poder diseñar un plan de mantenimiento adecuado a las necesidades reales de la empresa, que permita obtener datos óptimos sobre los ratios entre costes, mantenimiento y producción.

El mantenimiento preventivo para que sea eficiente debe tener:

- Un buen sistema administrativo.
- Trabajo de planeación y programación.
- Adiestramiento del personal.
- Medición del trabajo.
- Informes de control.
- Buenos talleres y herramientas.

Las desventajas que presenta este sistema son:

- Cambios innecesarios: al alcanzarse la vida útil de un elemento se procede a su cambio, encontrándose muchas veces que el elemento que se cambia permitiría ser utilizado durante un tiempo más prolongado. En otros casos, ya con el equipo desmontado, se observa la necesidad de "aprovechar" para realizar el reemplazo de piezas menores en buen estado, cuyo coste es escaso frente al correspondiente de desmontaje y montaje, con el fin de prolongar la vida del conjunto. Estamos ante el caso de una *anticipación del reemplazo o cambio prematuro*.
- Problemas iniciales de operación: cuando se desmonta, se montan piezas nuevas, se monta y se efectúan las primeras pruebas de funcionamiento, pueden aparecer diferencias en la estabilidad, seguridad o regularidad de la marcha.
- Coste en inventarios: el coste en inventarios sigue siendo alto aunque previsible, lo cual permite una mejor gestión.
- Mano de obra: se necesitará contar con mano de obra intensiva y especial para períodos cortos, a efectos de liberar el equipo para el servicio lo más rápidamente posible.
- Mantenimiento no efectuado: si por alguna razón, no se realiza un servicio de mantenimiento previsto, se alteran los períodos de intervención y se produce una *degeneración* del servicio.

Por lo tanto, la planificación para la aplicación de este sistema consiste en:

- Definir qué partes o elementos serán objeto de este mantenimiento.
- Establecer la vida útil de los mismos.
- Determinar los trabajos a realizar en cada caso.

Estos son los resultados después de aplicar un buen mantenimiento preventivo:

1. Disminuye el tiempo ocioso (menos para imprevistos).
2. Disminuye los pagos por tiempo extra.
3. Menor número de reparaciones repetitivas.
4. Disminuye los costos de reparación de los defectos sencillos realizados antes de los paros imprevistos
5. Menor número de productos rechazados, menos desperdicio, mejor control de calidad.



6. Mejor conservación del equipo e incremento de la vida útil del equipo.
7. Menor necesidad de equipo en operación.
8. Reducción de los costos por mano de obra y de material.
9. Identificación de los costos que lleva a investigar la aplicación inadecuada.
10. Mantenimiento programado menor costo.
11. Mejor control de refacciones.
12. Mayor seguridad para los trabajadores.
13. Menor costo unitario de producción.

### 3.2.2.3 MANTENIMIENTO PREDICTIVO.

El mantenimiento predictivo es una técnica para pronosticar el punto futuro de rotura o avería de un componente de una máquina, de tal forma que dicho componente pueda reemplazarse, con base en un plan, justo antes de que falle. Así, el tiempo muerto del equipo se minimiza y el tiempo de vida del componente se maximiza.

La aparición de nuevas tecnologías ha permitido ir sustituyendo los cinco sentidos del hombre por equipos de mayor precisión tales como los instrumentos que no solo permiten calcular la vida útil del rodamiento y evitar sustituciones tardías o tempranas, sino conocer el motivo del ruido anormal (lubricación defectuosa, desbalance, etc.). El resultado, mayor exactitud en el diagnóstico, respuesta más eficaz y, en definitiva mejores costos.

Esta técnica supone la medición de diversos parámetros que muestren una relación predecible con el ciclo de vida del componente.

Algunos ejemplos de las muchas técnicas predictivas disponibles actualmente, con múltiples variaciones en cada caso son:

- A. Análisis Espectrométricos. Análisis de partículas anormales en la lubricación o fluidos hidráulicos. Localiza la parte afectada, la causa del problema y estado del lubricante.
- B. Análisis de Vibraciones: Detección de las vibraciones excesivas, sus tipos y sus causas (desbalance, desalineación, bandas de transmisión, pieza suelta, torques, rodamientos, acoplamientos, rozamientos, etc.).

- C. Ultrasonido: Detección de ruidos anormales, fugas en válvulas e intercambiadores, medición de espesores, falsos contactos eléctricos, etc.
- D. Tomografía: Localización de zonas calientes en equipos o sistemas eléctricos que anuncian fallas por medio de imágenes infrarrojas.

El mantenimiento predictivo es más caro que el preventivo, y para lograr los resultados óptimos, requiere que la organización esté preparada. Salvo en técnicas sencillas, si no se dispone de un buen sistema de mantenimiento preventivo, funcionando, no tiene sentido abordar un programa predictivo formal. Las técnicas típicas, que conviene implementar inicialmente en la mayoría de las industrias con equipos rotatorios, son el análisis de vibraciones y la termografía.

Al implementar un programa de mantenimiento predictivo se deben de considerar los siguientes pasos:

- Establecer metas y objetivos antes de seleccionar la instrumentación.
- Iniciar en pequeño y progresar con base en los éxitos iniciales.
- Seleccionar un grupo de equipos problemáticos para mostrar rápidamente los ahorros en costos.
- Probablemente, elegir en un principio instrumentos portátiles de bajo costo.
- Ampliar el programa a los demás equipos importantes de la planta.

### 3.3 SENSORES DE NIVEL

El nivel es una variable muy importante en los procesos ya que está vinculada a la operación del equipo, al inventario, etc. Lo más común es designar con nivel a la posición de la interface líquido-gas o sólido-gas. Pero también se suele medir y controlar la interface líquido-líquido y líquido-sólido.

No existe algo así como “*un medidor universal*” que sea aplicable a todos (o la mayoría) de los casos. Cada situación debe ser cuidadosamente analizada, ya que existe un sinnúmero de condiciones a tener en cuenta como tipo de sólidos o fluido, agresividad física o química, existencia de espuma, ángulos de talud en sólidos, etc.

En la actualidad existe una gama enorme de tecnologías de medición de nivel. Se comentan algunas de las tecnologías más comunes para la medición continua de nivel.

Los medidores de nivel de líquidos trabajan midiendo, bien directamente la altura de líquido sobre una línea de referencia, bien la presión hidrostática, bien el desplazamiento producido en un flotador por el propio líquido contenido en el tanque del proceso, o bien aprovechando características eléctricas del líquido.

Los instrumentos de medida directa se dividen en:

- Medidor de sonda
- Medidor de cinta y plomada
- Medidor de nivel de cristal
- Medidor de flotador.

Los aparatos que miden el nivel aprovechando la presión hidrostática se dividen en:

- Medidor manométrico
- Medidor de membrana
- Medidor de tipo burbujeo
- Medidor de presión diferencial de diafragma

Los instrumentos que utilizan características eléctricas del líquido se clasifican en:

- Medidor conductivo
- Medidor capacitivo
- Medidor ultrasónico
- Medidor de radiación
- Medidor láser

### 3.3.1 INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DIRECTA:

#### 1.- MEDIDOR DE SONDA

Consiste en una varilla o regla graduada, de la longitud conveniente para introducirla dentro del depósito. La determinación del nivel se efectúa por la lectura directa de la longitud mojada por el líquido. En el momento de la lectura el estanque debe estar abierto a presión atmosférica. Se utiliza generalmente en estanques de gasolina. Otro medidor consiste en una varilla graduada, con un gancho que se sumerge en el seno del líquido y se levanta después hasta que el gancho rompe la superficie del líquido.

La distancia desde esta superficie hasta la parte superior del estanque representa indirectamente el nivel. Se emplea en estanques de agua a presión atmosférica.

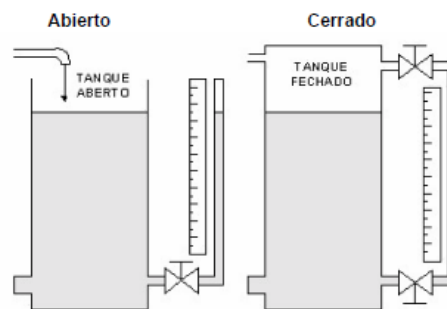


Fig. 16 Medidor de Sonda.

#### 2.- MEDIDOR DE CRISTAL

Consiste en un tubo de vidrio con sus extremos conectados a bloques metálicos y cerrados por prensaestopas que están unidos al estanque generalmente mediante tres válvulas, dos de cierre de seguridad en los extremos del tubo para impedir el escape del líquido en caso de rotura del cristal y una de purga. El líquido sube por el tubo hasta igualar el nivel del depósito.

Limitaciones:

- No soportan mucha presión
- No soportan mucha temperatura.
- No son resistentes a los impactos.
- No se pueden usar líquidos que manchen el interior del tubo.

También los hay de vidrio armado (piezas de vidrio y acero).

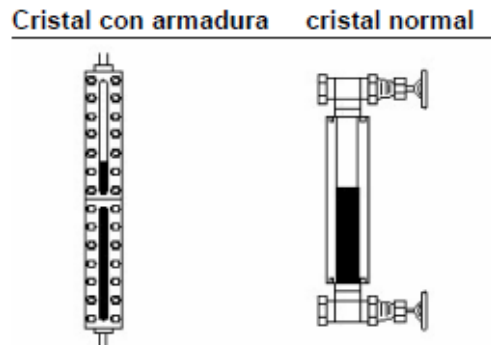


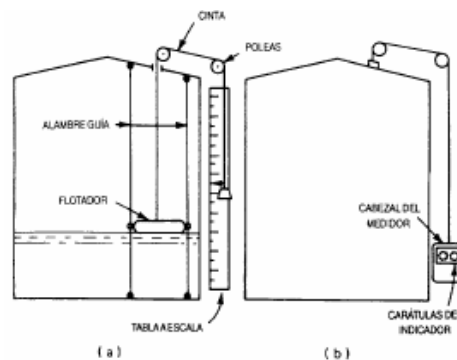
Fig. 17 Medidor de Cristal

### 3.-MEDIDOR DE NIVEL TIPO FLOTADOR

Constituido por un flotador pendiente de un cable, un juego de poleas, y un contrapeso exterior. Existen varios tipos los más usados son:

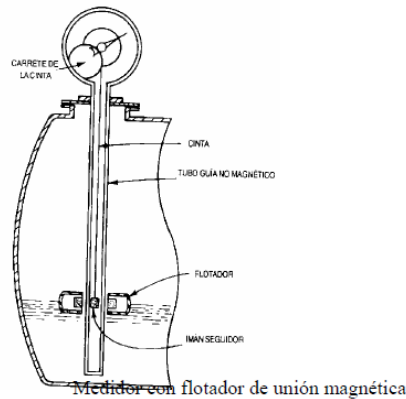
**MEDIDOR DE FLOTADOR TIPO REGLETA:** El contrapeso se mueve en sentido contrario al flotador por una regleta calibrada.

**MEDIDOR DE FLOTADOR DE UNIÓN MAGNÉTICA:** el flotador hueco que lleva en su interior un imán, se desplaza a través de un tubo guía vertical no magnético, el imán seguidor suspendido de una aguja mueve una aguja indicadora.



Medidores de flotador y cinta.  
 a) Indicador de tabla a escala.  
 b) Medidor de lectura en tierra

Fig. 18 Medidor de flotador tipo regleta.

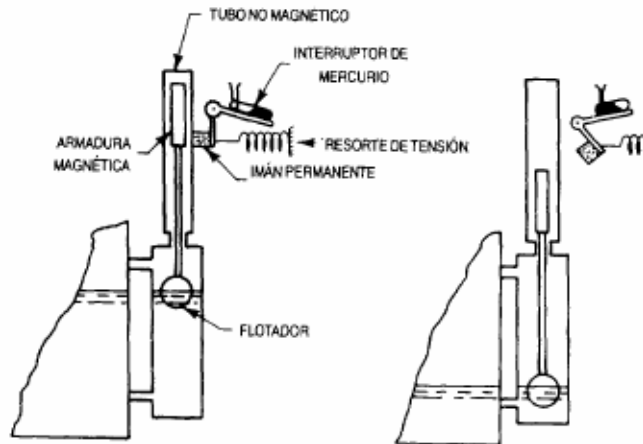


**Fig. 19 Medidor de Flotador de unión magnética.**

#### 4.- INTERRUPTOR DE NIVEL TIPO FLOTADOR

Consta de un flotador pendiente del techo del depósito por una barra a través de la cual transmite su movimiento a una ampolla de mercurio (la hace bascular) con un interruptor.

