

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**



**MODERNIZACION DEL SISTEMA DE  
DISTRIBUCIÓN DE AGUA EN UN EDIFICIO  
RESIDENCIAL MEDIANTE EL USO DE  
VARIADORES DE VELOCIDAD ELECTRÓNICOS**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO MECANICO – ELECTRICISTA**

**LUIS ALBERTO GARCIA PALOMINO**

**PROMOCION 1998 – II**

**LIMA 2003**

A Dios.

A mis Padres , abuela y  
hermanas por todo el esfuerzo  
que realizaron en mi educación.

## INDICE

<b>PROLOGO.</b>	<b>1</b>
<b>1. INTRODUCCION.</b>	<b>4</b>
<b>2. FUNDAMENTO TEORICO.</b>	<b>7</b>
2.1 Bombas centrífugas.	7
2.1.1 Definición.	7
2.1.2 Cálculo de la potencia consumida por la bomba.	8
2.1.3 Leyes de afinidad.	9
2.1.4 Acoplamiento de bombas .	10
2.1.4.1 Curva de operación del sistema.	10
2.1.4.2 Acoplamiento de bombas en paralelo.	13
2.2 Sistemas de bombeo a velocidad fija.	14
2.2.1 Control de presión.	15
2.2.1.1 Arrancado la segunda bomba.	18
2.2.1.2 Parando la segunda bomba.	18
2.2.1.3 Rol del tanque hidroneumático.	20
2.2.1.4 Ciclo de tiempo.	21
2.3 Sistema de bombeo con uso de Tanque hidroneumático.	26
2.3.1 Ciclo de operación.	27
2.4 Sistemas de bombeo a velocidad variable.	28
2.4.1 Influencia de la velocidad sobre el comportamiento de la bomba.	28

2.4.2	Acople en paralelo de varias bombas de velocidad fija con una bomba de velocidad variable	29
2.4.3	Principio de funcionamiento del variador de velocidad electrónico	30
2.4.4	Control de presión	32
2.4.5	Control de presión compensado	39
	2.4.5.1 Descripción del problema	39
	2.4.5.2 Alternativas de solución	40
	2.4.5.2.1 Movimiento del sensor de presión	40
	2.4.5.2.2 Compensación de pérdidas	41
2.4.6	Alternativas de solución para sistemas de bombeo a velocidad variable	44
	2.4.6.1 Solución punto a punto	44
	2.4.6.2 Solución cascada	44
	2.4.6.2.1 Opciones de trabajo en solución cascada	46
	2.4.6.2.2 Selección de la secuencia de la bomba auxiliar	47
	2.4.6.2.3 Operación del sistema usando un tiempo de operación relativo limitado	48
	2.4.6.2.4 Controlando una bomba auxiliar	48
	2.4.6.2.5 Función dormir – despertar	49
2.5	Conexión del sistema de bombeo a la red de distribución pública	50

2.5.1	Alternativas de solución.	50
2.5.1.1	Conexión a una cisterna.	50
2.5.1.1.1	Ventajas.	51
2.5.1.1.2	Desventajas.	51
2.5.1.2	Conexión directa a la red de la empresa de distribución de agua.	51
2.5.1.2.1	Ventajas.	52
2.5.1.2.2	Desventajas.	52
2.5.1.2.3	Problemas relacionados a las variaciones de presión en la succión.	53
<b>3.</b>	<b>MEMORIA DESCRIPTIVA.</b>	<b>56</b>
3.1	Descripción de la instalación.	56
3.2	Dotación diaria de agua.	57
3.3	Sistema de regulación de la demanda.	58
3.4	Capacidad de la cisterna.	58
3.5	Caudal máximo.	59
3.6	Características de las bombas.	59
3.7	Funcionamiento automático del sistema.	60
<b>4.</b>	<b>ANÁLISIS TÉCNICO -ECONOMICO DE LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCION.</b>	<b>61</b>
4.1	Solución punto a punto	61
4.1.1	Torre 1.	61
4.1.2	Torre 2.	63
4.1.3	Resumen.	64

4.2	Solución duplex	65
4.2.1	Torre 1.	65
4.2.2	Torre 2.	66
4.2.3	Resumen.	68
4.3	Solución triplex	69
4.3.1	Torre 1.	69
4.3.2	Torre 2.	70
4.3.3	Resumen.	72
4.4	Resumen Total.	73
4.5	Análisis de las soluciones.	73
<b>5.</b>	<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SUMINISTRO.</b>	<b>75</b>
5.1	Suministro eléctrico	75
5.1.1	Interruptor principal.	75
5.1.2	Guardamotor.	75
5.1.3	Motor eléctrico	76
5.2	Suministro electrónico	76
5.2.1	Variador de velocidad.	76
5.3	Suministro de instrumentación	78
5.3.1	Transmisor de presión.	78
5.3.2	Presóstato.	80
5.4	Suministro mecánico	81
5.4.1	Bomba centrífuga.	81
<b>6.</b>	<b>METRADO Y PRESUPUESTO.</b>	<b>82</b>
6.1	Sistema de velocidad fija con Tanque Hidroneumático.	82

## VII

6.1.1	Torre 1.	82
6.1.2	Torre 2.	84
6.1.3	Resumen.	86
6.2	Sistema de velocidad variable.	86
6.2.1	Torre 1.	86
6.2.2	Torre 2.	88
6.2.3	Resumen.	90
6.3	Resumen Total.	91
<b>7.</b>	<b>CALCULO DEL AHORRO DE ENERGIA E INDICADORES PARA EVALUACIÓN DEL PROYECTO.</b>	<b>92</b>
7.1	Cálculo de la energía activa anual con el sistema de velocidad fija.	93
7.1.1	Consumo de energía Torre 1.	93
7.1.2	Consumo de energía Torre 2.	94
7.1.3	Resumen de consumos de energía activa.	95
7.2	Cálculo de la energía activa consumida con el sistema de velocidad variable.	95
7.2.1	Consumo de energía Torre 1.	96
7.2.2	Consumo de energía Torre 2.	97
7.2.3	Resumen de consumos de energía activa.	98
7.3	Cálculo del ahorro anual.	99
7.4	Cálculo del tiempo de recuperación de la inversión ( payback ).	99
7.5	Cálculo del valor actual neto ( VAN ).	100
7.6	Cálculo de la tasa interna de retorno ( TIR ).	102

<b>8. CONCLUSIONES.</b>	<b>103</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.</b>	<b>106</b>
<b>PLANOS.</b>	<b>108</b>
<b>APENDICE.</b>	<b>132</b>
A. Unidades.	133
B. Simbología.	135
C. Información técnica de los principales suministros.	137



## PROLOGO

El presente trabajo tiene como objetivo demostrar el ahorro de energía que se obtiene mediante el uso de un sistema de bombeo a velocidad variable en una edificación residencial. El ahorro de energía activa se tiene gracias al uso de un variador de velocidad electrónico que regula la velocidad de la bomba optimizando su consumo a solamente lo necesario. El segundo gran beneficio del uso de este sistema es que mantiene una presión constante independientemente de la demanda de agua, brindando confort a los usuarios.

Entre otros beneficios se pueden mencionar el menor mantenimiento de la mecánica del sistema gracias a la eliminación del golpe de ariete en el sistema, ya que el tiempo de parada de la bomba es controlado, evitando una parada brusca y por consiguiente el golpe de ariete en la tubería. Asimismo el mantenimiento del tablero de control se ve reducido al mínimo gracias al uso de electrónica en el comando del motor vía el variador de velocidad. Otro beneficio indirecto es el alto factor de potencia (muy cercano a la unidad) que brinda el variador de velocidad lo que evita el uso de condensadores para la corrección del factor de potencia del motor y futuros pagos por energía reactiva a la empresa de distribución.

Para una mejor presentación del informe de suficiencia, se ha creído conveniente dividirlo en siete capítulos.

En el capítulo 1 corresponde a la introducción a este trabajo. Aquí se define los objetivos que se esperan obtener de él.

En el capítulo 2, se desarrolla toda la base teórica a fin de conocer el comportamiento de los sistemas usados convencionalmente (tanque elevado y tanque hidroneumático) y por otra parte los sistema de velocidad variable, lo que finalmente nos demostrará los beneficios que trae el uso de variadores de velocidad electrónicos.

En el capítulo 3, se presentan todos los datos de entrada para la concepción del sistema. Esta información es normalmente entregada por el contratista y es desarrollada por el responsable sanitario de la obra.

En el capítulo 4, se analiza las diversas soluciones para los sistemas de velocidad variable. En ella se evalúan el comportamiento de cada solución y se define el método de control que será usado.

Una vez definido el tipo de sistema de velocidad variable, se desarrolla en el capítulo 5, las especificaciones técnicas con las que deberá contar el equipamiento. En este capítulo se indican las características técnicas de los equipos que conforman el suministro del sistema de presión constante.

El capítulo 6, muestra las tablas de metrado y presupuesto de la instalación y equipamiento tanto para la solución de velocidad fija (tanque hidroneumático) como para la solución de velocidad variable. Se han desarrollado ambas soluciones para poder calcular los indicadores de factibilidad del uso de un sistema de velocidad variable en el capítulo 7.

En el capítulo 7, se cuantifica el consumo anual de energía en un sistema de velocidad fija con tanque hidroneumático y el consumo anual de energía de un

sistema de velocidad variable con el uso de variadores de frecuencia. Esta diferencia en los consumos anuales nos indica el ahorro de energía y con el costo del kWh el ahorro de dinero que obtendremos al usar esta solución. Con este resultado y la inversión adicional que resulta de usar el sistema de velocidad variable, obtenemos los indicadores de factibilidad del uso de este nuevo sistema (TIR , Payback , VAN).

Quiero dejar constancia de mi agradecimiento al Ingeniero Angel Corzo de Hidroingeniería e igualmente al Ingeniero Ronald Cueva por su ayuda prestada para la elaboración de este informe de suficiencia.

## **CAPITULO 1**

### **INTRODUCCION**

El control de velocidad es el modo más económico de control para bombas ya que la eficiencia de la bomba queda prácticamente constante sobre un amplio rango de velocidad y la potencia decrece fuertemente al reducir la velocidad. Con esto podemos pensar de primera mano en una solución con la que obtendremos importantes ahorros de energía.

Será importante el control de velocidad variable en una bomba para una nueva instalación o una ya existente, cuando todas o algunas de las siguientes condiciones son válidas:

- Cuando la demanda de caudal varia importantemente.
- Cuando el tiempo de operación anual es grande.
- Cuando la bomba corre a carga parcial durante un considerable parte de su tiempo de operación.
- Cuando la potencia de la bomba es alta.
- Cuando la altura estática de la bomba es baja.
- Cuando la curva característica de la bomba tiene una pendiente fuerte.

- Cuando el precio de la energía es alto.

Después de estudiar cuidadosamente las soluciones de control de bombas, se ha visto que el accionamiento a velocidad variable presenta grandes beneficios que en muchos casos lo hacen altamente recomendable.

En muchas instalaciones que cuentan con una solución de bombeo a velocidad fija y donde el usuario valora mucho la comodidad y la calidad del servicio, existe normalmente un descontento por los cambios continuos en la presión de los grifos. Mediante el uso de un sistema de bombeo a velocidad variable logramos mantener una presión constante bajo cualquier nivel de demanda.

El control de velocidad variable consigue un mejor resultado que con otras formas de control, tal como arranque-parada intermitente del motor. La eficiencia de la bomba se mantiene prácticamente constante al variar la velocidad en un amplio rango lo que nos permite tener una alta eficiencia del sistema bajo cualquier nivel de demanda.

El control a velocidad variable elimina el empleo de una presión innecesariamente elevada y esto produce considerables ahorros de energía, la que se mantiene en un mínimo necesario.

La corriente de arranque que toma de la línea de suministro eléctrico el motor de una bomba equipado con variador de velocidad normalmente no pasa de

la corriente nominal a diferencia de un arranque directo que llega a tomar 5 a 6 veces la corriente nominal del motor.

Los variadores de velocidad cuentan con un factor de potencia muy cercano a la unidad, lo que hace innecesario el uso de condensadores de compensación. Se reduce así el costo de inversión y se alcanza un efecto de compensación óptimo.

Usando un control con variador de velocidad, la bomba, tuberías y válvulas experimentan un desgaste menor, lo que redundará en un aumento de la vida útil mecánica y menor costo de mantenimiento. El esfuerzo dinámico es mucho menor con el suave control de un variador de velocidad que con control intermitente de arranque-parada. De esta forma se evitan los golpes de ariete y picos de presión que soportan las tuberías y demás equipamiento de la planta y se extiende su vida útil.

Es por esto que el uso de sistemas de velocidad variable ha tomado una gran fuerza en los últimos años en el sector construcción por lo que los sistemas de velocidad variable están hoy en día reemplazando las soluciones de tanque elevado y de tanques hidroneumáticos, comúnmente usados en este sector.

## CAPITULO 2

### FUNDAMENTO TEORICO

#### 2.1 Bombas centrífugas.

Todo proceso que involucre el transporte de líquido, ya sea para elevarlo a un nivel más alto o hacerlo fluir por una tubería requiere de una bomba. Más del 80% de la producción mundial de bombas son del tipo centrífugo, debido a su versatilidad de aplicación en una amplia gama de caudales y presiones con respecto a las de desplazamiento positivo.

##### 2.1.1 Definición.

Es una máquina que consta básicamente de dos elementos : uno móvil denominado impulsor y uno fijo denominado caja o "voluta". El impulsor (ubicado en el interior de la caja), al girar solicita potencia al motor que acciona la bomba y la transmite al líquido bombeado convirtiéndola en presión. Gracias a esta presión desarrollada por la bomba, el líquido es impulsado por la tubería.

El caudal generado, usualmente se mide en metros cúbicos / segundo ( $m^3/s$ ) o galones / minuto (gpm).

### 2.1.2 Cálculo de la potencia consumida por la bomba.

La potencia consumida por la bomba es la potencia requerida en el eje de la bomba. El requerimiento de potencia de la bomba depende de la altura dinámica total (H), el caudal (Q), la eficiencia de la bomba ( $\eta$ ) y la densidad del fluido ( $\rho$ ) a ser bombeado. La potencia absorbida por la bomba se calcula con la siguiente fórmula :

$$P = \frac{Q \times H \times \rho \times g}{\eta} \quad (2.1)$$

Donde :

- $P$  : potencia consumida por la bomba en kW.
- $Q$  : caudal en  $\text{m}^3 / \text{s}$ .
- $H$  : altura dinámica total en metros.
- $\rho$  : densidad del líquido bombeado en  $\text{Kg}/\text{m}^3$ .
- $g$  : aceleración de la gravedad en  $\text{kg}/\text{m}^3$ .
- $\eta$  : eficiencia de la bomba en %.

La altura dinámica total es una medida de la presión que la bomba necesita desarrollar para impulsar el agua por la tubería venciendo la altura estática total (diferencia de niveles entre los depósitos de succión y descarga) más las pérdidas por fricción en la tubería.



Para unidades del sistema US podemos usar la siguiente fórmula :

$$BHP = \frac{Q \times H \times SpGr}{3960 \times \eta} \quad (2.2)$$

BHP	:	potencia consumida por la bomba en HP
Q	:	caudal en galones por minuto (gpm)
H	:	altura dinámica total en pies
SpGr	:	gravedad específica
$\eta$	:	eficiencia de la bomba en %

### 2.1.3 Leyes de afinidad.

Las leyes de afinidad de las bombas describen los cambios en el caudal, presión y potencia en relación a los cambios de velocidad. Cuando la velocidad cambia, la eficiencia de la bomba permanece prácticamente constante sobre un amplio rango.

La potencia varía en forma proporcional al cubo del cambio de velocidad. Una reducción de la velocidad causa una importante reducción en la potencia requerida. Si la velocidad se reduce a la mitad, la potencia se reducirá a la octava parte.

Potencia	$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3$	(2.3)
----------	--	-------

Presión	$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2$	(2.4)
---------	--	-------

Caudal	$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2}$	(2.5)
--------	-------------------------------------	-------

## 2.1.4 Acoplamiento de Bombas.

### 2.1.4.1 Curva de operación del sistema.

El sistema en el cual la bomba opera, tiene una sola curva característica de caudal/ presión dependiendo de:

- La altura geométrica Total.
- Las pérdidas totales.
- En algunos casos, una presión residual se presenta cuando la tubería finaliza en un dispositivo de presión negativa (monitor, spray gun, etc) ( figura 1 y 2).

Entendemos por sistema al conjunto de tuberías y accesorios tales como: codos, válvulas, uniones, etc, que forman parte de la instalación de la bomba.

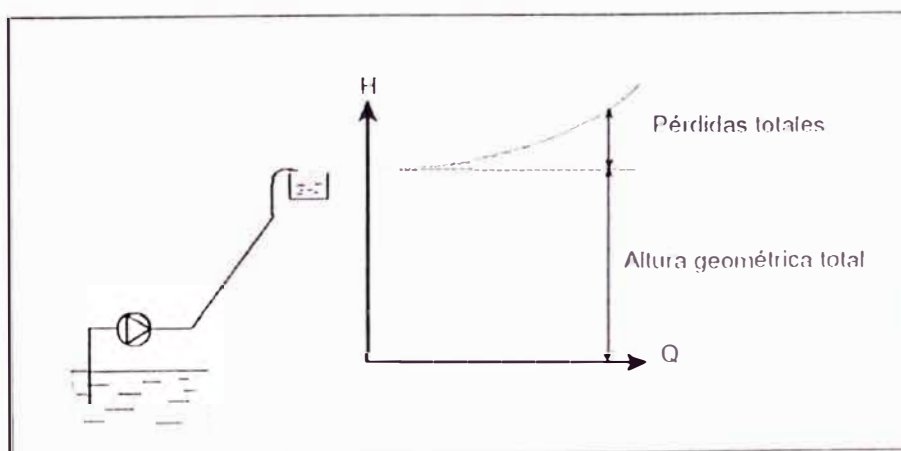


Fig. 1 – Curva característica del sistema.

La altura manométrica total es una magnitud que generalmente permanece constante para diferentes caudales que pasan por la tubería, mientras que la resistencia de las tuberías y accesorios varían con el caudal: a mayor caudal, mayor resistencia (pérdidas). La curva tiene una apariencia más o menos parabólica, y las pérdidas están en proporción al cuadrado de la velocidad, y por lo tanto al cuadrado del caudal.

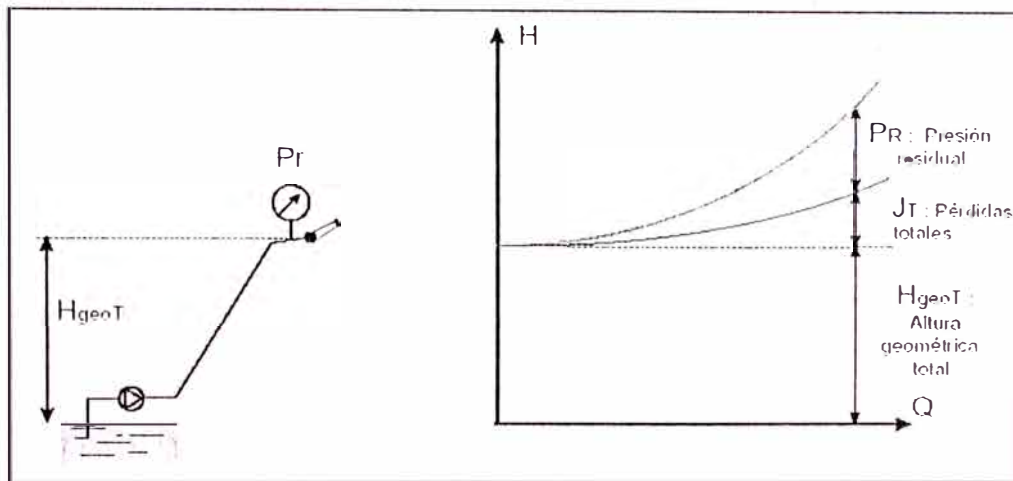


Fig. 2 – Curva característica de un sistema con presión residual.

La intersección de la curva de la bomba con la de la red define el punto de operación (figura 3).

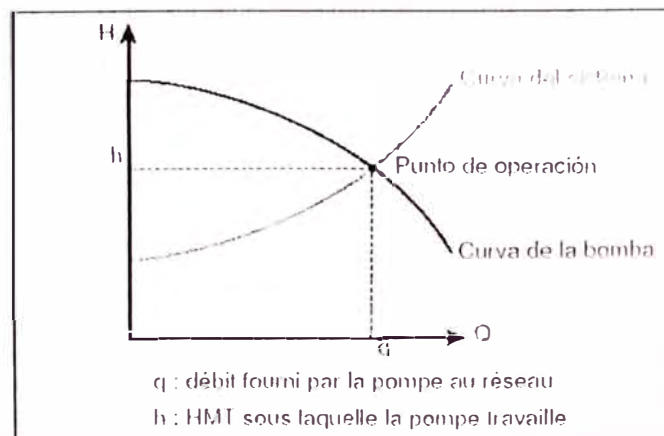


Fig. 3 – Punto de operación.

La curva de la red varia de acuerdo a los cambios en los parámetros que la definen tal como variación de la altura geométrica (figura 4) y las pérdidas en el sistema (figura 5).

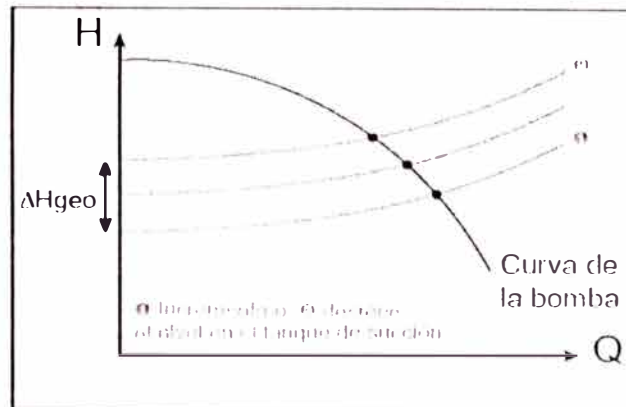


Fig. 4 – Variación de la altura geométrica.

Un sistema de distribución de agua en una edificación residencial tendrá una permanente variación del punto de operación debido a las continuas fluctuaciones en la demanda de agua.

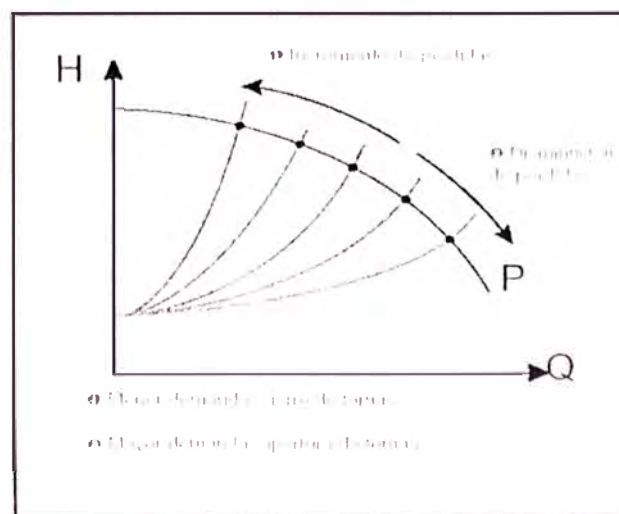


Fig. 5 - Variación de las pérdidas.

### 2.1.4.2 Acoplamiento de bombas en paralelo.

En los sistemas de presión constantes las bombas son acopladas normalmente en paralelo (figura 6).

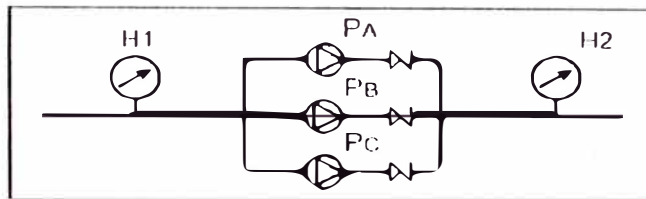


Fig. 6 – Acoplamiento de bombas en paralelo.

Para el acoplamiento en paralelo, las tres bombas PA, PB y PC deben operar en un cercano TMH ( $H_2 - H_1$ ). Su caudal nominal puede ser diferente (una bomba  $50\text{m}^3/\text{h}$  acoplada con una bomba de  $10\text{m}^3/\text{h}$ ) pero es esencial que estas tengan idénticos o similares TMHs nominales. La característica caudal / altura de un grupo de bombas trabajando en paralelo es obtenido sumando los caudales de cada una de las bombas para un determinado TMH (ver figura 7 para acoplamiento de bombas diferentes y en la figura 8 el acoplamiento de varias bombas idénticas).

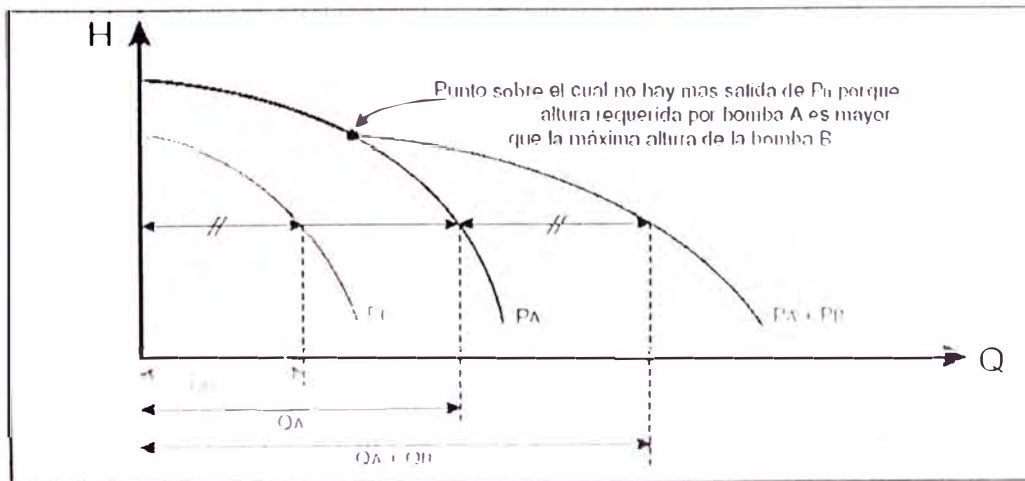


Fig. 7 – Acoplamiento en paralelo de dos bombas diferentes.

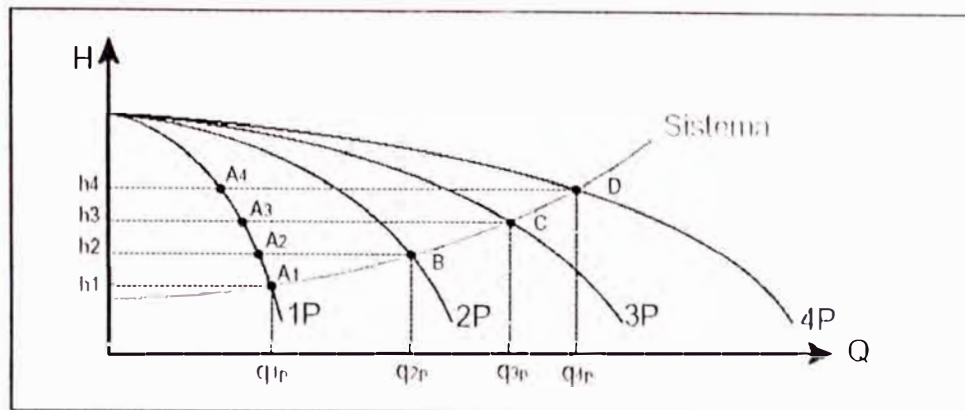


Fig. 8 – Acoplamiento en paralelo de cuatro bombas similares.

Cuando una de las bombas está bombeando, el punto de operación es A1. Cuando 2, 3 o 4 bombas están bombeando, los puntos de operación para todas las bombas son B, C y D respectivamente. No obstante cuando 2, 3 o 4 bombas están trabajando, cada una de ellas opera en el TMH  $h_2$ ,  $h_3$  o  $h_4$  respectivamente, y el punto de operación de cada bomba es A2, A3 o A4 (y no A1).

Por lo tanto, es evidente que la operación de la bomba no es el mismo dependiendo del número de bombas en operación. Entendamos que las pérdidas  $q_{4p}$  es siempre menor que  $4q_{1p}$ .

## 2.2 Sistemas de bombeo a velocidad fija.

El arranque y parada de las bombas es por lo general en forma automática, generalmente por alcanzar un umbral de presión (control de presión).

### 2.2.1 Control de presión.

Si la demanda de agua se incrementa cuando una sola bomba se encuentra alimentando al sistema (con una curva cambiando de R1 a R6 a través de un número de pasos intermedios), el punto de operación A1 gradualmente cambiará de A2 a A3 (el caudal se incrementa y por consiguiente la presión caerá) (figura 9).

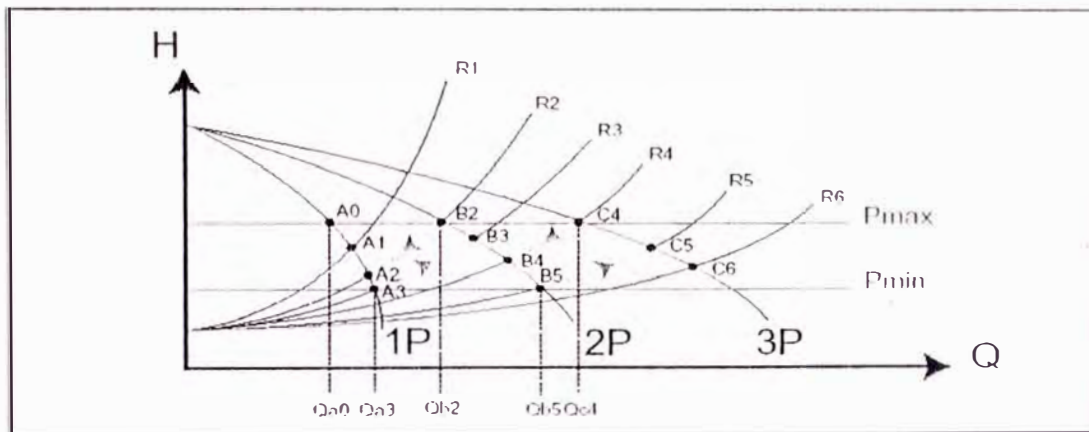


Fig. 9 – Movimiento del punto de operación en acoplamiento de tres bombas en paralelo.

En el punto A3 la presión mínima es alcanzada originando el arranque de una bomba adicional (curva 2P). El punto de operación cambiará abruptamente de A3 a B3. Si continúa el incremento de la demanda el punto de operación se moverá de B3, B4 y a B5. Una tercera bomba arrancará pasando de B5 a C5, luego gradualmente cambiará de C5 a C6, etc.

Lo mismo aplica cuando la demanda de agua disminuye. Un cambio gradual a través de C6, C5, C4 sucede hasta que la máxima presión es alcanzada. La bomba 3P es apagada pasando de C4 a B4 (3P → 2P).

Una mayor disminución en la demanda ocasionará un cambio a través de B4, B3, B2 (nuevamente la presión máxima es alcanzada) y una segunda bomba es apagada 2P → 1P : cambio de B2 a A2. Cambio de A2 a A1, etc.

Un presostato causa el arranque y parada de las bombas. Ellos son interruptores eléctricos controlados por la presión del agua y son instalados en el lado de la descarga de la bomba. Normalmente los presostatos se ayudan de relés que sirven de interfase para poder manejar circuitos de potencia.

No obstante, note algunas de las desventajas relacionadas a este modo de operación :

- Para un caudal requerido menor a  $q_{a0}$  se presentará una situación de inestabilidad en la operación (arranques y paradas sucesivas de la bomba).
- En cada arranque y parada de la bomba, el movimiento abrupto del punto de operación causará una abrupta variación en flujo y presión.
- Algunos rangos de presión no son cubiertos :  $Q_{a3} - Q_{b2}$  y  $Q_{b5} - Q_{c4}$ .  
Si el caudal requerido cae dentro de estos rangos, la operación



también se volverá inestable (excesiva frecuencia de arranques y paradas con lo que el caudal suministrado no puede adaptarse a la demanda).

Es por este motivo que normalmente se instala un tanque hidroneumático sobre el lado de la descarga de las bombas (figura 10).

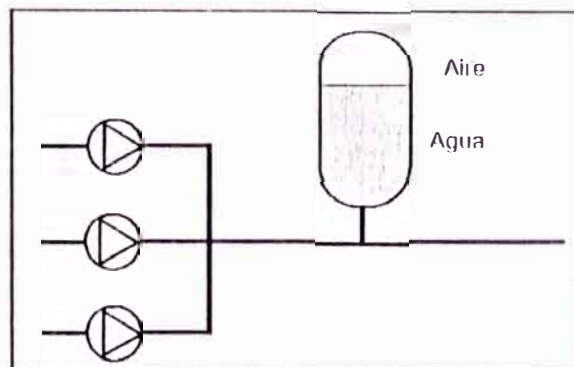


Fig. 10 – Uso de un tanque hidroneumático.

El aire presurizado en la parte superior del tanque es comprimido y alivia las fluctuaciones de presión, contrariamente al agua la cual es casi incompresible. La mayor parte de estos tanques cuentan con un blade a fin de prevenir la disolución del aire en el agua y limitando algún problema de corrosión.

La presencia de un tanque hidroneumático modifica ligeramente el desplazamiento de los puntos sobre la curva (figura 11).

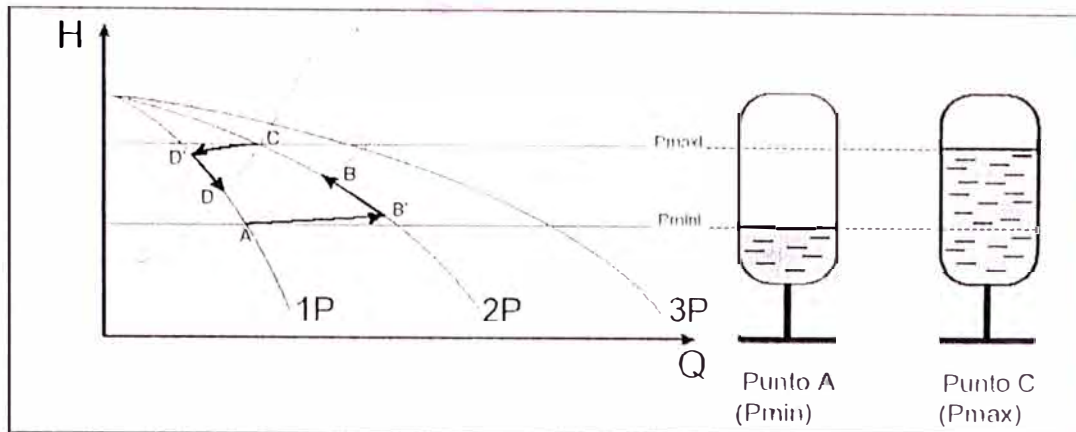


Fig. 11 – Comportamiento del sistema con uso de tanque hidroneumático.

### 2.2.1.1 Arrancando la segunda bomba.

Cuando el arranque de la segunda bomba 2P ocurre, el punto se mueve abruptamente de A a B', luego gradualmente pasa de B' a B en el tiempo tomado para el llenado del tanque y alcanzar el punto de operación. El cambio de A a B' denota un abrupto incremento en el caudal de descarga de la bomba. El caudal suministrado a la instalación (carga) queda casi invariable y la diferencia es absorbida por el tanque. La suave variación de presión entre A y B' es debido a las pérdidas en el punto de conexión del tanque (ver figura 11).

### 2.2.1.2 Parando la segunda bomba.

Un cambio de demanda nos lleva de C a D' vía D'. En la parada los tramos intermedios C - D' y luego D' - D ocurre gradualmente, de acuerdo a como el tanque se vacía para poder alcanzar la presión en el punto de operación D. La presión diferencial C- D' es debido a las pérdidas en la conexión al tanque (ver figura 11).

Las características de la red cambian constantemente con el caudal requerido en cada toma del usuario. La suma de cada caudal individual da un caudal total con un valor entre 0 y  $Q_{max}$ . Por lo tanto el problema es manejado enfocándonos más en “cubrir un rango de caudal” que definiendo la posición del punto de operación en tal y cual circunstancia.

En el ejemplo de la figura 12, nosotros tenemos una superposición de los rangos de caudal entre  $n$  bombas y  $(n + 1)$  bombas en operación porque  $Q_{b1} < Q_{a2}$ .

Un caudal incluido entre  $Q_{a1}$  y  $Q_{a2}$  puede ser cubierto con  $n$  bombas operando continuamente. Un caudal incluido entre  $Q_{b1}$  y  $Q_{b2}$  puede ser cubierto con  $(n+1)$  bombas operando continuamente.

Caudal  $Q'$  puede ser cubierto con  $n$  bombas (punto  $A'$ ) o  $(n+1)$  bombas (punto  $B'$ ) operando continuamente.

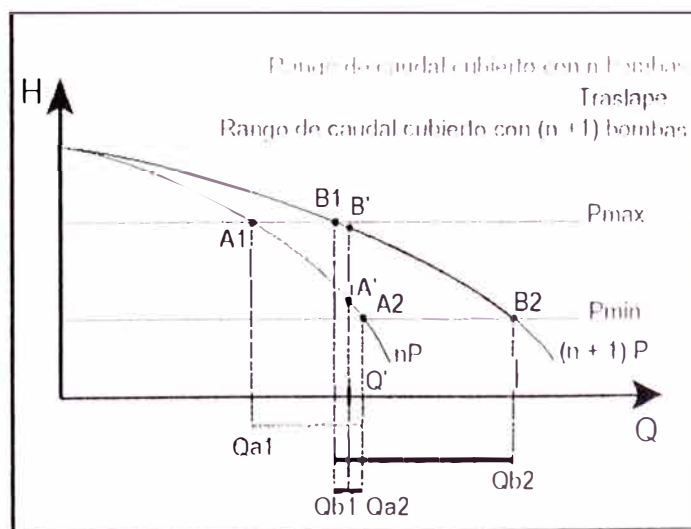


Fig. 12 - Traslape de rangos de caudal cubiertos.

El ejemplo de la figura 13 muestra una superposición de los rangos de caudal porque  $Q_{a2} < Q_{b1}$ . Un caudal requerido  $Q'$  que se encuentra entre  $Q_{a2}$  y  $Q_{b1}$  no podrá ser cubierto. Esto producirá una operación intermitente entre  $n$  bombas y  $(n+1)$  bombas. Es en esta situación de no traslape entre rangos de caudal que el tanque llega a ser indispensable.

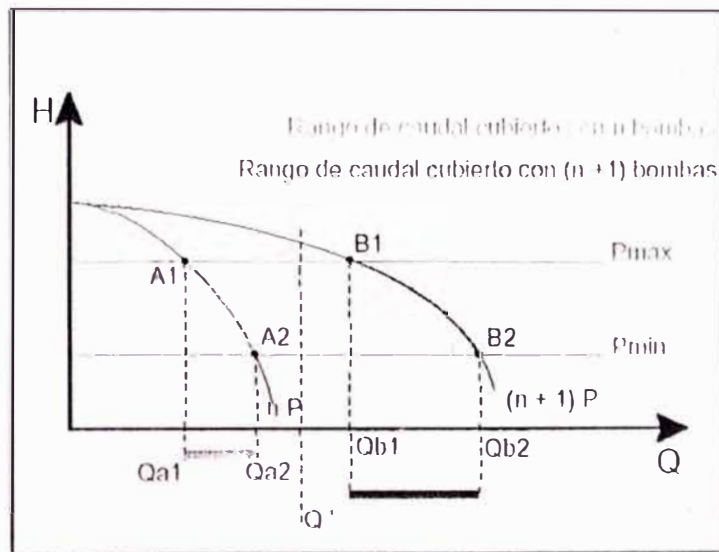


Fig. 13 - No traslape de rangos de caudal cubiertos.

### 2.2.1.3 Rol del tanque hidroneumático.

Este tanque juega una importante función:

1. Este actúa como un acumulador que cubre algún exceso de caudal ( $q_{requerido} < q_{suministrado}$ ) o cubrir un cambio en la demanda ( $q_{requerido} > q_{suministrado}$ ) que caiga dentro del rango de caudal no cubiertos por las bombas.

2. Mantiene la presión de la instalación cuando todas las bombas están detenidas.
3. Este absorbe las subidas y bajadas de presión y caudal al momento del arranque y parada de las bombas (esta es una función secundaria y no justifica por si sola la presencia de un tanque).

#### 2.2.1.4 Ciclo de tiempo ( fig. 14).

El ciclo de tiempo completo toma mayor importancia a medida que se incrementa la potencia del motor. Debemos de asegurarnos de no sobrepasar el máximo número de arranques por hora de la bomba (el cual decrece cuando la potencia se incrementa).

La curva 3 de la figura 14 muestra el ciclo de tiempo con respecto al caudal. Esto indica un caudal crítico  $Q_c$  para el cual el ciclo de tiempo es mínimo y por lo tanto el número de arranques es mínimo con el caudal localizado alrededor de la mitad del rango de operación intermitente.

$Q_M = \text{Caudal Promedio.}$

$$Q_C = \frac{Q_{M(n)} + Q_{M(n+1)}}{2} \quad (2.6)$$

Podemos considerar que  $Q_M$  se encuentra en la mitad del rango de caudal cubierto.

El ciclo de tiempo llega a ser mas corto cuando :

- El espacio de almacenamiento efectivo es reducido (pequeño volumen total del tanque o mas pequeña desviación entre  $P_{min}$  y  $P_{max}$ ).
- El caudal absorbido o restaurado por el tanque es alto (amplio rango de caudal no cubierto).

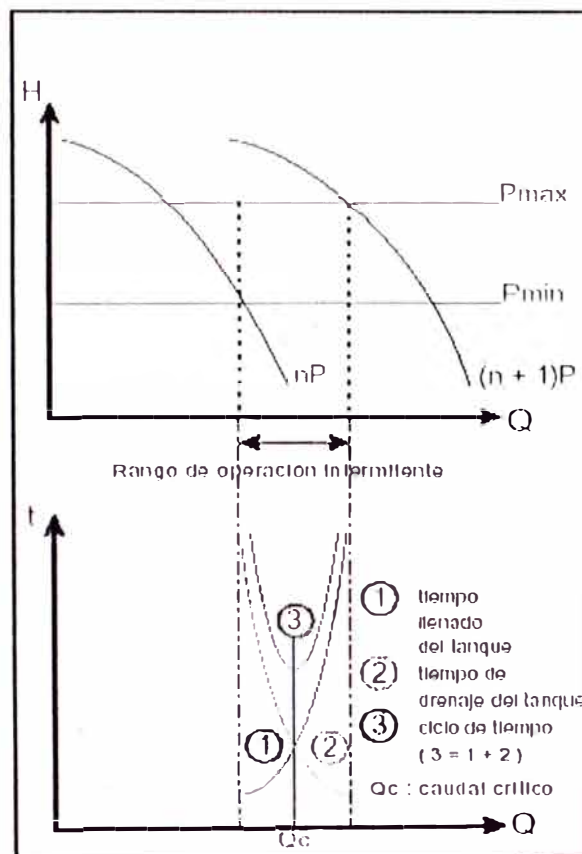


Fig. 14 – Ciclos de tiempo.

Por estas razones es indispensable mantener un intervalo mínimo entre  $P_{max}$  y  $P_{min}$  aunque esto sea contrario a los objetivos de "comodidad" requerido por el usuario (presión constante).

Una reducción en el intervalo entre  $P_{\min}$  y  $P_{\max}$  (figura 15) podría tener 3 consecuencias cuyos efectos (mayor frecuencia de arranques) podrían ser acumulados :

- Reducción de los rangos de caudal cubiertos teniendo como resultado, mayores riesgos de alcanzar una operación intermitente.
- Más amplio rango de caudal no cubierto en operación continua, por lo tanto incremento en desviación promedio entre el caudal requerido y el suministrado. Esta diferencia podría ser absorbida o restaurada por el tanque siendo más rápidamente vaciado o llenado.
- Reducción del agua disponible (volumen efectivo) en el tanque por la reducción en la desviación de presión.

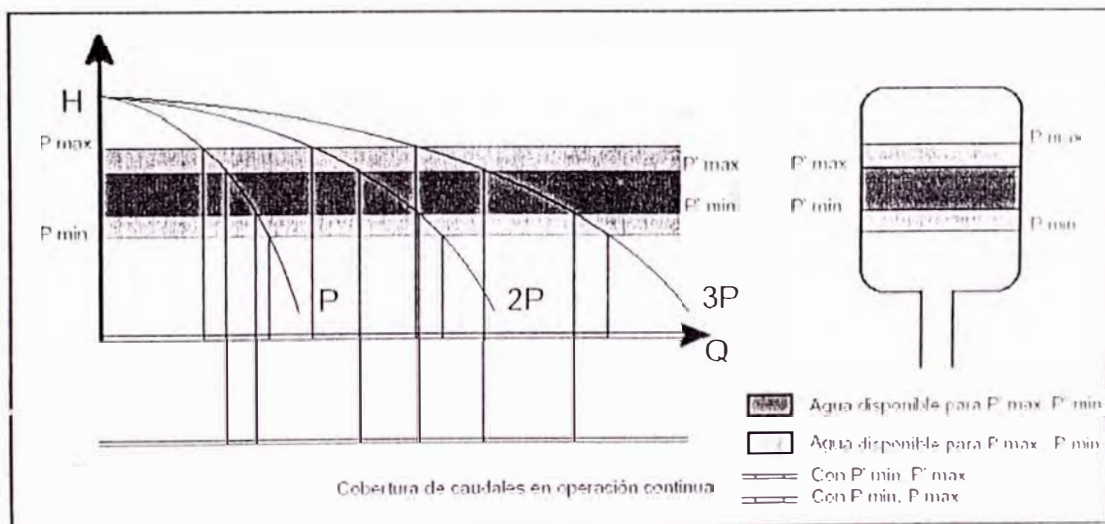


Fig. 15 – Cobertura de caudales a la reducción de rango de presiones.

Por lo tanto, podemos entender que no es posible ganar sobre los tres

puntos que se indican, a la misma vez :

- Fluctuación de presión
- Numero de arranques motor
- Volumen almacenado

Nosotros tenemos que comprender las desventajas entre estos tres parámetros en todos los casos.

Una solución parcial es configurar un tiempo de retraso en el arranque o parada de cada bomba (figura 16). Esta es una solución parcial en que el retraso en el punto de operación, hace posible salir del rango de presión establecido (y por lo tanto tiene mayores variaciones) contraria a la meta inicial deseada (presión constante).

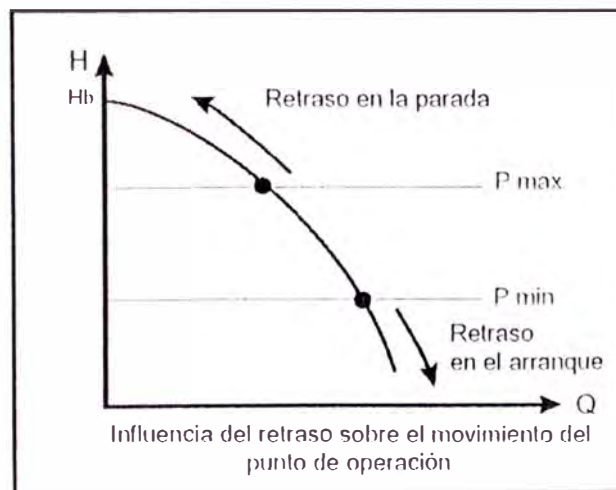


Fig. 16 - Influencia del retraso sobre el movimiento del punto de operación.

Para obtener la mas pequeña desviación de presión usando bombas de velocidad fija, sin enfrentarnos al problema del número de arranques de la bomba será necesario usar un tanque con un mayor volumen de almacenamiento.



Un tanque de agua (figura 17) es un típico ejemplo de un gran volumen de almacenamiento. El costo de inversión es similar a la de una solución convencional.

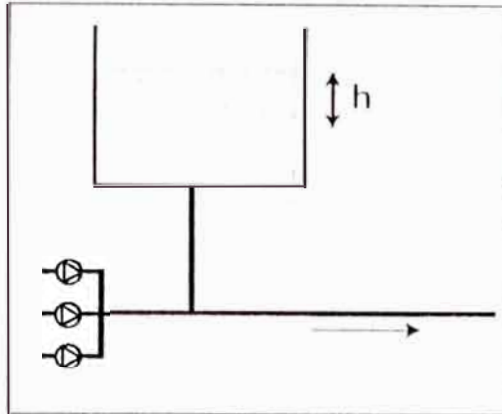


Fig. 17 - Uso de un tanque de agua.

Una mejor cobertura del rango de caudal puede ser obtenida mediante el acople de bombas con diferentes capacidades (figura 18 y 19).

Tres bombas "P" de  $20\text{m}^3/\text{h}$  a 5 bar + 1 bomba de respaldo "Pa" de  $10\text{m}^3/\text{h}$  a 5 bar ofrecen mayor flexibilidad que lo que ofrecen 4 bombas de  $23\text{m}^3/\text{h}$  (el caudal es más favorable).

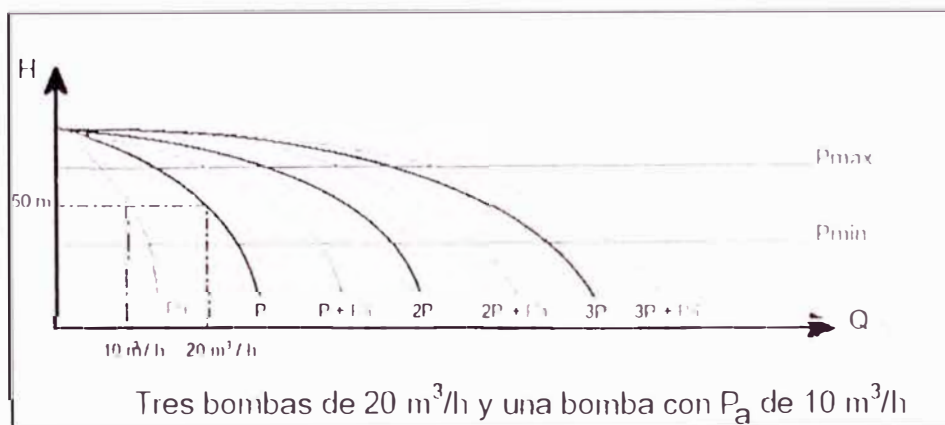


Fig. 18 : Comportamiento del sistema con acople de bombas de diferentes capacidades.

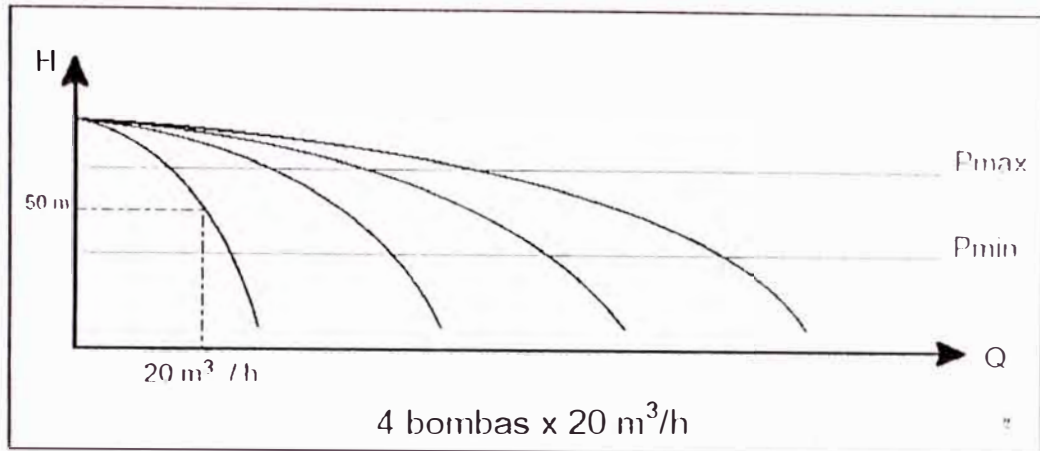


Fig. 19 : Comportamiento del sistema con acople de bombas de diferentes capacidades.

No obstante, esta alternativa conlleva a una automatización más sofisticada y será necesario pensar en el número de bombas de respaldo. Este arreglo es normalmente usado para grandes instalaciones o plantas de bombeo.

### 2.3 Sistema de bombeo con uso de tanque hidroneumático.

El sistema hidroneumático consta de una bomba centrífuga, un tanque de almacenamiento y accesorios para operar el sistema automáticamente, dentro de los cuales es importante mencionar al "cargador de aire" que es un dispositivo necesario debido a que el aire en el tanque hidroneumático se va disolviendo gradualmente en el agua.

El sistema está normalmente conformado por un tanque hidroneumático, una electrobomba centrífuga, un presostato diferencial y un cargador de aire para los sistemas que lo requieran.

### **2.3.1 Ciclo de operación.**

La electrobomba al funcionar inyecta agua al tanque hidroneumático comprimiendo el aire existente en la parte superior. Este volumen ó colchón de aire actúa similar a un resorte que se va comprimiendo conforme sigue ingresando agua. La descarga seguirá hasta que se alcance una presión máxima determinada en la cual el presostato actúa, abriendo el circuito del motor y parando la bomba. Si se abre algún grifo o toma dentro de la instalación, la presión del colchón de aire “empuja” el agua del tanque hacia la red, entonces la presión del colchón de aire disminuye ( conforme se suministra agua a la red) hasta que se alcance la presión mínima configurada en el presostato y este de la señal de arranque a la bomba y así completar un ciclo de operación.

Algunos modelos de tanques vienen presurizados de fábrica no requiriendo accesorios tal como los cargadores de aire. En este caso el agua es almacenada en una membrana la cual ayuda a mantener el agua libre de contaminación. El agua no entra en contacto con el tanque, sólo con la membrana vinilica la cual no le imparte sabor ni olor.

## 2.4 Sistemas de bombeo a velocidad variable.

### 2.4.1 Influencia de la velocidad sobre el comportamiento de la bomba.

El comportamiento de una bomba centrífuga esta directamente vinculado con su velocidad de operación ( figura 21). La presión de descarga, la potencia y el caudal esta vinculados según las leyes de afinidad con la velocidad de la bomba.

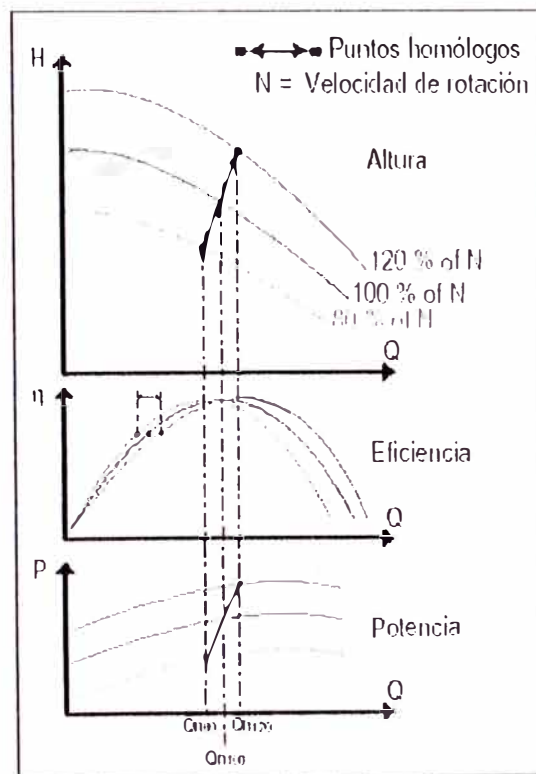


Fig. 21 – Comportamiento de la bomba a la variación de su velocidad.

Al incrementar la velocidad en la bomba :

- El caudal se incrementa proporcional a la velocidad.
- La presión se incrementa proporcional al cuadrado de la velocidad.
- La potencia se incrementa proporcional al cubo de la velocidad.

- La eficiencia es mas o menos constante, pero aplica al nuevo caudal.

En la práctica la variación de velocidad es obtenida variando la frecuencia de alimentación del motor. Esta tecnología ha llegado a ser muy difundida ya que permite el uso de motores asíncronos con rotor de jaula ardilla que son de un menor costo en términos de inversión y mantenimiento. En estos motores, excepto por el deslizamiento la velocidad de rotación (rpm) es proporcional a la frecuencia ( Hz).

Otras técnicas de variación de velocidad no usadas normalmente por ser obsoletas son

- Variadores mecánicos.
- Variación vía embrague electromagnético.
- Motores DC.
- Control de motores de anillos rozantes vía resistencias rotóricas.

#### **2.4.2 Acople en paralelo de varias bombas de velocidad fija con una bomba de velocidad variable.**

El desplazamiento del punto de operación ya no se encuentra mas limitado solamente a las curvas características de las bombas de velocidad fija, sino más bien pueden extenderse a la superficie entera de la curva gracias a la bomba de velocidad variable (figura 22).

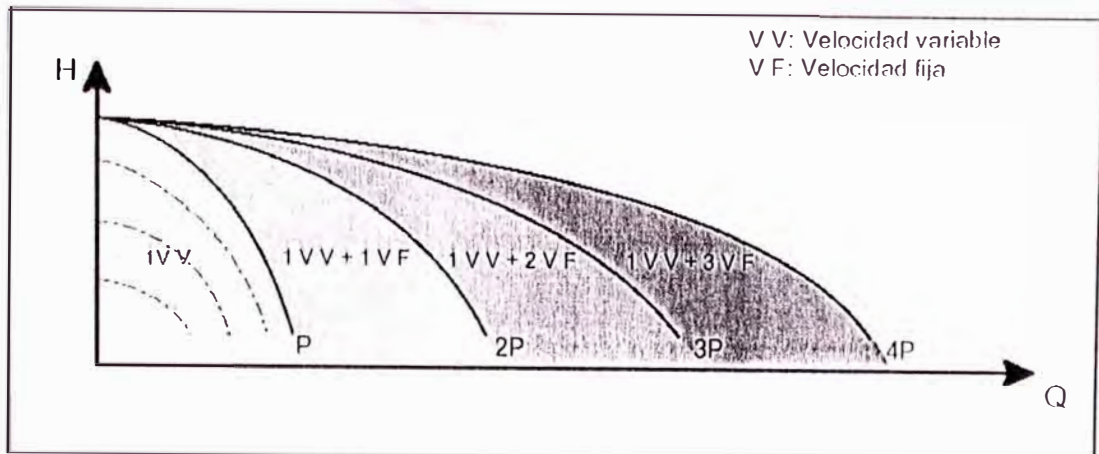


Fig. 22 – Rangos devolución del punto de operación.

Entre las curvas para  $n$  bombas y  $(n+1)$  bombas, infinitas curvas intermedias pueden ser alcanzadas vía el ajuste de la velocidad de la bomba de velocidad variable.

#### 2.4.3 Principio de funcionamiento del variador de velocidad electrónico.

El principio de variador de velocidad consiste en alimentar al motor con un onda de voltaje de una amplitud y frecuencia variable, guardando una relación entre el voltaje y frecuencia una relación mas o menos constante para poder obtener un torque de salida igualmente mas o menos constante. La relación  $V/F$  define el tipo de comportamiento en torque brindado por el motor el cual esta relacionada el tipo de carga a mover. El variador de velocidad esta principalmente conformado por (figura 23) :

**Circuito rectificador.** Conformada normalmente por un puente de diodos monofásico (4 pulsos) o trifásico (6 pulsos) que recibe la tensión alterna de alimentación y la convierte en continua.

**Circuito Bus DC.** Este circuito cumple la función de disminuir el rizado de la tensión rectificada.

**Circuito Inversor.** Generalmente conformado por transistores IGBTs (insulated gate bipolar transistor) alimentado por la tensión del Bus DC y genera una onda de voltaje con amplitud y frecuencia variable usando la técnica PWM (modulación de ancho de pulso).

**Circuito de control.** Provee el comando del encendido y apagado de los IGBTs de acuerdo a las instrucciones dadas por el operador (arranque, parada, sentido de giro, referencia de velocidad...) y la medida de los parámetros eléctricos (voltaje de línea, corriente, estado térmico motor y variador, etc).

El principio PWM usado en el circuito inversor consiste de aplicar una serie de pulsos de voltaje a los bobinados del motor de igual amplitud a la tensión del bus DC. El ancho de los pulso es modulado a fin de obtener un voltaje de amplitud variable.

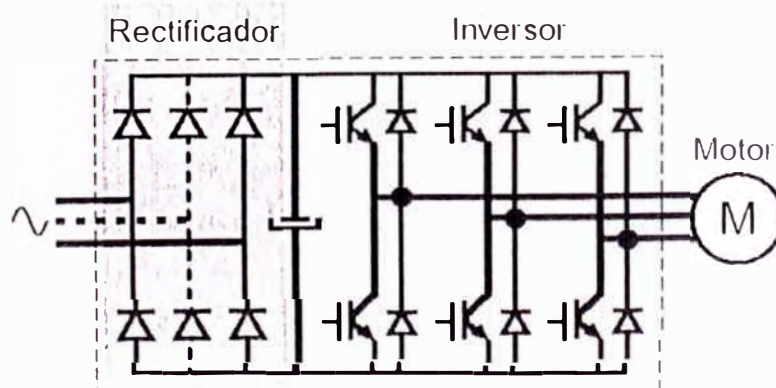


Fig. 23 – Esquema básico de un variador de velocidad.

Los IGBTs conmutan normalmente entre 2 a 16 kHz obteniendo una onda más sinusoidal a mayor frecuencia, reduciendo el ruido y calentamiento del motor pero también se eleva el calor disipado por esta etapa de potencia.

#### 2.4.4 Control de presión.

En este caso, los problemas no están más vinculados con las desviaciones entre  $P_{min}$  y  $P_{max}$ . El control de presión será implementado vía un lazo cerrado de presión.

Un transmisor de presión reemplazará al presostato. El transmisor de presión enviará la medida de presión actual vía una señal eléctrica (0-20mA, 4-20mA o 0-10V) proporcional a la presión medida (figura 24).

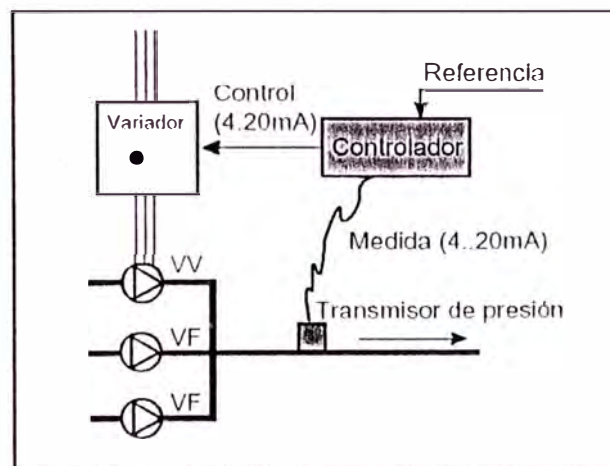


Fig. 24 – Esquema de un sistema de control a velocidad variable.

El controlador PID compara esta medida versus una referencia. Dependiendo del resultado de esta comparación el controlador toma acción sobre



la referencia de velocidad del variador de velocidad a fin corregir algún diferencia contra la referencia.

Si la medida de presión es menor a la referencia de presión entonces el controlador da una orden de aceleración al variador (incremento de la señal enviada la variador). Si la medida de presión es mayor a la referencia de presión entonces el controlador da una orden de desaceleración al variador (disminución de la señal enviada la variador). Si la medida de presión es igual a la referencia de presión entonces se mantiene la velocidad (señal de salida del controlador invariable).

Cualquiera que sea el caudal requerido, el variador mantendrá una presión constante.

La referencia puede ser graficada en la curva por una línea horizontal recta a lo largo de la cual se mueve el punto de operación (figura 25).

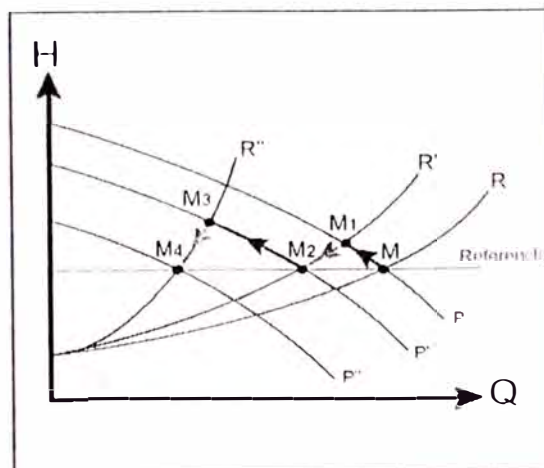


Fig. 25 – Velocidad variable :  
Comportamiento al aumento de la demanda.

En un determinado tiempo  $t$ , las tomas o grifos de agua de la instalación residencial se cierran, la demanda decrece y la curva característica cambia de  $R$  a  $R'$ . El punto de operación igualmente cambia de  $M$  a  $M1$ .  $P_{m1} > P_{referencia}$  por lo tanto la bomba desacelera hasta que  $P_{medida} = P_{referencia}$ . La curva característica  $P$  pasa a la curva  $P'$  y  $M1$  se mueve a  $M2$ .

En otro caso si la demanda se incrementa (figura 26), la curva característica  $R$  pasa a la curva  $R'$  y  $M$  se mueve a  $M1$ .

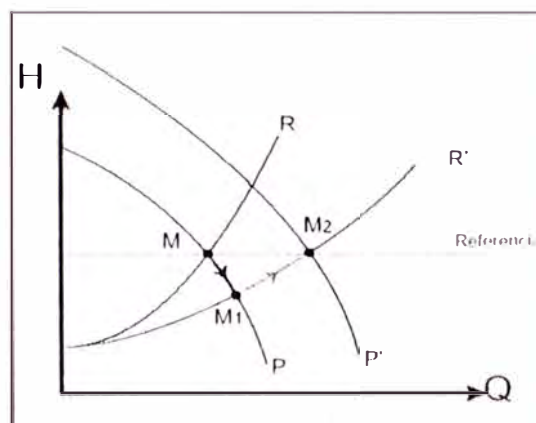
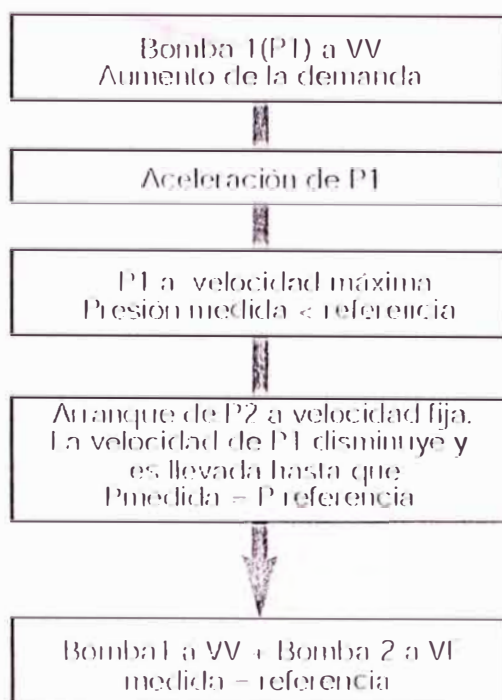


Fig. 26 – Comportamiento a la disminución de la demanda.

$P_{m1} < P_{referencia}$  por lo tanto la bomba de velocidad variable acelera. La curva  $P$  pasa a la curva  $P'$  y  $M1$  se mueve a  $M2$ , etc.

Si la mínima o máxima velocidad de la bomba de velocidad variable es alcanzada, una o varias bombas de velocidad fija son paradas o arrancadas respectivamente.



Considerando la rápida reacción del sistema, el punto de operación se mueve a lo largo de la línea horizontal (referencia de presión) (figura 27).

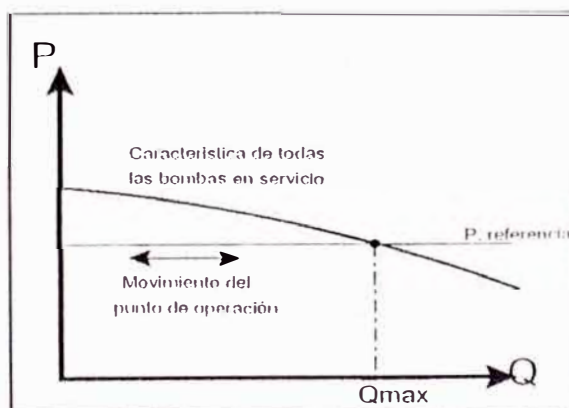


Fig. 27 – Movimiento del punto de operación.

Si la bomba de velocidad variable es suministrada para trabajar a 60Hz como velocidad máxima, independientemente de cuantas bombas están en servicio

(figura 28) nosotros obtendremos :

$$Q_{\max_{n \text{ bombas}}} = Q_{\min_{(n+1) \text{ bombas}}}$$

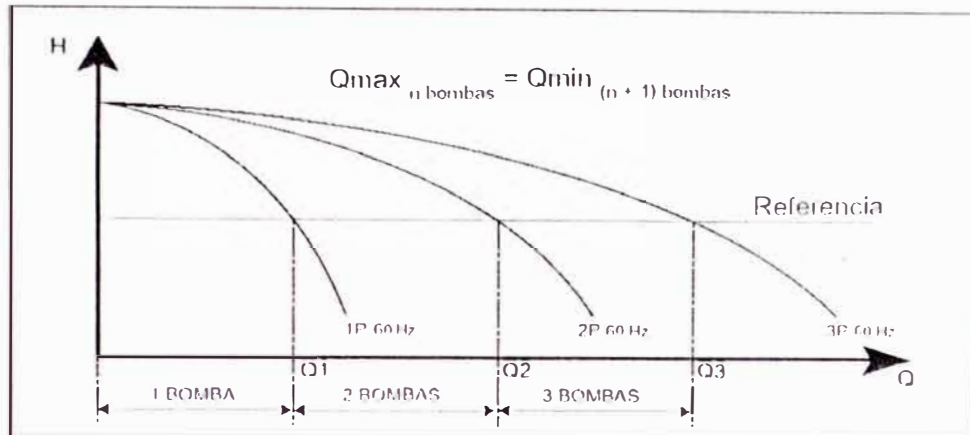


Fig. 28 – Sistema con bombas de velocidad máxima de 60Hz.

- Q1 = máx. caudal de una bomba con variación de velocidad.  
 = min. caudal de 2 bombas (1 velocidad variable + 1 velocidad fija).
- Q2 = máx. caudal de 2 bombas (1 velocidad variable + 1 velocidad fija).  
 = min. Caudal de 3 bombas (1 velocidad variable + 2 velocidad fija).

Si el flujo requerido varia levemente alrededor de Q2 o Q1, cada vez que estos valores son cruzados, una bomba de velocidad fija parará o arrancará con el inherente riesgo de exceder el máximo número de arranques.

Alimentado la bomba de velocidad variable con 66Hz nosotros obtendremos (fig. 29).

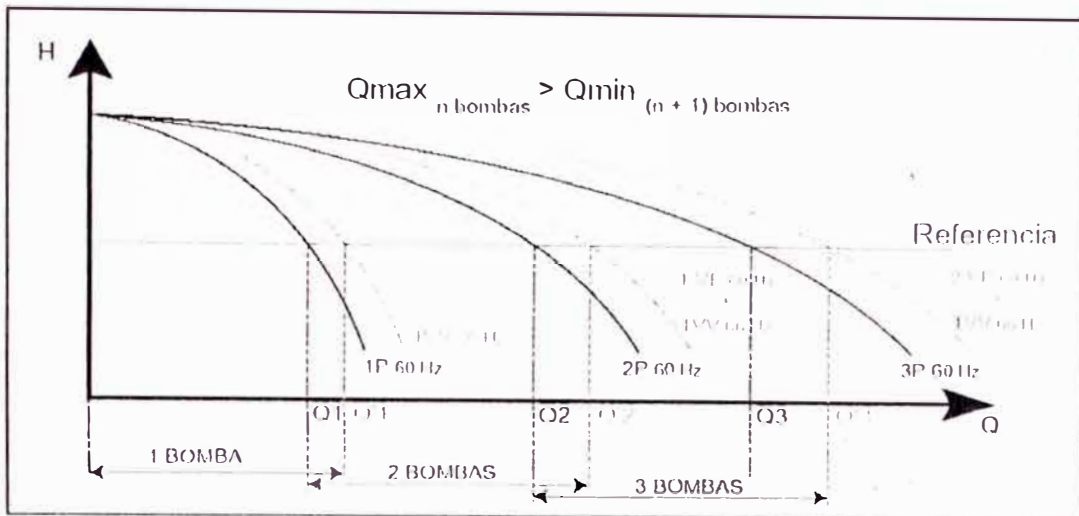


Fig. 29 – Sistema con bombas de velocidad máxima de 66Hz.

$Q'1$  = Máx. caudal 1 bomba (VV 66Hz).

$Q1$  = Min. caudal 2 bombas (VF + VV).

$Q'2$  = Máx. caudal 2 bombas (VF + VV 66Hz).

$Q2$  = Min. caudal 3 bombas (2VF + VV).

$Q'3$  = Máx. caudal 3 bombas (2VF + VV 66Hz).

Un caudal entre  $Q1$  y  $Q'1$  pueden ser obtenidos con una bomba en operación o con dos. Si la selección es llevar la bomba en sobrevelocidad, un cálculo de la nueva potencia máxima deberá realizarse para no permitir que el motor este sobrecargado (10% de sobrevelocidad conlleva a aproximadamente 33% de potencia adicional).

De estas observaciones, nosotros podemos extraer la principales ventajas

vinculadas con el uso de un sistema de velocidad variable :

- Cualquier caudal entre 0 y  $Q_{max}$  puede ser obtenido por ajuste de la velocidad de la bomba de velocidad variable y el número de bombas de velocidad fija en operación.
- Esto es obtenido por manteniendo presión constante cualquiera que sea el caudal.
- La cobertura de todos los caudales es permitida y el tanque hidroneumático no es mas necesitado.

Con una instalación de velocidad fija, no obstante será necesario aceptar algunas limitaciones, con lo que los sistemas de velocidad variable ofrecen una ventajosa solución a los siguientes problemas :

- Cobertura de todo el rango de caudales.
- Volumen del tanque.
- Numero de arranques del motor.
- Presión constante.

En la realidad los sistemas de presión constante son a menudo equipados con un pequeño tanque, aunque este accesorio no es absolutamente esencial.

El tanque permite mantener la presión en la instalación cuando todas las bombas están detenidas.

Con esto, la operación continua de una bomba a muy baja velocidad es evitada cuando la demanda tiende a caer cercana a cero.

#### 2.4.5 Control de presión compensado.

Este tipo de control, algunas veces llamado control de "presión flujométrica", es diseñado a fin de compensar las pérdidas de presión debido a la distancia o a los accesorios entre el sistema de presión constante y el punto de distribución.

Este representa un caso particular, ya que representa una mínima parte de las instalaciones de presión constante.

##### 2.4.5.1 Descripción del problema.

Con el convencional sistema de presión constante, la presión en A es mantenida constante cualquiera que sea el caudal. Esta presión no es enteramente restaurada en B por las pérdidas entre A y B, las cuales varían de acuerdo al cuadrado de la variación del caudal (figura 30).

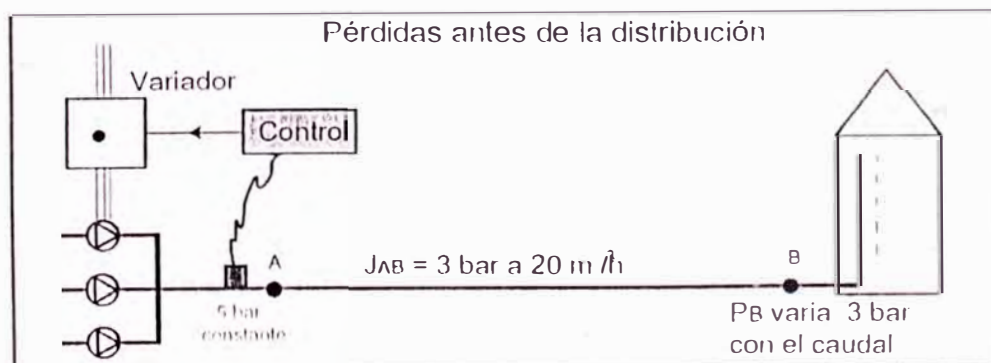


Fig. 30 – Pérdidas antes de la distribución.

Si  $Q \approx 0$  luego  $J_{AB} \approx 0$  entonces  $P_A \approx 5 \text{ bar}$  y  $P_B \approx 5 \text{ bar}$ .

Si  $Q = 20 \text{ m}^3/\text{h}$  luego  $J_{AB} = 3 \text{ bar}$  entonces  $P_A = 5 \text{ bar}$  y  $P_B = 2 \text{ bar}$ .

La presión en B, referida a como la "presión residual", es igual a  $P_A - J_{AB}$  (figura 31). El cambio de nivel también necesita ser sustraído, pero este es un valor constante independiente del caudal.

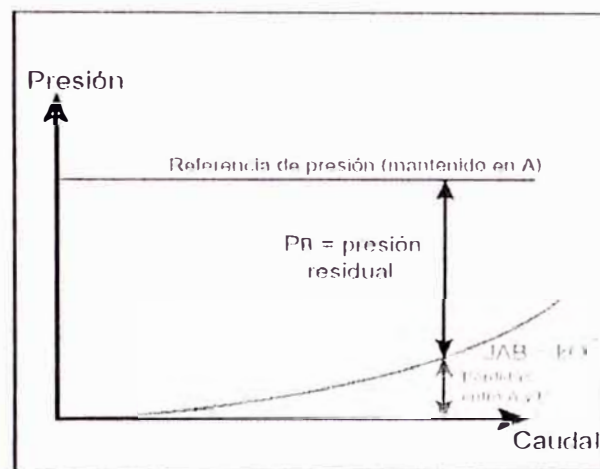


Fig. 31 - Presión residual en B ( $P_B$ ).

El control en este camino por lo tanto no dispone al usuario de disfrutar de presión constante a pesar del uso de un sistema de velocidad variable.

## 2.4.5.2 Alternativas de solución.

### 2.4.5.2.1 Movimiento del sensor de presión.

La presión ya no es más medida en la salida del sistema de presión constante sino en el punto de distribución (figura 32). En cumplimiento de " $P_{medida} = P_{referencia}$ " permite presión constante para el usuario.



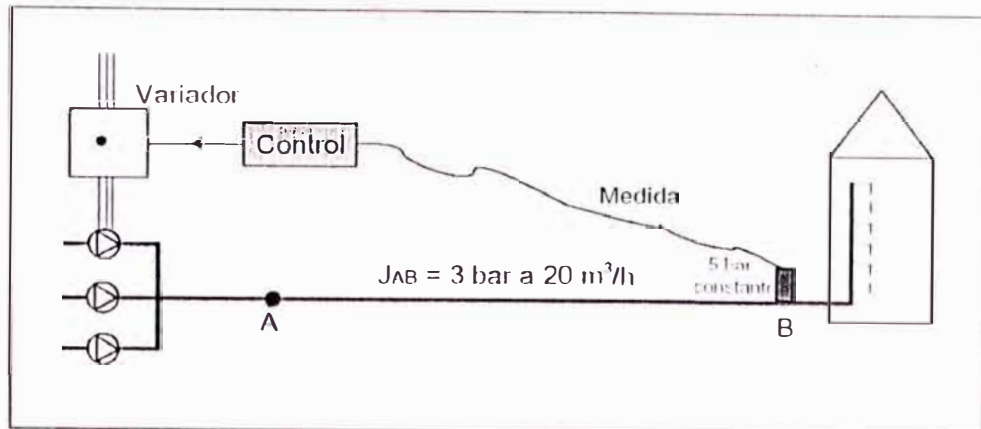


Fig. 32 - Movimiento del sensor de presión .

La dificultad de esta solución está en transportar la señal :

- Costo del cable.
- Canalización del cable.
- Transmisión de la señal de 4-20 mA.

Esta es una solución interesante pero conlleva a algunas limitaciones técnicas y económicas. Esto es encontrado en algunas redes de distribución de agua en la cual los sensores de presión son colocados en puntos cercanos a la distribución.

#### 2.4.5.2.2 Compensación de pérdidas.

Las pérdidas de presión son incorporadas dentro de la referencia a fin de obtener presión constante en el punto de distribución. Este es el principio de control de presión compensada. Solamente una referencia paralela a la curva de pérdidas (parábola) permitirá obtener una total presión constante .

Comparado a un control de presión en el caso clásico, esta instalación es mucho más elaborada y por lo tanto más costosa.

La referencia no es más un valor constante sino una variable dependiente del caudal  $f(Q)$ . Por lo tanto el controlador es más sofisticado que el comúnmente usado para un control de presión (figura 33).

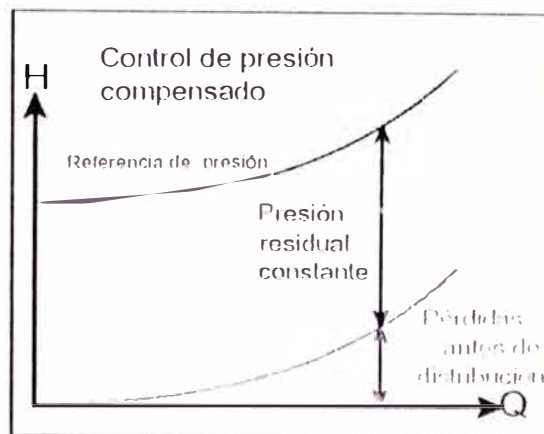


Fig. 33 – Referencia de presión compensada.