Si el nivel alcanza el flotador lo empuja en forma ascendente, ascendiendo si la fuerza supera el peso del flotador. Este movimiento es transmitido por la barra y el interruptor cambia de posición.



**Fig. 20 Interruptor de Nivel Tipo Flotador**

### 3.3.2 INSTRUMENTOS DE MEDICION APROVECHANDO LA PRESIÓN HIDROSTATICA

#### 5.- MEDIDOR DE NIVEL DEL TIPO DE PRESIÓN DIFERENCIAL.

Se usa para generalmente para recipientes bajo presión, el aparato computa la diferencia entre la presión total y la sobrepresión. Esta presión es la presión de la columna de líquido, que luego es convertida en una señal eléctrica. Si la densidad del líquido se conoce, la señal será directamente el nivel.

Tanque abierto: El nivel del líquido es proporcional a la presión en el fondo se coloca un medidor de presión.  $P = \rho gh$

Tanque cerrado: Diferencia de presión ejercida por el líquido en el fondo y la presión que tiene el depósito.

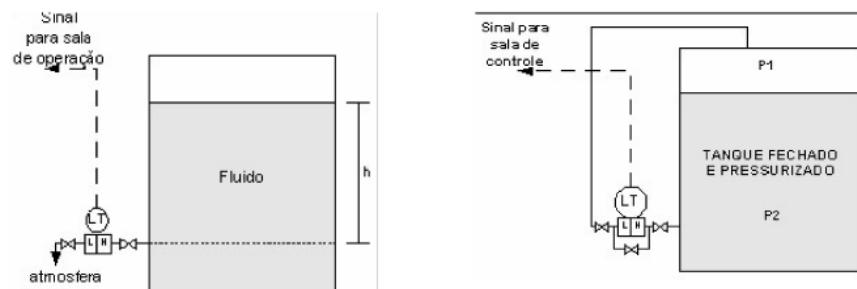


Fig. 21 Medidor de Nivel del Tipo Presión Diferencial

#### 6.- MEDIDOR DE NIVEL DEL TIPO BURBUJEO

Mediante un regulador de caudal se hace pasar por un tubo (sumergido en el depósito hasta el nivel mínimo), un pequeño caudal de aire o gas inerte hasta producir una corriente continua de burbujas. La presión requerida para producir el flujo continuo de burbujas es una medida de la columna de líquido.

Este sistema es muy ventajoso en aplicaciones con líquidos corrosivos con materiales en suspensión (el fluido no penetra en el medidor, ni en la tubería de conexión).

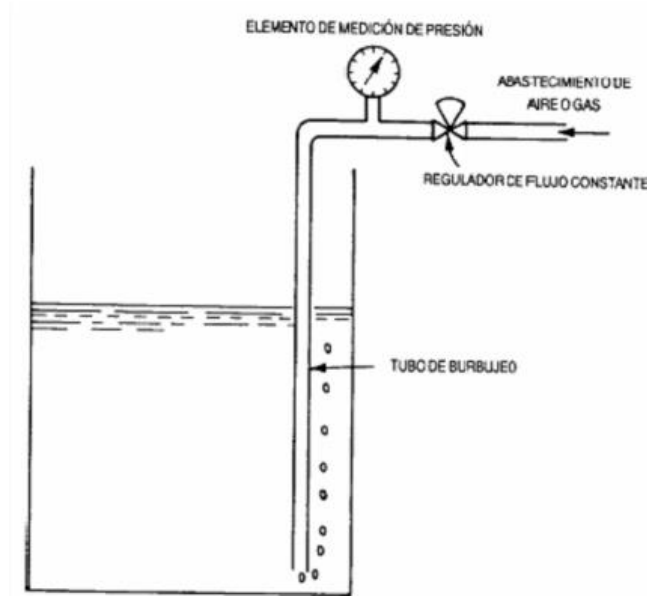


Fig. 22 Medidor de Nivel Tipo Burbujeo

### 3.3.3 MEDIDOR DE NIVEL APROVECHANDO LAS PROPIEDADES DEL LÍQUIDO

#### 7.- MEDIDOR DE NIVEL DEL TIPO RADIOACTIVO

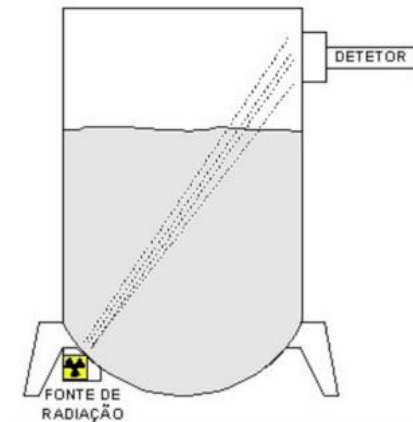
Consiste en un emisor de rayos gamma montado verticalmente en un lado del estanque y con un contador que transforma la radiación gamma recibida en una señal eléctrica de corriente continua. Como la transmisión de los rayos es inversamente proporcional a la masa del líquido en el estanque, la radiación captada por el receptor es inversamente proporcional al nivel del líquido ya que el material absorbe parte de la energía emitida.

Los rayos emitidos por la fuente son similares a los rayos X, pero de longitud de onda más corta. La fuente radiactiva pierde igualmente su radiactividad en función exponencial del tiempo. La vida media (es decir, el tiempo necesario para que el emisor pierda la mitad de su actividad) varía según la fuente empleada.

Las paredes del estanque absorben parte de la radiación y al detector llega sólo un pequeño porcentaje. Los detectores son, en general, detectores de cámara iónica y utilizan amplificadores de c.c. o de c.a.



El instrumento dispone de compensación de temperatura, de linealización de la señal de salida, y de reajuste de la pérdida de actividad de la fuente de radiación. Como desventajas en su aplicación figuran el blindaje de la fuente y el cumplimiento de las leyes sobre protección de radiación.



**Fig. 23 Medidor de nivel del tipo radioactivo.**

## 8.- MEDIDOR DE NIVEL DEL TIPO CAPACITIVO

Mide la capacidad del condensador formado por el electrodo sumergido en el líquido y las paredes del estanque. La capacidad del conjunto depende linealmente del nivel del líquido.

En fluidos no conductores se emplea un electrodo normal y la capacidad total del sistema se compone de la del líquido, la del gas superior y la de las conexiones superiores.

En fluidos conductores el electrodo está aislado usualmente con teflón interviniendo las capacidades adicionales entre el material aislante y el electrodo en la zona del líquido y del gas. La precisión de los transductores de capacidad es de  $\pm 1 \%$ .

Se caracterizan por no tener partes móviles, son ligeros, presentan una buena resistencia a la corrosión y son de fácil limpieza. Su campo de medida es prácticamente ilimitado. Tiene el inconveniente de que la temperatura puede afectar las constantes dieléctricas (0,1 % de aumento de la constante dieléctrica / °C) y de que los posibles contaminantes contenidos en el líquido puedan adherirse al electrodo variando su capacidad y falseando la lectura, en particular en el caso de líquidos conductores.

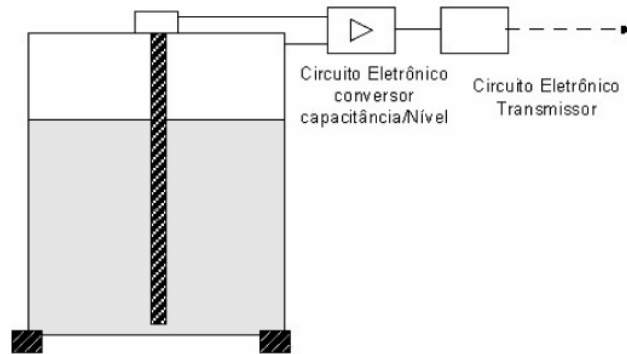


Fig. 24 Medidor de nivel del tipo capacitivo

## 9.- MEDIDOR DE NIVEL ULTRASÓNICO

Se basa en la emisión de un impulso ultrasónico a una superficie reflectante y la recepción del eco del mismo en un receptor. El retardo en la captación del eco depende del nivel del estanque. Los sensores trabajan a una frecuencia de unos 20 KHz. Estas ondas atraviesan con cierto amortiguamiento o reflexión el medio ambiente de gases o vapores y se reflejan en la superficie del sólido o del líquido.

La precisión de estos instrumentos es de  $\pm 1$  a 3 %. Son adecuados para todos los tipos de estanques y de líquidos o fangos pudiendo construirse a prueba de explosión. Presentan el inconveniente de ser sensibles a la densidad de los fluidos y de dar señales erróneas cuando la superficie del nivel del líquido no es nítida como es el caso de un líquido que forme espuma, ya que se producen falsos ecos de los ultrasonidos.

La utilización de la computadora permite, a través de un programa, almacenar el perfil ultrasónico del nivel, y así tener en cuenta las características particulares de la superficie del líquido, tal como la espuma, con lo cual se mejora la precisión de la medida.

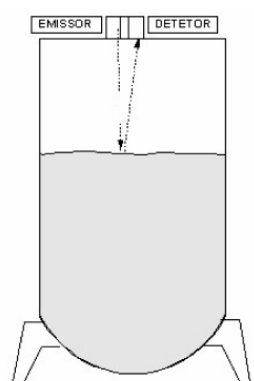


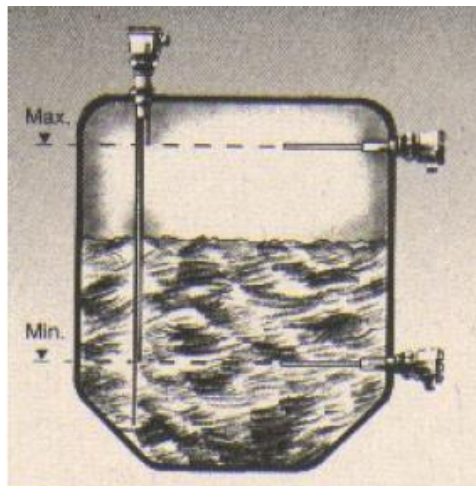
Fig. 25 Medidor de nivel del tipo ultrasónico.

## 10.- MEDIDOR DE NIVEL DEL TIPO CONDUCTIVÍMETRO O RESISTIVO

Consiste en uno o varios electrodos y un relé eléctrico o electrónico que es excitado cuando el líquido moja a dichos electrodos. El líquido debe ser lo suficientemente conductor como para excitar el circuito electrónico, y de este modo el aparato puede discriminar la separación entre el líquido y su vapor, tal como ocurre, por ejemplo, en el nivel de agua de una caldera de vapor.

La impedancia mínima es del orden de los 20 M $\Omega$ /cm, y la tensión de alimentación es alterna para evitar fenómenos de oxidación en las sondas por causa del fenómeno de la electrólisis. Cuando el líquido moja los electrodos se cierra el circuito electrónico y circula una corriente segura del orden de los 2 mA; el relé electrónico dispone de un temporizador de retardo que impide su enclavamiento ante una ola del nivel del líquido o ante cualquier perturbación momentánea o bien en su lugar se disponen dos electrodos poco separados enclavados eléctricamente en el circuito.

El instrumento es versátil, sin partes móviles, su campo de medida es grande con la limitación física de la longitud de los electrodos. El líquido contenido en el estanque debe tener un mínimo de conductividad y si su naturaleza lo exige, la corriente debe ser baja para evitar la deterioración del producto. Por otro lado, conviene que la sensibilidad del aparato sea ajustable para detectar la presencia de espuma en caso necesario.



**Fig.26 Medidor de nivel del tipo conductivímetro.**

## 11.- MEDIDOR DE NIVEL DEL TIPO VIBRANTE

Existen tanto para líquidos como para sólidos:

- Líquidos: existen para toda clase de líquidos. Es usado para seguridad y monitoreo de los límites superior e inferior de los tanques y en sistemas de bombas. Pueden usarse en aquellas aplicaciones donde no es posible utilizar un flotador, por ejemplo turbulencia, espuma.
- Sólidos: se usan en silos que contengan granos finos y sólidos en polvo, por ejemplo: trigo, uva, cereales, harina, leche en polvo, azúcar, cemento, plástico granulado, yeso, etc.

Principio de funcionamiento:

Es un sensor con forma de horquilla, que vibra a su frecuencia de resonancia. Esta frecuencia cambia cuando la horquilla se pone en contacto con el sólido o líquido contenido en el recipiente. El cambio de frecuencia es evaluado y convertido en una señal. Sirve para mediciones discretas.