Compensación lineal puede ser usada. Esta es una interesante aproximación donde lo ideal es la compensación parabólica ofreciendo una referencia de presión que es totalmente paralela a la curva de pérdidas (figura 34).

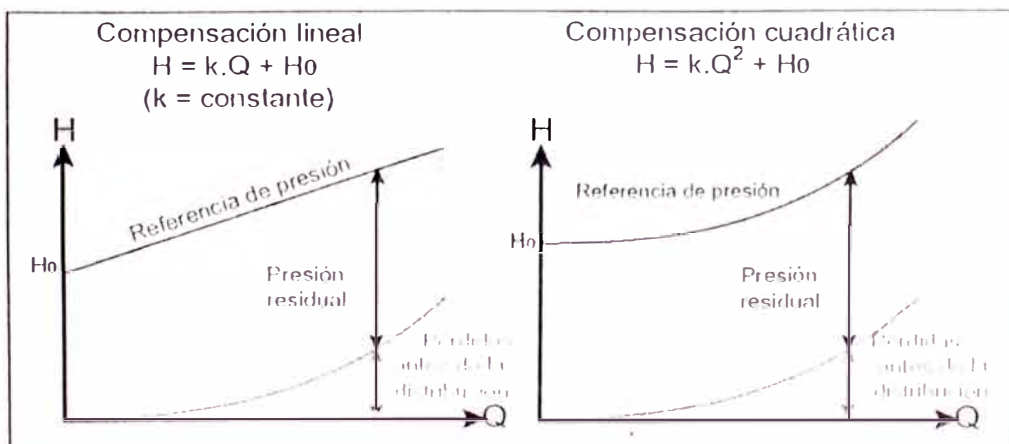


Fig. 34 – Referencia de presión compensada linealmente.

Estas dos soluciones permiten presión constante para el usuario en el evento de tener importantes pérdidas antes de la distribución. Ellos no resuelven de alguna forma las pérdidas provenientes del interior del sistema de distribución.

En un edificio donde las tuberías han sido subdimensionadas (considerables pérdidas entre A y B (figura 35)), si la presión es mantenida constante en A, los ocupantes de los pisos más altos (en B) serán afectados de fluctuaciones de presión vinculados a la variaciones en las pérdidas.

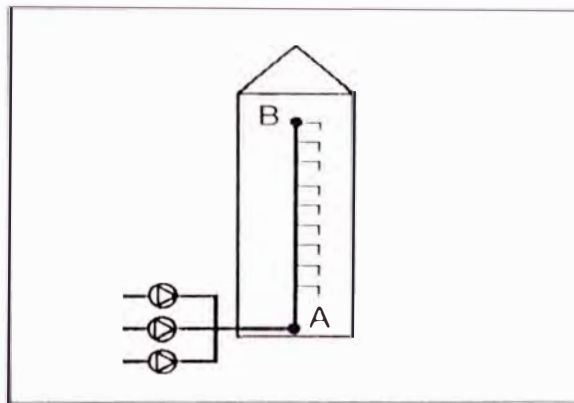


Fig. 35 – Pérdidas dentro de la residencia ( Tramo AB).

Si las pérdidas en AB son compensadas, puede ser posible permitir presión constante en B cualquiera que sea el caudal, pero esto ya no es mas verdadero para los pisos mas bajos. Cuando la demanda es alta, ellos son afectados por adicional presión diseñado para vencer las perdidas entre A y B.

Por lo tanto es evidente que por mas bueno sea el dispositivo de control, este no mantendrá la presión constante en todos los puntos de una red que genera

grandes pérdidas. Es importante tener en mente los límites de cada sistema a fin de evitar errores y decepciones.

#### **2.4.6 Alternativas de solución para sistemas de bombeo a velocidad variable**

Dentro de la solución a velocidad variable se presentan varias alternativas que nos permiten poder evaluar un punto óptimo para nuestra inversión y el comportamiento del sistema. A continuación se muestran las soluciones más comúnmente usadas y evaluadas en soluciones de velocidad variable.

##### **2.4.6.1 Solución punto a punto.**

Este modo de trabajo corresponde a la forma básica de trabajo a velocidad variable. Un variador de velocidad regula la velocidad de una bomba a fin de mantener la presión constante de acuerdo a la demanda de caudal.

##### **2.4.6.2 Solución cascada.**

Este modo de trabajo permite realizar un control de presión constante con un solo variador de velocidad y "n-1" bombas de velocidad fija también llamadas "bombas auxiliares".

Las bombas auxiliares son arrancadas y paradas de acuerdo al caudal requerido por la instalación. La bomba de velocidad variable es controlada por el variador de velocidad para compensar las variaciones de demanda de caudal.

Un transmisor de presión lleva la señal de realimentación hacia el variador y de acuerdo a la demanda del sistema el variador arranca o para las bombas de velocidad fija y regula lo requerido con la bomba de velocidad variable.

Un controlador lógico programable (PLC) puede asumir también la función de arrancar y parar las bombas (ver figura 36).

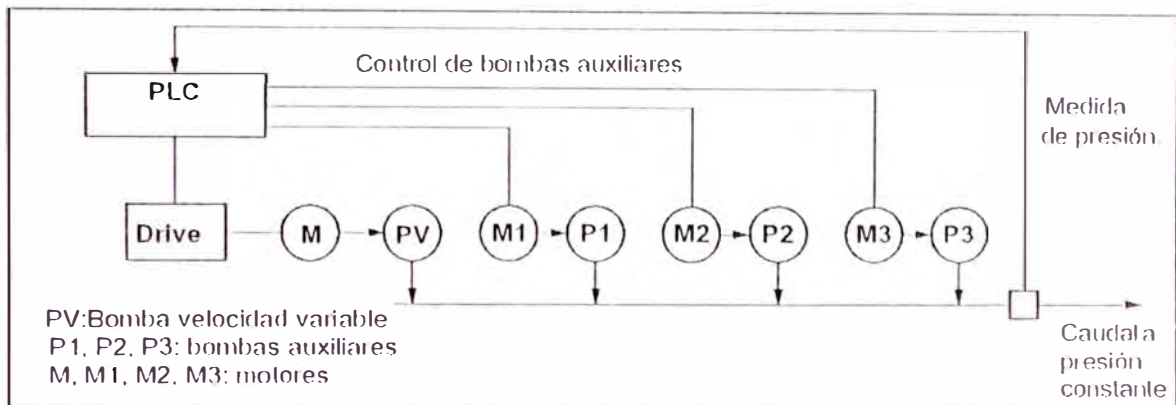


Fig. 36 – Típico sistema cascada ( 1 VV + 3 VF).

Cada vez que la bomba de velocidad variable (PV) alcance su máxima velocidad en forma estable, el PLC hará ingresar a una bomba de velocidad fija. De igual forma cada vez que se encuentre a su velocidad mínima sacará de operación una bomba de velocidad fija (ver figura 37).

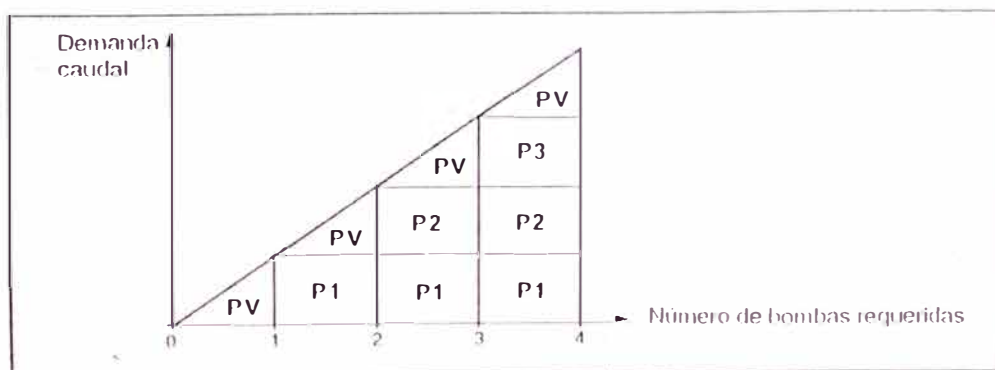


Fig. 37 – Ingreso y salida de las bombas auxiliares.

Normalmente se le asigna nombres particulares para los diferentes valores de "n". Entre los mas usados :

$n = 2 \Rightarrow$  Solución Duplex.

$n = 3 \Rightarrow$  Solución Triplex.

$n = 4 \Rightarrow$  Solución Cuádruplex.

#### **2.4.6.2.1 Opciones de trabajo en solución cascada.**

La opción de trabajo en cascada nos da algunas opciones de trabajo :

- Mono joker.
- Multi joker.

##### **a) Mono joker.**

En este modo, la misma bomba de velocidad variable es usada.

La bomba de velocidad variable (llamada bomba Joker) es siempre la misma. El criterio de selección de la bomba auxiliar a arrancar puede ser definido secuencialmente o en función del tiempo de funcionamiento (la bomba con menor tiempo de funcionamiento es la seleccionada). La parada de las bombas auxiliares se realiza en orden decreciente.

**b ) Multi Joker.**

En este modo, alguna de las bombas puede ser variable, pero solamente una a la vez. El variador o PLC guarda los tiempos de operación de todas las bombas conectadas y selecciona la de menor tiempo de funcionamiento como la bomba variable. La bomba variable puede solamente ser cambiada cuando todas las bombas auxiliares están apagadas.

La bomba de velocidad variable o "joker" puede ser cualquier bomba. La elección de la joker se realiza en función del tiempo de funcionamiento (la bomba con menor tiempo de funcionamiento es la seleccionada). El criterio de selección de la bomba auxiliar a arrancar puede ser definido secuencialmente o en función del tiempo de funcionamiento (la bomba con menor tiempo de funcionamiento es la seleccionada). La parada de las bombas auxiliares se realiza en orden decreciente.

**2.4.6.2.2 Selección de la secuencia de la bomba auxiliar.**

Hay dos caminos para la secuencia de las bombas auxiliares, dependiendo de la preferencia del usuario :

- Orden Ascendente / descendente : Las bombas auxiliares son arrancadas y paradas en una secuencia fija.

- Tiempo de funcionamiento : Las bombas auxiliares son arrancadas y paradas basadas en su tiempo de funcionamiento. La bomba auxiliar con el menor tiempo de operación arrancará primero en la secuencia de arranque y la de mayor tiempo de funcionamiento es parada primera en la secuencia de parada.

#### **2.4.6.2.3 Operación del sistema usando un tiempo de operación relativo limitado.**

Un tiempo de operación relativo puede ser configurado a fin de permitir igualdad en los tiempos de operación y así limitar el desgaste de las bombas. Si la diferencia en tiempo de operación entre una bomba auxiliar activa y una parada excede el tiempo configurado, la bomba activa es parada y reemplazada por otra bomba. La bomba variable solamente ser reemplazada si todas las bombas auxiliares están apagadas.

#### **2.4.6.2.4 Controlando una bomba auxiliar.**

La salida del regulador PI es la referencia de frecuencia para la bomba de velocidad variable. Cuando la referencia de frecuencia excede el umbral superior de frecuencia configurado en el variador, un temporizador se activa a fin de descartar fluctuaciones de caudal de corta duración. Si después de este tiempo de temporización la referencia de frecuencia se mantiene mas alta que el umbral configurado una bomba auxiliar arranca.



Cuando la señal de arranque de la bomba auxiliar es enviado , un tiempo de temporización se inicia a fin de permitir alcanzar su velocidad nominal a la bomba antes de que otra bomba arranque y así evitar oscilaciones en el caudal.

Cuando la referencia de frecuencia es menor que el umbral inferior de frecuencia configurado en el variador, un temporizador se activa a fin de despejar fluctuaciones de caudal de corta duración. Si después de este tiempo de temporización la referencia de frecuencia se mantiene mas baja que el umbral configurado, una bomba auxiliar es parada.

Cuando la señal de parada de la bomba auxiliar es enviado, un tiempo de temporización se inicia a fin de permitir una parada total de la bomba antes de que otra bomba pare y así evitar oscilaciones en el caudal.

#### **2.4.6.2.5 Función dormir / despertar.**

Esta función es usada para parar la bomba de velocidad variable cuando hay una demanda mínima en la instalación, todas las bombas auxiliares están detenidas y la presión esta en la referencia. En este caso si la referencia de frecuencia de la bomba de velocidad variable esta por debajo del umbral de velocidad de "dormir" configurado en el variador, se inicia un tiempo de temporización. Si después de este tiempo la referencia de frecuencia se mantiene por debajo del umbral la bomba para. El sistema esta ahora en modo "dormir".

Para pasar a modo "despertar", la realimentación debe caer por debajo del umbral "despertar" configurado en el variador. La bomba variable luego reanuda e inicia nuevamente su trabajo.

## 2.5 Conexión del sistema de bombeo a la red de distribución pública.

### 2.5.1 Alternativas de solución.

La conexión de un sistema de velocidad variable al sistema de distribución de agua puede ser realizados a una cisterna o directo de la red de distribución.

#### 2.5.1.1 Conexión a una cisterna ( figura 38).

La alimentación al sistema de bombeo de velocidad variable se realiza desde una cisterna que se alimenta del suministro de la empresa de distribución de agua y es controlada por un detector de nivel (normalmente tipo bolla). La presión disponible en la red de distribución no es usada porque el agua es guardada a presión atmosférica.

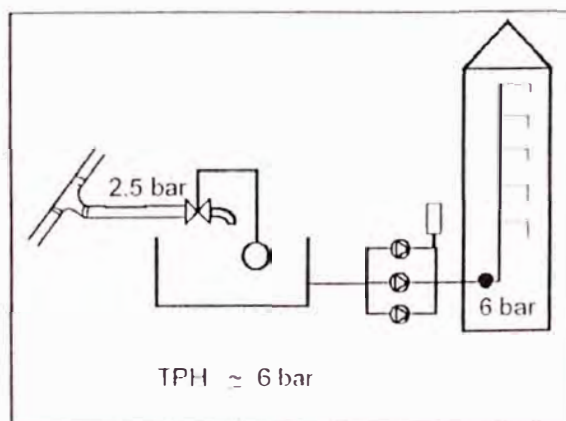


Fig. 38 – Esquema de conexión a una cisterna.

#### **2.5.1.1.1 Ventajas.**

Las principales ventajas de esta solución son :

- Mayor seguridad para el sistema ya que las bombas no pueden causar una pérdida de presión en el sistema.
- Fluctuaciones de presión en la red de distribución de la empresa de aguas no afecta al sistema de presión constante.
- Reserva de agua disponible ante el evento de un corte de agua (importante punto para el sistema contra incendios).

#### **2.5.1.1.2 Desventajas.**

Las principales desventajas de esta solución son :

- Desfavorable balance de energía porque la presión disponible en la red no es usada.
- Posibilidad de contaminación del tanque.
- Costoso en términos de inversión, principalmente por lo caro de la obra civil.

#### **2.5.1.2 Conexión directa a la red de la empresa de distribución de agua (figura 39).**

El sistema de bombeo de velocidad variable es mantenido a presión por la presión de la red.

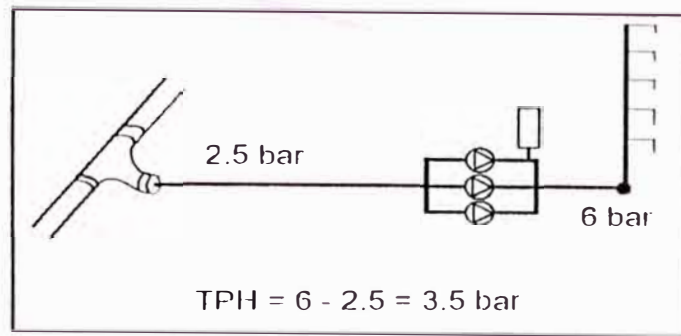


Fig. 39 – Esquema de conexión directa.

#### 2.5.1.2.1 Ventajas.

Las principales ventajas de esta solución son :

- Ventajoso balance de energía por usar la presión disponible en la red de distribución.
- Mas baja presión instalada .
- Mínima obra civil, lo que significa una inversión mucho menor.
- Menor riesgo de contaminación en la instalación.

#### 2.5.1.2.2 Desventajas.

Las principales desventajas de esta solución son :

- No reservas ante el evento de un corte de agua.
- Variaciones de presión en la red afectan operación del sistema.
- Nada garantiza que la instalación no causará depresión en su sistema (caso de excepcional baja presión en el sistema y el sistema de velocidad variable continúe operando).

### 2.5.1.2.3 Problemas relacionados a las variaciones de presión en la succión.

Como mencionamos anteriormente, nosotros no debemos confundir la presión de descarga ( $P_2$ ) y la altura total manométrica ( $TMH = P_2 - P_1$ ) (figura 40). Es cierto que en el caso de conexión a un tanque, el  $TMH$  y  $P_2$  son cercanos porque  $P_1$  es pequeño comparado a  $P_2$ .

Para una conexión directa a la red de la empresa de distribución, la diferencia es más grande.

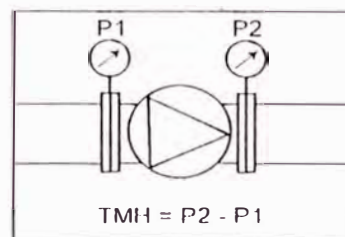


Fig. 40 – Altura total Manométrica (TMH).

Por ejemplo, toma 5 bar elevar el agua a los pisos superiores de un edificio. Una presión de 2 bar esta disponible en la red. Por lo tanto, nosotros necesitamos un sistema de velocidad variable suministrando  $P_2 - P_1 = 5 - 2 = 3$  bar de altura de presión total.

Note que la presión mínima y máxima ( o la referencia de presión ) son presiones de descarga porque ellas son medidas en la salida de la bomba. La curva de la bomba representa el  $TMH$  ( y no la presión de descarga ) como una función del caudal.

Dos condiciones importantes a tomar en cuenta son :

- Si la presión se incrementa en la entrada del sistema de velocidad variable conectada a la red directamente, las curvas características serán elevadas comparadas a los umbrales  $P_{min}$  y  $P_{max}$  (porque  $P_2 = P_1 + TMH$ ) (figura 41). El rango de presión mantenido sobre la descarga no cambia. Las bombas operan a mas altos caudales y más bajos TMHs. La cobertura de los caudales por la curva del sistema es diferente ( menos favorable).

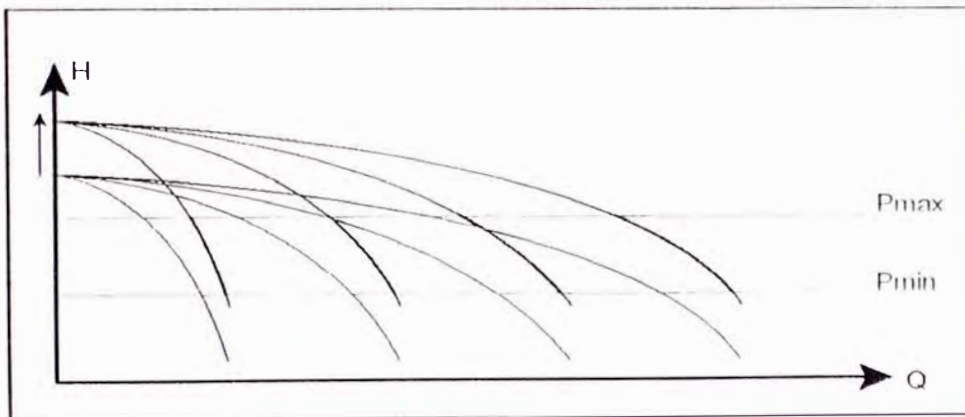


Fig. 41 – Incremento de la presión de succión.

- Si la presión en la entrada de las bombas se reduce, las curvas caerán (figura 42). Las bombas operan a caudales menores y más altos TMHs.

Aquí otra vez, la cobertura de caudal y eficiencia serán modificadas.

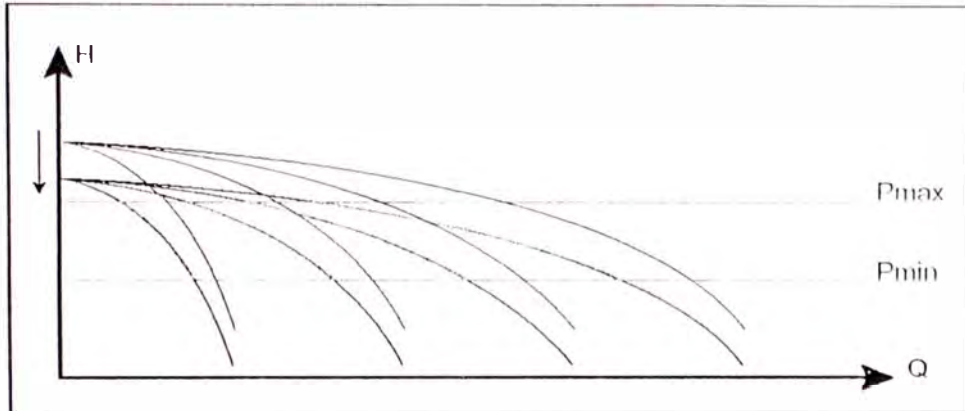


Fig. 42 – Disminución de la presión de succión.

## CAPITULO 3

### MEMORIA DESCRIPTIVA

#### 3.1 Descripción de la instalación.

Los datos sobre los que se trabajará están basados en los cálculos sanitarios realizados para los edificios de departamentos del Condominio Las Flores a construirse en el terreno de 4180 m<sup>2</sup> (aproximadamente) con 104 m de lado mayor con frente a la Av. Jorge Basadre y el lado mas corto de 40m con frente a las calles Las flores y los Eucaliptos del distrito de San Isidro, propiedad de LOS PORTALES S.A.

La construcción constará de lo siguiente :

- a) Sótanos de estacionamiento, en el total del terreno con capacidad para 125 autos en cada nivel (2 niveles : 250 autos) con una superficie total de 8360 m<sup>2</sup>.
  
- b) Edificio Las Poncianas en la esquina de Basadre con los Eucaliptos, conformados por 2 torres de departamentos.



- Torre #1 con 14 pisos y 33 departamentos de 1 dormitorio con un total de 3132 m<sup>2</sup>.
- Torre #2 con 14 pisos y con sala de juntas en 1er piso , servicios higiénicos de esparcimiento en 1º y 2º piso y 24 departamentos entre el 3º y 14º piso con 12 departamentos de 3 dormitorios y 12 departamentos de 2 dormitorios (tipo Flat) con un total de : 3460m<sup>2</sup>.

### 3.2 Dotación diaria de agua.

Aplicando las recomendaciones del RNC, la dotación diaria de agua para el Edificio LAS PONCIANAS será de :

#### a) Torre 1 :

- 33 departamentos de 1 dormitorio x 0.5 m<sup>3</sup> / departamento

**Total Torre 1 = 16.5 m<sup>3</sup>.**

#### b) Torre 2 :

- Esparcimiento 40 puntos x 40 litros / punto : 1.6 m<sup>3</sup>
- 12 departamentos de 3 dormitorios x 1.2 m<sup>3</sup> / departamento  
: 14.4 m<sup>3</sup>
- 12 departamentos de 2 dormitorios x 1 m<sup>3</sup> / departamento  
: 12.0 m<sup>3</sup>

**Total Torre 2 = 28.0 m<sup>3</sup>.**

### 3.3 Sistema de regulación de la demanda.

Se ha considerado que la demanda será regulada mediante el uso de cisterna y bombeo a velocidad variable con el uso de variadores de frecuencia.

Siendo el sistema de bombeo directo desde la cisterna, se ha considerado dos ramales principales por torre, cada una con su electrobomba, uno para alimentar entre el 1<sup>ro</sup> al 7<sup>mo</sup> piso y otro para el 8<sup>vo</sup> al 14<sup>vo</sup>.

### 3.4 Capacidad de la cisterna.

Considerando una cisterna para todo el condominio Basadre, la capacidad sería de :

Dotación diaria + reserva contra incendio

$$34.55 + 57 = 91.55 \text{ m}^3.$$

Se ha proyectado una cisterna de  $120 \text{ m}^3$  con un 30% de factor de seguridad ante alguna falta del suministro de agua por parte de la empresa de distribución de agua.

### 3.5 Caudal máximo.

De acuerdo con el RNC y en aplicación de las unidades de aparatos (UA) según el método de Hunter, se ha obtenido lo siguiente :

Torre	UA	gpm
1	528	79.7
2	372	98.4

### 3.6 Características de las bombas.

Siendo el equipo de velocidad variable para trabajar a presión constante, se ha considerado que cada unidad estaría preparada para rendir el caudal probable a la presión de trabajo que sería de :

#### a) Torre 1

Zona baja = 48gpm a 154 pies

Zona alta = 48gpm a 224 pies

#### b) Torre 2

Zona baja = 60gpm a 154 pies

Zona alta = 60gpm a 224 pies

Cada torre contará con su correspondiente unidad en stand by.

### **3.7 Funcionamiento automático del sistema.**

Cada torre tendrá 3 electro bombas con su respectivo tablero para trabajar a velocidad variable y presión constante, una para alimentar la zona baja (1<sup>o</sup> al 7<sup>mo</sup> piso) con 154 pies de presión a la salida, una segunda para alimentar la zona alta (8<sup>vo</sup> al 14<sup>vo</sup> piso) con 224 pies de presión a la salida y una tercera de igual características que la segunda en stand by, para reemplazar a cualquiera de las otras dos en caso de falla.

## CAPITULO 4

### ANÁLISIS TÉCNICO ECONOMICO DE LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCION

En este capítulo compararemos las diferentes soluciones de bombeo a velocidad variable presentadas en el capítulo 2, a fin de obtener la alternativa más conveniente. Los datos de entrada para la selección del equipamiento se detalla en el capítulo anterior.

Para la selección del equipamiento se ha utilizado los catálogos de bombas del fabricante Lowara, variadores de velocidad , contactores y guardamotores Telemecanique incluidos en el capítulo de anexos

#### 4.1 Solución punto a punto.

Cada Torre contará con una unidad de respaldo en caso de falla y será de las mismas características de la bomba de mayor potencia.

##### 4.1.1 Torre 1.

Zona baja ( piso 1 al 7 )

Datos 48 gpm a 154 pies.

Electrobomba : Modelo SV804.

- Motor trifásico
- Potencia : 5.5HP
- Voltaje (VAC) : 220
- Corriente nominal ( A) : 14.5

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT	COSTO UNITARIO ( USD)	COSTO TOTAL ( USD)
1	Guardamotor magnético	1	36	36
2	Variador de velocidad 5.5HP/ 220V	1	600	600
3	Bomba SV804	1	1030	1030
			TOTAL	1666.0

Tabla 4.1

**Zona alta ( piso 8 al 14)**

Datos : 48 gpm a 224 pies.

Electrobomba : Modelo SV805.

- Motor trifásico
- Potencia : 5.5HP
- Voltaje (VAC) : 220
- Corriente nominal ( A) : 14.5

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT	COSTO UNITARIO ( USD)	COSTO TOTAL ( USD)
1	Guardamotor magnético	1	36	36
2	Variador de velocidad 5.5HP/ 220V	1	600	600
3	Bomba SV805	1	1060	1060
			TOTAL	1696.0

Tabla 4.2

#### 4.1.2 Torre 2.

##### Zona baja ( piso 1 al 7 )

Datos : 60 gpm a 154 pies.

Electrobomba : Modelo SV804.

- Motor trifásico
- Potencia : 5.5HP
- Voltaje (VAC) : 220
- Corriente nominal ( A ) : 14.5

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT	COSTO UNITARIO ( USD)	COSTO TOTAL ( USD)
1	Guardamotor magnético	1	36	36
2	Variador de velocidad 5.5HP/ 220V	1	600	600
3	Bomba SV804	1	1030	1030
			TOTAL	1666.0

Tabla 4.3

**Zona alta ( piso 8 al 14)**

Datos : 60 gpm a 224 pies.

Electrobomba : Modelo SV805.

- Motor trifásico
- Potencia : 5.5HP
- Voltaje (VAC) : 220
- Corriente nominal ( A) : 14.5

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT	COSTO UNITARIO ( USD)	COSTO TOTAL ( USD)
1	Guardamotor magnético	1	36	36
2	Variador de velocidad 5.5HP/ 220V	1	600	600
3	Bomba SV805	1	1060	1060
			TOTAL	1696.0

Tabla 4.4

#### 4.1.3 Resumen.

TORRE	ZONA	COSTO TOTAL ( USD)
1	Baja	1666.0
	Alta	1696.0
	Unidad de respaldo	1696.0
2	Baja	1666.0
	Alta	1696.0
	Unidad de respaldo	1696.0
TOTAL		10116.0

Tabla 4.5



## 4.2 Solución duplex.

### 4.2.1 Torre 1.

#### Zona baja ( piso 1 al 7 )

Datos : 48 gpm a 154 pies.

Se usarán dos bombas en paralelo de 24 gpm cada una a 154 pies.

Electrobomba : Modelo SV405.

Cantidad : 2.

- Motor trifásico
- Potencia : 2HP
- Voltaje (VAC) : 220
- Corriente nominal ( A ) : 5.4

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT	COSTO UNITARIO ( USD)	COSTO TOTAL ( USD)
1	Guardamotor magnético	1	36	36
2	Guardamotor termomagnético	1	45	45
3	Contactador 9 A /AC3.	1	16	16
4	Variador de velocidad 2HP/ 220V	1	320	320
5	PLC Zelio ( Incluido programa )	1	130	130
6	Fuente de alimentación 24VDC Zelio	1	55	55
7	Bomba SV405	2	840	1680
			TOTAL	2282.0

Tabla 4.6

**Zona alta ( piso 8 al 14)**

Datos : 48 gpm a 224 pies.

Se usarán dos bombas en paralelo de 24 gpm cada una a 224 pies.

Electrobomba : Modelo SV407.

Cantidad : 2.

- Motor trifásico
- Potencia : 3HP
- Voltaje (VAC) : 220
- Corriente nominal ( A ) : 7.4

ITEM	DESCRIPCION	CANT	COSTO UNITARIO ( USD)	COSTO TOTAL ( USD)
1	Guardamotor magnético	1	36	36
2	Guardamotor termomagnético	1	50	50
3	Contactador 12 A / AC3.	1	18	18
4	Variador de velocidad 3HP/ 220V	1	380	380
5	PLC Zeii ( incluido programa)	1	130	130
6	Fuente de alimentación 24VDC Zelio	1	55	55
7	Bomba SV407	2	920	1840
			TOTAL	2509.0

Tabla 4.7

#### 4.2.2 Torre 2.

**Zona baja**

Datos : 60 gpm a 154 pies.

Se usarán dos bombas en paralelo de 30 gpm cada una a 154 pies.

Electrobomba : Modelo SV406.

Cantidad : 2.

- Motor trifásico
- Potencia : 3HP
- Voltaje (VAC) : 220
- Corriente nominal ( A ) : 7.4

ITEM	DESCRIPCION	CANT	COSTO UNITARIO ( USD)	COSTO TOTAL ( USD)
1	Guardamotor magnético	1	36	36
2	Guardamotor termomagnético	1	50	50
3	Contactador 12 A / AC3	1	18	18
4	Variador de velocidad 3HP/ 220V	1	380	380
5	PLC Zelio ( incluido programa)	1	130	130
6	Fuente de alimentación 24VDC Zelio	1	55	55
7	Bomba SV406	2	890	1780
			TOTAL	2449.0

Tabla 4.8

### Zona alta

Datos : 60 gpm a 224 pies.

Se usarán dos bombas en paralelo de 30 gpm cada una a 224 pies.

Electrobomba : Modelo SV408.

Cantidad : 2.

- Motor trifásico
- Potencia : 3HP
- Voltaje (VAC) : 220

- Corriente nominal ( A ) : 7.4

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT	COSTO UNITARIO ( USD)	COSTO TOTAL ( USD)
1	Guardamotor magnético	1	36	36
2	Guardamotor termomagnético	1	50	50
3	Contactador 12 A / AC3.	1	18	18
4	Variador de velocidad 3HP/ 220V	1	380	380
5	PLC Zelio ( incluido programa)	1	130	130
6	Fuente de alimentación 24VDC Zelio	1	55	55
7	Bomba SV408	2	970	1940
			TOTAL	2609.0

Tabla 4.9

#### 4.2.3 Resumen.

TORRE	ZONA	COSTO TOTAL ( USD)
1	Baja	2282.0
	Alta	2509.0
2	Baja	2449.0
	Alta	2609.0
TOTAL		9849.0

Tabla 4.10

### 4.3 Solución triplex.

#### 4.3.1 Torre 1.

##### Zona baja

Datos : 48 gpm a 154 pies.

Se usarán tres bombas en paralelo de 16 gpm cada una a 154 pies.

Electrobomba : Modelo SV205.

Cantidad : 3.

- Motor trifásico
- Potencia : 1.5HP
- Voltaje (VAC) : 220
- Corriente nominal ( A ) : 4.2

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT	COSTO UNITARIO ( USD)	COSTO TOTAL ( USD)
1	Guardamotor magnético	1	36	36
2	Guardamotor termomagnético	2	45	90
3	Contactador 9 A /AC3.	2	16	32
4	Variador de velocidad 2HP/ 220V	1	320	320
5	PLC Zelio ( incluido programa)	1	130	130
6	Fuente de alimentación 24VDC Zelio	1	55	55
7	Bomba SV205	3	650	1950
			TOTAL	2613.0

Tabla 4.11

**Zona alta**

Datos : 48 gpm a 224 pies

Se usarán tres bombas en paralelo de 16 gpm cada una a 224 pies.

Electrobomba : Modelo SV207.

Cantidad : 3.

- Motor trifásico
- Potencia : 2HP
- Voltaje (VAC) : 220
- Corriente nominal ( A ) : 5.4

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT	COSTO UNITARIO ( USD)	COSTO TOTAL ( USD)
1	Guardamotor magnético	1	36	36
2	Guardamotor termomagnético	2	45	90
3	Contactador 9 A /AC3.	2	16	32
4	Variador de velocidad 2HP/ 220V	1	320	320
5	PLC Zelio ( incluido programa)	1	130	130
6	Fuente de alimentación 24VDC Zelio	1	55	55
7	Bomba SV207	3	720	2160
			TOTAL	2823.0

Tabla 4.12

#### 4.3.2 Torre 2.

**Zona baja**

Datos : 60 gpm a 154 pies.

Se usarán tres bombas en paralelo de 20 gpm cada una a 154 pies.

Electrobomba : Modelo SV405.

Cantidad : 3.

- Motor trifásico
- Potencia : 2HP
- Voltaje (VAC) : 220
- Corriente nominal ( A ) : 5.4

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT	COSTO UNITARIO ( USD)	COSTO TOTAL ( USD)
1	Guardamotor magnético	1	36	36
2	Guardamotor termomagnético	2	45	90
3	Contactador 9 A /AC3.	2	16	32
4	Variador de velocidad 2HP/ 220V	1	320	320
5	PLC Zelio ( incluido programa)	1	130	130
6	Fuente de alimentación 24VDC Zelio	1	55	55
7	Bomba SV405	3	840	2520
			TOTAL	3183.0

Tabla 4.13

### Zona alta

Datos : 60 gpm a 224 pies

Se usarán tres bombas en paralelo de 20 gpm cada una a 224 pies.

Bomba : Modelo SV407

Cantidad : 3

- Motor trifásico
- Potencia : 3HP
- Voltaje (VAC) : 220
- Corriente nominal ( A ) : 7.4

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT	COSTO UNITARIO ( USD)	COSTO TOTAL ( USD)
1	Guardamotor magnético	1	36	36
2	Guardamotor termomagnético	2	50	100
3	Contactador 12 A /AC3.	2	18	36
4	Variador de velocidad 3HP/ 220V	1	380	380
5	PLC Zelio ( incluido programa )	1	130	130
6	Fuente de alimentación 24VDC Zelio	1	55	55
7	Bomba SV407	3	920	2760
			TOTAL	3497.0

Tabla 4.14

### 4.3.3 Resumen.

TORRE	ZONA	COSTO TOTAL ( USD)
1	Baja	2613.0
	Alta	2823.0
2	Baja	3183.0
	Alta	3497.0
TOTAL		12116.0

Tabla 4.15



#### 4.4 Resumen Total.

SOLUCION	COSTO EQUIPAMIENTO (USD)
Punto a punto	10116.0
Dúplex	9849.0
Triplex	12116.0

Tabla 4.16

#### 4.5 Análisis de soluciones.

La solución más ventajosa desde el punto de vista de costos de equipos es la solución dúplex con la solución más cercana a la solución punto a punto con una diferencia de precios de 267 USD.

Los precios de los accesorios para el montaje mecánico y eléctrico y la mano de obra aumentan considerablemente a medida que aumenta el número de bombas auxiliares.

A medida que se incrementa el número de bombas auxiliares el espacio necesario en el cuarto de bombas se incrementa por lo que deberá de tenerse en cuenta la disponibilidad de espacio cuando se propone soluciones en cascada.

El sistema punto a punto se muestra como el más confiable entre todas las soluciones por tener la menor cantidad de equipos en su solución y presentar una unidad de respaldo totalmente equipada para ingresar ante alguna falla de una bomba en operación.

Teniendo en cuenta todos los puntos anteriormente mencionados, podemos tomar la decisión de trabajar en este caso con el sistema punto a punto ya que la diferencia económica con la solución duplex no es importante y el costo de los accesorios de montaje y mano de obra cubrirían esta diferencia. Ante esto y siendo el sistema punto a punto más confiable y seguro se toma esta decisión.

## CAPITULO 5

### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SUMINISTRO

#### 5.1 Suministro eléctrico.

##### 5.1.1 Interruptor principal.

- Corriente de empleo : 100A
- Tensión de empleo : 690 VAC  
máxima
- Poder de ruptura : 50kA
- Conformidad con la : IEC 947-4-2  
norma

##### 5.1.2 Guardamotor.

- Corriente de empleo : 12A
- Tensión de empleo : 690VAC  
máxima
- Poder de ruptura : 35kA

- Corriente de empleo : 22A
- Conformidad con la norma : IEC 947-2

### 5.1.3 Motor eléctrico.

- Montaje : Vertical
- Grado de protección : IP55 Autoventilado
- Factor de servicio : 1.15

## 5.2 Suministro electrónico.

### 5.2.1 Variador de velocidad.

- Conformidad con la norma : EN 50178
- Inmunidad CEM : IEC 1000-4-2 / EN61000-4-2  
Nivel 3  
IEC 1800-3 / EN 61800-3,  
entornos 1 y 2
- CEM, emisiones conducidas y radiadas : IEC 1800-3/EN 61800-3,  
entornos : 2 (red industrial) y  
1( red pública)  
EN 55011 Clase A
- Homologaciones : UL, CSA
- Grado de protección : IP21

- Rango de frecuencia de salida : 0.1 ...500 Hz
- Sobretorque transitorio : 120% del par nominal del motor durante 1 min cada 10min
- Tecnología : Control vectorial de flujo sin realimentación de velocidad
- Voltaje de alimentación : 200 –240 VAC
- Frecuencia : 50 / 60Hz
- Alimentación parte de control : Interna via fuente del variador
- Fuentes internas disponibles : Protegidas contra los cortocircuitos y sobrecargas  
1 fuente +10VDC para potenciómetro I max : 10mA  
1 fuente +24VDC para entradas lógicasI , I max : 200mA
- Entradas Analógicas AI : 1 entrada analógica en tensión AI1 : 0..10VDC  
1 entrada analógica en corriente AIC : 0-20mA
- Entradas discretas LI : 4 entradas lógicas asignables
- Salidas relés : 1 relé de falla R1  
1 relé asignable R2

- Controlador PI Incluido : Si
- Comunicación : Puerto Modbus RTU RS485
- Protecciones del variador :
  - Protección contra los cortocircuitos
    - Entre fases de salida
    - Entre fases de salida y tierra
    - En las salidas de las fuentes internas
  - Protección térmica contra sobrecalentamientos excesivos
  - Seguridad en caso de corte de fase de la red
- Protecciones del motor :
  - Protección térmica I<sup>2</sup>t
  - Contra pérdida de fase del motor
  - Contra sobretensiones y subtensiones

### 5.3 Suministro de instrumentación.

#### 5.3.1 Transmisor de presión.

- Conformidad con las normas : IEC/EN 60947-1, IEC/EN 60947-5-1, EN 50081, EN 50082, EN 61000-6-2, EN 61000-4-2/3/4/5/6/8/11

- Homologaciones : UL, CSA
- Fluidos o productos controlados : Aceites hidráulicos, aire, agua dulce, agua de mar, fluidos corrosivos de – 15...+ 80 °C
- Materiales en contacto con el fluido : Fondo de acero inoxidable, junta de vitón
- Protección eléctrica : Contra las inversiones de polaridad, los cortocircuitos, las sobrepresiones y los errores de conexión
- Grado de protección : IP 67 según IEC/EN 60529, NEMA 4/6/12/13
- Tiempo de respuesta de la salida (ms) : Parametrizable de 5 a 500, por pasos de 10 ms
- Precisión :  $\leq 2\%$  de la zona de medida
- Repetibilidad :  $\leq 0,5\%$  de la zona de medida
- Conexión hidráulica : 1/4" NPT hembra
- Conexión eléctrica : Conector M12 compatible "Snap-C"
- Salida estática : PNP o NPN, 200mA, 24VDC
- Salida analógica : 4 ... 20 mA
- Pantalla de visualización : Si

- Unidad de lectura de presión : Bares o PSI
- Tiempo de respuesta : Lento: variación de la visualización al paso de un 1% del calibre, normal: variación al paso de 0,5% del calibre o rápido: variación al paso de 10 ms
- Rango de presión : 0-10 bar
- Fabricante : Telemecanique o similar
- Modelo : XML-F010D2036 o similar

### 5.3.2 Presostato.

- Conformidad con las normas : IEC, EN 50081, EN 50082
- Homologaciones : UL, CSA , CCN
- Fluidos o productos controlados : Aceites hidráulicos, aire, agua dulce, agua de mar, fluidos corrosivos de – 15...+ 80 °C
- Protección eléctrica : Contra las inversiones de polaridad, los cortocircuitos, las sobrepresiones y los errores de conexión
- Grado de protección : IP 65 según IEC/EN 60529
- Tiempo de : 5ms



respuesta de la  
salida (ms)

- Precisión :  $\leq 5\%$  de la zona de medida
- Conexión hidráulica : 1/4" NPT hembra
- Conexión eléctrica : Conector DIN43650A
- Salida estática : PNP , 200mA, 24VDC
- Rango de presión : 0-10 bar

#### 5.4 Suministro mecánico.

##### 5.4.1 Bomba centrífuga.

- Tipo : Vertical Multietápica
- Succión y descarga : En línea
- Materiales : Caja : Acero inoxidable 304  
Impulsor : Acero inoxidable 304  
Eje : Acero inoxidable 304  
Sello mecánico : Carbón / cerámica – EPDM
- Fabricante : ITT Lowara o similar
- Modelo : SV / SSV o similar

**CAPITULO 6**  
**METRADO Y PRESUPUESTO**

**6.1 Sistema de velocidad fija con Tanque hidroneumático.**

**6.1.1 Torre 1.**

Item	Descripción	Und.	Cant.	Valor Venta Unitario US \$	Valor Venta Total US \$
<b>1.0</b>	<b>ELECTROBOMBAS.</b>				
	Electrobomba centrífuga Marca Hidrostal 2C 1 1/2" x 2 – 11.5T Motor WEG 3 Ø de 11.5 HP 3500 rpm , 220V , 60 Hz.	Und.	2	1500	3000.0
<b>2.0</b>	<b>TABLERO DE FUERZA Y CONTROL.</b>				
	Interruptor termomagnético de distribución NS 100 Marca Merlin Gerin	Und.	1	100	100.0
	Guardamotor NSH80MA , 50 A Marca Telemecanique	Und.	2	75	150.0
	Contactador electromecánico 38A, AC3 ,220VAC LC1D38M7 Marca Telemecanique	Und.	2	56.5	113.0
	Rele térmico 30 -40 A , LRD35 , Marca Telemecanique	Und.	2	39.2	78.4
	Reles encapsulados 10A, 3 NANC , 220VAC , RUN31A21P7 Marca Telemecanique	Und.	2	7.2	14.4

Item	Descripción	Und.	Cant.	Valor Venta Unitario US \$	Valor Venta Total US \$
	Base Universal para relé RUN, 11 pines Marca Telemecanique	Und.	2	3.2	6.4
	Pulsador arranque verde XB4BA31 Marca Telemecanique	Und.	1	8.9	8.9
	Pulsador parada rojo XB4BA42 Marca Telemecanique	Und.	1	8.9	8.9
	Piloto falla rojo XB4BVM5 Marca Telemecanique	Und.	1	13.5	13.5
	Selector Manual / Automático XB4BD33 Marca Telemecanique	Und.	1	12.0	12.0
	Relé Inteligente Zelio Logic ( Incluye programa) SR1B101FU Marca Telemecanique	Und.	1	110.0	110.0
	Tablero tipo mural metálico IP54 Himel	Und.	1	150	150.0
	Canaletas	m	8	4	32.0
	Accesorios	Gbl.	1	80	80.0
<b>3.0</b>	<b>EQUIPO DE INSTRUMENTACIÓN.</b>				
	Presostáto ( Para funcionamiento alternado y/o simultaneo de las electrobombas )	Und	2	15	30
	Tanques Hidroneumático Ø 1.35m x 2.90 m H Capacidad 1000 galones	Und.	1	1800	1800.0
<b>4.0</b>	<b>MANO DE OBRA.</b>				
	Operario para montaje y cableado eléctrico	h-h	10	3	30
	Ayudante para montaje y cableado eléctrico	h-h	10	0.5	5
	Ingeniero supervisor	h-h	3	10	30
<b>5.0</b>	<b>GASTOS INFRAESTRUCTURA.</b>				
	Taller	días	2	10	30
	Herramientas	h-mq	10	0.2	2.0
	Servicios ( agua , luz)	Glb	1	4	4
<b>TOTAL EQUIPAMIENTO TORRE 1</b>					<b>6058.5</b>

6.1.2 Torre 2.

Item	Descripción	Und.	Cant.	Valor Venta Unitario US \$	Valor Venta Total US \$
<b>1.0</b>	<b>ELECTROBOMBAS.</b>				
	Electrobomba centrífuga Marca Hidrostral 2C 1 1/2" x 2 – 11.5T Motor WEG 3 Ø de 11.5 HP 3500 rpm , 220V , 60 Hz.	Und.	2	1500	3000.0
<b>2.0</b>	<b>TABLERO DE FUERZA Y CONTROL.</b>				
	Interruptor termomagnético de distribución NS 100 Marca Merlin Gerin	Und.	1	100	100.0
	Guardamotor NSH80MA , 50 A Marca Telemecanique	Und.	2	75	150.0
	Contactador electromecánico 38A, AC3 ,220VAC LC1D38M7 Marca Telemecanique	Und.	2	56.5	113.0
	Relé térmico 30 -40 A , LRD35 , Marca Telemecanique	Und.	2	39.2	78.4
	Reles encapsulados 10A, 3 NANC , 220VAC , RUN31A21P7 Marca Telemecanique	Und.	2	7.2	14.4
	Base Universal para relé RUN, 11 pines Marca Telemecanique	Und.	2	3.2	6.4
	Pulsador arranque verde XB4BA31 Marca Telemecanique	Und.	1	8.9	8.9
	Pulsador parada rojo XB4BA42 Marca Telemecanique	Und.	1	8.9	8.9
	Piloto falla rojo XB4BVM5 Marca Telemecanique	Und.	1	13.5	13.5
	Selector Manual / Automático XB4BD33 Marca Telemecanique	Und.	1	12.0	12.0
	Relé Inteligente Zelio Logic ( Incluye programa) SR1B101FU Marca Telemecanique	Und.	1	110.0	110.0
	Tablero tipo mural metálico IP54 Himel	Und.	1	150	150.0
	Canaletas	m	8	4	32.0
	Accesorios	Gbl.	1	80	80.0

Item	Descripción	Und.	Cant.	Valor Venta Unitario US \$	Valor Venta Total US \$
<b>3.0</b>	<b>EQUIPO DE INSTRUMENTACIÓN.</b>				
	Presostáto ( Para funcionamiento alternado y/o simultaneo de las electrobombas )	Und	2	15	30
	Tanques Hidroneumático Ø 1.35m x 2.90 m H Capacidad 1000 galones	Und.	1	1800	1800.0
<b>4.0</b>	<b>MANO DE OBRA.</b>				
	Operario para montaje y cableado eléctrico	h-h	10	3	30
	Ayudante para montaje y cableado eléctrico	h-h	10	0.5	5
	Ingeniero supervisor	h-h	3	10	30
<b>5.0</b>	<b>GASTOS INFRAESTRUCTURA.</b>				
	Taller	días	2	10	30
	Herramientas	h-mq	10	0.2	2.0
	Servicios ( agua , luz)	Glb	1	4	4
<b>TOTAL EQUIPAMIENTO TORRE 2</b>					<b>6058.5</b>

### 6.1.3 Resumen.

Torre	Tipo	Valor Venta (US \$)	Precio Venta (US \$)
Torre 1	Bombas	3000.0	3540.0
	Tablero de fuerza y control	877.5	1035.5
	Equipos de instrumentación	1830.0	2159.4
	Mano de obra	65.0	76.7
	Gastos infraestructura	36.0	42.5
Torre 2	Bombas	3000.0	3540.0
	Tablero de fuerza y control	877.5	1035.5
	Equipos de instrumentación	1830.0	2159.4
	Mano de obra	65.0	76.7
	Gastos infraestructura	36.0	42.5
<b>TOTAL PRECIO VENTA</b>			<b>13708.2</b>

## 6.2 Sistema de velocidad variable.

### 6.2.1 Torre 1.

- Zona baja ( pisos 1 al 7 )
- Zona alta ( pisos 8 al 14)

Ítem	Descripción	Und.	Cant.	Valor Venta	Valor Venta
				Unitario	Total
				US \$	US \$
<b>1.0</b>	<b>ELECTROBOMBAS.</b>				
	Electrobomba Marca Lowara Modelo SV 805	Und.	2	1000	2000.0
	Electrobomba Marca Lowara Modelo SV 804	Und.	1	800	800.0
<b>2.0</b>	<b>TABLERO DE FUERZA Y CONTROL.</b>				
	Interruptor termomagnético de distribución NS100N 3P Marca Merlin Gerin	Und.	1	90	90.0
	Guardamotor GV2LE20 , 18 A Marca Telemecanique	Und.	3	45	135.0
	Selector Manual- Auto XB4BD33 Marca Telemecanique	Und.	2	11.5	23.0
	Selector Bomba Alta - O - Bomba Baja XB4BD33 Marca Telemecanique	Und.	1	11.5	11.5
	Piloto luminoso señalización Fallo variador XB4BVB4 Marca Telemecanique	Und.	1	7.1	7.1
	Piloto luminoso señalización sobrepresión XB4BVB5 Marca Telemecanique	Und.	1	7.1	7.1
	Reles encapsulados 5A, 4 NANC , 24VDC , RXN41G11BD Marca Telemecanique	Und.	2	4.5	9.0
	Base Universal para relé RXN, 14 pines Marca Telemecanique	Und.	2	3.0	6.0
	Variador de velocidad ATV28HU72M2 Marca Telemecanique	Und.	3	600	1800.0
	Fuente de alimentación 24VDC , 1.3 A ABL7RM2401 Marca Telemecanique	Und.	1	50	50.0
	Tablero tipo mural metálico IP54 Himel	Und.	1	180	180.0
	Canaletas	m	8	4	32.0
	Accesorios	Gbl.	1	60	60.0
<b>3.0</b>	<b>EQUIPO DE INSTRUMENTACIÓN.</b>				
	Transmisor de presión Multifunción 0..10 Bar XMLF010D2036 Marca Telemecanique	Und.	2	200	400.0
	Presostato XMLE010U1C31 Marca Telemecanique 0.7 ..10Bar PNP 24VDC	Und.	2	100	200
	Cable conector M12 Longitud 5 m para transmisor XMLF	Und.	2	10	20
	Conector DIN 43650A Hembra para presostato XMLE	Und.	2	5	10

Item	Descripción	Und.	Cant.	Valor Venta Unitario US \$	Valor Venta Total US \$
	Tanques precargados Goulds Pumps Capacidad de 20glns.	Und.	2	180	360.0
<b>4.0 MANO DE OBRA.</b>					
	Operario para montaje y cableado eléctrico	h-h	16	3	60
	Ayudante para montaje y cableado eléctrico	h-h	16	0.5	10
	Ingeniero supervisor	h-h	5	10	50
<b>5.0 GASTOS INFRAESTRUCTURA.</b>					
	Taller	días	2	10	30
	Herramientas	h-mq	16	0.2	3.2
	Servicios ( agua , luz)	Glb	1	4	4
<b>TOTAL EQUIPAMIENTO TORRE 1</b>					<b>6357.9</b>

### 6.2.2 Torre 2.

- Zona baja ( pisos 1 al 7 )
- Zona alta ( pisos 8 al 14)

Item	Descripción	Und.	Cant.	Valor Venta Unitario US \$	Valor Venta Total US \$
<b>1.0 ELECTROBOMBAS.</b>					
	Electrobomba Marca Lowara Modelo SV 805	Und.	2	1000	2000.0
	Electrobomba Marca Lowara Modelo SV 804	Und.	1	800	800.0
<b>2.0 TABLERO DE FUERZA Y CONTROL.</b>					
	Interruptor termomagnético de distribución NS100N 3P Marca Merlin Gerin	Und.	1	90	90.0
	Guardamotor GV2LE20 , 18 A Marca Telemecanique	Und.	3	45	135.0



Item	Descripción	Und.	Cant.	Valor Venta	Valor Venta
				Unitario	Total
				US \$	US \$
	Selector Manual- Auto XB4BD33	Und.	2	11.5	23.0
	Marca Telemecanique				
	Selector Bomba Alta - O - Bomba Baja	Und.	1	11.5	11.5
	XB4BD33 Marca Telemecanique				
	Piloto luminoso señalización Fallo variador	Und.	1	7.1	7.1
	XB4BVB4 Marca Telemecanique				
	Piloto luminoso señalización sobrepresión	Und.	1	7.1	7.1
	XB4BVB5 Marca Telemecanique				
	Reles encapsulados 5A, 4 NANC , 24VDC ,	Und.	2	4.5	9.0
	RXN41G11BD Marca Telemecanique				
	Base Universal para relé RXN, 14 pines	Und.	2	3.0	6.0
	Marca Telemecanique				
	Variador de velocidad ATV28HU72M2	Und.	3	600	1800.0
	Marca Telemecanique				
	Fuente de alimentación 24VDC , 1.3 A	Und.	1	50	50.0
	ABL7RM2401 Marca Telemecanique				
	Tablero tipo mural metálico IP54 Himel	Und.	1	180	180.0
	Canaletas	m	8	4	32.0
	Accesorios	Gbl.	1	60	60.0
<b>3.0</b>	<b>EQUIPOS DE INSTRUMENTACIÓN.</b>				
	Transmisor de presión Multifunción	Und.	2	200	400.0
	XMLF010D2036 Marca Telemecanique				
	Presostato XMLE010U1C31 Marca	Und.	2	100	200
	Telemecanique 0.7 ..10Bar PNP 24VDC				
	Cable conector M12 Longitud 5 m	Und.	2	10	20
	para transmisor XMLF				
	Conector DIN 43650A para Hembra	Und.	2	5	10
	para presostato XMLE				
	Tanques precargados Goulds Pumps	Und.	2	180	360.0
	Capacidad de 20glns.				
<b>4.0</b>	<b>MANO DE OBRA.</b>				
	Operario para montaje y cableado eléctrico	h-h	16	3	60
	Ayudante para montaje y cableado	h-h	16	0.5	10
	Ingeniero supervisor	h-h	5	10	50

Item	Descripción	Und.	Cant.	Valor Venta Unitario US \$	Valor Venta Total US \$
<b>5.0 GASTOS INFRAESTRUCTURA.</b>					
	Taller	días	2	10	30
	Herramientas	h-mq	16	0.2	3.2
	Servicios ( agua , luz)	Glb	1	4	4
<b>TOTAL EQUIPAMIENTO TORRE 2</b>					<b>6357.9</b>

### 6.2.3 Resumen.

Torre	Tipo	Valor Venta (US \$)	Precio Venta (US \$)
Torre 1	Bombas	2800.0	3304.0
	Tablero de fuerza y control	2410.7	2844.6
	Equipos de instrumentación	990.0	1168.2
	Mano de obra	120.0	141.6
	Gastos infraestructura	37.2	43.9
Torre 2	Bombas	2800.0	3304.0
	Tablero de fuerza y control	2410.7	2844.6
	Equipos de instrumentación	990.0	1168.2
	Mano de obra	120.0	141.6
	Gastos infraestructura	37.2	43.9
<b>TOTAL PRECIO VENTA</b>			<b>15004.6</b>

**6.3 Resumen total.**

<b>Forma de control</b>	<b>Precio venta (USD)</b>
Tanque Hidroneumático	13708.2
Velocidad variable	15004.6

---

## CAPITULO 7

### CALCULO DEL AHORRO DE ENERGIA E INDICADORES PARA EVALUACIÓN DEL PROYECTO

En este capítulo calcularemos la energía consumida con el método arranque – parada (ON – OFF) usado en los sistemas de bombeo de tanque elevado y tanque hidroneumático y de otra parte la energía consumida con el uso de variador de velocidad. Así también calcularemos el ahorro de dinero que se puede alcanzar con el uso de variadores de velocidad y los indicadores para poder evaluar la factibilidad de uso de este tipo de sistemas de velocidad variable.

De acuerdo a las condiciones de operación típica para un edificio residencial.

% Caudal	10%	30%	50%	70%	90%
Horas/día	12	4	4	3	1

Tabla 7.1

Datos generales :

- # de días de operación : 365.
- Tarifa eléctrica contratada para servicios generales del condominio : BT5B.

Costo kWh : 0.09 USD/ kWh

## 7.1 Cálculo de la energía activa anual consumida con el sistema de velocidad fija.

### 7.1.1 Consumo de energía Torre 1.

Electrobomba Marca Hidrostral 2C 11/2" x 2 – 11.5T

Caudal Q ( gpm ) : 79.7

P consumida motor : 10.0HP

% Caudal	Caudal parcial ( gpm )	# Horas / día	Horas de operación anuales	Volumen anual bombeado ( miles de galones)
10%	7.97	12	4380	2094.5
30%	23.91	4	1460	2094.5
50%	39.85	4	1460	3490.9
70%	55.79	3	1095	3665.4
90%	71.73	1	365	1570.9
			TOTAL	12916.2

Tabla 7.2

Volumen Total bombeado a caudales parciales (miles de galones) : 12916.2

Volumen Total bombeado a caudal nominal (miles de galones) : 41890.3

Para bombear 41890.3 miles de galones se tomó 8760 horas  
entonces para bombear 12916.2 miles de galones se tomará 2701 horas.

Energía consumida anual : 20149.5 kWh

### 7.1.2 Consumo de energía Torre 2.

Electrobomba Marca Hidrostaal 2C 1 1/2" x 2 – 11.5T

Caudal Q ( gpm) : 98.4

P<sub>consumida motor</sub> : 10.5HP

% Caudal	Caudal parcial ( gpm )	# Horas / día	Horas de operación anuales	Volumen anual bombeado ( miles de galones)
10%	9.84	12	4380	2586.0
30%	29.52	4	1460	2586.0
50%	49.20	4	1460	4309.9
70%	68.88	3	1095	4525.4
90%	88.56	1	365	1939.5
			TOTAL	15946.7

Tabla 7.2

Volumen Total bombeado a caudales parciales (miles de galones) : 15946.7

Volumen Total bombeado a caudal nominal (miles de galones) : 51719.0

Para bombear 51719.0 miles de galones se tomó 8760 horas entonces para bombear 15946.7 miles de galones se tomará 2701 horas.

Energía consumida anual : 21156.9 kWh

### 7.1.3 Resumen de consumos de energía activa.

Resumiendo en un cuadro la energía activa total consumida en este tipo de control de bombeo :

Torre	Energía activa anual Consumida (kWh)
Torre 1	20149.5
Torre 2	21156.9
TOTAL	41306.4

Tabla 7.6

### 7.2 Cálculo de la energía activa consumida con el sistema de velocidad variable.

Las presiones de descarga de las bombas y que deberán ser mantenidas constantes en la instalación son :

**Torre 1**

Zona Baja : 110 pies

Zona Alta : 180 pies

**Torre 2**

Zona Baja : 110 pies

Zona Alta : 180 pies

**7.2.1 Consumo de energía Torre 1.****Zona Baja**

<b>% Flujo</b>	<b>Caudal parcial (gpm)</b>	<b># horas / día</b>	<b>Horas de operación anuales</b>	<b>TMH (pies)</b>	<b>BHP</b>	<b><math>\eta</math> Motor (%)</b>	<b><math>\eta</math> VSD (%)</b>	<b>HP</b>	<b>Energía Anual (kWh)</b>
10%	4.8	12	4380	110	0.21	66	97	0.33	1080.18
30%	14.4	4	1460	110	0.63	74	97	0.88	963.40
50%	24	4	1460	110	1.06	79	98	1.37	1488.70
70%	33.6	3	1095	110	1.48	82	98	1.84	1505.95
90%	43.2	1	365	110	1.90	84	99	2.29	623.67
<b>TOTAL</b>									<b>5661.9</b>

Tabla 7.7



Zona Alta

% Flujo	Caudal parcial (gpm)	# horas / día	Horas de operación anuales	TMH (pies)	BHP	$\eta$ Motor (%)	$\eta$ VSD (%)	HP	Energía Anual (kWh)
10%	4.8	12	4380	180	0.35	71	97	0.50	1643.09
30%	14.4	4	1460	180	1.04	78	97	1.37	1495.63
50%	24	4	1460	180	1.73	81	98	2.18	2375.90
70%	33.6	3	1095	180	2.42	83	98	2.98	2434.58
90%	43.2	1	365	180	3.12	84	99	3.75	1020.56
TOTAL									8969.8

Tabla 7.8

7.2.2 Consumo de energía Torre 2.Zona Baja

% Flujo	Caudal parcial (gpm)	# horas / día	Horas de operación anuales	TMH (pies)	BHP	$\eta$ Motor (%)	$\eta$ VSD (%)	HP	Energía Anual (kWh)
10%	6	12	4380	110	0.26	66	97	0.41	1350.22
30%	18	4	1460	110	0.79	74	97	1.11	1204.25
50%	30	4	1460	110	1.32	79	98	1.71	1860.87
70%	42	3	1095	110	1.85	82	98	2.30	1882.43
90%	54	1	365	110	2.38	84	99	2.86	779.59
TOTAL									7077.7

Tabla 7.9

**Zona Alta**

% Flujo	Caudal parcial (gpm)	# horas / día	Horas de operación anuales	TMH (pies)	BHP	$\eta$ Motor (%)	$\eta$ VSD (%)	HP	Energía Anual (kWh)
10%	6	12	4380	180	0.43	71	97	0.63	2053.86
30%	18	4	1460	180	1.30	78	97	1.72	1869.54
50%	30	4	1460	180	2.16	81	98	2.73	2969.88
70%	42	3	1095	180	3.03	83	98	3.73	3043.23
90%	54	1	365	180	3.90	84	99	4.69	1275.70
TOTAL									11212.2

Tabla 7.10

**7.2.3 Resumen de consumos de energía activa.**

Resumimos en un cuadro la energía activa total consumida en este tipo de control de bombeo :

TORRE	ZONA	ENERGÍA ANUAL CONSUMIDA (kWh)
TORRE 1	Zona Baja	5662
	Zona Alta	8970
TORRE 2	Zona Baja	7078
	Zona Alta	11212
TOTAL		32922

Tabla 7.11

### 7.3 Cálculo del ahorro anual.

Consideraremos un costo promedio de la energía de 0.09 USD por kWh. De la diferencia de consumos entre el método arranque - parada y el control de velocidad variable obtenemos el ahorro de energía.

$$\text{Ahorro anual de energía} = 41306.4 - 32922.0 = 8384.4 \text{ kWh.}$$

$$\text{Ahorro anual de dinero} = 8384.4 \times 0.09 = 754.6 \text{ USD.}$$

### 7.4 Cálculo del tiempo de recuperación de la inversión ( Payback).

Se define como el tiempo necesario para que la suma de los flujos de caja del proyecto iguale al desembolso inicial, es decir, el tiempo que tarda en recuperarse el desembolso inicial.

De acuerdo con este criterio, un proyecto de inversión será factible siempre que su plazo de recuperación sea inferior a la vida útil del proyecto.

Si los flujos de caja son constantes e iguales a  $Q$ , el *plazo de recuperación*  $P$  se calculará para una inversión inicial  $A$  como sigue:

$$P = \frac{A}{Q}$$

Si los flujos de caja no son constantes, el *periodo de recuperación* se calculará por acumulación de sucesivos flujos de caja, hasta que su montante iguale al del desembolso inicial.

Para realizar el cálculo listamos los datos de entrada :

Inversión inicial	: 1296.4 USD
Tasa de interés ( descuento)	: 12%
Ahorro anual	: 754.6 USD

Entonces :

$$\text{Tiempo de recuperación ( } n_p \text{ )} = 2 \text{ años}$$

### 7.5 Cálculo del valor actual neto ( VAN).

El valor actual neto (VAN) o también llamado valor presente neto (VPN) se define como "la suma actualizada de los flujos de caja que esperamos a los largo de su vida útil". Es decir, es igual a " la diferencia entre el valor actual de sus cobros y el valor actual de sus pagos". Se trata, por lo tanto, de una medida de la rentabilidad absoluta de una inversión.

Su valor corresponde a la siguiente expresión :

$$\begin{aligned} \text{VAN} &= -A + VA = \\ \text{VAN} &= -A + \frac{Q_1}{(1+k)} + \frac{Q_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{Q_i}{(1+k)^i} + \dots + \frac{Q_n}{(1+k)^n} \end{aligned}$$

Donde:

- A = desembolso inicial
- $Q_j$  = flujo de caja en el momento j
- k = tasa de descuento, expresada en tanto por uno, a la que actualizamos los flujos de caja y que identificamos con la tasa de rentabilidad que el inversor exige a dicho proyecto de inversión.

De acuerdo con este criterio, un proyecto de inversión será factible siempre que su VAN sea positivo, lo que significa que el valor actual de los cobros que genera es superior al valor actual de los pagos que soporta, y de entre diferentes inversiones alternativas será preferible aquella con un VAN mayor.

Para realizar el cálculo listamos los datos de entrada :

Inversión inicial	: 1296.4 USD
Tasa de interés ( descuento)	: 12%
Ahorro anual	: 754.6 USD
Vida útil del sistema	: 8 años

Entonces :

**VAN : 2452.2 USD**

## 7.6 Cálculo de la tasa interna de retorno ( TIR).

Se denomina **TIR** de un proyecto a “la tasa de descuento que hace su valor actual neto igual a cero”. Se trata, por tanto, de una medida de la rentabilidad relativa de una inversión. Matemáticamente, **TIR** será aquel valor de  $r$  que verifique la siguiente ecuación:

$$\text{VAN} = -A + \frac{Q_1}{(1+r)} + \frac{Q_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{Q_j}{(1+r)^j} + \dots + \frac{Q_n}{(1+r)^n} = 0$$

De acuerdo con este criterio, un proyecto de inversión será factible siempre que su **TIR**,  $r$ , supere a su rentabilidad requerida,  $k$ .

Para realizar el cálculo listamos los datos de entrada :

Inversión inicial	:	1261.0 USD
Ahorro anual	:	754.6 USD

Entonces :

**TIR : 58.0 %**

## CONCLUSIONES

1. La principal razón por la que debemos evaluar el uso de un sistema de velocidad variable es el ahorro de energía activa y reactiva que se obtiene. Si bien tenemos en mente otros beneficios, el más cuantificable es el importante ahorro de energía que obtenemos.
2. Un menor costo de mantenimiento de la parte mecánica como de la parte de control será logrado con el uso de sistemas de velocidad variable. Normalmente es un factor poco cuantificable pero en la práctica se ve que los costos de mantenimiento llegan a ser importantes con respecto a la inversión inicial.
3. Dentro de las soluciones de velocidad variable podemos encontrar algunas formas de control tal como punto a punto, duplex, triplex. Será importante evaluar cada una de ellas a fin de poder determinar cual de ellas representa un menor costo económico. No debe perderse de vista la disponibilidad de espacio del cuarto de bombas, la inversión inicial

disponible, la confiabilidad del sistema y el costo de los accesorios de montaje que se necesitará en cada solución.

4. Es de vital importancia tener en cuenta en la selección de la bomba la relación entre la presión estática del sistema y la presión del punto de operación de la bomba. Bombas con curvas de operación con tendencia "planas" conllevan a menores ahorros de energía y por lo tanto una mala selección para un sistema de presión constante donde el ahorro es uno de los principales objetivos.

5. Los indicadores de evaluación de proyectos nos indican en forma determinante la factibilidad de la implementación de un sistema de presión constante.

El tiempo de recuperación de la inversión de 2 años que se obtiene es corto, considerando una vida útil de 8 años para el sistema. De igual forma el resultado positivo del VAN con un monto de 2452.2 USD nos indica la viabilidad del uso de sistema de velocidad variable. Esto es confirmado con el cálculo del TIR el cual resulta en un valor de 58%, lo cual es mucho mayor a la tasa de interés de 12%, lo que confirma la viabilidad del uso de este sistema.

6. Se debe tener en cuenta que cada departamento cuenta con un medidor de energía eléctrica propio y contrata en una tarifa BT5B, lo que sucede de igual forma con los servicios generales los cuales son pagados en forma compartida por todos los propietarios.



Este medidor de servicios generales donde se incluyen los consumos del cuarto de bombas contrata también en tarifa BT5B por tener una carga menor de 20kW. Esta tarifa no considera un cobro por energía reactiva por lo que en el análisis de ahorro no se considera un gasto por energía reactiva en el sistema de velocidad fija. Así también debe tenerse en cuenta que el pago de energía reactiva se produce cuando el factor de potencia cae por debajo de 0.96 o lo que es lo mismo el consumo de energía reactiva supera al 30% del consumo de energía reactiva.

## BIBLIOGRAFIA

1. Altivar TM Adjustable Speed Drive Controlers  
Instruction Bulletin  
Pump Switching Card  
Telemecanique  
2001
  
2. Bombas Centrífugas y equipos de presión  
Manual Práctico  
Barnes de Colombia S.A.  
2001
  
3. Fundamentos básicos sobre bombas centrífugas para instaladores  
Hidrostral S.A.  
1992
  
4. Manual y catálogo del electricista  
Schneider Electric Perú  
2003
  
5. Pressure boosters  
International Office for water  
Principle , applications, sizing.  
1999

6. Telemecanique Technical collection  
Practical aspects of Industrial control Technology  
Editions Citef  
1994

## PLANOS

### Planos Eléctricos.

- 3AEF – 1 Tablero eléctrico Torre 1
- 3AEF – 2 Diagrama eléctrico de fuerza Torre 1
- 3AEF – 3 Diagrama eléctrico de control Torre 1
- 3AEF – 4 Tablero eléctrico Torre 2
- 3AEF – 5 Diagrama eléctrico de fuerza Torre 2
- 3AEF – 6 Diagrama eléctrico de control Torre 2

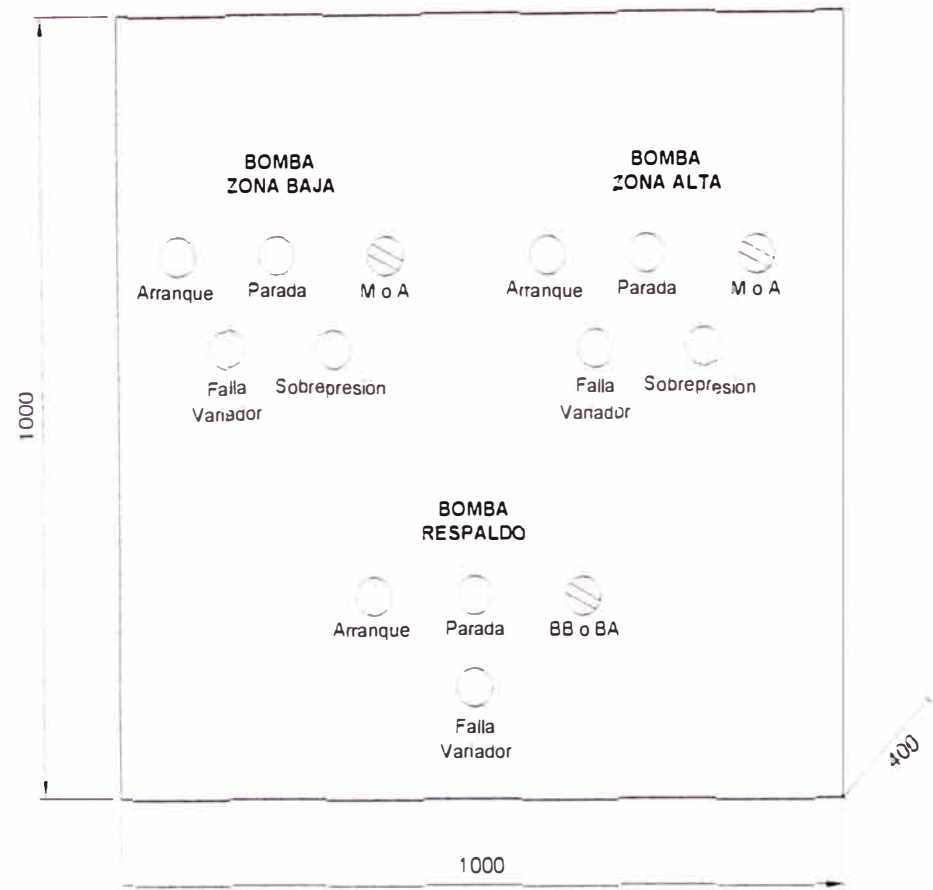
### Planos Mecánicos.

- GM-001 Montaje equipos de bombeo y Contra incendio
- HI-001 Detalle visto de A
- HI-002 Detalle visto de B
- HI-003 Detalle visto de C
- HI-004 Detalle visto de D
- HI-005 Detalle visto de E
- HI-006 Detalles de medidas visto de A
- HI-007 Detalles de medidas visto de B
- HI-008 Detalles de medidas visto de C
- HI-009 Detalles de medidas visto de D

- HI-010 Detalles de medidas visto de E
- E-001 Tubería Conduit
- E-002 Tendido de tubería Conduit
- CI-001 Obra civil
- ME-001 Soporte de tubos

## PLANOS

## **PLANOS ELECTRICOS**



Dimensiones : mm

LEYENDA	
BB	Bomba Baja
BA	Bomba Alta
M o A	Manual o Automático

CLIENTE  
LOS PORTALES S.A.

PREPARADO 13/05/2003 LUIS GARCIA

TITULO

TABLERO ELÉCTRICO  
TORRE 1

DESCRIPCION ESQUEMA

HOJA 1

APROBADO

RESPONSABLE LUIS GARCIA

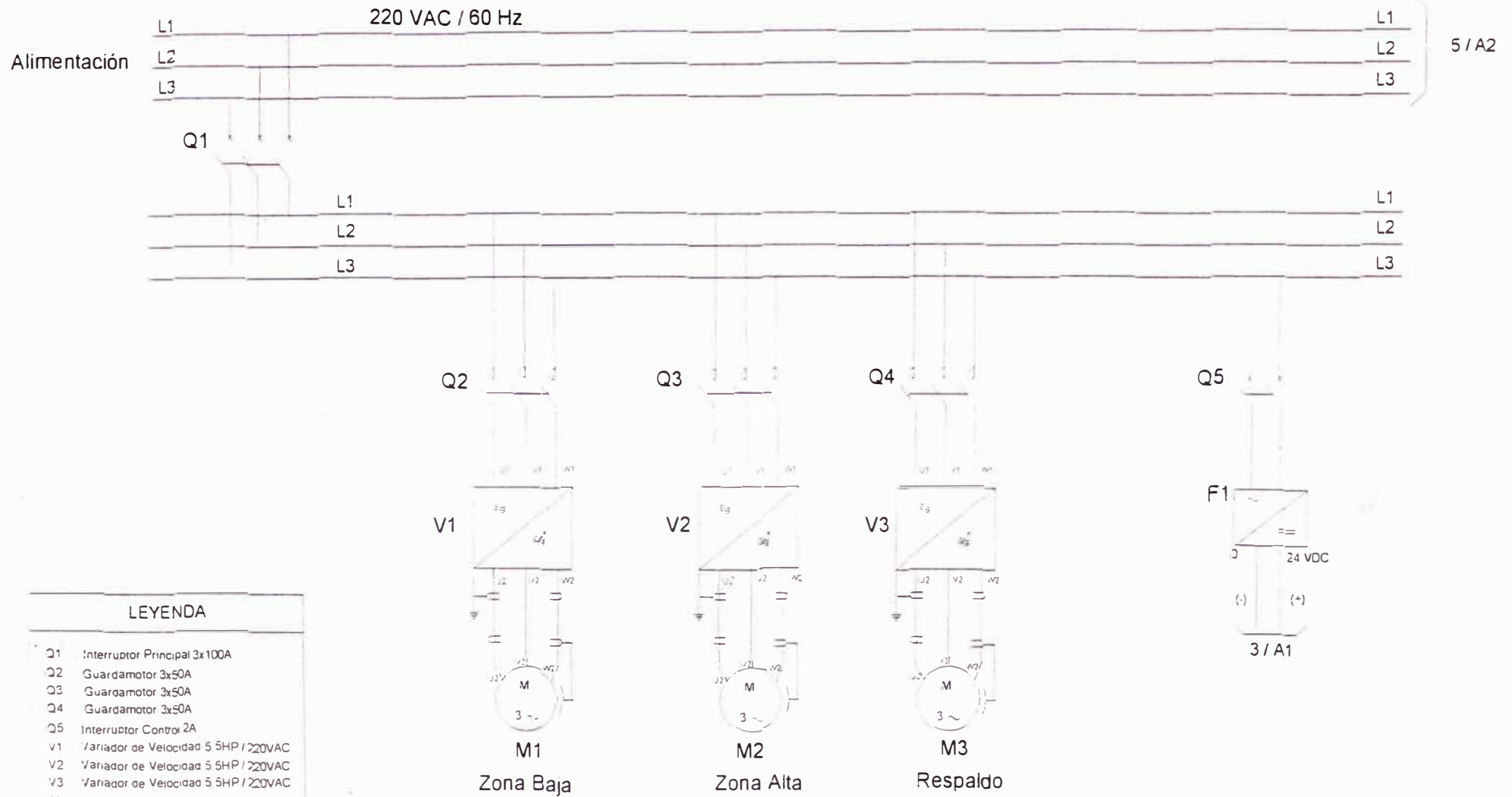
REFERENCIA

NOMBRE PROYECTO LOS PORTALES

DOC. N° JAFE - 1

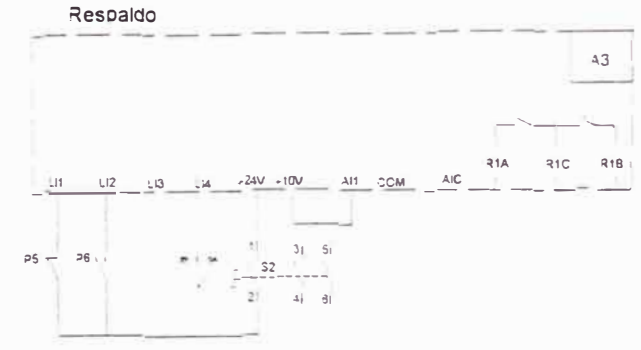
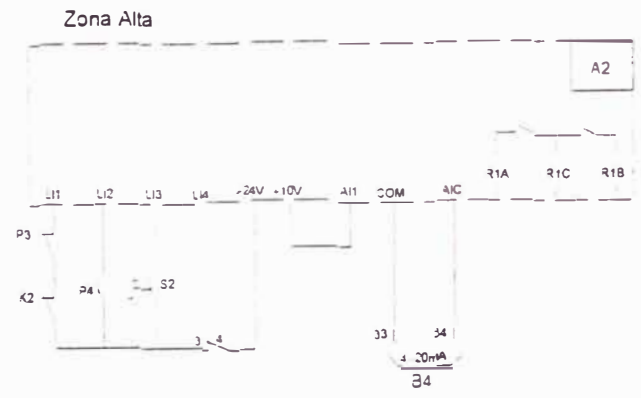
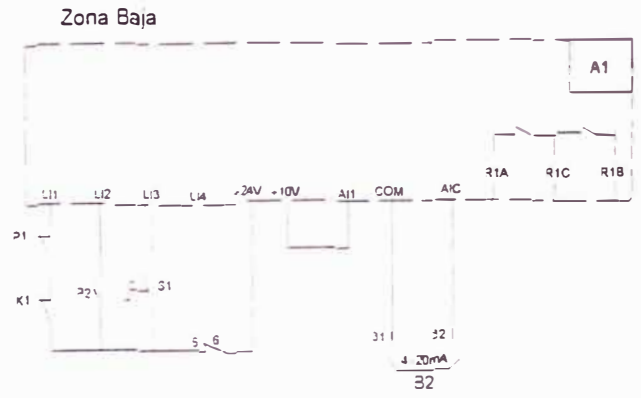
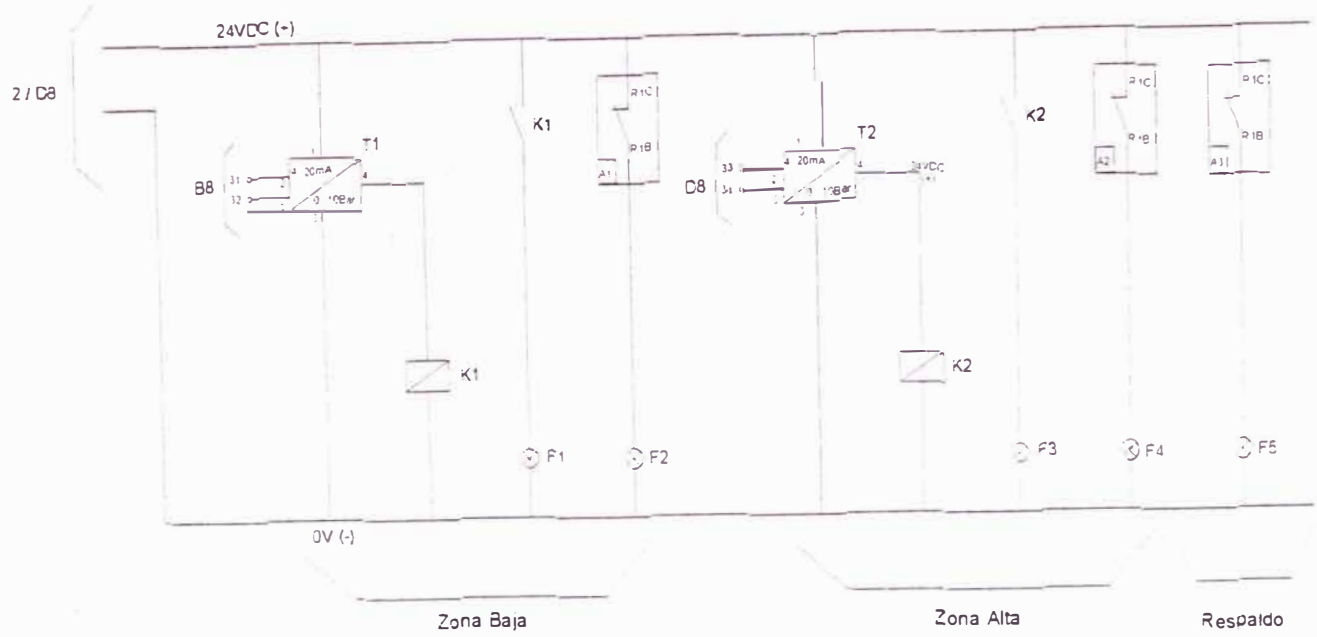
CONT : 2





LEYENDA	
Q1	Interrupor Principal 3x100A
Q2	Guardamotor 3x50A
Q3	Guardamotor 3x50A
Q4	Guardamotor 3x50A
Q5	Interrupor Control 2A
V1	Variador de Velocidad 5.5HP / 220VAC
V2	Variador de Velocidad 5.5HP / 220VAC
V3	Variador de Velocidad 5.5HP / 220VAC
M1	Motor 5.5HP / 220VAC
M2	Motor 5.5HP / 220VAC
M3	Motor 5.5HP / 220VAC
F1	Fuente de Alimentación 24VDC 1.3A

CLIENTE <b>LOS PORTALES S.A.</b>	PREPARADO 13/05/2003 LUIS GARCIA	TITULO <b>DIAGRAMA ELÉCTRICO DE FUERZA TORRE 1</b>	DESCRIPCION ESQUEMA	HOJA 2
	APROBADO		RESPONSABLE LUIS GARCIA	CONT 3
	REFERENCIA 1		NOMBRE PROYECTO LOS PORTALES	DOC. N° 3AFE - 2



**LEYENDA**

- A1, A2, A3 Variador de Velocidad
- T1, T2 Transmisor de Presión
- K1, K2 Relé de Sobrepresión
- F1, F3 Piloto Falla Sobrepresión
- F2, F4, F5 Piloto Falla Variador
- P1, P3, P5 Pulsador Arranque
- P2, P4, P6 Pulsador Parada
- S1, S2 Selector M o A
- S3 Selector BB o BA

BB	O	BA	1	3	5
			2	4	6
BB	X	X			
O					
BA	X	X			

CLIENTE : LOS PORTALES S.A.