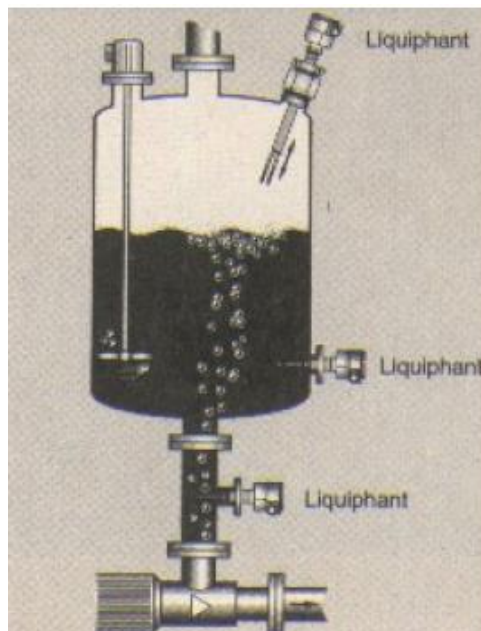


Fig. 27 Medidor de nivel del tipo vibrante



# **CAPITULO IV. CÁLCULO Y DISEÑO DEL NUEVO SISTEMA AUTOMATIZADO DE LAS CÁMARAS DE AIRE**

#### 4.1 PROPIEDADES DE LOS ELEMENTOS PARA LA AUTOMATIZACIÓN

A continuación se mostrará los componentes que necesitaremos para la automatización de las cámaras de aire contra golpe de ariete de la planta No.3 nueva.

Primeramente describiremos cada componente tanto mecánico como eléctrico, posteriormente se presentará el diseño y finalmente la cuantificación y valoración de los componentes a emplear.

Empezaremos con el sistema mecánico, cabe mencionar que todo el sistema mecánico está hecho de hierro maleable galvanizado esto debido sus excelentes propiedades mecánicas.

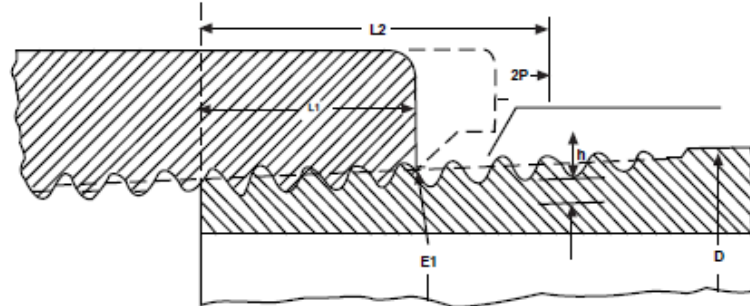
Los materiales usados en la manufactura de Conexiones de Hierro Maleable cumplen ampliamente los requerimientos mínimos establecidos por las normas de producto ASME/ANSI y están en base a la especificación ASTM A-197, presentando alta resistencia a los esfuerzos de expansión, contracción y choque de la tubería.

PROPIEDADES MECÁNICAS	ASTM A-197
Resistencia de la tensión, min, psi [MPa]	40,000 [275]
Punto de cedencia, psi [MPa]	30,000 [200]
Elongación en 2" [50 mm], min %	5 [5]

**Fig.28 Especificaciones de las conexiones de hierro galvanizado.**

De Igual manera cabe señalar que las conexiones que se emplean en el sistema mecánico, están constituidas por una rosca tipo NPT, este tipo de rosca garantiza en aplicaciones hidráulicas que haya cero fugas, y no exista corrosión entre las roscas a la hora de su aplicación. A continuación se observa una tabla con las especificaciones de las roscas NPT basada en la normatividad ANSI/ASME B 1.20.1 1983

**Tabla 5.- Dimensiones básicas para el para el estándar americano de conexiones (NPT) ANSI/ASME B1.20.1 1983**



El cono de la rosca es 0.75 pulgada/pie medida en el diámetro y a lo largo del eje. La cresta y el valle de la rosca de la conexión es cortada a un mínimo de 0.033 pulgadas.

**TABLA No. 2. DIMENSIONES BÁSICAS PARA EL ESTÁNDAR AMERICANO DE CONEXIONES NPT <sup>1</sup>**

TAMAÑO NOMINAL DEL TUBO	(D) DIÁMETRO EXTERIOR DEL TUBO	(E1) DIÁMETRO AL FINAL DE LA ROSCA INTERNA	(L 1) APRIETE A MANO NORMAL ENTRE LA ROSCA INTERNA Y EXTERNA	(L 2) LONGITUD EFECTIVA DE LA ROSCA	(P) PASO DE LA ROSCA	(h) ALTURA DE LA ROSCA	n HILOS POR PULGADA
1/8	0.405	0.37360	0.1615	0.2639	0.03704	0.02963	27
1/4	0.540	0.49163	0.2278	0.4018	0.05556	0.04444	18
3/8	0.675	0.62701	0.240	0.4078	0.05556	0.04444	18
1/2	0.840	0.77843	0.320	0.5337	0.07143	0.05714	14
3/4	1.050	0.98887	0.339	0.5457	0.07143	0.05714	14
1	1.315	1.23863	0.400	0.6828	0.08696	0.06957	11.5
1 1/4	1.660	1.58338	0.420	0.7068	0.08696	0.06957	11.5
1 1/2	1.900	1.82234	0.420	0.7235	0.08696	0.06957	11.5
2	2.375	2.29627	0.436	0.7565	0.08696	0.06957	11.5
2 1/2	2.875	2.76216	0.682	1.1375	0.12500	0.10000	8
3	3.500	3.38850	0.766	1.2000	0.12500	0.10000	8
4	4.500	4.38712	0.844	1.3000	0.12500	0.10000	8
6	6.625	6.50597	0.958	1.5125	0.12500	0.10000	8

<sup>1</sup> Dimensiones expresadas en pulgadas.

Las presiones y temperaturas para el uso de Conexiones de Hierro Maleable esta dada en la tabla No. 6. Estas relaciones de presión-temperatura son independientes del fluido contenido y son las máximas presiones (NON-SHOCK) que pueden ser aplicadas a las temperaturas tabuladas.

**Tabla 6. Rangos de temperatura y presión de conexiones roscadas de hierro maleable.**

TEMPERATURA °F	CLASE 150 (1) PSI	CLASE 300			
		MEDIDA			
		1/4" - 1"	1 1/4" - 2"	2 1/2" - 3"	4" - 6"
-20 HASTA 150	300	2000	1500	1000	800
200	265	1785	1350	910	735
250	225	1575	1200	825	675
300	185	1360	1050	735	610
350	150 (2)	1150	900	650	545
400	-	935	750	560	485
450	-	725	600	475	420
500	-	510	450	385	360
550	-	300	300	300	300

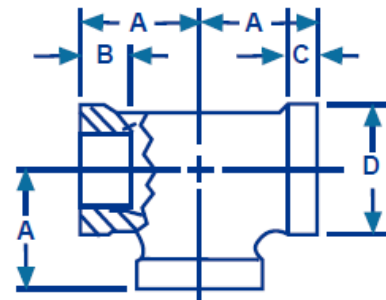
#### 4.2 LISTA DE LOS COMPONENTES A UTILIZAR EN LA AUTOMATIZACIÓN

Nota: Las dimensiones están listadas en las páginas siguientes debajo de cada artículo expresado en pulgadas solo para propósito de estimación.

##### 1.- REDUCCIÓN TE REFORZADA DE 1" a 1/2" DE HIERRO MALEABLE.



**Fig.29 Conexión Te reforzada de 1"**



**Fig.30 Dimensiones de la conexión Te reforzada**

**Tabla. 7 Medidas de la conexión Te Reforzada de 1"**

MEDIDA	A	B	C	D
1"	1.500	0.580	0.300	1.77



## 2.-NIPLES DE ACERO CEDULA 40

Los niples se fabrican a partir de tubo de acero soldado por el método de soldadura por resistencia eléctrica (BRW) de alta frecuencia sin material de aporte, cumpliendo con la norma ASTM A-53 para tubos cédula 40 y cédula 80.



Fig.31 Niple de Acero Cedula 40 de 1x5”

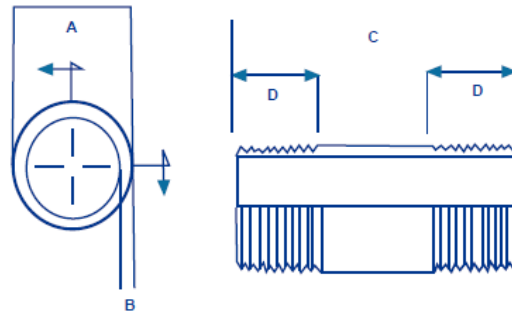


Fig.32 Dimensiones en pulgadas del Niple de Acero

Tabla No.8 Dimensiones del Niple de Acero Cedula 40

Diámetro del tubo cedula 40 (in)	A	B	C	D
1”	1.30 in	0.116 in	7 in	11.3 hilos por pulgadas

Diámetro del tubo cedula 40 (in)	A	B	C	D
1”	1.30 in	0.116 in	4.5 in	11.3 hilos por pulgadas

Diámetro del tubo cedula 40 (in)	A	B	C	D
1”	1.30 in	0.116 in	2.5 in	11.3 hilos por pulgadas

### 3.- TUERCA UNIÓN DE 1" DE HIERRO MALEABLE GALVANIZADO



Fig.33 Conexión Tuerca Unión de 1"

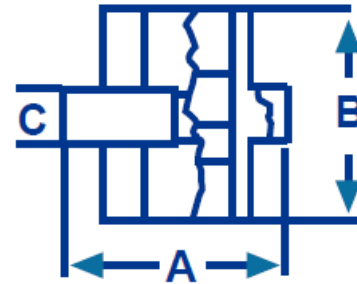


Fig.34 Dimensiones de Tuerca Unión de 1"

Tabla No. 9 Dimensiones de la Tuerca unión de 1"

MEDIDAS	A	B	C
1"	2.160	2.120	0.780

### 4.- PORTA ELECTRODO TIPO BUJÍA INYECTADO EN PVC

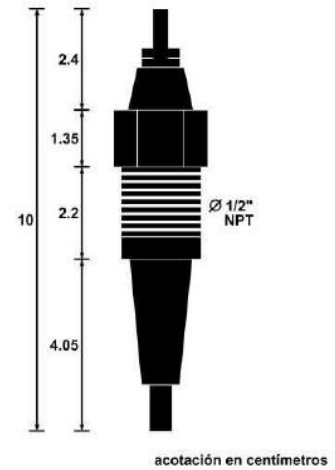


Fig. 35 Electroodos tipo bujia.

## 6.-ELECTRONIVEL DE 120/220V CON INDICADORES DE NIVEL MODELO EN-3

Tabla No.10 Especificaciones técnicas del electronivel.

Voltaje de alimentación	120/220 VCA., 50/60 CPS
Capacidad de los contactos	NA 12 amp. NC 8 amp. 1.5 CF a 220V
Vida útil a plena carga	200,000 operaciones
Resistencia del liquido	50 K $\Omega$ max.
Voltaje de los electrodos	18 VCA max.
Consumo	3 Watts max.
Largo del cable de los electrodos	300 mts. Max. (5000 mts. sobre pedido)
Temperatura de Operación	De -10 a +50 °C

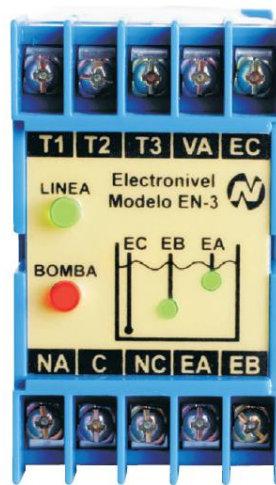


Fig.36 Electronivel Modelo EN-3

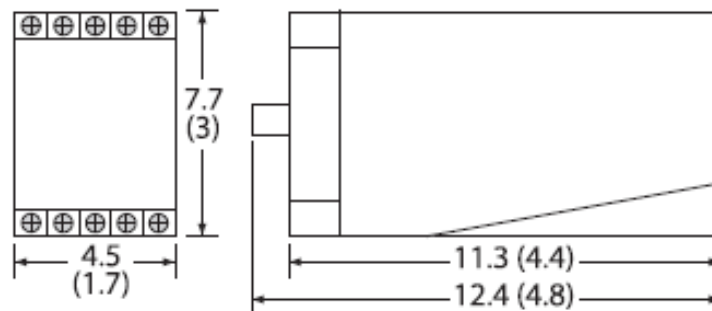


Fig.37 Dimensiones en mm (pulgadas) del Electronivel Modelo EN-3

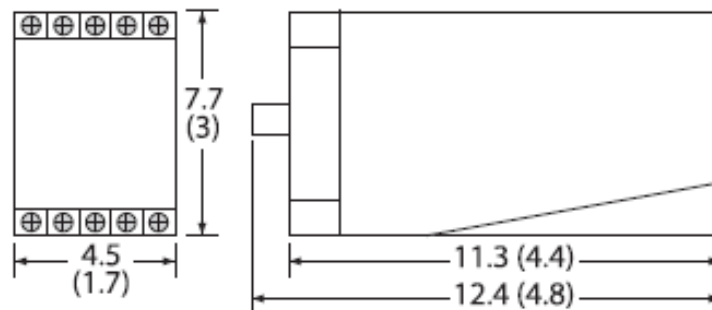
## 7.- RELEVADOR DE TIEMPO MULTIRANGO

**Tabla No.11 Especificaciones técnicas del relevador de tiempo multirango**

Voltaje de alimentación	120/220 VCA., 50/60 CPS
Capacidad de los contactos	NA 12 amp. NC 8 amp. 1.5 CF a 220V
Vida útil a plena carga	200,000 operaciones
Resistencia del liquido	50 K $\Omega$ max.
Voltaje de los electrodos	18 VCA max.
Consumo	3 Watts max.
Largo del cable de los electrodos	300 mts. Max. (5000 mts. sobre pedido)
Temperatura de Operación	De -10 a +50 °C



**Fig. 38 Relevador de tiempo multirango.**



**Fig.39 Dimensiones en mm (pulgadas) del relevador de tiempo multirango.**

## 8.- VÁLVULA SOLENOIDE DE BRONCE.



**Fig. 40 Válvula Solenoide de bronce**

**Tabla No.12 Especificaciones Técnicas de la válvula solenoide.**

Serie	KN6213-08
Fluido	Aire, agua y aceite
Presión de operación	4 a 145 psi (0.28 a 10.1945 $\frac{kg}{cm^2}$ )
Conexión	1" NPT
Máxima presión de trabajo	200 psi (14.0614 $\frac{kg}{cm^2}$ )
Temperatura de trabajo	-10 a 80°C
Estado Inicial	Normalmente Cerrada (NC)
Máxima Frecuencia	3 ciclos/seg.
Voltaje de Operación	24 VAC, 110 VAC, 220VAC
Material	Cuerpo de Bronce

## 9.- Caja condulet tipo FS-1 3/4"



**Fig. 41 Caja condulet tipo FS**

10.- Conector de uso rudo



Fig. 42 Conector uso rudo

11.- Tubo conduit 3 mts. 3/4" pared gruesa.



Fig. 43 Tubo conduit 3/4" pared gruesa

12.- Cable tipo cordón uso rudo 4x16



Fig. 44 Cable cordón uso rudo 4x16

### 4.3 DISEÑO EN SOLIDWORKS DEL NUEVO SISTEMA AUTOMATIZADO DE LAS CÁMARAS DE AIRE.

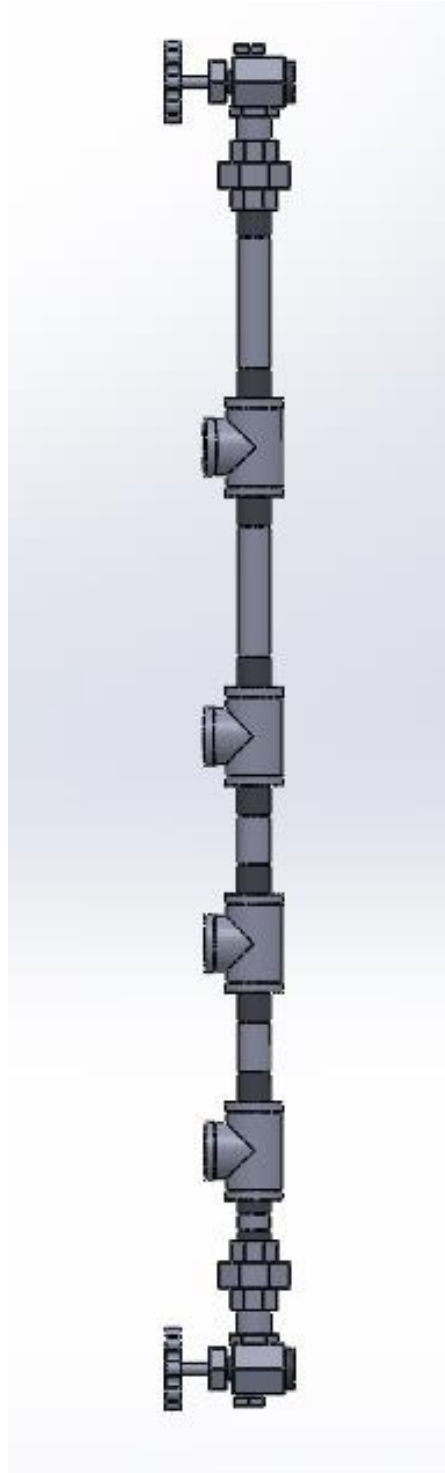


Fig. 45 Vista lateral derecha



Fig. 46 Vista Frontal







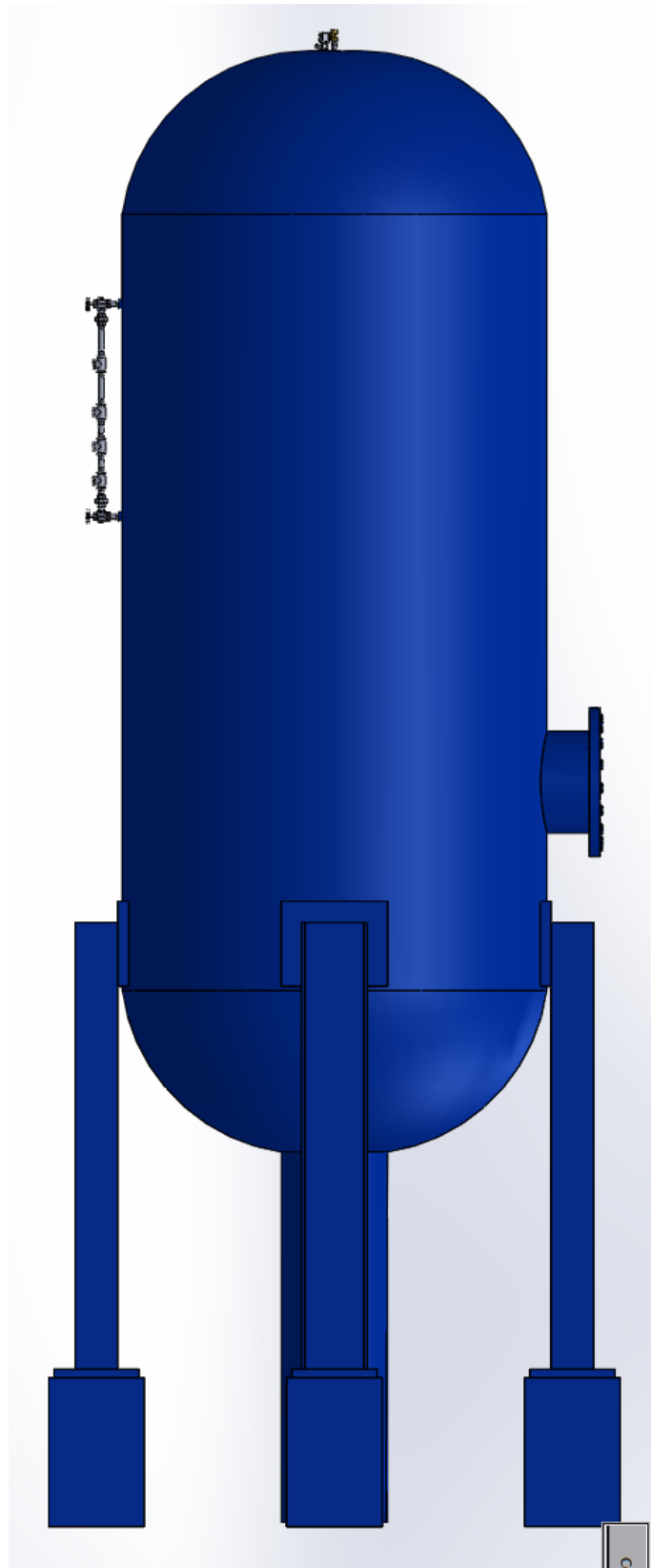


Fig. 49 Ensamble Cámara de aire-diseño automatizado

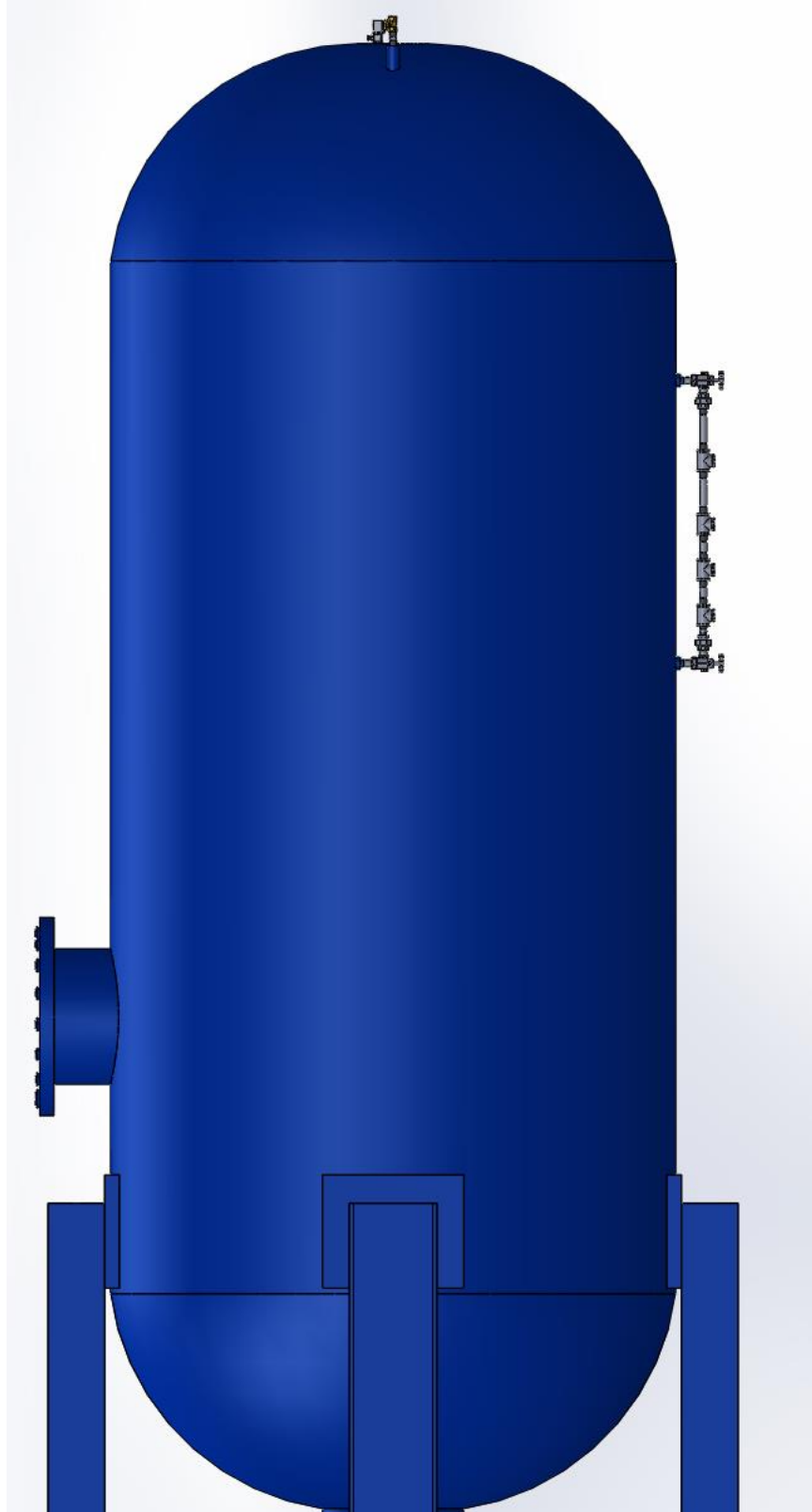
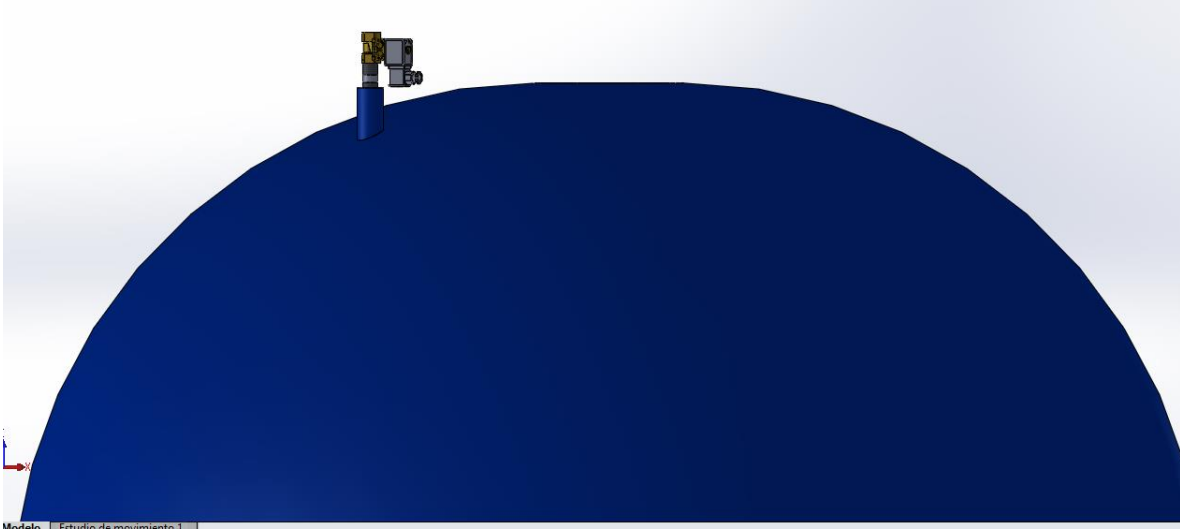