PREPARADO 13/09/2003 LUIS GARCIA

APROBADO

NOMBRE PROYECTO LOS PORTALES

TITULO

DIAGRAMA ELECTRICO DEL CONTROL TORRE 1

DESCRIPCION ESQUEMA

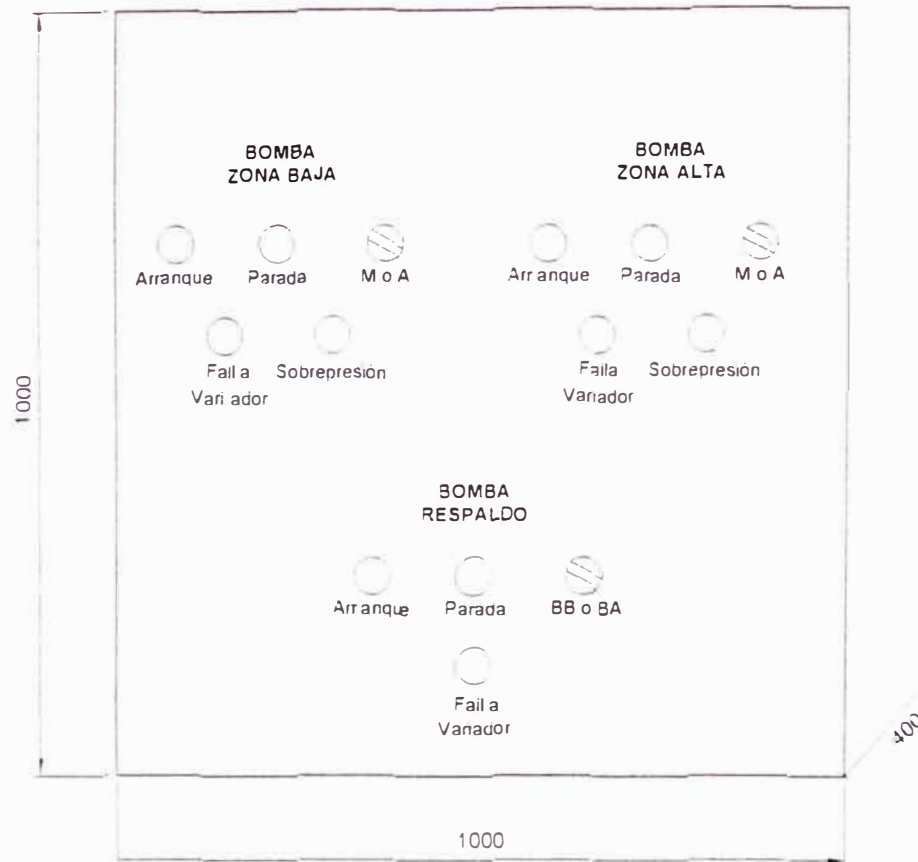
RESPONSABLE LUIS GARCIA

DOC N° 3AFE - 3

HOJA 3

CONT 4

REFERENCIA 1



Dimensiones mm

LEYENDA	
BB	Bomba Baja
BA	Bomba Alta
M o A	Manual o Automático

CLIENTE  
LOS PORTALES S.A.

PREPARADO 13/05/2003 LUIS GARCIA

APROBADO

REFERENCIA 1

NOMBRE PROYECTO LOS PORTALES

TITULO

TABLERO ELÉCTRICO  
TORRE 2

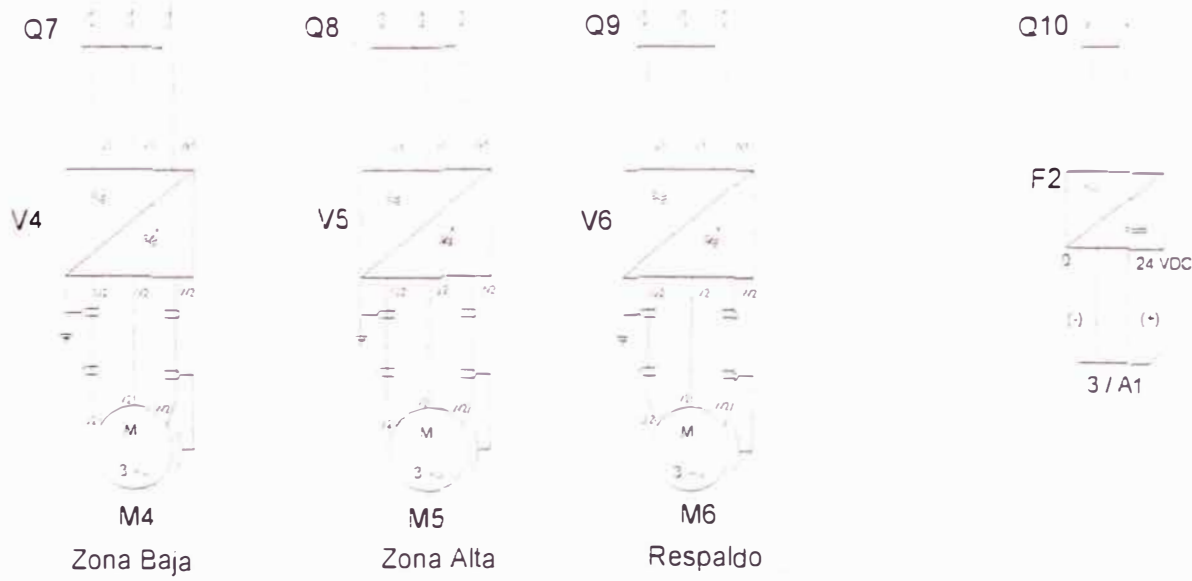
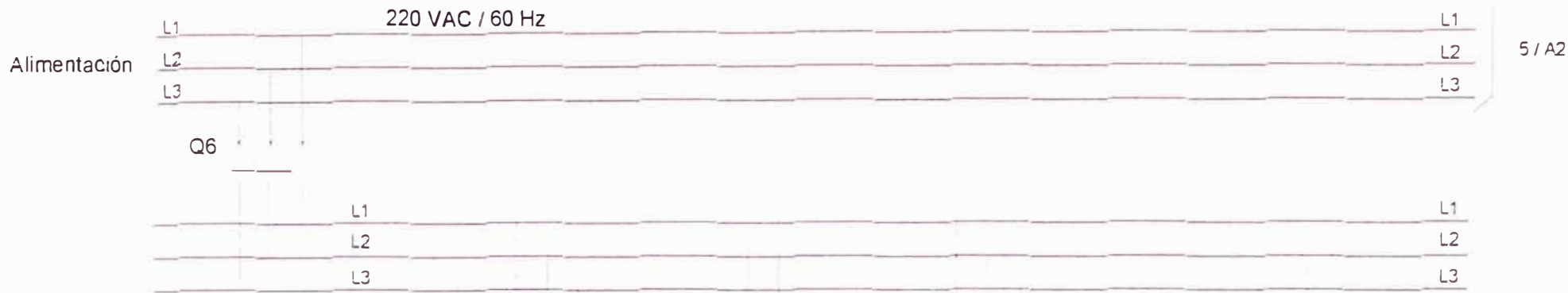
DESCRIPCION ESQUEMA

RESPONSABLE LUIS GARCIA

DOC N° 3AFE-4

HOJA 4

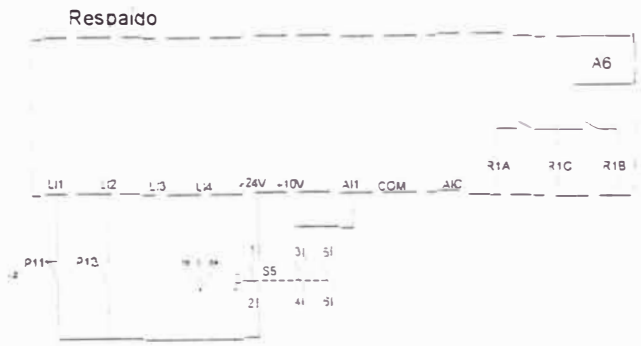
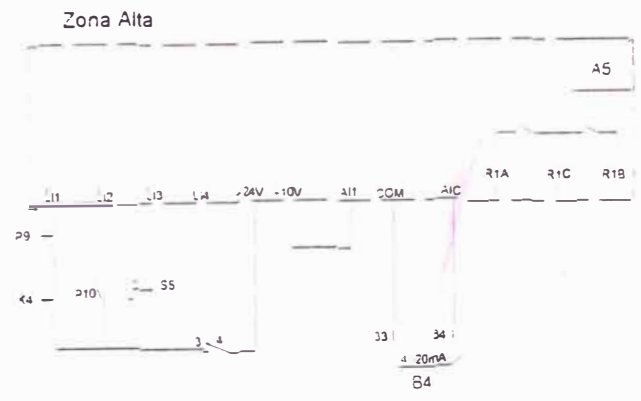
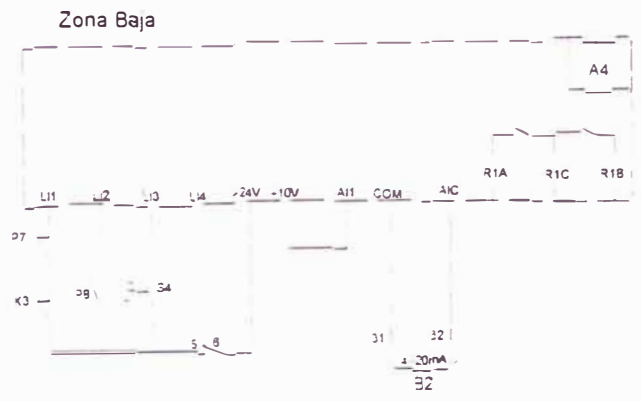
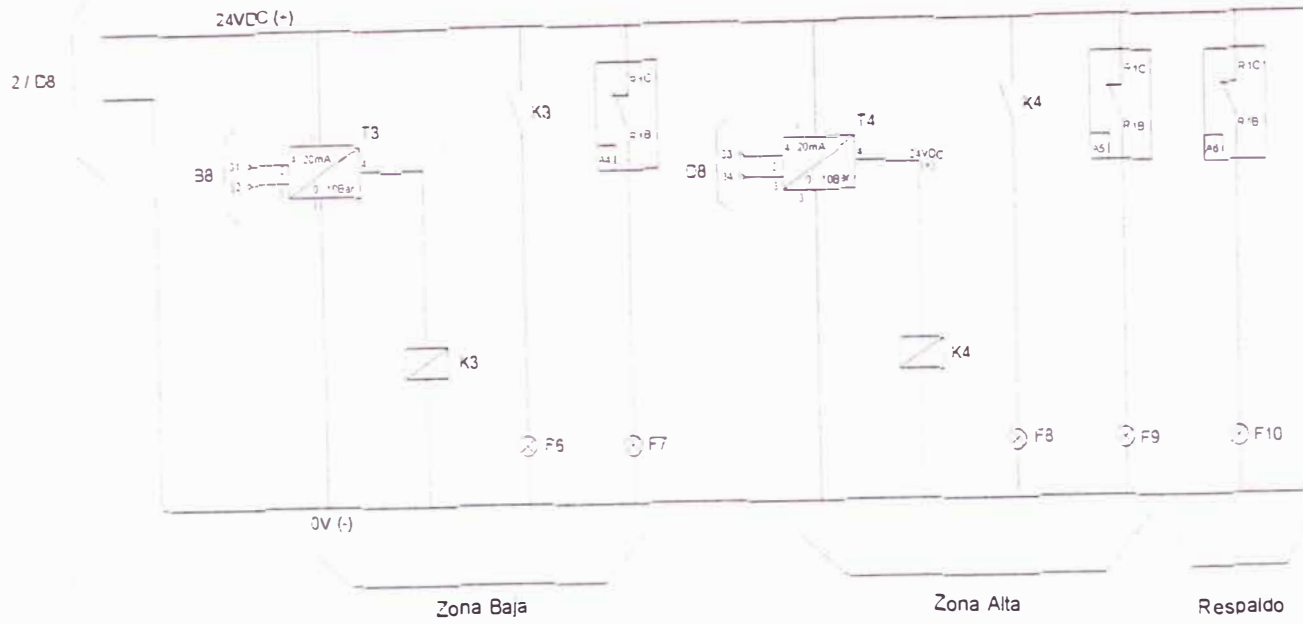
CONT 5



LEYENDA	
Q6	Interrupor Principal 3x100A
Q7	Guardamotor 3x50A
Q8	Guardamotor 3x50A
Q9	Guardamotor 3x50A
Q10	Interrupor Control 2A
V4	Variador de Velocidad 5.5HP / 220VAC
V5	Variador de Velocidad 5.5HP / 220VAC
V6	Variador de Velocidad 5.5HP / 220VAC
M4	Motor 5.5HP / 220VAC
M5	Motor 5.5HP / 220VAC
M6	Motor 5.5HP / 220VAC
F2	Fuente de Alimentación 24VDC, 1.3A

M4 Zona Baja      M5 Zona Alta      M6 Respaldo

CLIENTE <b>LOS PORTALES S.A.</b>	PREPARADO 13/05/2003 LUIS GARCIA	TITULO	DESCRIPCION ESQUEMA	HOJA 5
	APROBADO	DIAGRAMA ELECTRICO DE FUERZA	RESPONSABLE LUIS GARCIA	
REFERENCIA 1	NOMBRE PROYECTO LOS PORTALES	TORRE 2	DOC. N° CAFE - 2	CONT 5



**LEYENDA**

- A4, A5, A6 : Variador de Velocidad
- T3, T4 : Transmisor de Presión
- K3, K4 : Relé de Sobrepresión
- F6, F8 : Piloto Falla Sobrepresión
- F7, F9, F10 : Piloto Falla Variador
- P7, P9, P11 : Pulsador Arranque
- P8, P10, P12 : Pulsador Parada
- S4, S5 : Selector M o A
- S6 : Selector BB o BA

BB	O	3A	1	31	51
	✓		21	41	5
BB			X	X	
O					
BA			X		X

CLIENTE **LOS PORTALES S.A.**

PREPARADO 13/05/2003 LUIS GARCIA

TITULO

**DIAGRAMA ELECTRICO DEL CONTROL TORRE 2**

DESCRIPCION ESQUEMA

HOJA 5

APROBADO

RESPONSABLE LUIS GARCIA

REFERENCIA 1

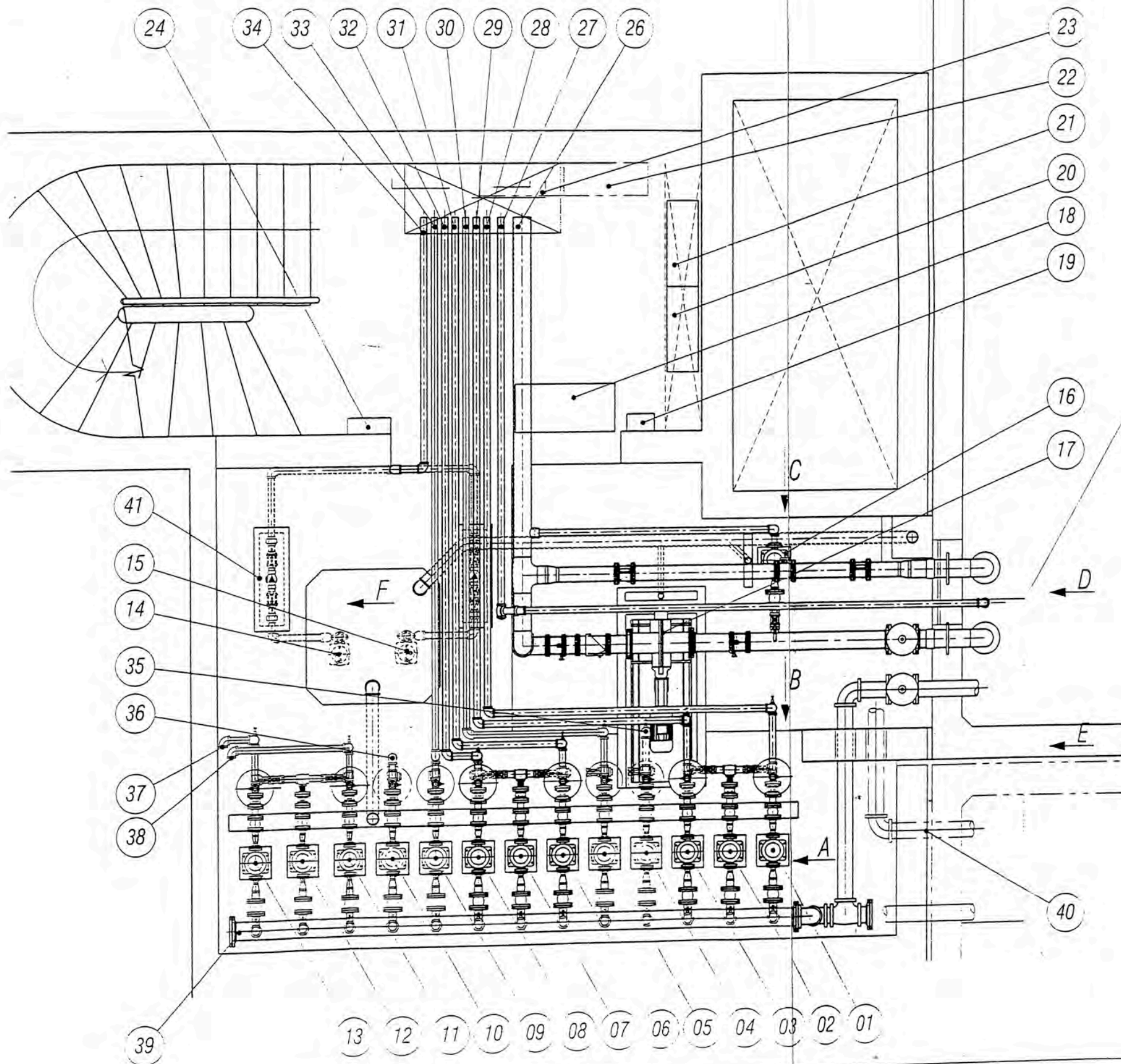
NOMBRE PROYECTO LOS PORTALES

DOC N° 3AFE - 6

## **PLANOS MECANICOS**

TOLERANCIA GENERAL

Cantidad	+0.5	+3	+6	+30	+120	+300	+1000
	3	5	20	50	100	1000	2000
Grupos	+0.2	+0.3	+0.5	+0.8	+1.2	+2	+3



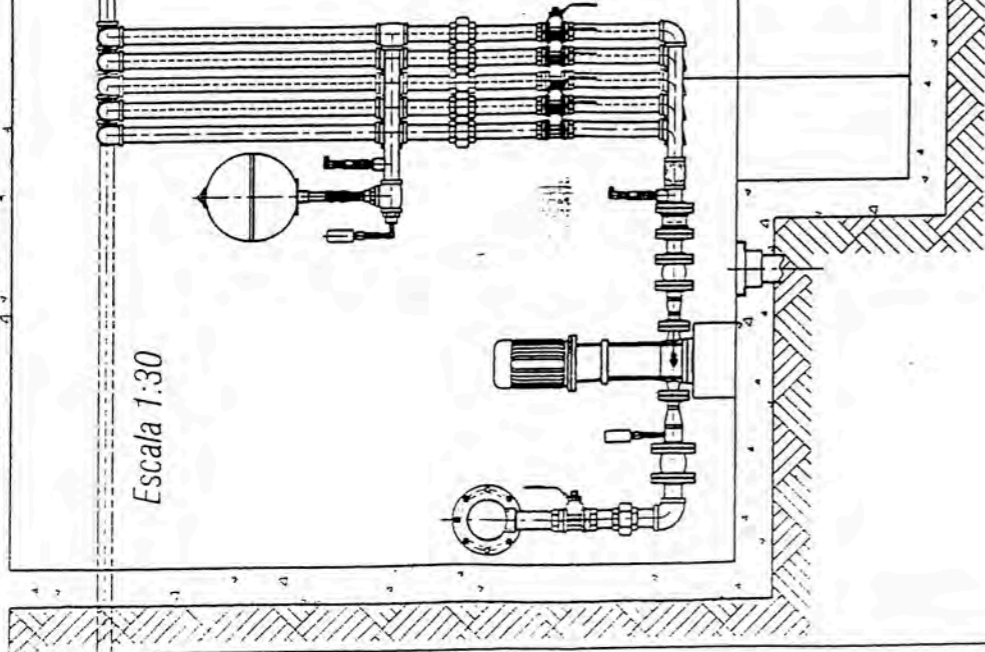
41	02	Caja de válvula de sumidero	
40	01	Proyección eléctrica sistema 02	
39	01	Manómetro de succión 04"	
38	01	línea de 04"	Sumidero
37	01	línea de 04"	Torre 05 Alto
36	01	línea de 04"	Torre 05 Bajo
35	01	línea de 04"	Torre 04 Alto
34	01	línea de 04"	Torre 04 Bajo
33	01	línea de 04"	Torre 03 Alto
32	01	línea de 04"	Torre 03 Bajo
31	01	línea de 04"	Torre 02 Alto
30	01	línea de 04"	Torre 02 Bajo
29	01	línea de 04"	Torre 01 Alto
28	01	línea de 04"	Torre 01 Bajo
27	01	línea de 04"	Contra incendio
26	01	línea de 04"	
25	01		1032 3hp 2hp
24	01	Cajero de bomba centrífuga setaque 01	
23	01	Cajero de sistema presión constante Torre 5	Proyección
22	01	Cajero de sistema presión constante Torre 3 y 4	Proyección
21	01	Cajero de sistema presión constante Torre 2	
20	01	Cajero de sistema presión constante Torre 1	
19	01	Cajero de bomba 20-hp	
18	01	Cajero de bomba 15-hp	
17	01	Bomba Centrífuga contra incendio 5x4 1/2 2 hp	177 Aire Bomba
16	01	Bomba Centrífuga 5x4 1/2 2 hp	Llave
15	01	Bomba Centrífuga 5x4 1/2 2 hp	1032 3hp 2hp
14	01	Bomba Centrífuga 5x4 1/2 2 hp	1032 3hp 2hp
13	01	Bomba Centrífuga 5x4 1/2 2 hp	Proyección Llave
12	01	Bomba Centrífuga 5x4 1/2 2 hp	Proyección Llave
11	01	Bomba Centrífuga 5x4 1/2 2 hp	Proyección Llave
10	01	Bomba Centrífuga 5x4 1/2 2 hp	Proyección Llave
09	01	Bomba Centrífuga 5x4 1/2 2 hp	Proyección Llave
08	01	Bomba Centrífuga 5x4 1/2 2 hp	Proyección Llave
07	01	Bomba Centrífuga 5x4 1/2 2 hp	Proyección Llave
06	01	Bomba Centrífuga 5x4 1/2 2 hp	Proyección Llave
05	01	Bomba Centrífuga 5x4 1/2 2 hp	Proyección Llave
04	01	Bomba Centrífuga 5x4 1/2 2 hp	Proyección Llave
03	01	Bomba Centrífuga 5x4 1/2 2 hp	Proyección Llave
02	01	Bomba Centrífuga 5x4 1/2 2 hp	Proyección Llave
01	01	Bomba Centrífuga 5x4 1/2 2 hp	Proyección Llave

Codigo del Proyecto: **Las Pocianzas**  
 Fecha: 10/03/2010  
 Elaborado por: **Los Pocianzas - Los Pocianzas**  
 Montaje: **Equipos de Bombas y Contra Incendio**  
 Escala: **1:50**  
 Hoja: **01-001**

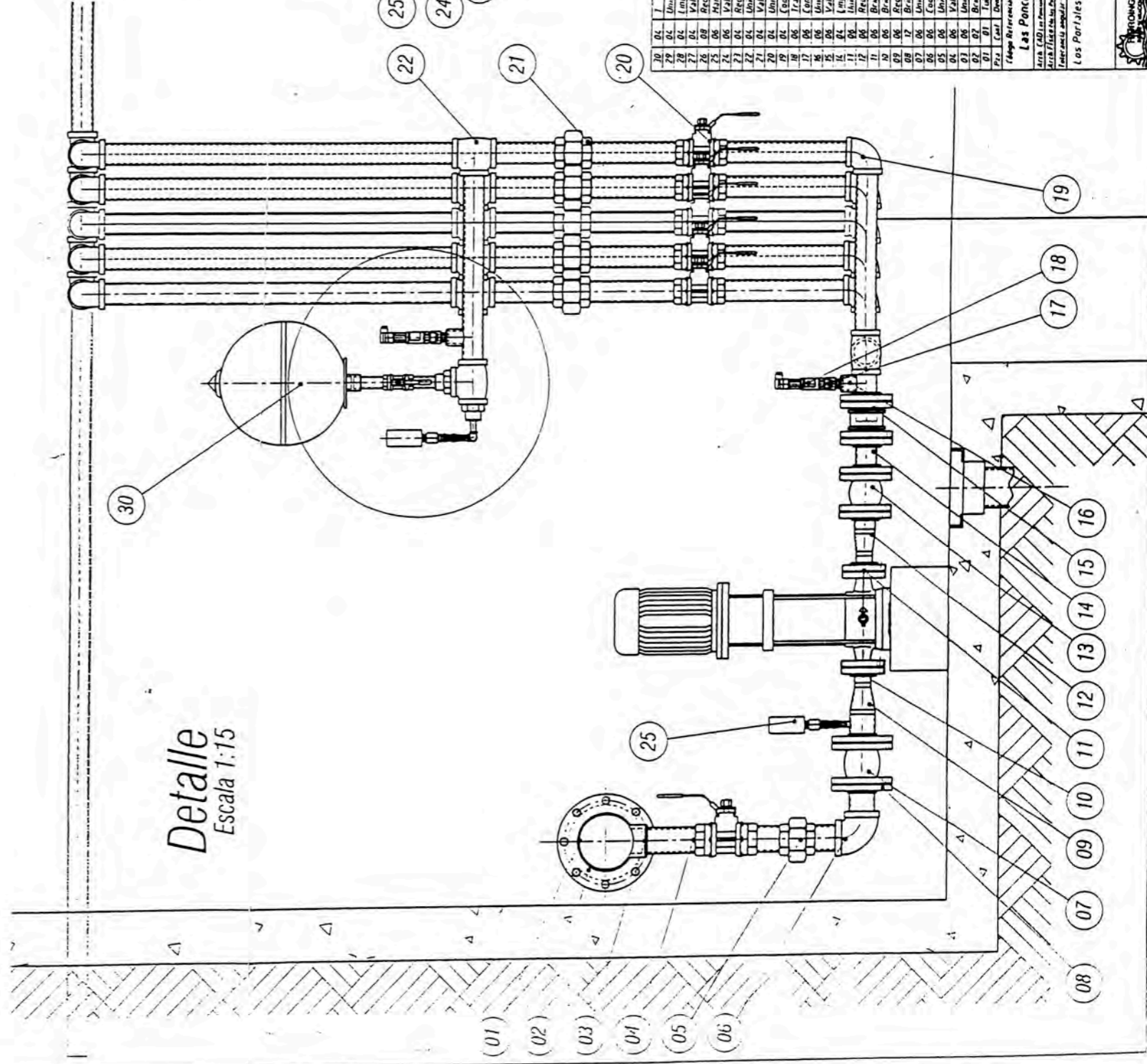
TOLERANCIA GENERAL

Altitud	> 3	> 6	> 30	> 120	> 400	> 1000
Grupos	± 0.3	± 0.5	± 0.8	± 1.2	± 2	± 3

-5.95



Escala 1:30



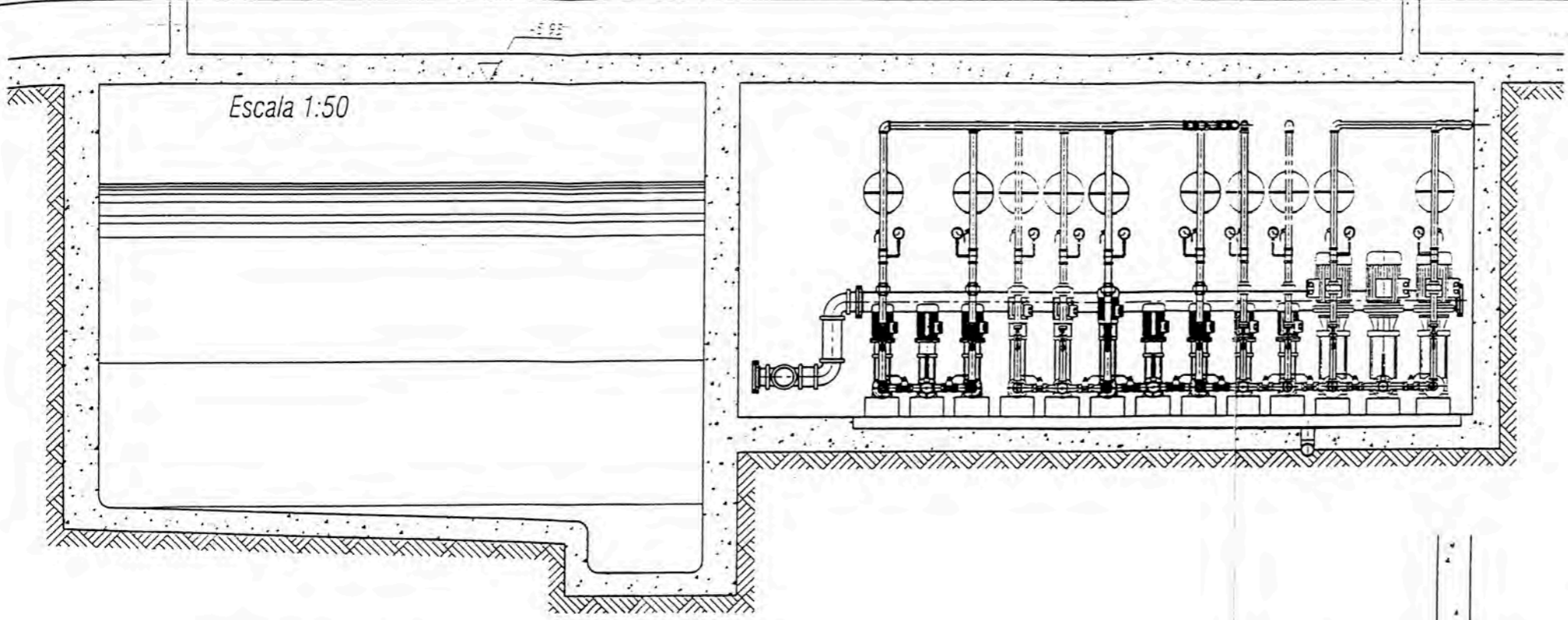
Detalle  
Escala 1:15

01	Unión simple rosada de 1" S11.60	250 PSI
02	Llave de 1" S11.60	250 PSI
03	Valvula de esfera de 1" S11.60	250 PSI
04	Reducción Bushing de 1" S11.60	250 PSI
05	Manómetro 0-150 PSI de 1/2" NPT	250 PSI
06	Valvula de esfera de 1/2" S11.60	250 PSI
07	Reducción Bushing de 1/2" S11.60	250 PSI
08	Unión Tee de 1/2" S11.60	250 PSI
09	Unión universal de 1/2" S11.60	250 PSI
10	Codo rotatorio de 1/2" S11.60	250 PSI
11	Conector de sensor	250 PSI
12	Unión simple rosada de 1/2" S11.60	250 PSI
13	Valvula Check de 1/2" S11.60	250 PSI
14	Unión Tee de 1/2" S11.60	250 PSI
15	Unión universal de 1/2" S11.60	250 PSI
16	Reducción rampada de 1/2" a 1/4" S11.60	250 PSI
17	Brida de 1/2"	250 PSI
18	Reducción rampada de 1/2" a 1/4" S11.60	250 PSI
19	Brida de 1/2"	250 PSI
20	Reducción rampada de 1/2" a 1/4" S11.60	250 PSI
21	Brida de 1/2"	250 PSI
22	Unión simple rosada de 1/2" S11.60	250 PSI
23	Unión Tee de 1/2" S11.60	250 PSI
24	Unión universal de 1/2" S11.60	250 PSI
25	Unión simple rosada de 1/2" S11.60	250 PSI
26	Unión Tee de 1/2" S11.60	250 PSI
27	Unión universal de 1/2" S11.60	250 PSI
28	Unión Tee de 1/2" S11.60	250 PSI
29	Unión simple rosada de 1/2" S11.60	250 PSI
30	Unión simple rosada de 1/2" S11.60	250 PSI

**Las Poincianas**  
 Ingeniería y Arquitectura  
 Calle 100 No. 100  
 Tel. 555-1234  
 E-mail: info@laspoincianas.com

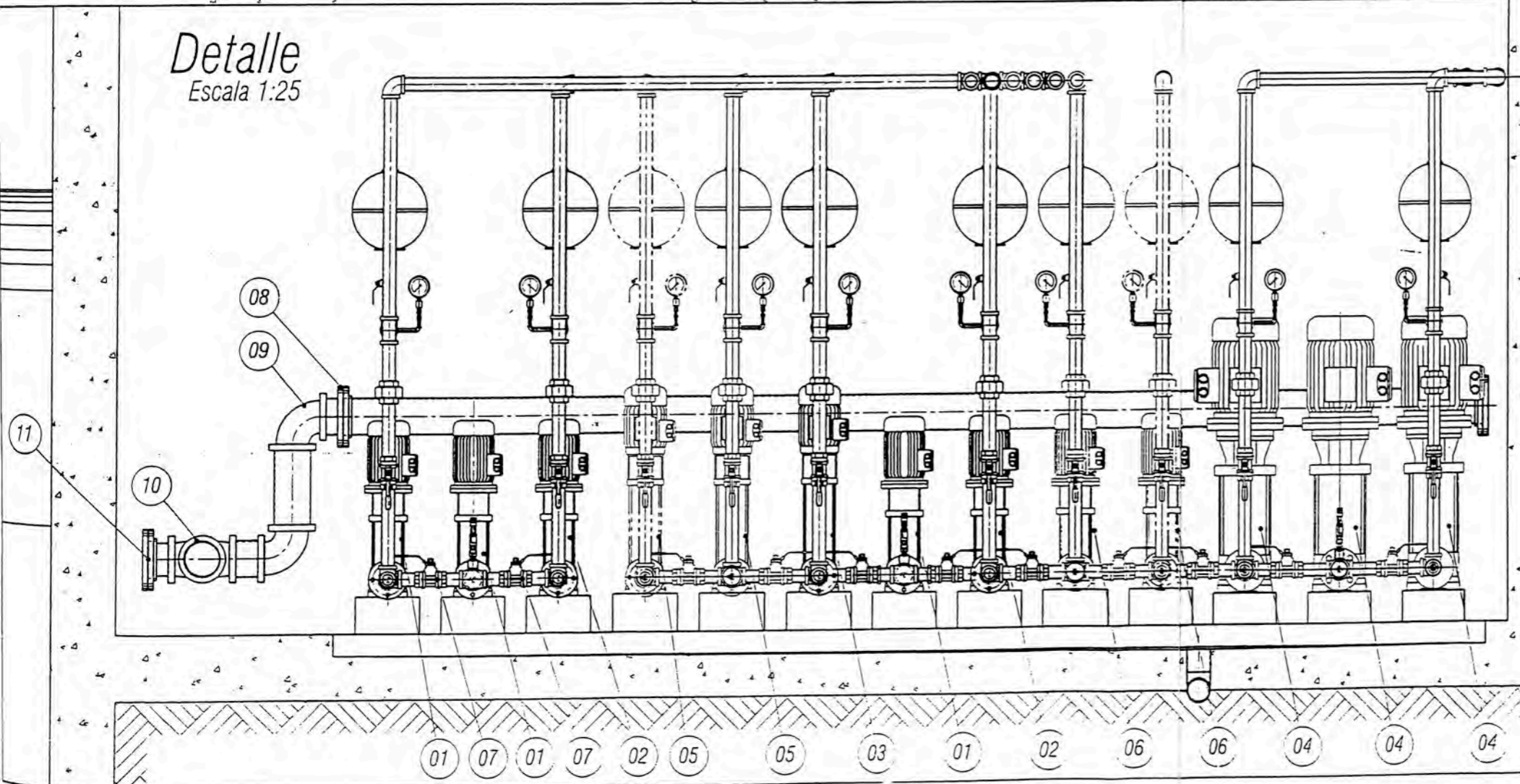
Proyecto: Los Portales - Las Poincianas  
 Fecha: 15/05/2024  
 Escala: 1:15  
 Hoja No: 01 de 01