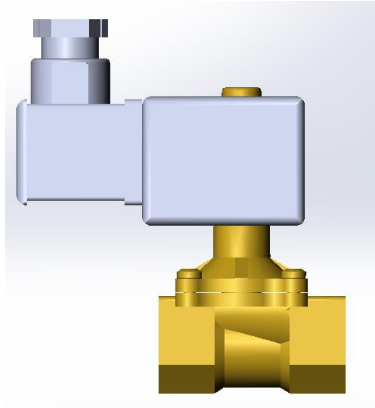
Fig.50 Ensamble Cámara de aire-diseño automatizado



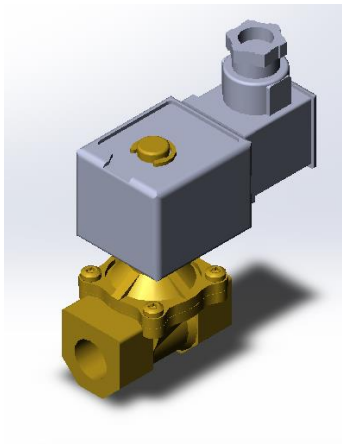
**Fig.51 Válvula solenoide ensamblada en la cámara de aire.**



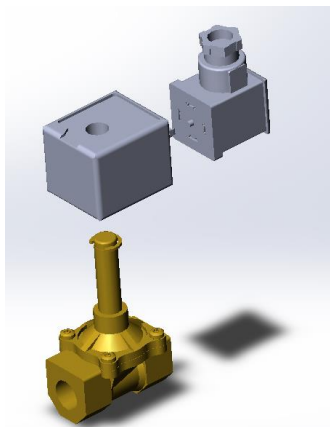
**Fig. 52 Válvula solenoide y el sistema de automatización ensamblada en la cámara de aire.**



**Fig. 53 Vista lateral derecha de la válvula solenoide**



**Fig. 54 Vista Isométrica de la válvula solenoide.**



**Fig. 55 Vista isométrica explosionada de la válvula solenoide**



# **CAPITULO V. CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE COSTOS DE LOS COMPONENTES A UTILIZAR EN LA AUTOMATIZACIÓN DE LAS CÁMARAS DE AIRE.**

## 5.1 CUANTIFICACIÓN DE LOS COMPONENTES PARA LA AUTOMATIZACIÓN

A continuación se muestra una tabla con los materiales que requerirá el proyecto de automatización.

**Tabla No.13 Elementos mecánicos requeridos para la automatización**

Elementos Mecánicos	Cantidad
Reducción te de 1"-1/2"-1" Hierro Galvanizado	4
Tuerca Unión de 1" Hierro Galvanizado	2
Niples de Acero Cedula 40 de 1"x7"	2
Niples de Acero Cedula 40 de 1"x2.5"	2
Niples de Acero Cedula 40 de 1"x4.5"	2
Conector uso rudo	2
Tubo conduit de 3/4" pared gruesa	2 (3 mts cada uno)
Caja condulet tipo FS-1 3/4"	2

**Tabla No.14 Elementos eléctricos requeridos para la automatización**

Elementos Eléctricos	Cantidad
Electronivel de 120/220V con indicador de nivel modelo EN-3	2
Electrodos	4
Válvula Solenoide conexión de 1"	1
Cable tipo cordón uso rudo 4x16	50 metros

Nota: Este listado está planificado para una sola cámara de aire, sin embargo, cuando se desee utilizar la segunda cámara de aire serán los mismos componentes que se usarán para que el sistema funcione perfectamente.



## 5.2 VALORACIÓN DE LOS COMPONENTES PARA LA AUTOMATIZACIÓN

Debido a que actualmente solo se encuentra en operación una sola cámara, se cotizaron los componentes correspondientes para esa cámara, posteriormente si la empresa decide hacer las reparaciones correspondientes para que opere la segunda cámara serán los mismos componentes y los mismos precios para automatizar la cámara faltante.

Tabla No.15 Valoración de todos los componentes requeridos para la automatización.

Cantidad	Descripción	Precio por Pieza	Total
4	Reducción te de 1"-1/2"-1" Hierro Galvanizado	\$62.72	\$250.88
2	Tuerca Unión de 1" Hierro Galvanizado	\$44.43	\$88.86
2	Niples de Acero Cedula 40 de 1"x7"	\$19.71	\$39.42
1	Niples de Acero Cedula 40 de 1"x4.5"	\$12	\$24
1	Niples de Acero Cedula 40 de 1"x2.5"	\$8	\$16
4	Porta-Electrodos tipo bujía rosca NPT	\$310	\$1240
2	Electronivel de 120/220V con indicadores de nivel, Modelo EN-3	\$1,116	\$2,333
1	Relé Temporizador	\$805	\$805
1	Válvula Solenoide conexión de 1"	\$757.90	\$757.90
1	Cable cordón uso rudo 4x16 (50 mts)	\$750	\$750
2	Conectores uso rudo	\$11.50	\$23
2	Tubo conduit 3 mts. 3/4" pared gruesa.	\$139	\$278
2	Caja conduit tipo FS-1 3/4"	\$60	\$120
		Total	\$6,726.06



# **CAPITULO VI. MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA AUTOMATIZADO DE LAS CÁMARAS DE AIRE**



# **MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL SISTEMA AUTOMATIZADO DE LAS CAMARAS DE AIRE CONTRA GOLPE DE ARIETE DE LA PLANTA DE REBOMBEO No.3 NUEVA**

**TEC. EDGAR ROMAN ZEPEDA**  
SUBDIRECCION DE PRODUCCION  
**ING. AMILCAR BEZARES AGUILAR**  
DEPARTAMENTO ELECTROMECHANICO  
**TEC. JUAN CARLOS AGUILAR RUIZ**  
JEFE DE AREA  
**HECTOR A. GONZALEZ LAZARO**  
RESIDENTE DE ING. MECANICA



## 6.1 PRESENTACIÓN

El presente manual de mantenimiento es una herramienta técnica, el cual guiará al operario y/o personal de mantenimiento de cómo realizar los procedimientos tanto de operación como de mantenimiento explicando de manera gráfica y descriptiva las actividades específicas de los procedimientos. Con esto podremos asegurar la calidad del servicio que presta el SMAPA, a la vez conservar los equipos y componentes del sistema de forma que ejecuten su función de una manera óptima y eficiente.

A través de este manual será posible identificar los elementos del sistema, la forma de operación, la descripción narrativa de los procedimientos y sus correspondientes diagramas a manera de que el lector pueda comprender y aplicar los pasos descritos en este documento.

La importancia del uso y aplicación del siguiente manual de operación y mantenimiento, radica en la información que este contiene, por lo tanto, es indispensable mantenerlo actualizado para que este cumpla su objetivo, que es proporcionar la información necesaria para el desarrollo de actividades y vigilar el cumplimiento de los estándares de calidad.



## 6.2 INTRODUCCION

Este manual cuenta con los recursos necesarios para el buen funcionamiento y durabilidad del sistema automatizado de las cámaras de aire, su adecuada planificación y ejecución, así como una activa participación tanto de los bomberos como del personal de mantenimiento asegurará un servicio de calidad.

Además contiene las indicaciones básicas que se deberán cumplir durante la instalación, operación y mantenimiento del sistema automatizado de las cámaras de aire. Por lo tanto, es indispensable que el instalador como el personal técnico responsable lean este manual y se familiaricen con el antes de iniciar el montaje.

Este manual deberá estar disponible permanentemente y cerca al equipo si es posible.

## 6.3 OBJETIVO

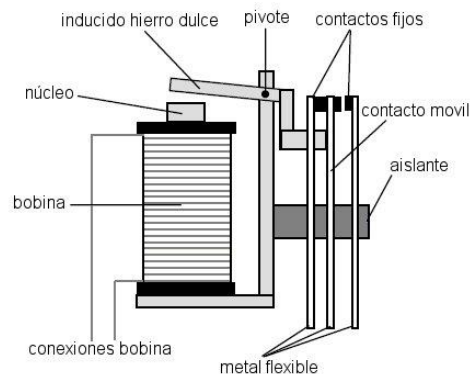
Establecer los conocimientos necesarios, para operar y mantener de manera confiable el sistema automatizado de las cámaras de aire contra golpe de ariete de la planta de rebombeo No.3 nueva garantizando la calidad y la continuidad del servicio, según las condiciones que fijan las normas técnicas pertinentes. De igual manera generar un alto nivel de seguridad y un ambiente de confort para todo el personal y desarrollar sus actividades con mayor eficiencia y tranquilidad.

## 6.4 COMPONENTES ELECTROMECHANICOS DEL SISTEMA AUTOMATIZADO DE LA PLANTA DE REBOMBEO No.3 NUEVA.

### 6.4.1 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO ELECTRICO.

#### 6.4.1.2 ELECTRONIVEL

**PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO:** Este componente basa su principio de funcionamiento en el de un relevador. Un relevador es un dispositivo electromagnético, funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes. Dado que el relé es capaz de controlar un circuito de salida de mayor potencia que el de entrada, puede considerarse, en un amplio sentido como un amplificador eléctrico.