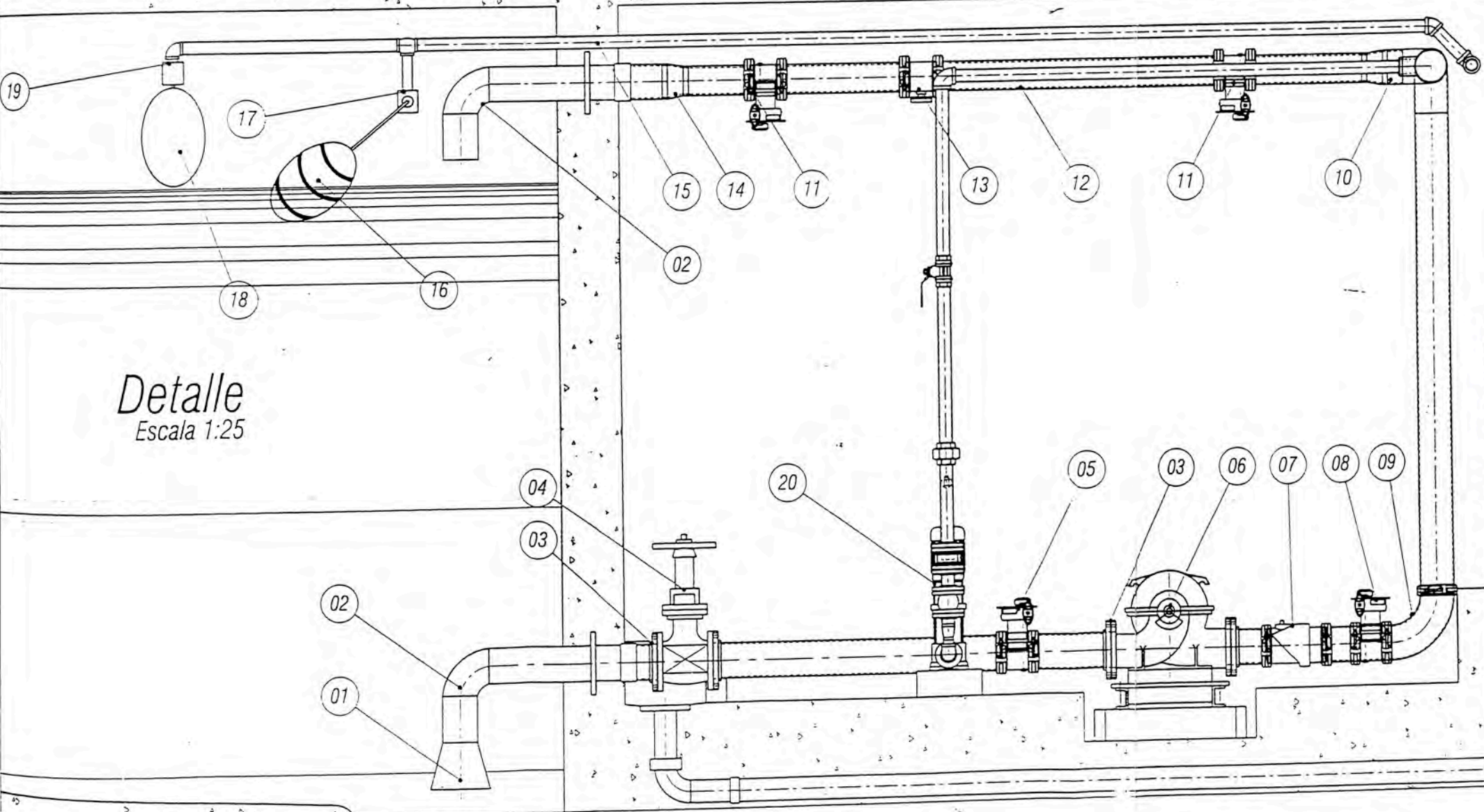
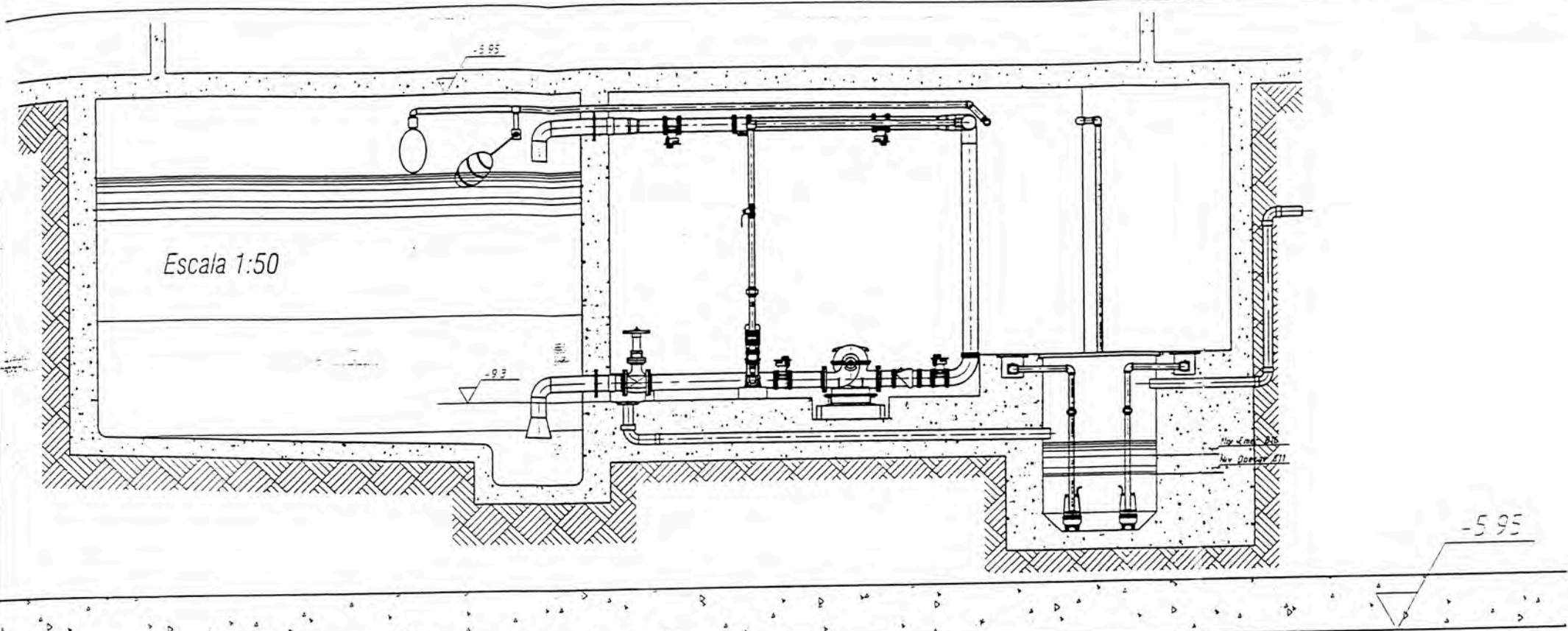
TOLENCIA GENERAL

Calidad	±0.5	±3	±6	±30	±100	±400	±1000
	3	6	30	120	400	1000	2000
Gruesa	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2	±3



11	01	Brida ciega de 6"		150 PSI												
10	01	Union tee 6"x90"	A234	150 PSI												
09	02	Codo de 6"x90" SCH 40	A234	150 PSI												
08	02	Brida 6" Slip On SCH 40	A121	150 PSI												
07	04	Valvula de Esfera de 2"		150 PSI												
06	02	Bomba Centrífuga	SV805 5.5 HP	Proyección Lowara												
05	02	Bomba Centrífuga	SV415 5.5 HP	Proyección Lowara												
04	03	Bomba Centrífuga	SV3004 20 HP	Proyección Lowara												
03	01	Bomba Centrífuga	SV415 5.5 HP	Lowara												
02	02	Bomba Centrífuga	SV804 5.5 HP	Lowara												
01	03	Bomba Centrífuga	SV805 5.5 HP	Lowara												
Pa	Cant	Denominación	Norma / Dimension	Material Observaciones												
Código Referencial																
Las Poncianas																
Arch CAD Las Poncianas snc																
Arch Fisico Las Poncianas																
Tolerancia angular = 1°00'																
Aristas biseladas 0.5 x 45°																
Tratamiento de Acabado: Máquina/vehículo																
Los Portales-Las poncianas																
Detalle Visto de B																
<table border="1"> <tr> <th>Fecha</th> <th>Nombre</th> <th>Plano según</th> </tr> <tr> <td>Dibujado 24-10-01</td> <td>car/lsn</td> <td>Proyectos</td> </tr> <tr> <td>Revisado 26-10-01</td> <td>car/lsn</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Aprobado</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>					Fecha	Nombre	Plano según	Dibujado 24-10-01	car/lsn	Proyectos	Revisado 26-10-01	car/lsn		Aprobado		
Fecha	Nombre	Plano según														
Dibujado 24-10-01	car/lsn	Proyectos														
Revisado 26-10-01	car/lsn															
Aprobado																
<table border="1"> <tr> <th>Norma</th> <th>Escala</th> <th>Plano No</th> <th>Version</th> </tr> <tr> <td>S/E</td> <td>MI-002</td> <td></td> <td>P01</td> </tr> </table>					Norma	Escala	Plano No	Version	S/E	MI-002		P01				
Norma	Escala	Plano No	Version													
S/E	MI-002		P01													

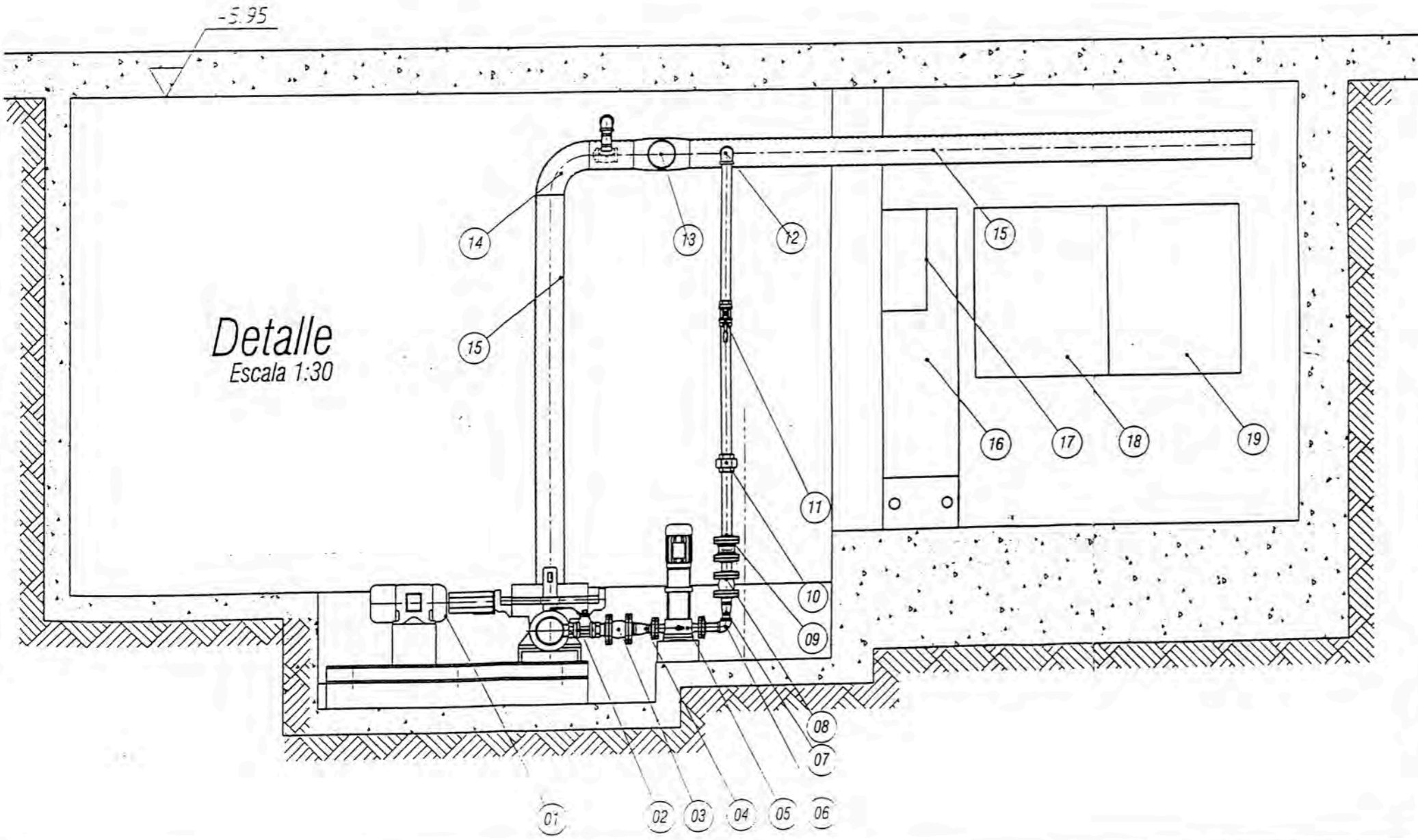
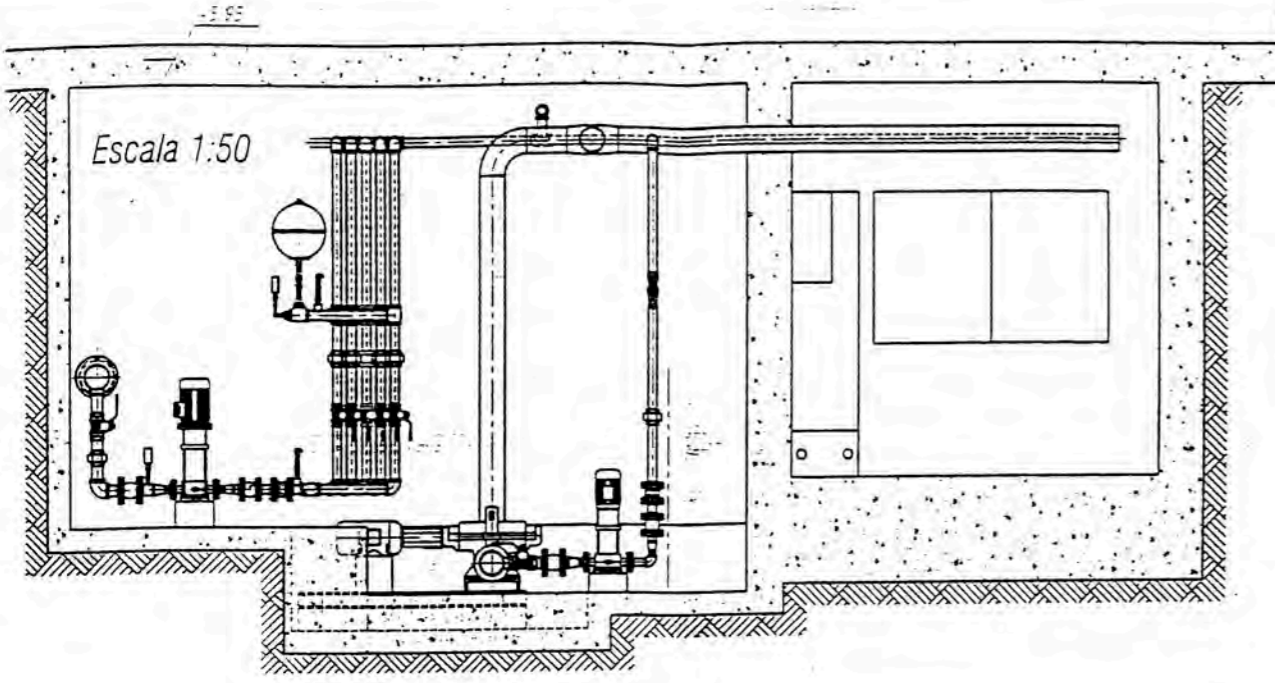
TOLERANCIA GENERAL						
Calidad	> 0.5	> 3	> 5	> 30	> 120	> 1000
	3	5	30	120	400	1000
Gruesa	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2
						±3



20	01	Bomba Centrífuga Jockey 3/287 l/m <sup>3</sup>		Lowara
19	01	Valvula de		
18	01	Boya de control nivel 01		
17	01	Valvula de control minimo		
16	01	Boya de control nivel 02		
15		Tuberia de alimentacion Cisterna de ø7" SCH40		150 PSI
14	01	Reduccion campana ø6" a ø5" SCH40		150 PSI
13	01	Flojometro de ø5" - 500GPM		
12		Tuberia de ø6" SCH40	A53	150 PSI
11	01	Valvula mariposa ø5"		Victaulic
10	01	Reduccion Campan de ø6" a ø5" SCH40		150 PSI
09	01	Codo de ø6" x90°		Victaulic
08	01	Valvula Mariposa ø6"		Victaulic
07	01	Valvula antirretorno		ITT
06	01	Bomba Contra Incendio 5x4x9 FB100		150 PSI
05	01	Valvula de Mariposa ø6"		Victaulic
04	01	Valvula de Compuerta de ø6"		150 PSI
03	04	Brida de ø6" x 90°		150 PSI
02	02	Codo de ø6" x 90° SCH 40	A234	150 PSI
01	01	Silon de ø6"		

Pza.	Cant.	Denominacion	Norma / Dimension	Material	Observaciones
			Modificaciones	Segun	Fecha
Codigo Referencial					
Las Poncianas					
Arch CAD Las Poncianas snc					
Arch FISICO Las Poncianas					
Tolerancia angular = 100°					
Aristas 25ø-40ø5 0.5 x 45°					
Fraj Terminado/Atacado					
Maquina/Ventilador					
Los Portales-Las Poncianas					
Dibujado 26-11-01					
Revisado 26-10-01					
Aprobado					
Detalle visto de C					
HIDROINGENIERIA!					
INGENIERIAS Y SERVICIOS					
Norma					
Escala S/E					
Plano No HI-003					
Version P01					

TOLERANCIA GENERAL							
Calidad	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120	> 400	> 1000
	3		30	120	400	1000	2000
Gruesa	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2	±3



Cant	Denominacion	Norma / Dimension	Material	Observaciones
19	Tablero sistema presión constante			Torre 02
16	Tablero sistema presión constante			Torre 01
17	01 Tablero Bomba Jockey			
16	01 Tablero eléctrico 75HP (Contra incendio)			
15	Tubería de 6" SCH40		A53	150 PSI
14	02 Codo de 6" SCH40			150 PSI
13	01 Union tee de 6" SCH40			150 PSI
12	02 Codo de 6" x 90° SCH40			150 PSI
11	01 Valvula de esfera de 2"			150 PSI
10	01 Union universal de 2" SCH40			150 PSI
09	01 Valvula Check de 2"			150 PSI
08	01 Union Flexible de 2"		Neoprene	150 PSI
07	01 Reduccion campana 2" a 1" SCH40			150 PSI
06	01 Codo de 1" x 90° SCH40			150 PSI
05	01 Bomba SV207			Lowara
04	01 Reduccion Bushin 2 1/2" a 1 1/4" SCH40			150 PSI
03	01 Union Flexible de 2 1/2"		Neoprene	150 PSI
02	01 Valvula de esfera de 2 1/2"			150 PSI
01	01 Bomba Contra incendio	4x4 x 9 FB100		ITT

Código Referencial	Modificaciones	Segun	Fecha
Las Poncianas			

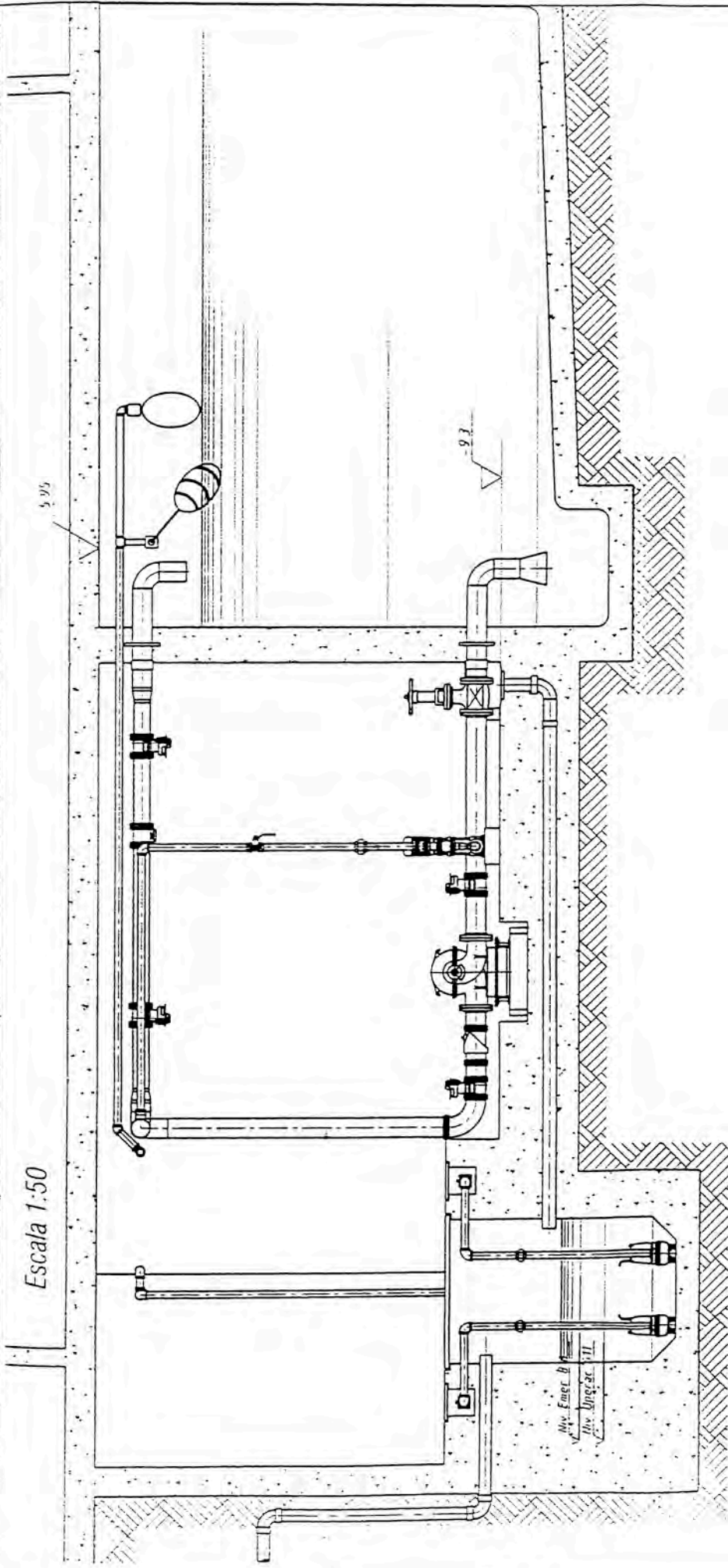
  

Fecha	Nombre	Plano segun
26-11-07	J. P. Lopez	Proyectos
25-10-07	OSCAR	

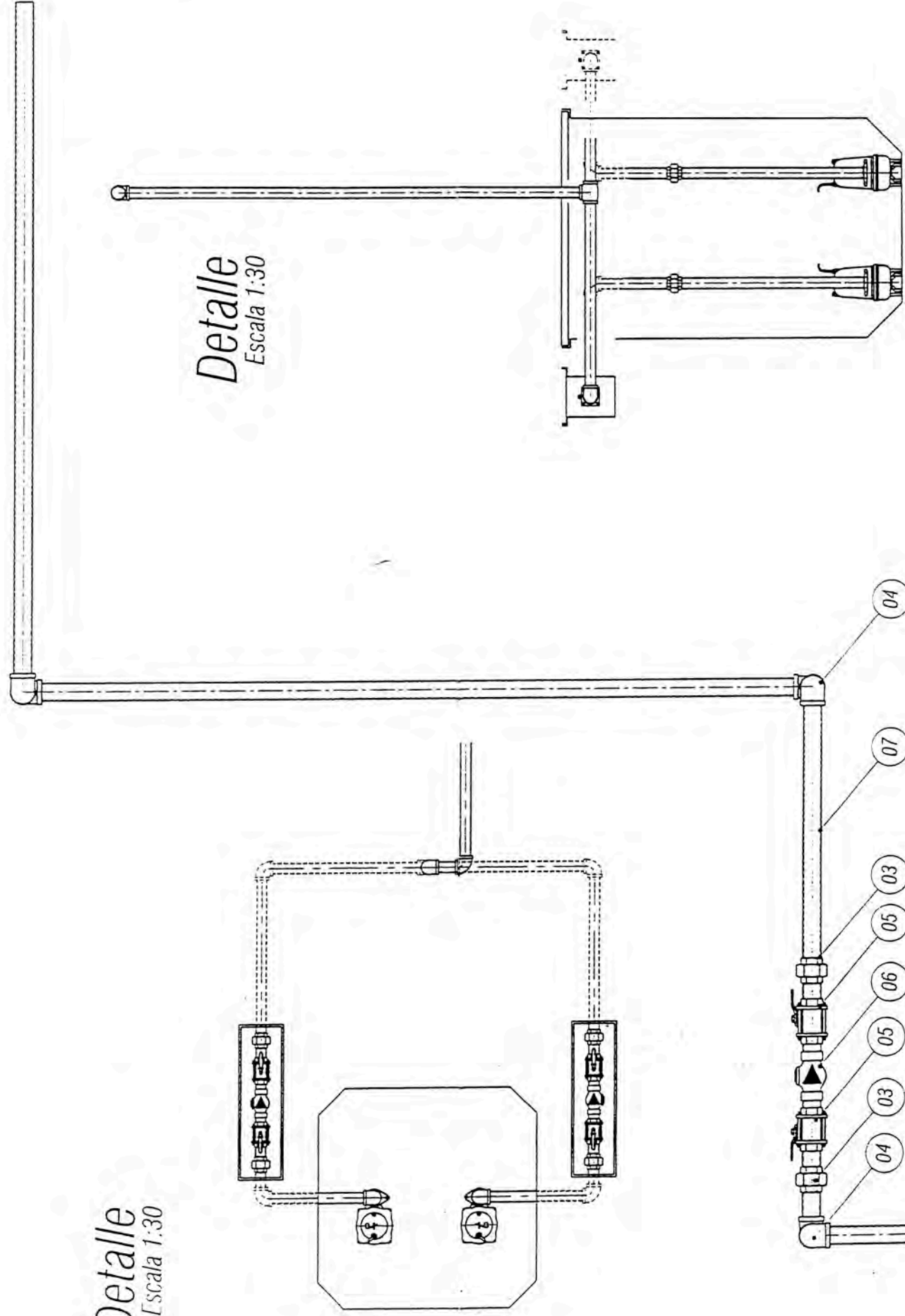
  

Norma	Escala	Plano No	Version
	1:50	HW-004	P01

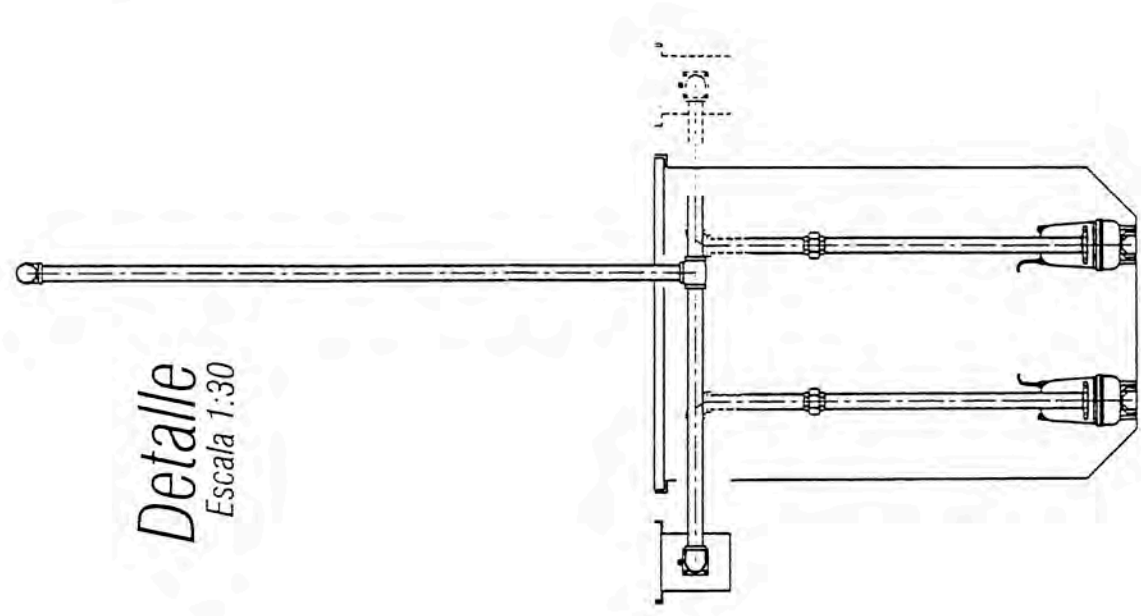
Escala 1:50



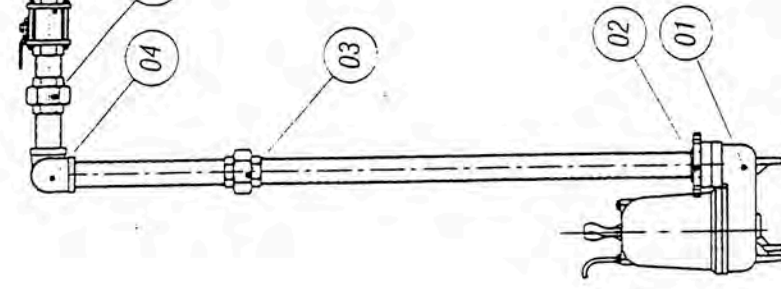
Detalle  
Escala 1:30



Detalle  
Escala 1:30



Detalle  
Escala 1:18



TOLERANCIA GENERAL

Calidad	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 170	> 4.00	> 1000	> 2000
Gruasa	± 0.2	± 0.3	± 0.5	± 0.8	± 1.2	± 2	± 3	± 5

02	Linea de #2 - SCLLO	1	1	1	1	1	1	1
03	Valvula Check de #2	1	1	1	1	1	1	1
04	Cable de #2 - SCLLO de #2	1	1	1	1	1	1	1
05	Unión Unimex # 2 - 150 PSI	1	1	1	1	1	1	1
06	Brida de #2 - 150 PSI	1	1	1	1	1	1	1
07	Bomba centrífuga desguase 2031116 2111	1	1	1	1	1	1	1
Pza	Costo	1	1	1	1	1	1	1

Los Portales - Las Ponicianas  
Detalle Visto de E

PROYECTOS  
S/IF  
10-095

TOLERANCIAS GENERALES					
Calidad	> 0,5	> 3	> 6	> 120	> 400
Tolerancia	±0,7	±0,3	±0,5	±1,2	±2
					±3

N9 (N8)

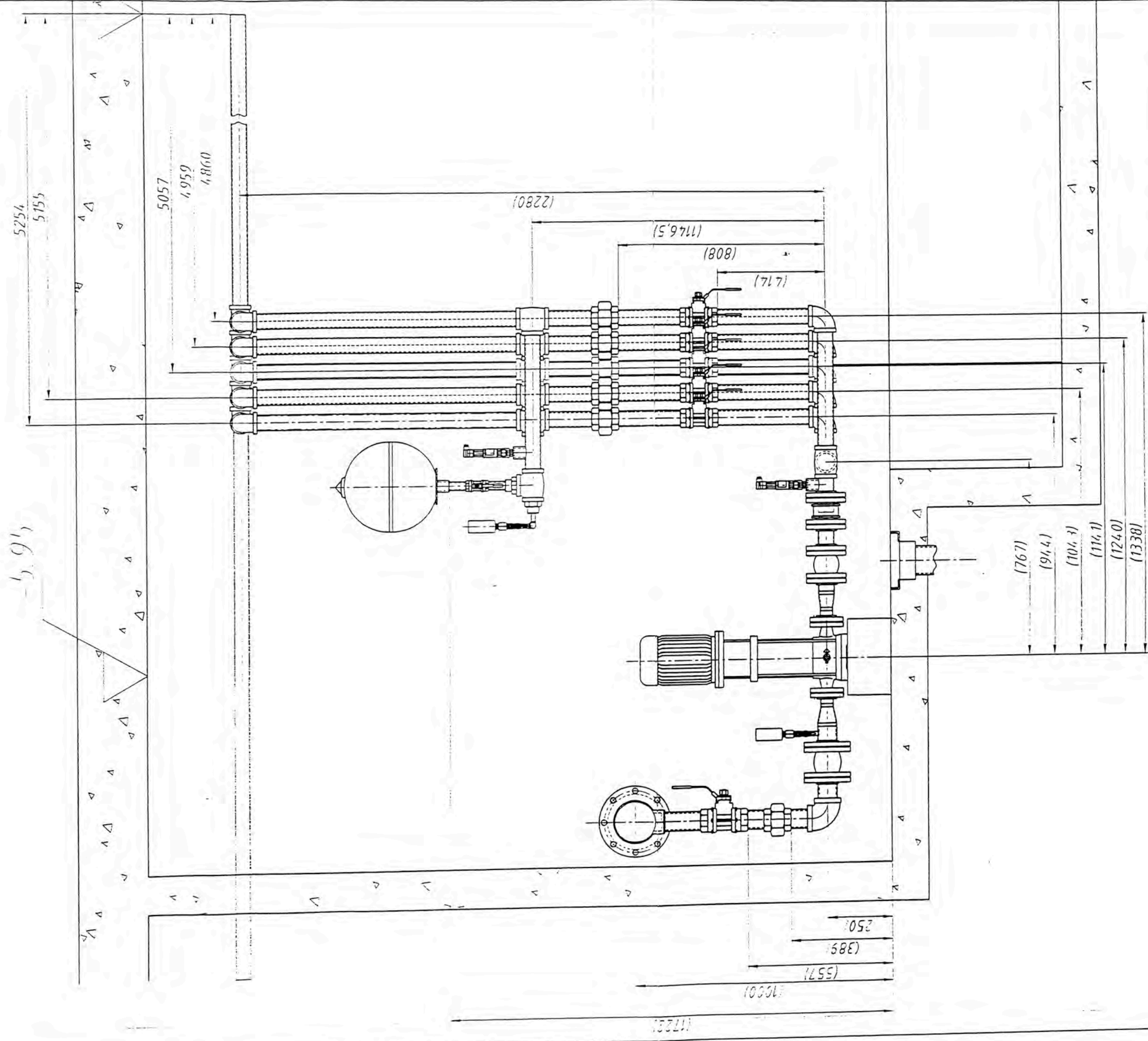
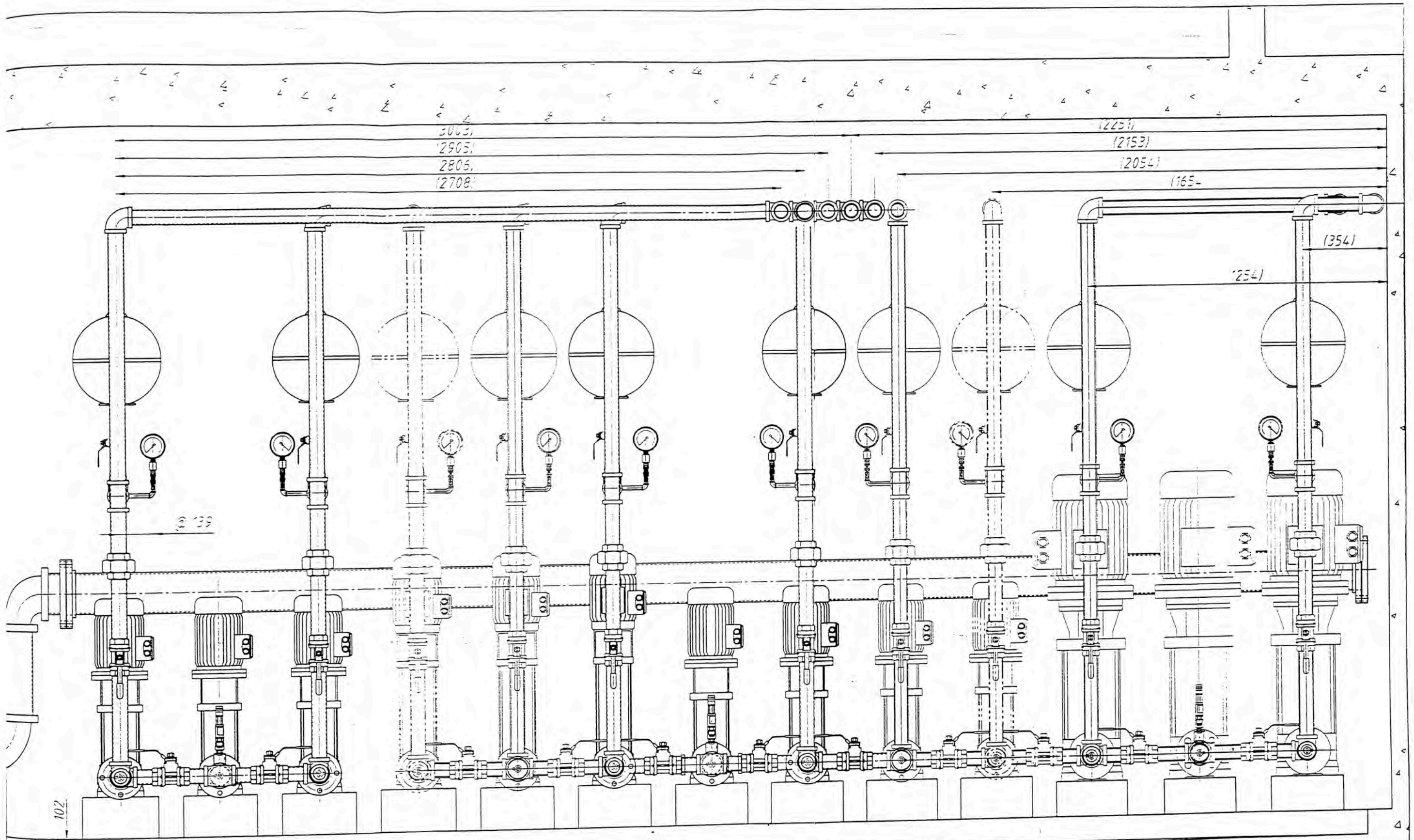
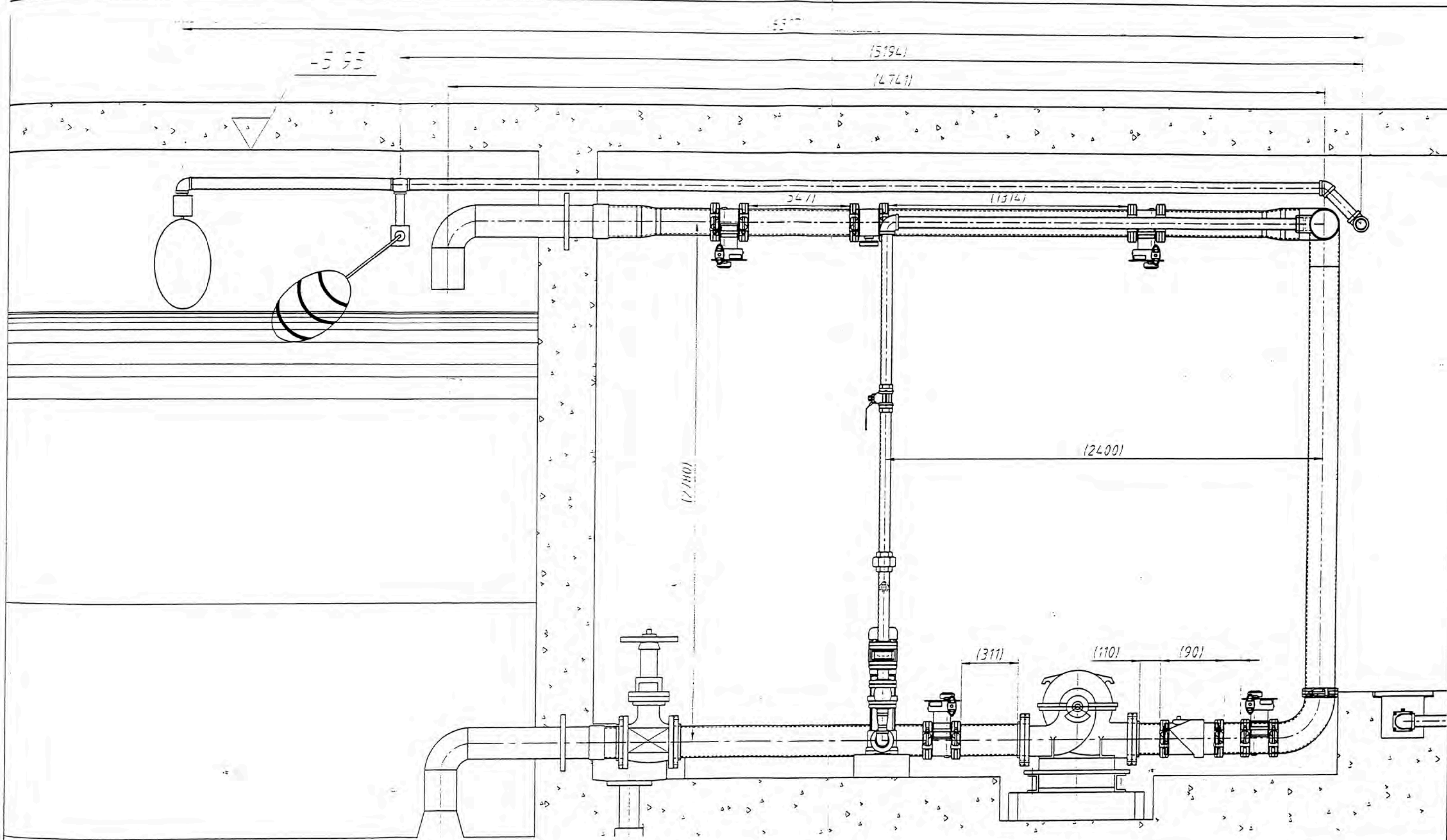


Fig.	Contorno	Nombre / Descripción	Referencia	Observaciones
1	1	Las Poincianas		
<p>Los Poincianas - Las Poincianas</p> <p>Detalle de medidas visto de A</p>				
<p>Elaborado por: [Signature]</p>		<p>Revisado por: [Signature]</p>		
<p>Fecha: 15/11/15</p>		<p>Proyecto: [Signature]</p>		
<p>Escala: 1:1</p>		<p>Hoja: 1 de 1</p>		



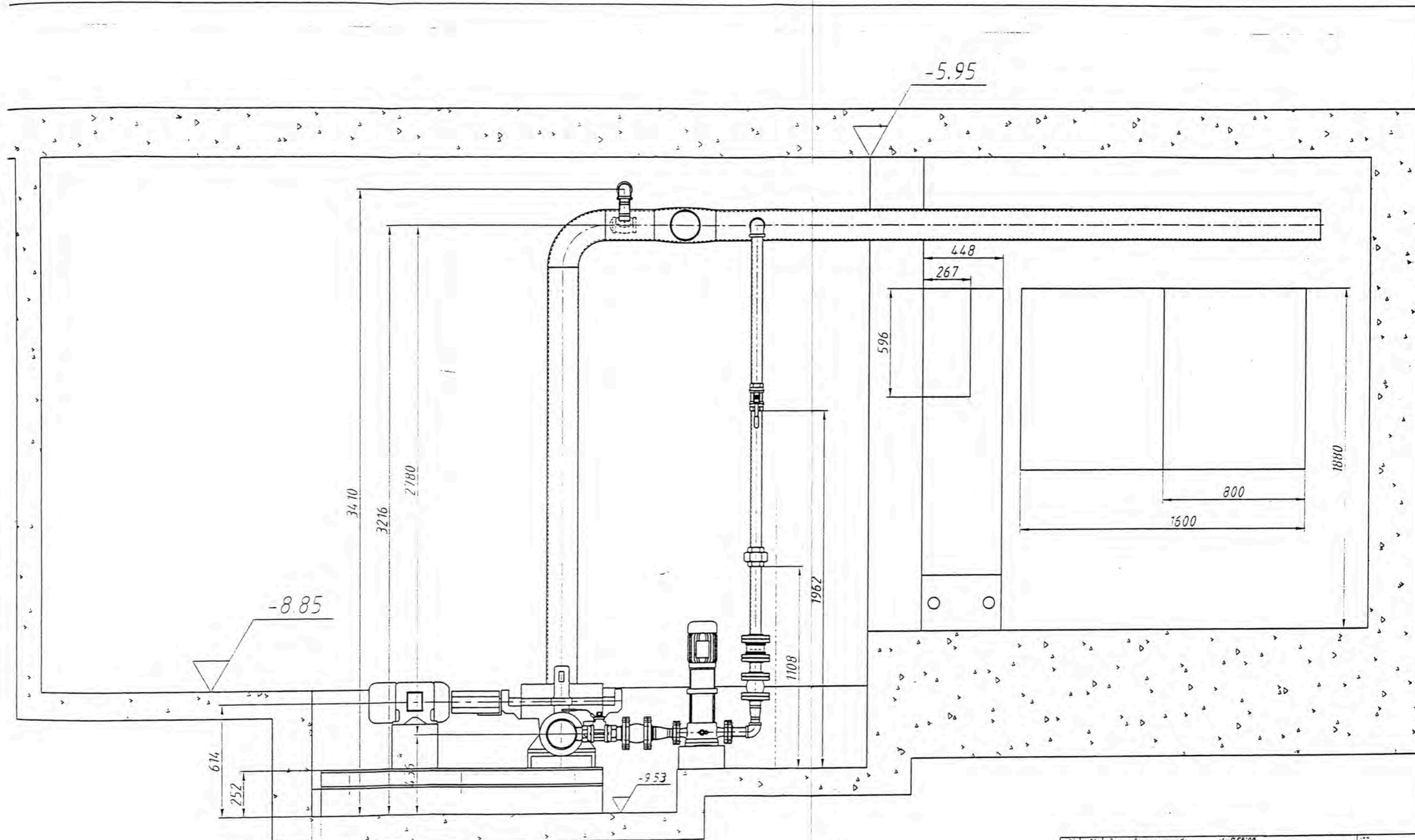
Proyecto		Nivel / Dimension		Material		Observaciones	
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Material	Observaciones	Unidad	Cantidad
<b>Las Poncianas</b> Proyecto de Bombeo de Agua Potable Instalación de Bombas y Motores Eléctricos							
<b>Detalles de Motores y Bombas</b>							
1	Motor Eléctrico	HP	10	1000	2000		
2	Bomba Centrífuga	HP	10	1000	2000		
3	Motor Eléctrico	HP	10	1000	2000		
4	Bomba Centrífuga	HP	10	1000	2000		
5	Motor Eléctrico	HP	10	1000	2000		
6	Bomba Centrífuga	HP	10	1000	2000		
7	Motor Eléctrico	HP	10	1000	2000		
8	Bomba Centrífuga	HP	10	1000	2000		
9	Motor Eléctrico	HP	10	1000	2000		
10	Bomba Centrífuga	HP	10	1000	2000		

INGENIERIA  
 7:15  
 M-007



Item	Sign.	Denominación	Forma y Dimensiones	Materia	Observaciones									
Código Referencial														
Las Poncianas														
Alcance: Las Poncianas, etc.														
Materia: 2.00 Acero al Carbono														
Tolerancia: según norma														
Los Portales - Las Poncianas														
Detalle de Medidas Visto de C														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Fecha</th> <th>Nombre</th> <th># de seg.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>20/10/2011</td> <td>...</td> <td>...</td> </tr> <tr> <td>...</td> <td>...</td> <td>...</td> </tr> </tbody> </table>						Fecha	Nombre	# de seg.	20/10/2011	...	...	...	...	...
Fecha	Nombre	# de seg.												
20/10/2011	...	...												
...	...	...												
			Escala: 1:20 H-008											

Calidad	3	6	30	20	20	100
Grupos	10.2	10.3	10.4	10.5	10.6	10.7

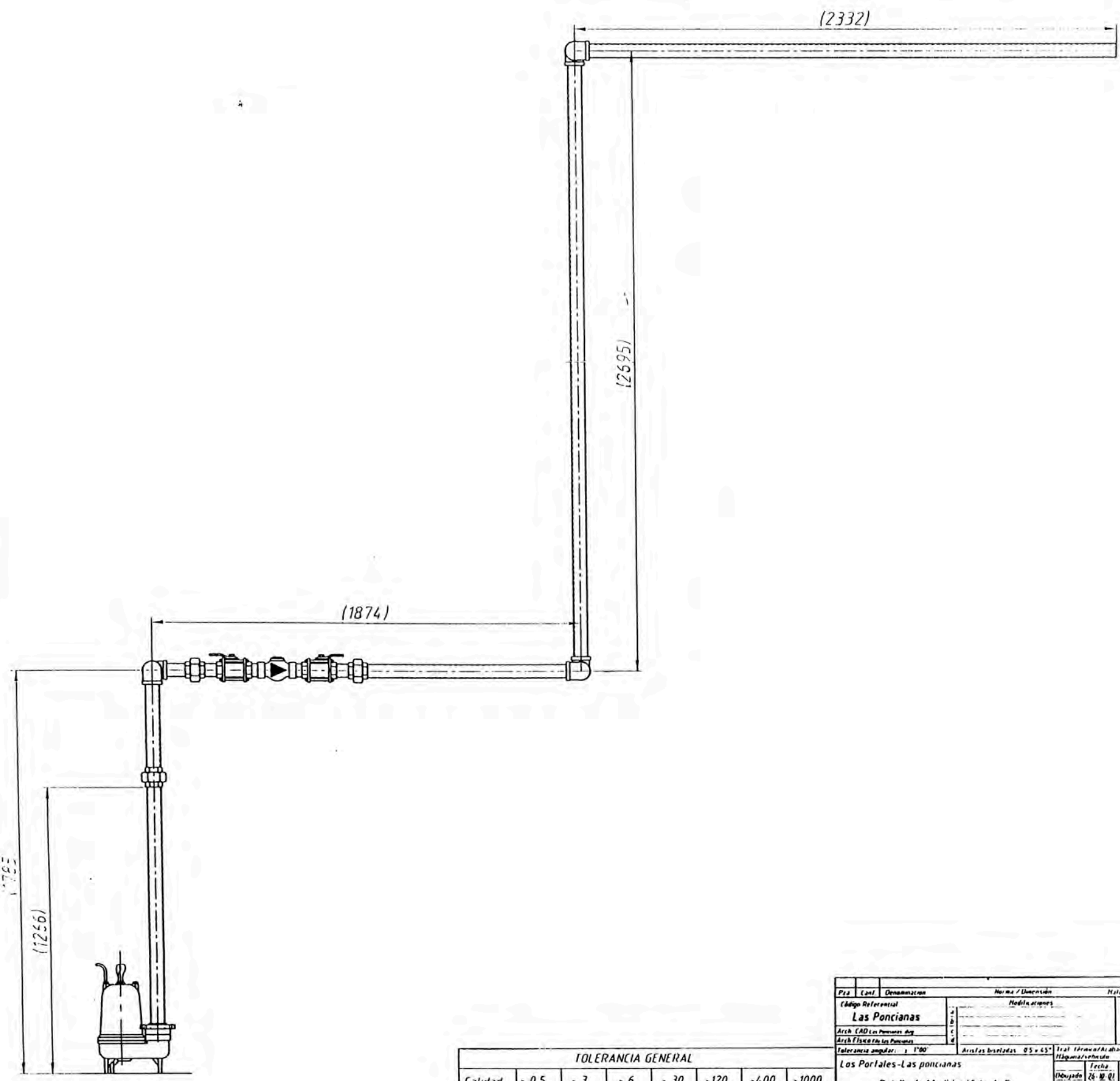
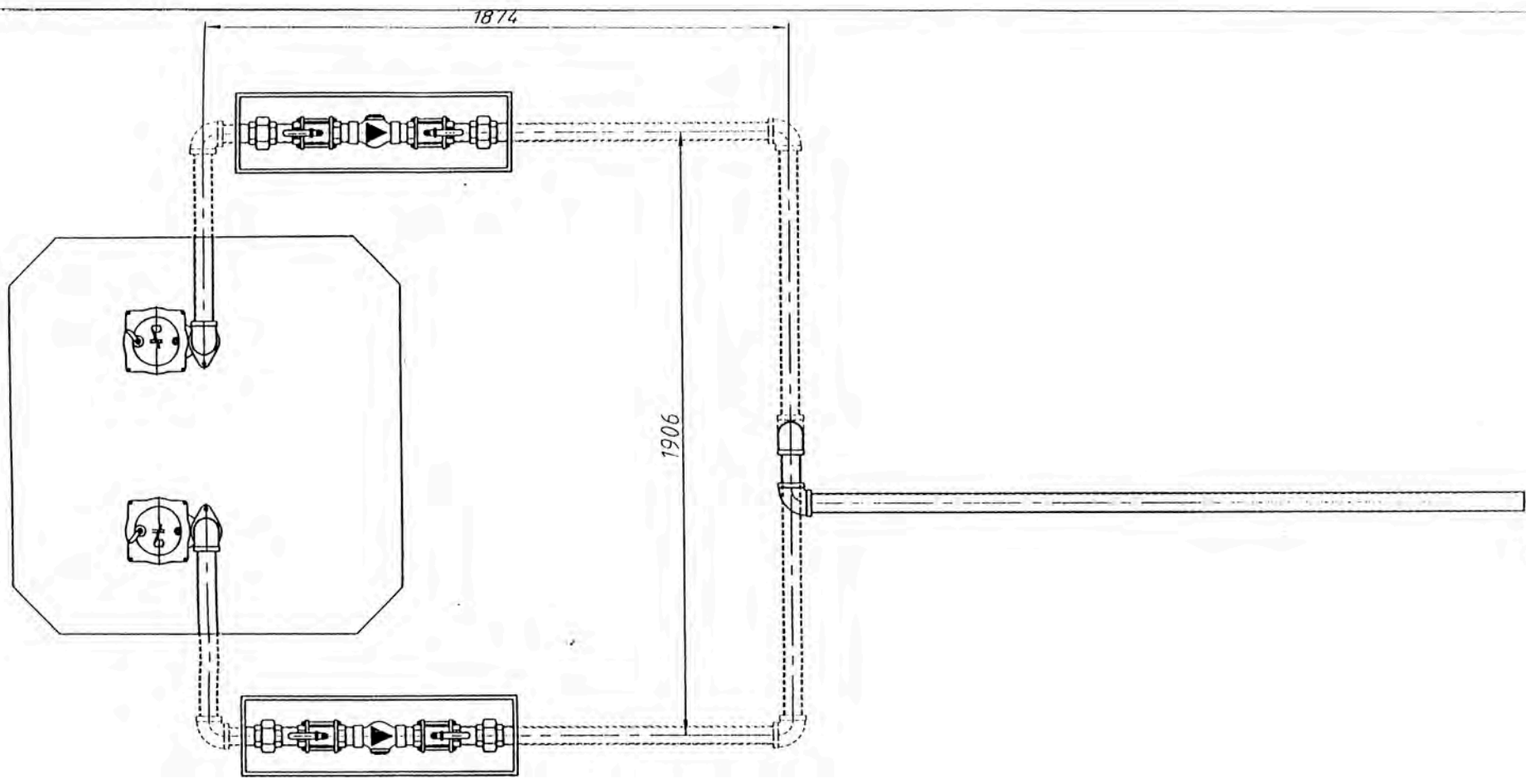


TOLENCANCIA GENERAL

Calidad	±0.5	±3	±5	±30	±25	±100	±1000
	5	5	30	120	400	1000	2000
Grupos	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2	±3

01	01	Bomba Contra incendio	16x9-FB'90		
Pro	Cont	Determinacion	Norma / Dimension	Metodo	Observaciones
Codigo Referencial		Modificaciones		Segun	Fecha
Las Poncianas					
Ancho CAD: Las Poncianas con					
Ancho Fisico: Las Poncianas					
Tolerancia angular: ±0.2°		Aristas desfiladas: 0.5 x 0.5		Tratamiento: Acabado	
Los Portales - Las poncianas				Fecha	Plano segun
Detalle de Medidas Visto de D				Elaborado	Revisado
				Montado	Proyectado
		Norma	Escala	Plantilla	Fecha
			1:20	HI-009	201

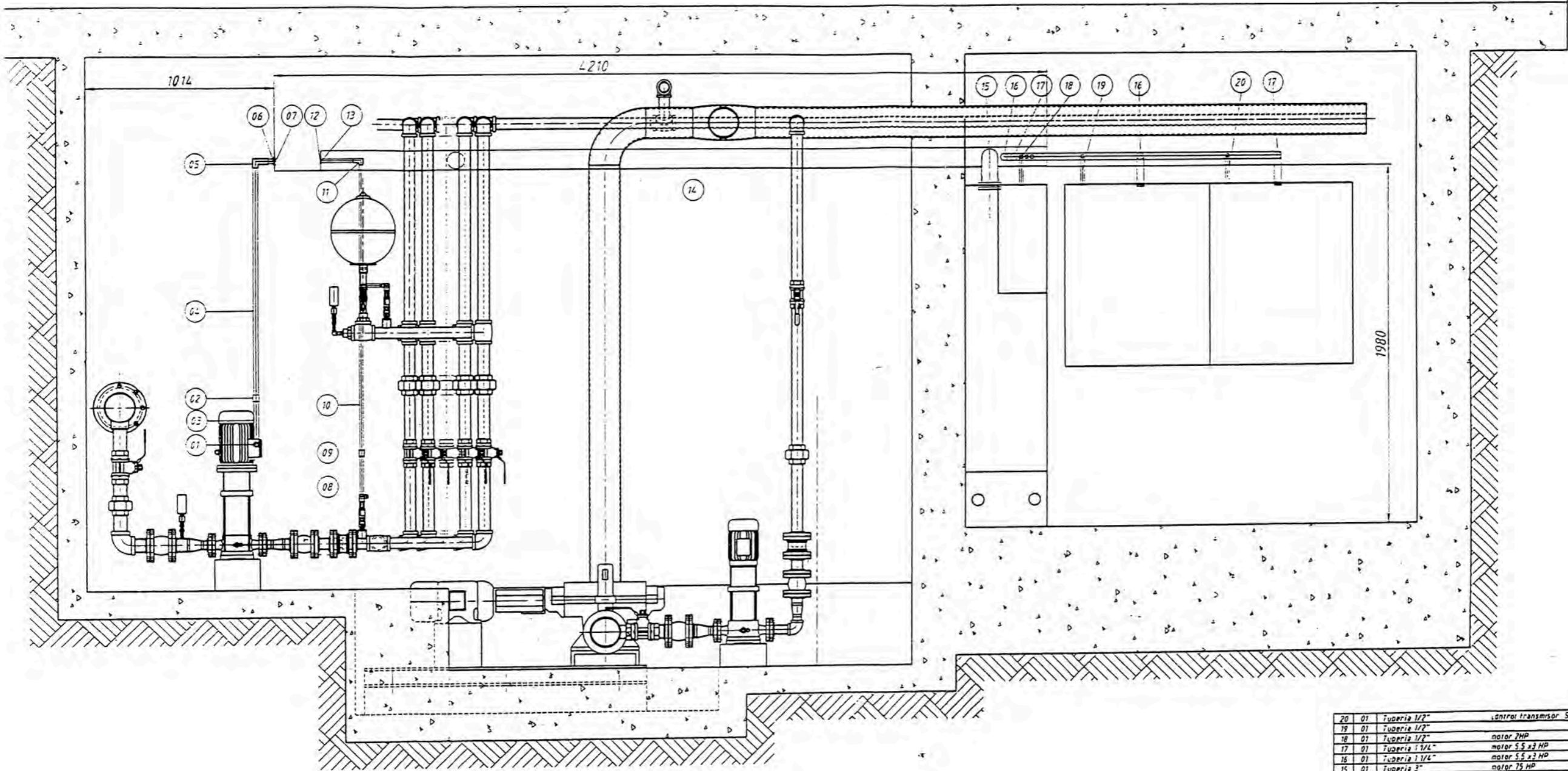




TOLERANCIA GENERAL							
Calidad	> 0,5	> 3	> 6	> 30	> 120	> 400	> 1000
	3	6	30	120	400	1000	2000
Gruesa	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±3

Edigo Referencial	Mediciones	Segun	Fecha	Nombre	Plano
Las Ponicinas			26-09-01	(Firma)	1/20
Arch CAD Los Ponicinas.dwg			26-09-01	Angel Larso	
Arch Eficacia Ponicinas					
Tolerancia angular: ± 1°00'	Acabado: 05 + 45°	Total: 1/20			
Los Portales - Las Ponicinas			Fecha	Nombre	Plano
Detalle de Medidas Viso de E			26-09-01	(Firma)	1/20
INGENIERIA			Norma	Escala	Plano No
MEXICO			ISO 9001	1:20	M-00
P.O. Box 1000					P01

Calidad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
Gruesa	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100



20	01	Tubería 1/2"	Control transmisor SPC 02 MBS33	Conduit
19	01	Tubería 1/2"	motor 7HP	Conduit
18	01	Tubería 1/2"	motor 5.5 x3 HP	Conduit
17	01	Tubería 1/4"	motor 5.5 x3 HP	Conduit
16	01	Tubería 1/4"	motor 5.5 x3 HP	Conduit
15	01	Tubería 3"	motor 75 HP	Conduit
14	01	Canalera portacable	250x120x120x 1/8"	Conduit
13	01	Contratuercas 1/2"	conduit	Conduit
12	01	Tuerca 1/2"	conduit	Conduit
11	01	Caja conduit 1.5 1/2"	conduit	Conduit
10	01	Tubería 1/2"	conduit	Conduit
09	01	Manguera flexible 1/2"	conduit	Conduit
08	01	Conector curva 1/2"	conduit	Conduit
07	01	Contratuercas 3/4"	conduit	Conduit
06	01	Tuerca 3/4"	conduit	Conduit
05	01	Caja conduit 1.5 3/4"	conduit	Conduit
04	01	Tubería 3/4"	conduit	Conduit
03	01	Manguera flexible 3/4"	conduit	Conduit
02	01	Conector recto 3/4"	conduit	Conduit
01	01	Conector curva 3/4" x 3/4"	conduit	Conduit

Pro	Contr	Dimension	Material	Segun	Fecha

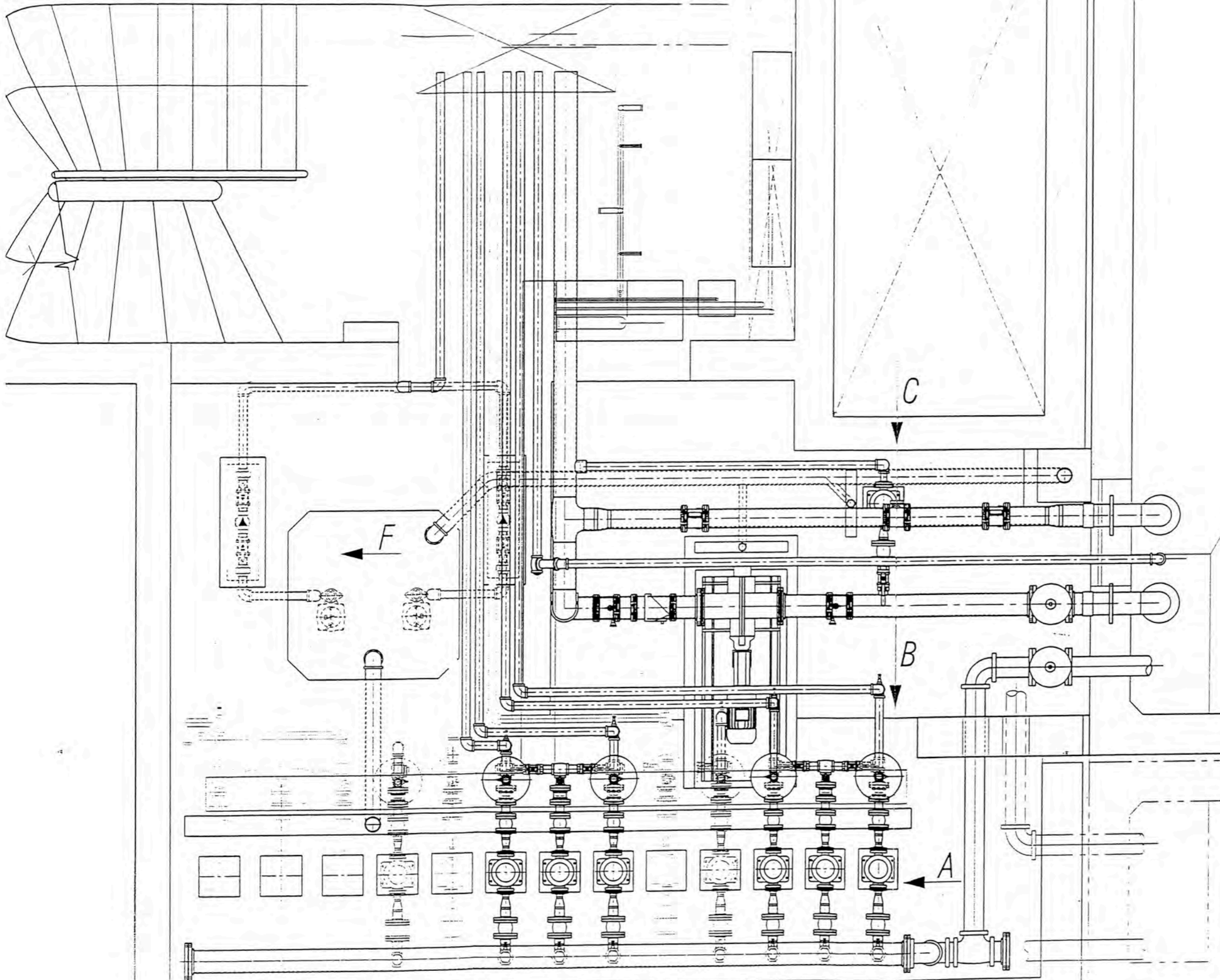
Código Referencia			
Las Poncianas			
Area	Las Poncianas del		
Area	Fiscal de las Poncianas		
Area	Torre de agua		

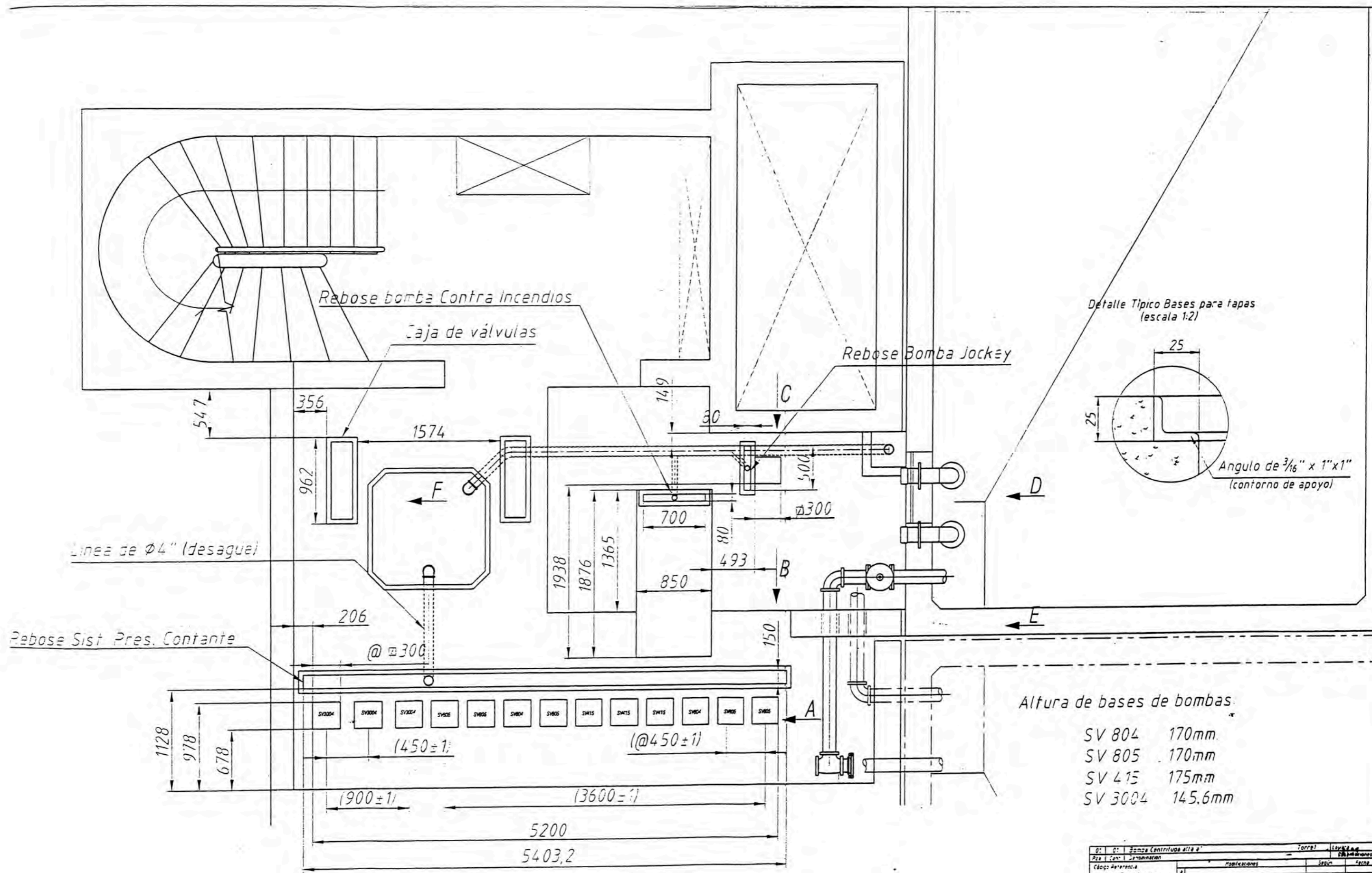
Los Portales-Las Poncianas	Fecha	1/25	Plano según
Tubería Conduit	Diseno	E-001	Proveedores

TOLERANCIA GENERAL

Cálculo	> 0.5	-3	+3	+30	+100	+400	+1000
Gruesa	+0.2	+0.3	+0.5	+0.8	+1.2	+2	+3



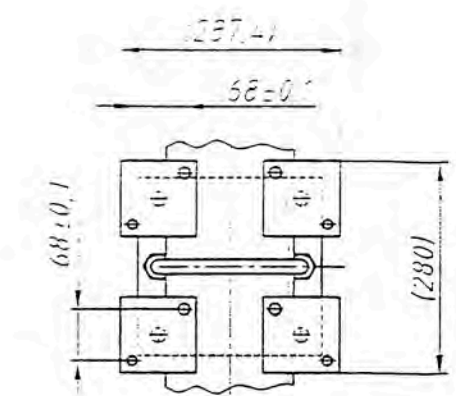
Item	Cont.	Denominación	Norma / Dimension	Materia	Observaciones
Código Referencia			Modificaciones	Según	Fecha
<b>Las Poncianas</b>					
Aut. CAD					
Aut. PLOT					
Proyecto: <b>Tendido de Tuberia Conduit</b> Escala: 1:40 Hoja: 1-002 P.O.T.					



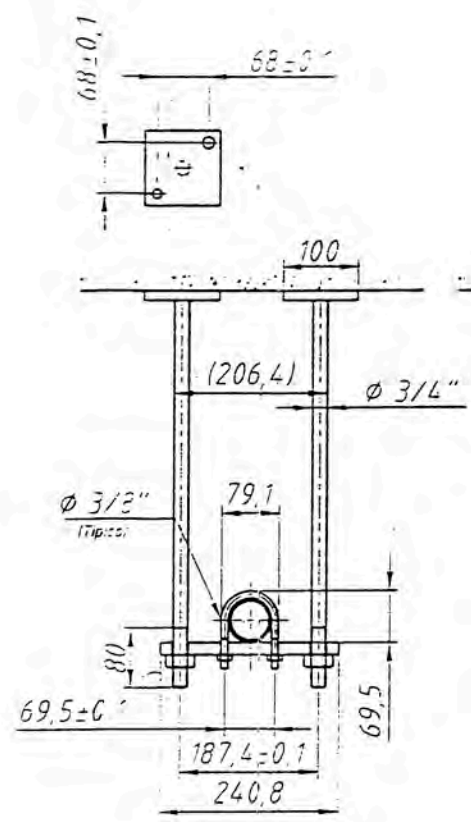
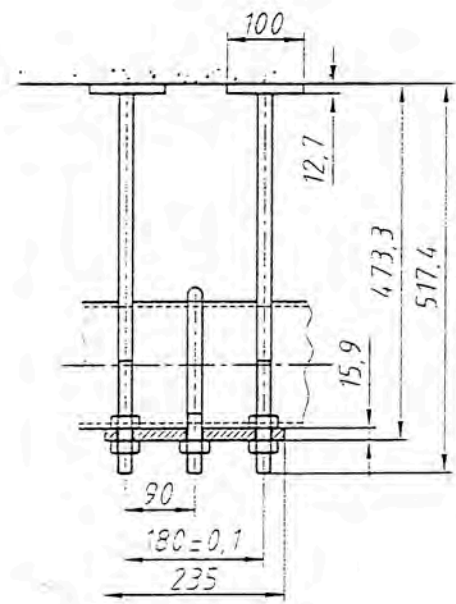
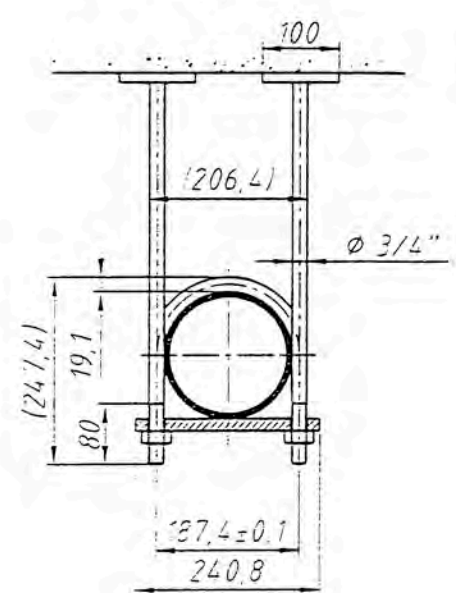
TOLERANCIA GENERAL							
Acabado	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 100	> 400	> 1000
	.3	6	30	120	-1.1	1200	2000
Gruesa	±0.2	±0.3	±0.5	±0.6	±1.2	±2	±3

01	01	Bomba Centrífuga alta e'	Torre1	11/20/2008
Proy	Con	Comunicación		Elaboraciones
Código Referencia		Modificaciones	Fecha	Por
Las Poncianas				
Area	123	Proyectos		
Proyecto	123	Proyectos		
Tolerancia	±0.2	±0.3	±0.5	±0.6
Los Poncianas - Las Poncianas				
Obra Civil				
INGENIERIA				
Escala	1:40	Plano No		001
				P01

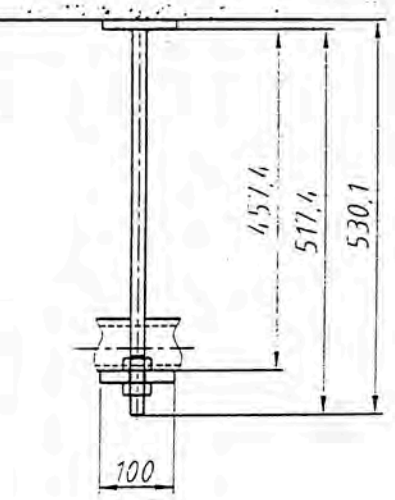
TOLERANCIA GENERAL							
Cantidad	> 0,5	> 5	> 50	> 100	> 1000	> 10000	> 20000
Medida	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	



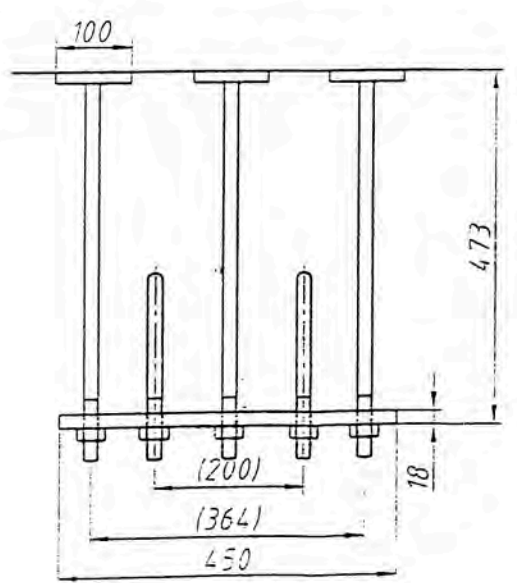
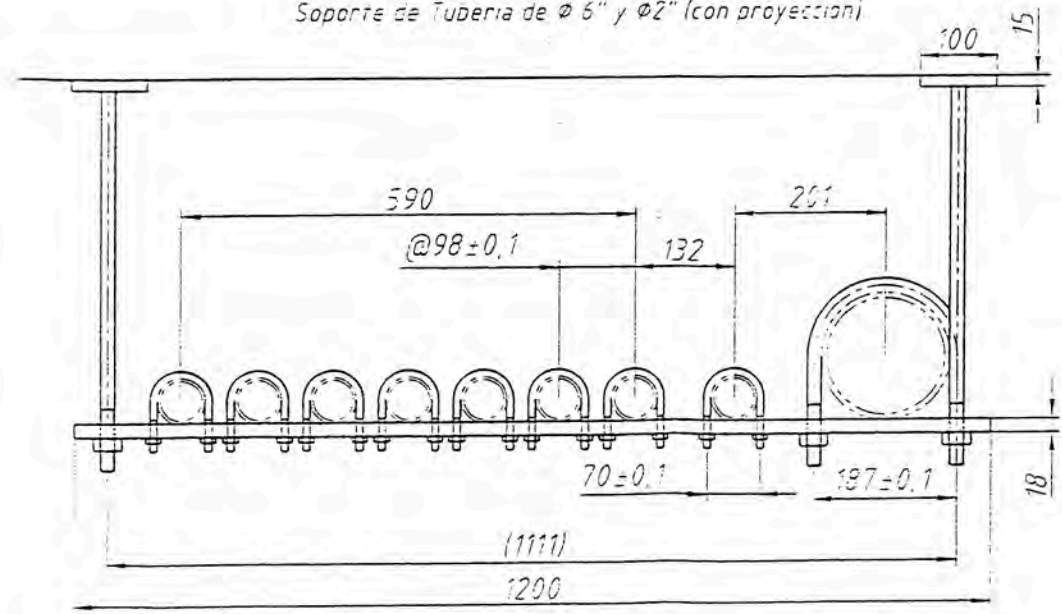
SopORTE de Tuberia de  $\phi$  6"  
Colocarlo cada 2.0 Mt.



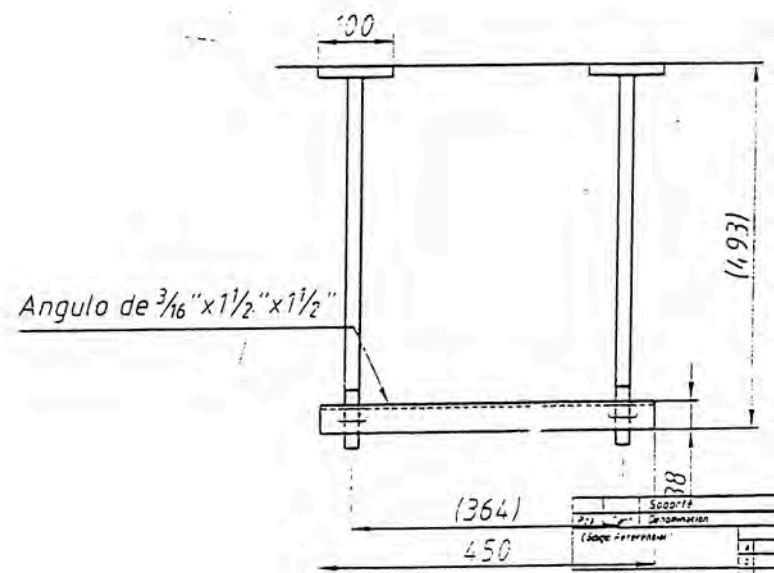
SopORTE de Tuberia de  $\phi$  2"  
Colocarlo cada 2.5 Mt.