**Fig.56 Partes que componen un relevador**

**APLICACIÓN:** Los electroniveles EN-3 controlan automáticamente la operación de la bomba con su contacto interno, incluyen led's que indican el nivel de agua en el depósito, la operación de la bomba y el bajo nivel de succión. El EN-3 se usa para mantener un depósito lleno o vacío y también para proteger bombas por bajo nivel de succión

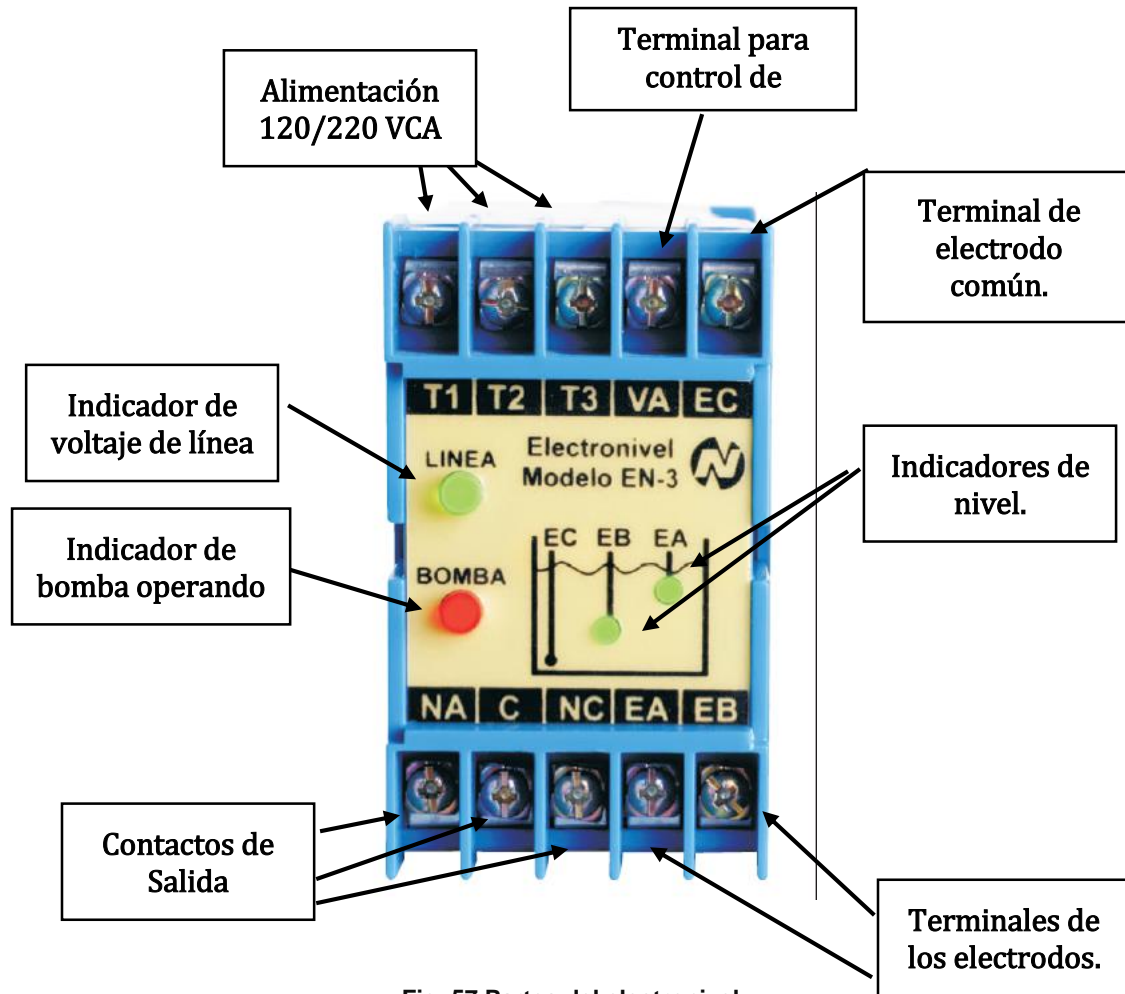


Fig. 57 Partes del electronivel.

**FUNCIONAMIENTO:** Los electroniveles detectan el nivel de líquido, midiendo la corriente eléctrica que pasa a través de él por medio de electrodos.

Para la detección de nivel se usan cuatro electrodos los cuales irán conectados a las terminales de los electroniveles. Electrodo común (EC), electrodo bajo (EB), electrodo medio (EM) y electrodo alto (EA).

El primer electronivel operará en modo de control de vaciado, el cual mantendrá el nivel del agua entre el electrodo alto (EA) que determina el nivel de arranque del motor que accionará al compresor y electrodo medio (EM) que determina el nivel de paro.



El segundo electronivel operará de manera normal, es decir, mantendrá el nivel del agua entre el electrodo medio (EM) y el electrodo bajo (EB).

La corriente pasa por el electrodo común (EC), circula por el agua hasta llegar al electrodo bajo (EB) detectando el nivel del líquido existente, al no pasar corriente por el electrodo medio (EM) no detecta nivel, debido a esto el electronivel cierra su contacto interno haciendo operar la válvula solenoide para expulsar aire permitiendo incrementar el nivel de líquido hasta llegar a la condición óptima. Cuando el electrodo medio (EM) detecta el nivel de agua, el electronivel abre su contacto interno el cual desactiva la válvula solenoide debido a que se ha llegado a la condición óptima de operación.

Caso contrario, cuando el electrodo alto (EA) entre en contacto con el agua, circulara una corriente al segundo electronivel que estará operando en modo control de vaciado a través de la terminal EA del mismo, este activara el contacto interno del electronivel permitiendo que circule la corriente hacia el relevador temporizador y este a su vez cuando se cumpla el tiempo al que fue programado, activará el arrancador el cual activará el motor del compresor para bajar el nivel de agua dentro de las cámaras de aire.

Posteriormente cuando el nivel de agua empiece a descender y entre en contacto con el electrodo medio (EM), circulara una corriente a través de la terminal EB del electronivel, este abrirá su contacto interno haciendo que el motor del compresor se apague de esta manera se asegura que el nivel de agua en las cámaras de aire se encuentre en condiciones óptimas de operación.

El funcionamiento de los electroniveles será repetitivo, debido a que su función es la de controlar el nivel de agua entre un máximo y un mínimo.



#### 6.4.1.2.1 PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO DEL ELECTRONIVEL.

##### INSPECCIÓN VISUAL

Inspeccionar el electronivel diariamente durante la operación normal del sistema, tomar en cuenta las siguientes precauciones necesarias.

- Mantener las distancias mínimas de seguridad con partes energizadas o en movimiento.
- Utilizar ropa y equipo de seguridad.
- No efectuar ningún tipo de reparación.

En la inspección diaria revisar:

- El ajuste de la tornillería de anclaje del equipo.
- Que el equipo no presente ruido anormal.
- Que la carcasa del electronivel no tenga abolladuras, grietas o señas de daños.
- Que no exista formación de sarro o algún otro agente en las terminales del electronivel que dificulte el paso de corriente.
- Observar que no exista agua o humedad en el equipo que pueda generar arcos eléctricos o cortocircuitos.
- El ajuste de tornillería de las terminales del electronivel.
- El estado de los cables, es decir, que no existan peladuras en el tramo del cable que pueda provocar una fuga eléctrica o un cortocircuito.

##### PRECAUCIÓN

- Evitar el contacto con el electronivel, debido a que la temperatura de la superficie puede ser superior a la temperatura que soporta la piel, provocando quemaduras.

##### MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Con el electronivel desenergizado, realizar el mantenimiento periódico:

- Limpiar la superficie exterior del electronivel, en presencia de polvo usar aire comprimido, con una distancia no mayor a 10 cm. Use lentes de protección para evitar que el polvo entre en sus ojos dificultándole la vista y de esta manera evitar un accidente.

- En caso de existir humedad en el electronivel, seque la superficie con estopa o trapo, asegúrese que el interruptor este en OFF para evitar posibles accidentes.
- Limpiar los contactos, en presencia de sarro u oxidación use una lija para quitar el material y un químico quitador de óxido. Use guantes, lentes, mascarilla o cubre bocas, debido a que en ocasiones los químicos contienen ácidos que pueden dificultar la respiración.
- Ajustar y/o reponer la tornillería de anclaje del electronivel.
- En caso de existir tramos de cable dañados o pelados proceda a la sustitución de estos. Antes de realizar este paso asegúrese que los interruptores que activan el electronivel estén en posición de OFF, de igual manera con un multímetro efectúe una medición comprobando que no haya corriente en el cable.

## PRECAUCIONES

- Antes de ajustar, aplicar a toda la tornillería un producto que permita aflojar las piezas pegadas por oxidación y evitar daños adicionales.

## MEDICIONES CON EL EQUIPO FUNCIONANDO.

Realizar las siguientes mediciones, después de llevar a cabo el mantenimiento preventivo.

- Voltaje de alimentación.
- Temperatura de operación del electronivel.
- Voltaje y amperaje de los contactos de salida hacia el motor.
- Voltaje de salida de los contactos a los electrodos.

Valorar las mediciones de acuerdo a las especificaciones del electronivel, verificando que estén dentro del rango de operación.

Voltaje de alimentación	120/220 VCA., 50/60 CPS
Capacidad de los contactos	NA 12 amp. NC 8 amp. 1.5 CF a 220V
Voltaje de los electrodos	18 VCA max.
Consumo	3 Watts max.
Temperatura de Operación	De -10 a +50 °C

En caso de que las mediciones no concuerden con el rango establecido en operación, reportarlo al jefe del departamento de mantenimiento, para tomar medidas más específicas.

#### 6.4.1.3 ELECTRODOS O SONDAS DE NIVEL

**DESCRIPCIÓN:** Los electrodos sirven para detectar el nivel de agua que existe en un depósito, ya se abierto o cerrado.

**FUNCIONAMIENTO:** En este sistema usaremos cuatro electrodos para una medición de cuatro niveles diferentes, un electrodo por cada nivel. Cada electrodo esta alimentado con tensión alterna para evitar fenómenos de oxidación en las sondas por causas del fenómeno de la electrolisis. Cuando el nivel de agua en el depósito entre en contacto con uno de los electrodos este variara su resistencia, debido a esto, la corriente que circula por el electrodo disminuirá, por lo que el electronivel detectara esta variación, ejecutando su función dependiendo del nivel de agua que exista dentro del sistema.



**Figura 58. Electrodo o sonda de nivel.**

Debido a que este componente no presenta partes móviles no existe un plan de mantenimiento de este, sin embargo presentamos una serie de actividades que ayudaran a que los electrodos funcionen de manera eficiente y aumentar la vida útil de los mismos.

### 6.4.1.3.1 PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO DE LOS ELECTRODOS DE NIVEL

#### INSPECCIÓN VISUAL

Inspeccionar los electrodos diariamente durante la operación normal del sistema, tomar en cuenta las siguientes precauciones necesarias.

- Mantener las distancias mínimas de seguridad con partes energizadas o en movimiento.
- Utilizar ropa y equipo de seguridad.
- No efectuar ningún tipo de reparación.

En la inspección diaria revisar:

- Que no haya formación de sarro u óxido en las terminales de los electrodos.
- Que la carcasa no presente abolladuras o golpes que afecten el funcionamiento de estos.
- No exista fuga de agua en la conexión del electrodo con la reducción te del sistema hidráulico.
- Ajuste de las tuercas de las terminales de los electrodos.
- Revisar el cableado de los electrodos, que no existan peladuras que puedan provocar un cortocircuito o fuga eléctrica.

#### PRECAUCIÓN

- Debido a que los electrodos están a cierta altura, utilizar las escaleras que están instaladas en las cámaras de aire, llevando consigo un cinturón con bandola, para prevenir accidentes en caso de una posible caída.

#### MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Con los electrodos desenergizado, realizar el mantenimiento periódico:

- Cerrar la válvula de seccionamiento que se encuentra en el sistema de los electrodos, para quitar toda presión que exista en el sistema.
- Con una llave perica proceda a retirar los electrodos.

- Limpie la superficie del electrodo que está en contacto con el agua, si es necesario utilice una lija y un líquido quita óxido en caso de que este lo presente, llevar consigo guantes, cubrebocas y lentes de protección.
- Limpie la rosa del electrodo, con una estopa o trapo. No use lija ya que este podría dañar la rosca debido al material de la carcasa del electrodo (PVC).
- En caso de que exista sarro u algún otro agente en la terminal de alimentación de corriente de los electrodos, limpiar con lija y líquido quita óxido, llevar consigo guantes, lentes de protección y cubrebocas.

#### 6.4.1.4 RELEVADOR TEMPORIZADOR MULTIRANGO

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO: El principio de funcionamiento que este componente utiliza es el mismo que el electronivel, la diferencia radica que el relevador temporizador como su nombre lo indica está diseñado para temporizar eventos en un sistema de automatización industrial, cerrando o abriendo contactos antes, durante o después del período de tiempo ajustado.

Estos aparatos son compactos y constan de:

- Un oscilador que proporciona impulsos.
- Un Contactor programable que proporciona impulsos.
- Una salida estática o de relé

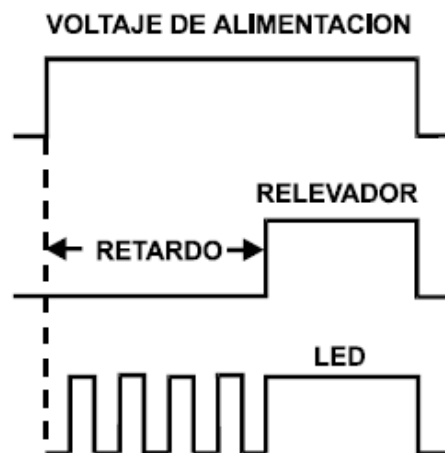


Fig. 59 Grafica del funcionamiento del relevador temporizador

**FUNCIONAMIENTO:** El Relevador de Tiempo modelo RTM es de retardo al energizar (On delay). Al aplicar el voltaje de alimentación a L1 y L2 (de 90 a 250 VCA), el LED de SALIDA enciende intermitentemente y el retardo se inicia.

Al transcurrir el retardo ajustado en la perilla, el LED de SALIDA se enciende permanentemente y se energiza el relevador interno, este se mantiene mientras quede aplicada la alimentación.

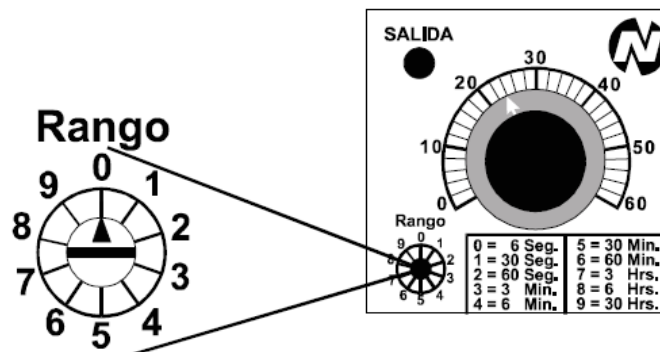
Si la alimentación es interrumpida en cualquier momento, el LED de SALIDA se apaga y el relevador está listo para iniciar otro ciclo.

El relevador temporizador trabajará de la mano con el electronivel que estará operando en control de vaciado y monitoreará al electrodo alto (EA) y al electrodo medio (EM).

De esta manera cuando el electronivel detecte el nivel por medio del electrodo alto (EA), este cerrará su contacto interno por lo que circulará una corriente eléctrica hasta el relevador temporizador haciendo que este empiece a su conteo programado, una vez cumplido cerrará su contacto interno y permitirá el flujo de corriente hacia el arrancador del motor de compresor que inmediatamente entrará en operación para disminuir el nivel de agua en la cámara de aire. Cuando el electronivel detecte el nivel de agua por medio del electrodo medio (EM) este abrirá su contacto haciendo que el relevador temporizador se desactive, por lo consiguiente el motor del compresor se apagará. El relevador temporizador volverá ejecutar su función cuando vuelva a recibir la corriente eléctrica por medio del electronivel.

#### AJUSTE DEL RANGO DE TIEMPO DE TEMPORIZACIÓN DEL RELEVADOR.

Con un desarmador pequeño seleccione el rango de tiempo deseado en el selector que se muestra en el dibujo de abajo.



**Fig. 60** Dibujo representativo del ajuste de tiempo del relevador temporizador.

0	0-6 Seg.	5	0-30 Min.
1	0-30 Seg.	6	0-60 Min.
2	0-60 Seg.	7	0-3 Hrs.
3	0-3 Min.	8	0-6 Hrs.
4	0-6 Min.	9	0-30 Hrs.

Fig. 61 Rangos de tiempo del relevador temporizador

#### 6.4.1.4.1 PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO DEL RELEVADOR MULTIRANGO

##### INSPECCIÓN VISUAL

Inspeccionar el relevador temporizador diariamente durante la operación normal del sistema, tomar en cuenta las siguientes precauciones necesarias.

- Mantener las distancias mínimas de seguridad con partes energizadas o en movimiento.
- Utilizar ropa y equipo de seguridad.
- No efectuar ningún tipo de reparación.

En la inspección diaria revisar:

- El ajuste de la tornillería de anclaje del equipo.
- Que el equipo no presente ruido anormal.
- Que la carcasa del relevador no tenga abolladuras, grietas o señas de daños.
- Que no exista formación de sarro o algún otro agente en las terminales del relevador que dificulte el paso de corriente.
- Observar que no exista agua o humedad en el equipo que pueda generar arcos eléctricos o cortocircuitos.
- El ajuste de tornillería de las terminales del relevador.
- El estado de los cables, es decir, que no existan peladuras en el tramo del cable que pueda provocar una fuga eléctrica o un cortocircuito.

## PRECAUCIÓN

- Evitar el contacto con el relevador, debido a que la temperatura de la superficie puede ser superior a la temperatura que soporta la piel, provocando quemaduras.

## MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Con el relevador temporizador desenergizado, realizar el mantenimiento periódico:

- Limpiar la superficie exterior del relevador, en presencia de polvo usar aire comprimido, con una distancia no mayor a 10 cm. Use lentes de protección para evitar que el polvo entre en sus ojos dificultándole la vista y de esta manera evitar un accidente.
- En caso de existir humedad en el relevador, seque la superficie con estopa o trapo, asegúrese que el interruptor este en OFF para evitar posibles accidentes.
- Limpiar los contactos, en presencia de sarro u oxidación use una lija para quitar el material y un químico quitador de óxido. Use guantes, lentes, mascarilla o cubre bocas, debido a que en ocasiones los químicos contienen ácidos que pueden dificultar la respiración.
- Ajustar y/o reponer la tornillería de anclaje del relevador.
- En caso de existir tramos de cable dañados o pelados proceda a la sustitución de estos. Antes de realizar este paso asegúrese que los interruptores que activan el relevador estén en posición de OFF, de igual manera con un multímetro efectúe una medición comprobando que no haya corriente en el cable.

## PRECAUCIONES

- Antes de ajustar, aplicar a toda la tornillería un producto que permita aflojar las piezas pegadas por oxidación y evitar daños adicionales.

## MEDICIONES CON EL EQUIPO FUNCIONANDO.

Realizar las siguientes mediciones, después de llevar a cabo el mantenimiento preventivo.

- Voltaje de alimentación.
- Temperatura de operación del electronivel.
- Voltaje y amperaje de los contactos de salida hacia el motor.



Valorar las mediciones de acuerdo a las especificaciones del electronivel, verificando que estén dentro del rango de operación.

Voltaje de alimentación	De 90 a 250 V.C.A., 50/60 CPS
Capacidad de los contactos	DPDT 8 Amp. 250 V.C.A resistivos
Tiempo de restablecimiento	90 mseg.
Temperatura de Operación	De -10 a +60 °C

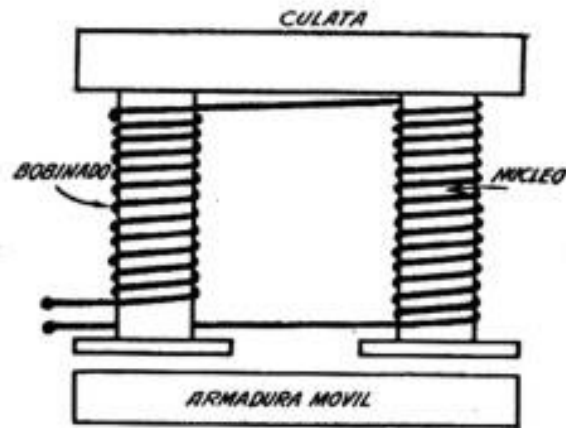
#### 6.4.1.5 VALVULA SOLENOIDE EXPULSORA DE AIRE

Una válvula solenoide es una válvula eléctrica utilizada para controlar el paso de gas (sistemas neumáticos) o fluidos (sistemas hidráulicos). La apertura o cierre de la válvula se basa en impulsos electromagnéticos de un solenoide (un electroimán) que trabaja junto a un muelle diseñado para devolver a la válvula a su posición neutral cuándo el solenoide se desactiva.



**Fig. 62 Válvula Solenoide**

**PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO:** La válvula solenoide usa el principio del electroimán, un electroimán es un conjunto formado por una bobina y un núcleo de hierro colocada en el interior de la misma. El núcleo de hierro se imanta por influencia del campo magnético creado por la bobina durante todo el tiempo que dure el paso de corriente por sus espiras, resultando un campo más intenso que el producido por la bobina.



**Fig.63 Representación de un electroimán**

**APLICACIÓN:** La válvula solenoide se utilizará en el sistema para regular el nivel de aire dentro de las cámaras, este se accionará cuando exista un exceso de aire el cual será expulsado hasta llegar a las condiciones óptimas de funcionamiento.

**FUNCIONAMIENTO:** La válvula solenoide trabajará en conjunto con el segundo electronivel que no estará trabajando en modo control de vaciado. Cuando el electronivel detecte nivel del agua por medio del electrodo bajo (EB) este cerrará su contacto interno e inmediatamente circulará una corriente eléctrica a través de la bobina de la válvula que generará un campo electromagnético en el interior, un embolo fabricado de metal ferroso será atraído por la fuerza electromagnética hacia el centro de la bobina, lo que proporcionará el movimiento necesario para accionar la válvula y comenzará a expulsar el aire excesivo dentro de las cámaras. Una vez activada la válvula se mantendrá abierta o cerrada hasta que se corte la corriente eléctrica y desaparezca el campo electromagnético del solenoide.

Cuando el nivel de agua llegue al electrodo medio (EM) el electrodo enviará la señal para que el electronivel interrumpa la corriente, en ese momento un muelle o resorte empuja el embolo de la válvula solenoide hacia su posición original cambiando el estado de la válvula a normalmente cerrado, interrumpiendo la expulsión de aire dentro de las cámaras.

#### 6.4.1.5.1 PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO DE LA VALVULA SOLENOIDE

Para asegurar un buen funcionamiento de la válvula es necesario efectuar una inspección visual periódicamente así como también un mantenimiento preventivo, que asegure que la válvula ejecutará su función de una manera eficiente y segura, para mantener el buen funcionamiento de todo el sistema contra golpe de ariete.

##### INSPECCION VISUAL

Inspeccionar la válvula solenoide diariamente durante la operación normal del sistema, tomar en cuenta las siguientes precauciones necesarias.

- Mantener las distancias mínimas de seguridad con partes energizadas o en movimiento.
- Utilizar ropa y equipo de seguridad.
- No efectuar ningún tipo de reparación.

En la inspección diaria revisar:

- Que el equipo no presente ruido anormal.
- Que no exista formación de sarro o algún otro agente
- Observar que no exista agua o humedad en el equipo que pueda generar arcos eléctricos o cortocircuitos.
- El estado de los cables, es decir, que no existan peladuras en el tramo del cable que pueda provocar una fuga eléctrica o un cortocircuito.
- Observar que no exista fuga de aire al no estar en operación.

##### PRECAUCIÓN

- Evitar el contacto con la bobina de la válvula solenoide, debido a que la temperatura de la superficie puede ser superior a la temperatura que soporta la piel, provocando quemaduras.

## MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Cada mes realizar un mantenimiento periódico a la válvula solenoide, para eso es necesario eliminar toda presión que exista dentro del tanque de almacenamiento.

Una vez el sistema este fuera de presiones efectué los siguientes pasos.

- Desmonte la válvula solenoide y observe si existen partículas que impidan la expulsión del aire, en caso de que existan retírelas.
- Limpie la entrada y salida de aire de la válvula solenoide.
- Compruebe el sistema eléctrico conectando el solenoide. Un clic metálico significa que el solenoide está funcionando. La ausencia de clic indica pérdida de suministro eléctrico.
- Energice la válvula y haga pasar aire a presión por está mientras este energizada, esto con el objetivo de expulsar partículas que hayan quedado atrapadas dentro de la válvula.

## MEDICIONES CON EL EQUIPO FUNCIONANDO.

Realizar las siguientes mediciones, después de llevar a cabo el mantenimiento preventivo.

- Voltaje de alimentación.
- Temperatura de operación de la válvula solenoide.
- Presión de trabajo (en este caso, la presión a la que trabajan las cámaras de aire).

Valorar las mediciones de acuerdo a las especificaciones de la válvula solenoide, verificando que estén dentro del rango de operación.

Voltaje de alimentación	220 V
Temperatura de Operación	De -10 a +80 °C
Presión de Trabajo (trabajo, máxima)	$10 \frac{Kg}{cm^2}$ (142.233 psi), $15 \frac{Kg}{cm^2}$ (213.35 psi)

### 6.5 DIAGRAMA UNIFILAR DEL SISTEMA AUTOMATIZADO DE LAS CÁMARAS DE AIRE

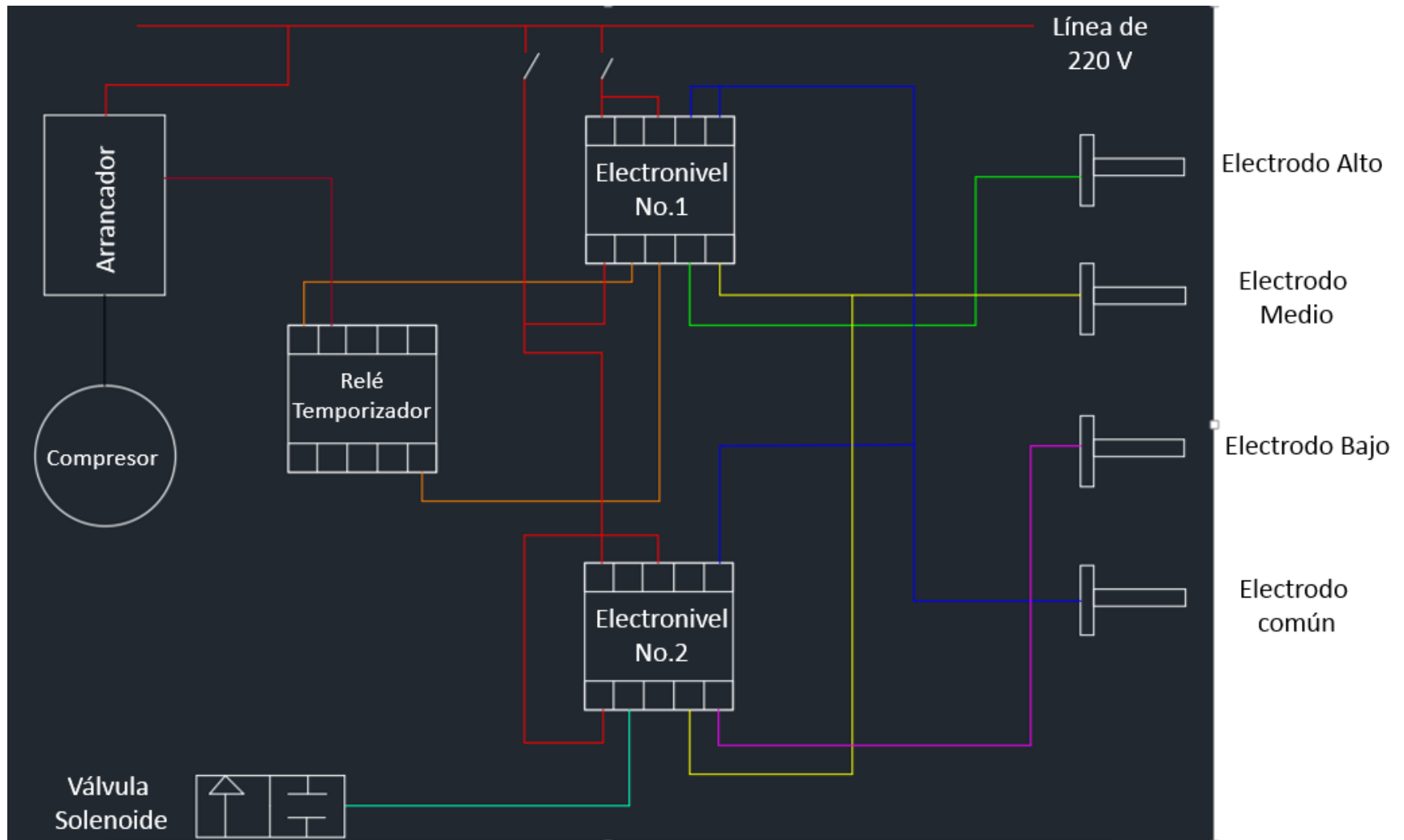


Fig. 64 Diagrama Unifilar del sistema automatizado contra golpe de ariete

## 6.6 DESCRIPCION DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA AUTOMATIZADO

Electronivel No.1: Estará operando en modo de control de vaciado, el cual se obtiene al puentear la terminal VA con la terminal EC del electronivel. Este estará monitoreando el nivel del agua entre el electrodo medio y el electrodo alto, a su vez trabajará con el relevador multirango y el arrancador del motor de compresor, juntos accionaran al compresor dependiendo del nivel de líquido que exista en las cámaras.

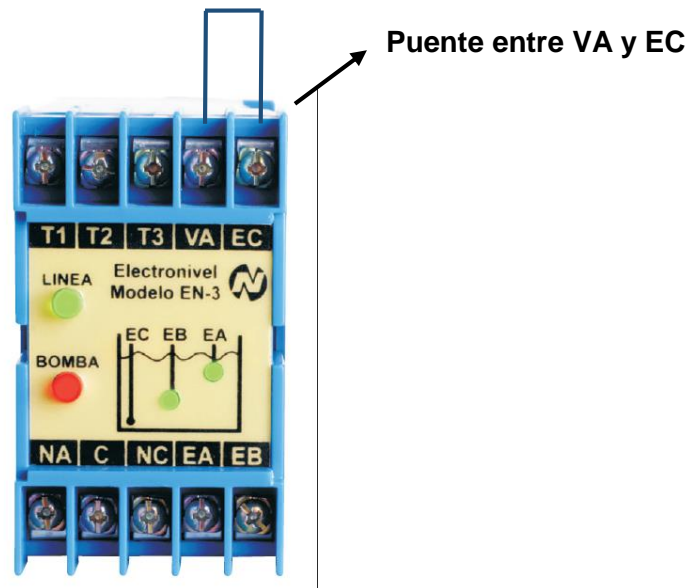


Fig. 65 Puente entre Va y EC

Electronivel No.2: Monitoreará el nivel del agua entre el electrodo bajo y el electrodo medio, en conjunto con la válvula solenoide mantendrá el nivel del agua en las condiciones óptimas de operación.

Relevador Multirango: Recibirá la señal del electronivel No.1 para empezar su función de retardo, una vez cumplido el tiempo programado activara el arrancador del motor de compresor para mantener el nivel de agua optimo dentro de las cámaras.

Válvula Solenoide: Trabajará en conjunto con el electronivel No.2 que estará monitoreando el nivel del líquido entre el electrodo medio (EM) y el electrodo bajo (EB), cuando reciba la señal del electronivel se activará y expulsará el aire excesivo dentro de la cámara de aire.



## CONCLUSION

Con el nuevo sistema automatizado de las cámaras de aire que se presenta en este documento, se le ofrece a la empresa “SMAPA” la gran oportunidad de progresar en la forma de operación de la misma.

Recordemos que tanto los recursos económicos, como los energéticos son bienes escasos, por tal motivo es importante resaltar el énfasis de este trabajo en buscar la optimización del sistema, pues no basta solo con proyectar un diseño funcional, sino que es de gran importancia que sea altamente eficiente y efectivo.

Como se ha descrito a lo largo de todo este documento la automatización de las cámaras es de suma importancia para prevenir el fenómeno de golpe de ariete, con esto garantizamos protección a los equipos de bombeo y a la línea de conducción de 36” de diámetro y a su vez, cuidamos la economía de la empresa en cuestiones de reparaciones si el fenómeno llegará a ocurrir.

Es importante hacer las modificaciones que se proponen en este proyecto, contando con el apoyo económico de la gerencia de la empresa, debido a que todo lo presentado aquí es para que la empresa obtenga grandes beneficios siempre y cuando la empresa lo aplique adecuadamente y los objetivos sean los que se mencionan al inicio de este manual.

De manera personal el desarrollo de este proyecto me permitió integrar las habilidades adquiridas durante toda mi formación profesional, así mismo requirió de aplicar los conocimientos individuales de diversas asignaturas como mecánica de fluidos, automatización industrial, diseño mecánico, diseño asistido por computadora, mantenimiento industrial, hidráulica, entre otras, para conjuntarlos en la elaboración total de este ejercicio pues de otra forma los resultados parciales carecerían de sentido práctico.

## RECOMENDACIONES

- Capacitar para el uso adecuado de las herramientas y los equipos de trabajo, inclusive del equipo de protección personal que la empresa debe proporcionarle a sus trabajadores.
- Llevar a cabo tanto la inspección diaria como el mantenimiento que se mencionan en este documento al pie de la letra.
- Conservar en condiciones higiénicas las instalaciones para crear un lugar agradable de trabajo.
- Llevar un registro de todos los accidentes e incidentes de trabajo que ocurran en la organización.
- Aplicar proyectos de automatización en diversos procesos de las plantas de rebombeo como por ejemplo controlar el nivel de agua dentro de los tanques, alternancia en la operación de los equipos de bombeo, detecciones automáticas de fallas en el suministro de energía eléctrica, entre otros procesos, que mejoran el funcionamiento en general de toda la planta de rebombeo.





## ANEXOS

### NOMECLATURA

$P_1$	Presión 1	$[\frac{kg}{cm^2}, Psi]$
$P_2$	Presión 2	$[\frac{kg}{cm^2}, Psi]$
$P_3$	Presión 3	$[\frac{kg}{cm^2}, Psi]$
$P_4$	Presión 4	$[\frac{kg}{cm^2}, Psi]$
$V_1$	Volumen 1	$[m^3]$
$V_2$	Volumen 2	$[m^3]$
$V_3$	Volumen 3	$[m^3]$
$V_4$	Volumen 4	$[m^3]$
Lps	Litros por segundo	$[\frac{lbs}{s}], [\frac{m^3}{s}]$
C.C.	Corriente Continua	A (amperes)
C.A.	Corriente Alterna	A (amperes)



## REFERENCIAS DOCUMENTALES

Antonio Creus Sole. Instrumentación Industrial (6ta. Edición). Editorial Alfa Omega.

Antonio Ferrecio Nosiglia. Criterios para la elaboración de manuales de operación y mantenimiento de estaciones de bombeo específicas. [en línea]. Disponible en: <<<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan/017069/017069-22.pdf>>>

Avid Roman Gonzalez. Automatización Industrial. [en línea]. Disponible en: <<[http://www.avidromangonzalez.com/Teaching/AUTOMATIZACION\\_INDUSTRIAL.pdf](http://www.avidromangonzalez.com/Teaching/AUTOMATIZACION_INDUSTRIAL.pdf)>>

Carlos Bordóns Alba. Sensores y acondicionamiento de señal. [en línea]. Disponible en: <<[http://www.esi2.us.es/~fsalas/asignaturas/CA3II06\\_07/Sensores%20y%20actuadores.pdf](http://www.esi2.us.es/~fsalas/asignaturas/CA3II06_07/Sensores%20y%20actuadores.pdf)>>

Cuartas Pérez Luis Alberto, ¿Qué es el mantenimiento mecánico? [en línea]. Disponible en: <<[http://www.unalmed.edu.co/tmp/curso\\_concurso/area3/QUE\\_ES\\_EL\\_MANTENIMIENTO\\_MECANICO.pdf](http://www.unalmed.edu.co/tmp/curso_concurso/area3/QUE_ES_EL_MANTENIMIENTO_MECANICO.pdf)>>

Conexiones Cifunsa, Todo para la instalación hidráulica. Cotizaciones [en línea]. Disponible en: <<<http://www.fluida.com.mx/catalogo-de-productos/>>>

Eumar Leal. Sensores de Nivel. [en línea]. Disponible en: <<<https://angelarenaspariona.files.wordpress.com/2014/04/sensores-de-nivel.pdf>>>

Jezdimir Knezevic. Mantenimiento. (10ma. Edición). Editorial Prialé.

LH controles automáticos S.A de C.V. Cotizaciones. [en línea]. Disponible en: <<<http://www.lhcontrol.com/esp/esp.html>>>

Líneas Hidráulicas S.A. de C.V. todo para el agua. Cotizaciones [en línea]. Disponible en: <<http://lineashidraulicas.com.mx/>>>



Luis Fernando Abellan Carmona. Sensores de nivel utilizados en la automatización industrial. [en línea]. Disponible en: <<[http://eie.ucr.ac.cr/uploads/file/proybach/pb\\_08\\_II/pb0803t.pdf](http://eie.ucr.ac.cr/uploads/file/proybach/pb_08_II/pb0803t.pdf)>>

Maria Belén Muñoz Abella. Mantenimiento Industrial. [en línea]. Disponible en: <<<http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/tecnologia-de-maquinas/material-de-clase/1/MANTENIMIENTO.pdf>>>

Nassar Electronics. Soluciones innovadoras de control, protecciones y automatización. Cotizaciones. [en línea]. Disponible en: <<<http://www.nassarelectronics.com/index.php>>>

NEUMAK S.A de C.V. Equipos para la automatización y control de sus procesos. Cotizaciones. [en línea]. Disponible en: <<<http://www.neumak.com/>>>

Pere Ponsa, Toni Granollers. Diseño y automatización industrial. [en línea]. Disponible en: <<<http://www.epsevg.upc.edu/hcd/material/lecturas/interfaz.pdf>>>

Schneider Electric. Automatización y control. Cotizaciones. [en línea]. Disponible en: <<<http://www.schneider-electric.com.mx/es/all-products?Business=1>>>

Tomás A. R. Fucci. Mantenimiento. [en línea]. Disponible en: <<<http://www.unlu.edu.ar/~ope20156/pdf/mantenimiento.pdf>>>