SopORTE de Tuberia de  $\phi$  6" y  $\phi$  2" (con proyeccion)



SopORTE de Canaleta Electrica



SopORTE de Tubos			
Proyecto	ME-001	Fecha	1-10
Escala	1:10	Autores	ME-001
SopORTE de Tubos		ME-001	

## **APENDICES**

## **APENDICE A – UNIDADES**

**APENDICE – UNIDADES**

• gpm	Caudal	Galon por minuto
• kW	Potencia	kilowatt
• m <sup>3</sup> /s	Caudal	metro cúbico por Segundo
• pies de H <sub>2</sub> O	Presión	Pies de agua
• rpm	velocidad	revoluciones por minuto
• Hz	Frecuencia	Hertz
• Bar	Presión	
• PSI	Presión	
• m <sup>2</sup>	Area	
• m	longitud	metro
• m de H <sub>2</sub> O	Presión	metro de agua
• HP	Potencia	Caballo de fuerza
• A	Corriente	Amperio
• VAC	Voltaje	Voltaje alterno
• VDC	Voltaje	Voltaje continuo
• °C	Temperatura	Grados centígrados
• seg	Tiempo	Segundo
• min	Tiempo	Minuto
• kWh	Energía	Kilowatthora
• Gln	Volumen	Galon
• m	Longitud	Metro
• Pies	Longitud	



## **APENDICE B – SIMBOLOGIA**

**APENDICE B – SIMBOLOGIA**

- Q : Caudal
- $\eta$  : Eficiencia
- $\rho$  : Densidad
- H : Altura dinámica
- BHP : Potencia consumida por la bomba ( potencia al freno)
- n : Velocidad
- P : Presión
- TMH : Altura manométrica total
- TPH : Altura total
- VV : Velocidad variable
- VF : Velocidad fija
- J : Pérdida
- PLC : Controlador lógico programable
- Und : Unidad
- h-h : hora- hombre
- h-mq : hora máquina
- Glb : Global

**APENDICE C – INFORMACIÓN TÉCNICA DE LOS  
PRINCIPALES SUMINISTROS**

**APENDICE C – INFORMACIÓN TÉCNICA DE LOS PRINCIPALES  
SUMINISTROS**

- Bomba centrífuga Modelo SV  
Marca ITT Lowara
- Variador de velocidad Altivar 28  
Marca Telemecanique
- Transmisor de presión XMLF  
Marca Telemecanique
- Guardamotor GV2  
Marca Telemecanique

# Vertical multistage centrifugal pumps in stainless steel

## V Series

Highly reliable and technologically advanced multipurpose pumps capable of satisfying the needs of a wide variety of users. Many different construction designs are available, with models featuring 2-4-8-16-30-60 m<sup>3</sup>/h nominal capacities.

### SPECIFICATIONS

- **Delivery:** up to 85 m<sup>3</sup>/h.
- **Head:** up to 23,5 bar.
- **Maximum operating pressure:** 16/25 bar, depending on model.
- **Continuous duty.**
- **Temperature of pumped liquid:** -25°C to +120°C.
- Versions:
  - Single-phase** 220-230 V 60 Hz (up to 2.2 kW).
  - Three-phase** up to 3 kW 220-255/380-440 V 60 Hz above 3 kW 380-440 V 60 Hz.
- **MOTOR CAN BE REPLACED WITH ANY STANDARD MODEL AVAILABLE ON THE MARKET**
- **"DPS" HIGH-PRESSURE UNITS, CONSISTING OF TWO SSV "N" PUMPS CONNECTED IN SERIES**

### AVAILABLE VERSIONS

VERSIONS	SV 2	SV 4	SV 8	SV 16	SV 30	SV 60
In-line ports with oval flanges	X	X	X	X	X	X
In line ports with round flanges	X	X	X	X	X	X
Overlapping ports with position adjustment	X	X	X			
AISI 316 stainless steel liquid end	X	X	X	X	X	X
4-pole version	X	X	X	X	X	X
Horizontal version on brackets	X	X	X	X	X	X
With connectors for Victrolac coupling	X	X	X	X	X	X

### APPLICATIONS

- Water transfer and circulation in the civil, industrial and agricultural sectors.
- Pressure boosting and water supply systems.
- Irrigation systems for agriculture and sporting facilities.
- Washing systems.
- Boiler feed.
- Water treatment and reverse osmosis plants.
- Fountains.
- Handling of moderately aggressive liquids.
- Fire fighting systems.

**HIGH HYDRAULIC EFFICIENCY**

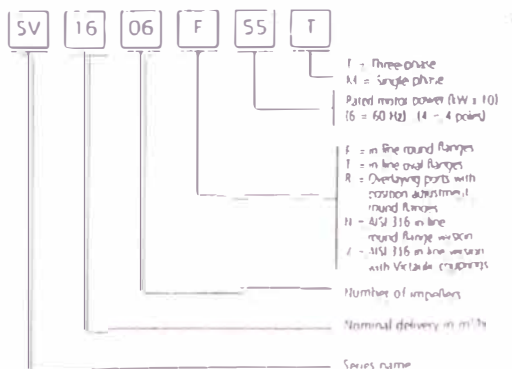
**LIQUID END MANUFACTURED IN AISI 316 STAINLESS STEEL**

**OR THE 2-4-8-16 m<sup>3</sup>/h**

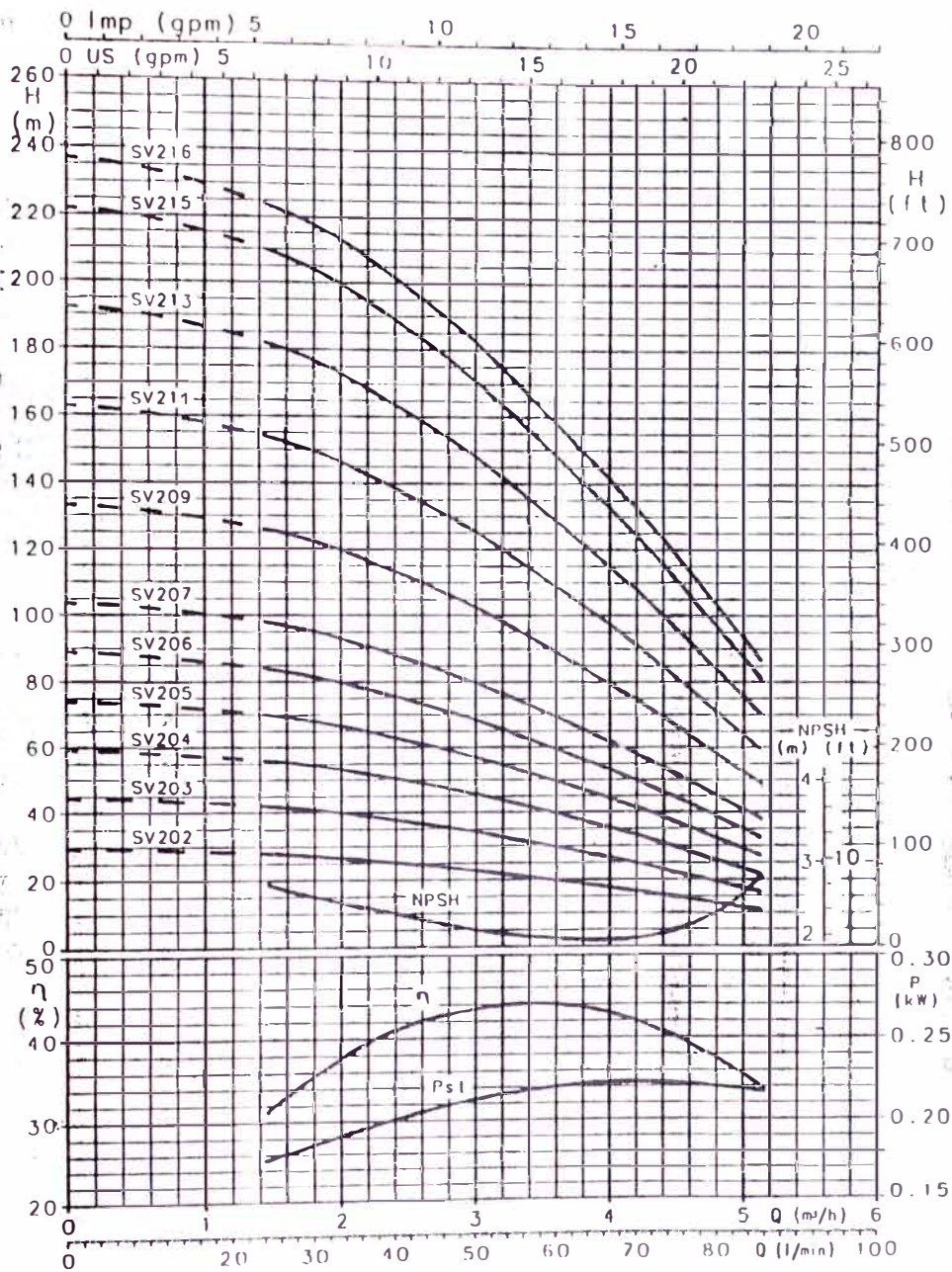
**STANDARD VERSION**

**"N" VERSION AVAILABLE MADE OF AISI 316 STAINLESS STEEL**

### IDENTIFICATION CODE



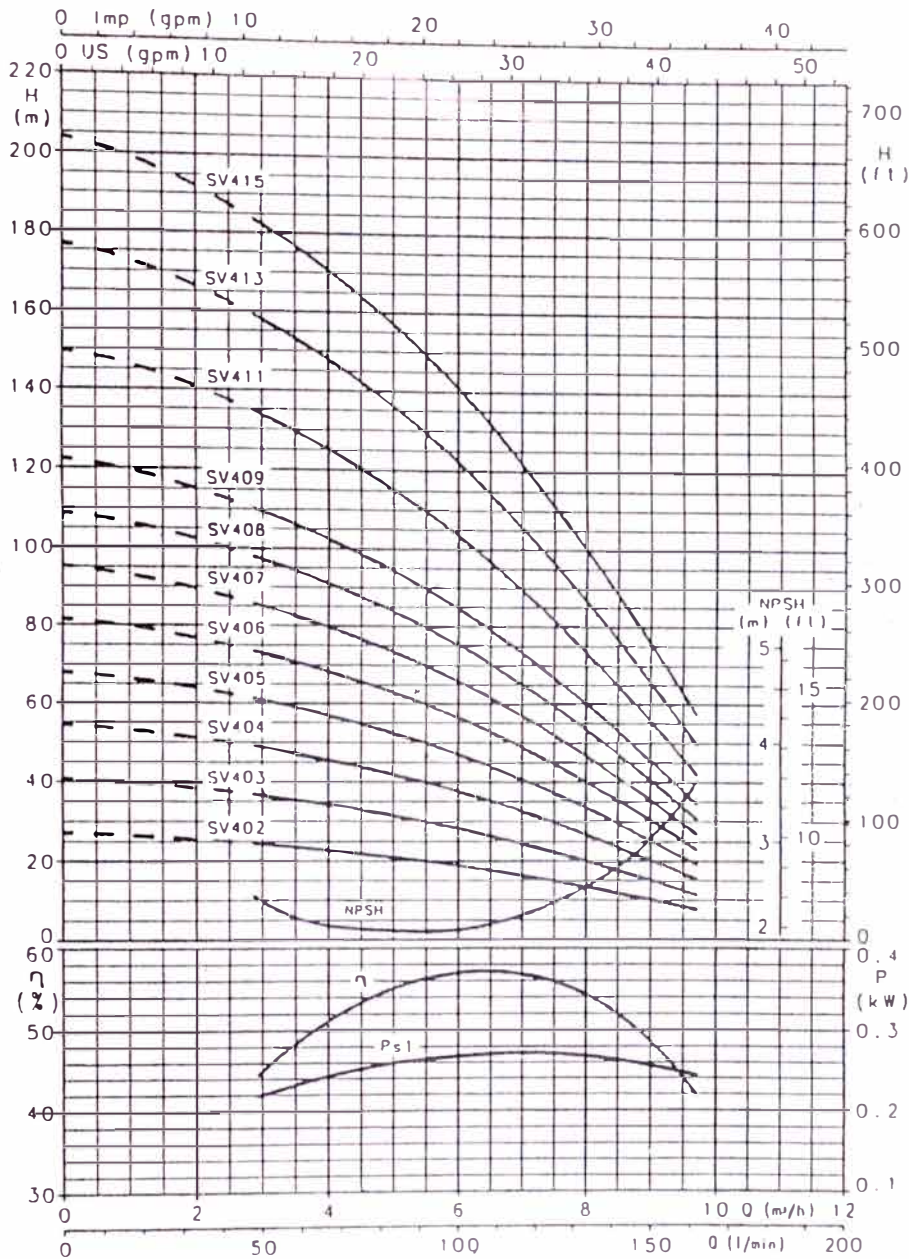
**PERFORMANCE DATA AT 3500 rpm, 60 Hz**  
**SV2 SERIES**



Performance curves are for cold water  
 Performance is guaranteed within the limits of ISO 2548 specifications for standard class C pumps.

PUMP TYPE	POWER		INPUT CURRENT				CAPACITOR		Q = CAPACITY							
			IN Amp.				μF	V	l/min	20	30	40	50	60	70	85
			THREE-PHASE		SINGLE PHASE				m³/h	1,7	1,8	2,4	3	3,6	4,2	5
	kW	HP	220 V Δ	380 V Y	380 V Δ	230 V										
SV202	0,55	0,75	2,3	1,3		3,8	12,5	450	28,5	27	25	23	20	17	15	13
SV203	0,75	1	3,1	1,8		4,8	20	450	43	41	38	34	30	25	22	19
SV205	1,1	1,5	4,2	2,4		7,2	25	450	57	54	50	46	40	35	31	27
SV207	1,5	2	5,4	3,1		10,2	35	450	71	68	63	57	50	42	37	32
SV209	1,5	2	5,4	3,1		10,2	35	450	85	82	76	68	59	50	43	37
SV211	2,2	3	7,4	4,9		13	40	450	100	95	88	80	69	58	50	43
SV213	3	4	10,2	5,9					128	123	114	103	89	75	65	56
SV215	4	5,5			8,3				157	150	139	126	109	91	77	66
SV216	4	5,5			8,3				185	177	164	148	129	108	92	79
									214	204	189	171	148	125	107	93
									228	218	202	183	158	133	113	98

## PERFORMANCE DATA AT 3500 rpm, 60 Hz SERIES

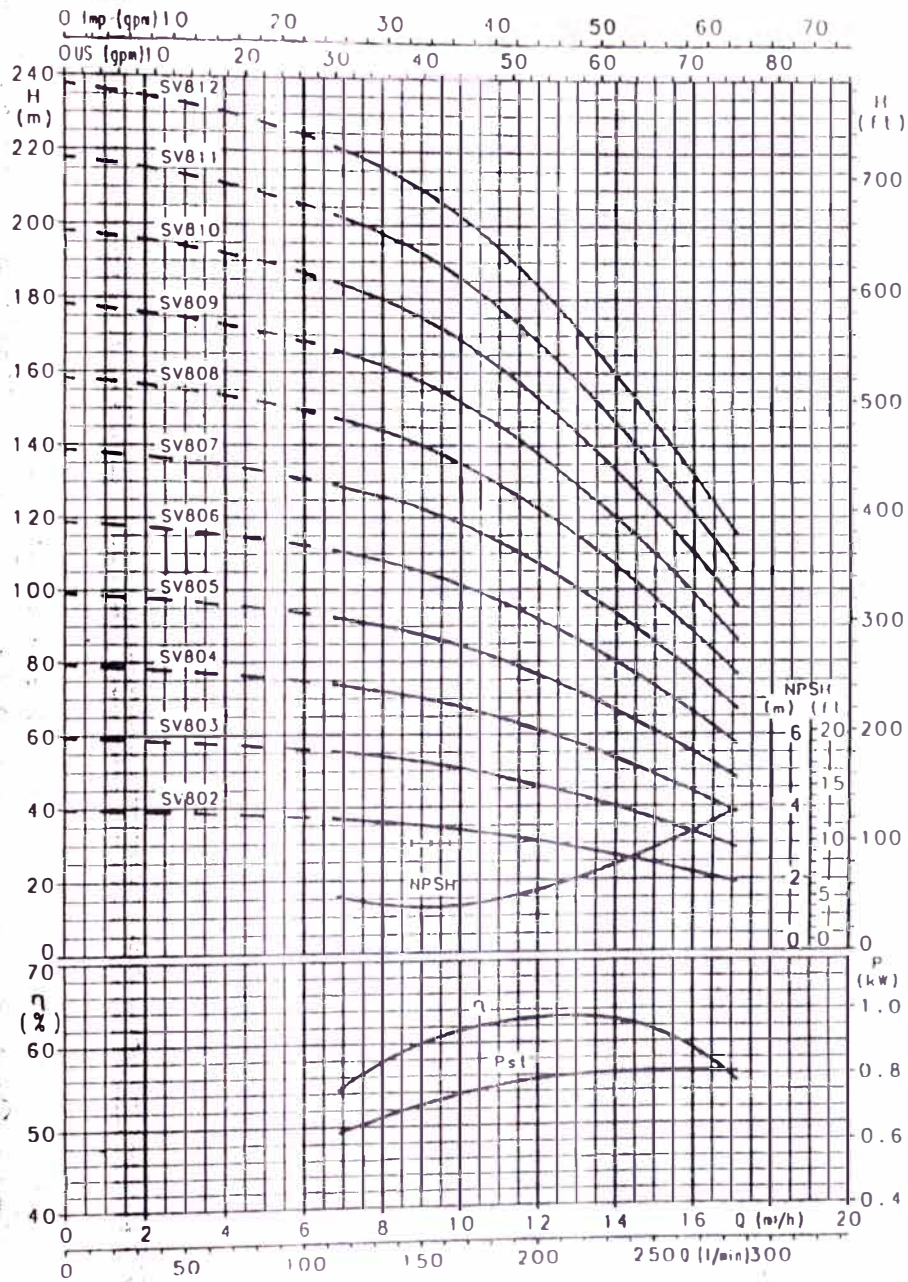


Performance curves are for cold water.  
Performance is guaranteed within the limits of ISO 2548 specifications for standard class C pumps.

MP TYPE	POWER		INPUT CURRENT IN Amp.				CAPACITOR		Q = CAPACITY							
	kW	HP	THREE-PHASE		SINGLE-PHASE		μf	V	Vmin	50	66	83	100	116	133	160
			220 V Δ	380 V Y	380 V Δ	230 V			m³/h	3	4	5	6	7	8	9.6
2	0,55	0,75	2,3	1,3		3,8	12,5	450	24	23	21	19	16	13		
03	1,1	1,5	4,2	2,4		7,2	25	450	36,5	34	31,5	28	24,5	20	12	
404	1,1	1,5	4,2	2,4		7,2	25	450	48,5	45,5	42	37,5	32,5	26,5	1	
05	1,5	2	5,4	3,1		10,2	35	450	61	57	52,5	47	40,5	33	20	
406	2,2	3	7,4	4,3		13	40	450	73	68	63	56	49	40		
407	2,2	3	7,4	4,3		13	40	450	85	80	73	66	57	47	28	
08	2,2	3	7,4	4,3		13	40	450	97	91	84	75	65	53		
409	3	4	10,2	5,9					109	102	94	85	73	60	37	
11	3	4	10,2	5,9					134	125	115	103	89	73	44	
13	4	5,5			8,3				158	148	136	122	106	87	53	
15	4	5,5			8,3				182	171	157	141	122	100		

H = TOTAL HEAD IN METERS OF COLUMN OF WATER

## PERFORMANCE DATA AT 3500 rpm, 60 Hz SERIES



Performance curves are for cold water.  
Performance is guaranteed within the limits of ISO 2548 specifications for standard class C pumps.

POWER	INPUT CURRENT	CAPACITOR	Q = CAPACITY							
			Vmin	100	125	150	175	200	250	283
kV	IN Amp	μf	m³/h	6	7.5	9	10.5	12	15	17
2.2	7	13	56	5	53	50	46	37	29	
3	10		93	91	88	83	77	61	49	
5	15.5		131	127	123	116	107	85	68	
7.5	21		168	164	158	149	138	110	87	
9.5	27		206	200	193	182	168	134	107	
11	31									1

H = TOTAL HEAD IN METERS OF COLUMN OF WATER



## OPERATING TABLE AT 3500 rpm SV SERIES

PUMP TYPE	POWER		Q - CAPACITY																						
	kW	HP	l/min m <sup>3</sup> /h	0	20	30	40	50	60	80	100	125	150	200	250	300	350	400	500	700	1000	1200	1300		
			H - TOTAL HEAD IN METERS OF COLUMN OF WATER																						
SV202	0,55	0,75	29,5	28,5	27	25	23	20	18																
SV203	0,75	1	44,5	43	41	38	34	30	19																
SV204	1,1	1,5	59,5	57	54	50	46	40	26																
SV205	1,1	1,5	74	71	68	63	57	50	32																
SV206	1,5	2	89	85	82	76	68	59	39																
SV207	1,5	2	104	100	95	88	80	69	45																
SV209	2,2	3	133	128	123	114	103	89	58																
SV211	3	4	163	157	150	139	126	109	71																
SV213	3	4	193	185	177	164	148	129	84																
SV215	4	5,5	222	214	204	189	171	148	97																
SV216	4	5,5	237	228	218	202	183	158	103																
SV402	0,55	0,75	27				24	23	21	19	15	10													
SV403	1,1	1,5	41				36,5	35	32	28	22	15													
SV404	1,1	1,5	54				48,5	46,5	42,5	37,5	29,5	20													
SV405	1,5	2	68				61	58	53	47	37	25													
SV406	2,2	3	82				73	70	64	56	44,5	30,5													
SV407	2,2	3	95				85	82	75	66	52	35,5													
SV408	2,2	3	109				97	93	85	75	59	40,5													
SV409	3	4	122				109	105	96	85	67	45,5													
SV411	3	4	150				134	128	117	103	81	56													
SV413	4	5,5	177				158	152	139	122	96	66													
SV415	4	5,5	204				182	175	160	141	111	76													
SV802	2,2	3	40						38	37	36	35	30,5	24											
SV803	3	4	59						57	56	55	53	46	37											
SV804	4	5,5	79						76	75	73	70	61	49											
SV805	4	5,5	99						95	93	91	88	77	61											
SV806	5,5	7,5	119						114	112	109	105	92	73											
SV807	5,5	7,5	139						133	131	127	123	107	85											
SV808	7,5	10	158						152	149	145	140	123	97											
SV809	7,5	10	178						171	168	164	158	138	110											
SV810	11	15	198						190	187	182	175	153	122											
SV811	11	15	218						209	206	200	193	168	134											
SV812	11	15	238						228	224	218	210	184	146											
SV1602	4	5,5	49								47	45,5	43,5	40,5	36	31									
SV1603	5,5	7,5	73								71	68	65	61	55	47									
SV1604	7,5	10	98								94	91	87	81	73	63									
SV1605	11	15	122								117	114	109	101	91	78									
SV1606	11	15	147								141	137	131	121	109	94									
SV1607	11	15	171								164	159	152	142	128	110									
SV1608	15	20	195								188	182	174	162	146	125									
SV1609	15	20	220								212	205	196	182	164	141									
SV3002	7,5	10	61										56	55	53	50	45	28,5							
SV3003	11	15	91										84	82	79	76	67	43							
SV3004	15	20	121										113	110	106	101	89	57							
SV3005	15	20	151										141	137	132	126	112	72							
SV3006	18,5	25	182										169	164	158	152	134	86							
SV3007	22	30	212										197	192	185	177	156	100							
SV6002	11	15	56												50	48	43	34	26	21					
SV6003	15	20	83												75	73	65	50	39	32					
SV6004	18,5	25	111												101	97	86	67	52	42					
SV6005	22	30	139												126	121	108	84	65	53					

## NPSH

The minimum operating values that can be reached at the pump suction end are limited by the onset of cavitation.

Cavitation is the formation of vapour-filled cavities within liquids where the pressure is locally reduced to a critical value, or where the local pressure is equal to, or just below the vapour pressure of the liquid. The vapour-filled cavities flow with the current and when they reach a higher pressure area the vapour contained in the cavities condenses. The cavities collide, generating pressure waves that are transmitted to the walls. These, being subjected to stress cycles, gradually become deformed and yield due to fatigue. This phenomenon, characterized by a metallic noise produced by the hammering on the pipe walls, is called incipient cavitation.

The damage caused by cavitation may be magnified by electrochemical corrosion and a local rise in temperature due to the plastic deformation of the walls. The materials that offer the highest resistance to heat and corrosion are alloy steels, especially austenitic steel. The conditions that trigger cavitation may be assessed by calculating the total net suction head, referred to in technical literature with the code NPSH (Net Positive Suction Head).

The NPSH represents the total energy (expressed in m.) of the liquid measured at suction under conditions of incipient cavitation, excluding the vapour pressure (expressed in m.) that the liquid has at the pump inlet. To find the static height  $h_z$  at which to install the machine under safe conditions, the following formula must be verified:

$$h_p + h_z \geq (\text{NPSHr} + 0.5) + h_f + h_{pv} \quad (1)$$

where:

- $p$  is the absolute pressure applied to the free liquid surface in the suction tank, expressed in m. of liquid;  $h_p$  is the quotient between the barometric pressure and the specific weight of the liquid.
- $z$  is the difference in height between the pump axis and the free liquid surface in the suction tank, expressed in m.;  $h_z$  is negative when the liquid level is lower than the pump axis.
- $f$  is the friction loss in the suction line and its accessories, such as: fittings, foot valve, gate valve, elbows, etc.
- $p_v$  is the vapour pressure of the liquid at the operating temperature, expressed in m. of liquid.  $h_{pv}$  is the quotient between the  $p_v$  vapour pressure and the liquid's specific weight.

0.5 is the safety factor.

The maximum possible suction head for installation depends on the value of the atmospheric pressure (i.e. the elevation above sea level at which the pump is stalled) and the temperature of the liquid.

help the user, with reference to water temperature

(4°C) and to the elevation above sea level, the following tables show the drop in hydraulic pressure head in relation to the elevation above sea level, and the suction loss in relation to temperature.

<b>Water temperature (°C)</b>	20	40	60	80	90	110	120
<b>Suction loss (m)</b>	0,2	0,7	2,0	5,0	7,4	15,4	21,5

<b>Elevation above seal level (m)</b>	500	1000	1500	2000	2500	3000
<b>Suction loss (m)</b>	0,55	1,1	1,65	2,2	2,75	3,3

To reduce it to a minimum, especially in cases of high suction head (over 4-5 m.) or within the operating limits with high delivery values, we recommend using a suction line having a larger diameter than that of the pump's suction inlet.

**It is always a good idea to position the pump as close as possible to the liquid to be pumped.**

Make the following calculation:

Liquid: water at ~ 15 °C  $\gamma = 1 \text{ Kg/dm}^3$   
 Delivery required 30 m<sup>3</sup>/h  
 Head for required delivery: 43 m  
 Suction difference in height: 3,5 m  
 The selection is an FHE 40-200/75 pump whose NPSH required value is, at 30 m<sup>3</sup>/h, 2,5 m

For water at 15°C the  $h_{pv}$  term is  $\frac{p_v}{\gamma} = 0,174 \text{ m (0.01701 bar)}$

$$h = \frac{p_a}{\gamma} = 10,33 \text{ m}$$

The  $h_f$  friction loss in the suction line with foot valves is 1.2 m.

By substituting the parameters in formula (1) with the numeric values above, we have:

$$10,33 + (-3,5) \geq (2,5 + 0,5) + 1,2 + 0,17$$

from which we have  $6.8 > 4.4$

The relation is therefore verified.

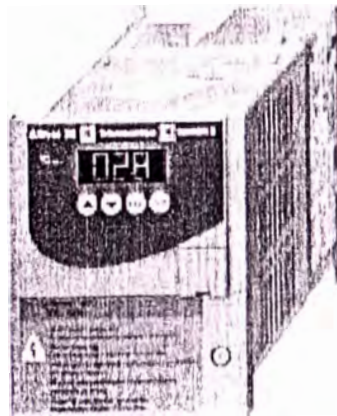
# Altivar 28

## Variadores de Velocidad

Monofásicos y Trifásicos

de de ,37 kW a 15 kW, hasta 500 V

Telemecanique



# Variadores de velocidad para motores asíncronos

Altivar 28

Características

## Entorno

<p><b>Conformidad con las normas</b></p>	<p>Los variadores Altivar 28 han sido desarrollados respetando los niveles más severos de las normas nacionales e internacionales y las recomendaciones sobre equipos eléctricos de control industrial (IEC, EN, NFC, VDE):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Baja Tensión EN 50178</li> <li>● Inmunidad CEM :             <ul style="list-style-type: none"> <li>-IEC 1000-4-2/EN 61000-4-2 nivel 3</li> <li>-IEC 1000-4-3/EN 61000-4-3 nivel 3</li> <li>-IEC 1000-4-4/EN 61000-4-4 nivel 4</li> <li>-IEC 1000-4-5/EN 61000-4-5 nivel 3</li> <li>-IEC 1800-3/EN 61800-3, entornos 1 y 2</li> </ul> </li> <li>● CEM, emisiones conducidas y radiadas :             <ul style="list-style-type: none"> <li>-IEC 1800-3/EN 61800-3, entornos 1 sector público y 2 sector industrial bajo distribución restringida</li> <li>-EN 55011 clase A (filtros de radio interferencia incluidos)</li> <li>-EN 55022 clase B, con filtros adicionales</li> </ul> </li> </ul>						
<p><b>CE marcado CE</b></p>	<p>Los variadores se han desarrollado respetando las directivas europeas sobre baja tensión (73/23/CEE y 93/68/CEE) y CEM (89/336/CEE), de ahí que los variadores Altivar 28 estén marcados con el logotipo CE de la comunidad europea.</p>						
<p><b>Certificación producto</b></p>	<p>UL y CSA</p>						
<p><b>Grado de protección</b></p>	<p><b>Variadores de velocidad ATV-28H :</b> IP21 e IP 41 con la parte superior, IP20 sin el obturador en la parte superior.</p> <p><b>Variadores de velocidad ATV-28E (pre-ensamblado) :</b> IP 55</p>						
<p><b>Resistencia a vibración conforme a IEC 68-2-6</b></p>	<p>1,5 mm pico desde 3 a 13 Hz. 1 gn pico desde 13 a 150 Hz.</p>						
<p><b>Resistencia a choques conforme a IEC 68-2-27</b></p>	<p>5 gn durante 11 ms.</p>						
<p><b>Contaminación ambiente máxima</b></p>	<p>Grado 2 según IEC 664.</p>						
<p><b>Máxima humedad relativa</b></p>	<p>93 % sin condensación o goteo.</p>						
<p><b>Temperatura ambiente en el entorno del aparato conforme a EN 50178</b></p>	<table border="0"> <tr> <td style="vertical-align: top;">Almacenamiento</td> <td style="vertical-align: top;">°C</td> <td style="vertical-align: top;">Los variadores ATV-28H y ATV-28E (pre-ensamblados) : - 25... + 65</td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;">Operación</td> <td style="vertical-align: top;">°C</td> <td style="vertical-align: top;"> <b>Variadores ATV-28H:</b>                      - 10... + 40 sin desclasificación, con la parte superior.                      - 10... + 50 sin desclasificación, sin el obturador en la parte superior.                      - 10... + 60 sin desclasificación, sin el obturador en la parte superior (ver recomendaciones de montaje e instalación).   <b>Variadores ATV-28E (pre-ensamblados):</b>                      - 10... + 40                 </td> </tr> </table>	Almacenamiento	°C	Los variadores ATV-28H y ATV-28E (pre-ensamblados) : - 25... + 65	Operación	°C	<b>Variadores ATV-28H:</b> - 10... + 40 sin desclasificación, con la parte superior. - 10... + 50 sin desclasificación, sin el obturador en la parte superior. - 10... + 60 sin desclasificación, sin el obturador en la parte superior (ver recomendaciones de montaje e instalación).  <b>Variadores ATV-28E (pre-ensamblados):</b> - 10... + 40
Almacenamiento	°C	Los variadores ATV-28H y ATV-28E (pre-ensamblados) : - 25... + 65					
Operación	°C	<b>Variadores ATV-28H:</b> - 10... + 40 sin desclasificación, con la parte superior. - 10... + 50 sin desclasificación, sin el obturador en la parte superior. - 10... + 60 sin desclasificación, sin el obturador en la parte superior (ver recomendaciones de montaje e instalación).  <b>Variadores ATV-28E (pre-ensamblados):</b> - 10... + 40					
<p><b>Altura máxima de utilización</b></p>	<p>1000 sin desclasificación (altitudes superiores, desclasificar la corriente un 1% cada 100 m adicionales)</p>						
<p><b>Posición de funcionamiento</b></p>	<p>Vertical</p>						

# Variadores de velocidad para motores asíncronos

Altivar 28

Características (continuación)

## Características eléctricas

<b>Rango de frecuencias de salida</b>	0.5 ... 400 Hz
<b>Máxima corriente transitoria</b>	150 % de la corriente nominal del variador, cada 60 segundos (valor típico).
<b>Sobretorque transitorio</b>	150...170 % del torque nominal del motor (valor típico).
<b>Torque de frenado</b>	30 % del torque nominal del motor sin resistencia de frenado(valor típico). Hasta 150 % con resistencia de frenado opcional.
<b>Ley Tensión/frecuencia</b>	Preajustado de fábrica para la mayoría de las aplicaciones con control vectorial de flujo sin captor. Posibles ajustes: par variable para bombas y ventiladores, ahorro de energía, ley U/f para motores especiales.
<b>Ganancia del lazo de frecuencia</b>	Ajustado de fábrica. Ajuste posible para máquinas con alto torque resistivo o alta inercia, o para máquinas con ciclos cortos.
<b>Compensación de deslizamiento</b>	Automático independiente de la carga Anulación (o ajuste) posible
<b>Frecuencia de conmutación</b>	Puede ser ajustada durante la operación desde 2 a 15 kHz.

## Características eléctricas

<b>Alimentación Tensión</b>	200 V - 15 % a 240 V + 10 % monofásico 200 V - 15 % a 230 V + 10 % 3-Trifásico 380 V - 15 % a 500 V + 10 % 3-Trifásico
<b>Frecuencia</b>	50/60 Hz ± 5 %
<b>Tensión de salida</b>	Tensión máxima igual a la tensión de la red de alimentación.
<b>Fuentes Internas disponibles</b>	1 + 10 V - 0 % + 8 % fuente para el potenciómetro de referencia (1kΩ a 10 kΩ), corriente máxima de 10 mA 1 + 24 V fuente para las entradas lógicas, corriente máxima 100 mA.
<b>Entrada analógica configurable AI</b>	1 una entrada analógica en tensión 0 + 10V, impedancia 30 kΩ : AI1. 1 una entrada analógica en tensión 0 + 10 V, impedancia 30 kΩ : AI2. 1 una entrada analógica en corriente X-Y mA (X e Y programable desde 0 a 20), impedancia 450Ω : AIC.  AI2 y AIC no pueden ser usadas al mismo tiempo.
<b>Salida analógica configurable AO</b>	1 salida analógica en corriente 0-20 mA o 4-20 mA, max. impedancia de carga 800Ω.
<b>Resolución de frecuencia</b>	Unidades visualizadas : 0.1 Hz. Entradas analógicas : 0.1 Hz para 100 Hz máximo.
<b>Constante de tiempo cuando cambia la frecuencia</b>	4 ms

# Variadores de velocidad para motores asíncronos

## Allivar 28

para motores asíncronos de 0.37 a 15 kW o 0.5 a 20 HP

### Referencias

#### Variadores de velocidad con rango de frecuencias de 0.5 a 400 Hz



ATV-28HU09M2

Motor Potencia indicada en la placa (1)	Alimentación			Allivar 28			Potencia disipada a carga nominal W	Referencia	Peso kg
	Corriente de línea (2) a U1 a U2		lcc de línea pre- sunta	Corriente nominal		Corriente transitoria máxima (3)			
kW HP	A	A	kA	A	A	A			

Tensión de alimentación : 200V (U1) ●● 240 V (U2) (4) 50/60 Hz monofásica

0.37	0.5	7.3	6.1	1	3.3	3.6	32	ATV-28HU09M2	1.800
0.75	1	9.8	8.2	1	4.8	6	45	ATV-28HU18M2	1.800
1.5	2	16	13.5	1	7.8	10.9	75	ATV-28HU29M2	2.500
2.2	3	22.1	18.6	1	11	15	107	ATV-28HU41M2	3.800

Tensión de alimentación: 200 (U1)...230 (U2) V (4) 50/60 Hz trifásica

3	-	17.6	15.4	5	13.7	18.5	116	ATV-28HU54M2	3.800
4	5	21.9	19.1	5	17.5	24.6	160	ATV-28HU72M2	3.800
5.5	7.5	38	33.2	22	27.5	38	250	ATV-28HU90M2	6.100
7.5	10	43.5	36.6	22	33	49.5	343	ATV-28HD12M2	6.100

Tensión de alimentación: 380 (U1)...500 V (U2) (4) 50/60 Hz trifásica

Motor Potencia indicada en la placa (1)	Alimentación			Allivar 28			Potencia disipada a carga nominal W	Referencia	Peso kg	
	Corriente de línea (2) a U1 a U2		lcc de línea pre- sunta	Corriente nominal de a 380 500 V a 460 V		Corriente transitoria máxima (3)				
kW HP	A	A	kA	A	A	A				
0.75	1	3.9	3.5	5	2.3	2.1	3.5	33	ATV-28HU18N4	2.500
1.5	2	6.5	5.7	5	4.1	3.8	6.2	61	ATV-28HU29N4	2.500
2.2	3	8.4	7.5	5	5.5	5.1	8.3	81	ATV-28HU41N4	3.800
3	-	10.3	9.1	5	7.1	6.5	10.6	100	ATV-28HU54N4	3.800
4	5	13	11.8	5	9.5	8.7	14.3	131	ATV-28HU72N4	3.800
5.5	7.5	22.1	20.4	22	14.3	13.2	21.5	215	ATV-28HU90N4	6.100
7.5	10	25.8	23.7	22	17	15.6	25.5	281	ATV-28HD12N4	6.100
11	15	39.3	35.9	22	27.7	25.5	41.6	401	ATV-28HD16N4	9.600
15	20	45	40.8	22	33	30.4	49.5	543	ATV-28HD23N4	9.600

(1) Estas potencias son dadas para una frecuencia de conmutación máxima de 4 kHz, en régimen permanente. La frecuencia de conmutación puede ser ajustada desde 2 a 15 kHz. Por encima de 4 kHz la corriente nominal del variador debe desclasificarse y la corriente nominal del motor no debería exceder estos valores:

- hasta 12 kHz, desclasificar un 10 %
- por encima de 12 kHz, desclasificar un 20 %

(2) Valor típico para un motor de 4-polos y máxima frecuencia de conmutación de 4 kHz, sin inductancia adicional

(3) Cada 60 segundos

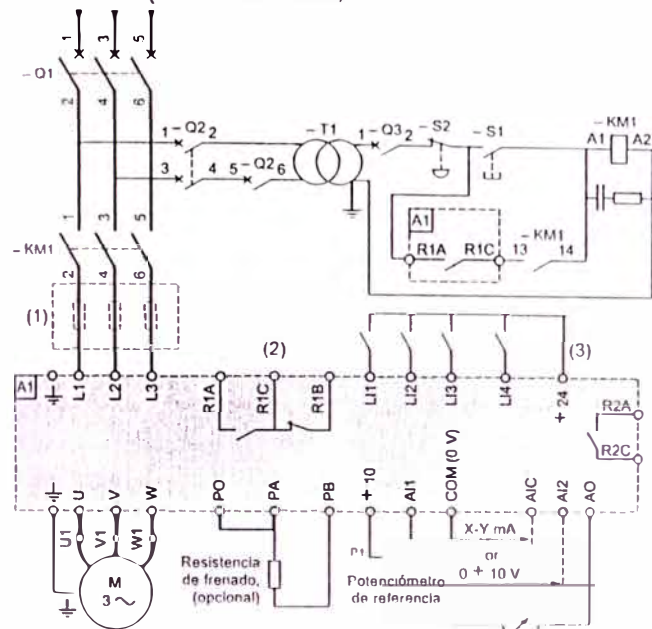
(4) Tensión nominal de alimentación min. U1, max. U2

# Variadores de velocidad para motores asíncronos

Altivar 28

Esquemas

## Esquemas ATV-28H●●●●● (Alimentación trifásica)



(1) Inductancia de línea (opcional)

(2) Contactos del rele de falla para indicación remota del estado del variador

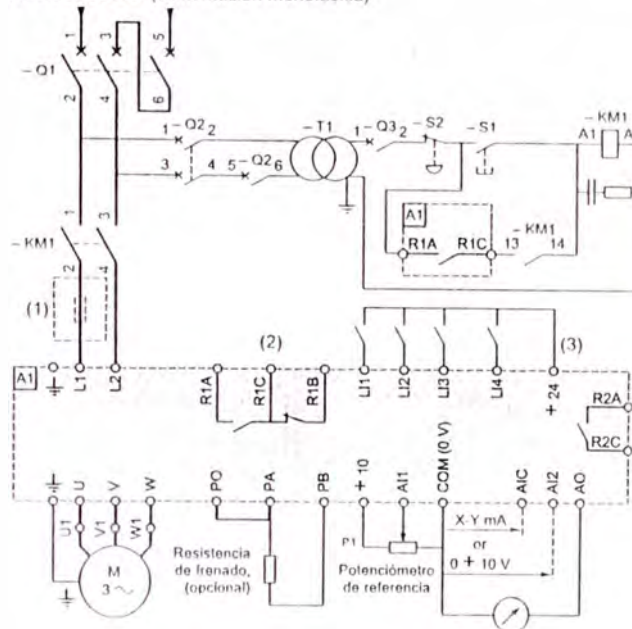
(3) Interna + 24 V. Si se utiliza una fuente externa de + 24 V, conectar el 0V de esa fuente al terminal COM (no usar el terminal + 24 del variador) y conectar las entradas L1 inputs a los + 24 V de la fuente externa

### Nota :

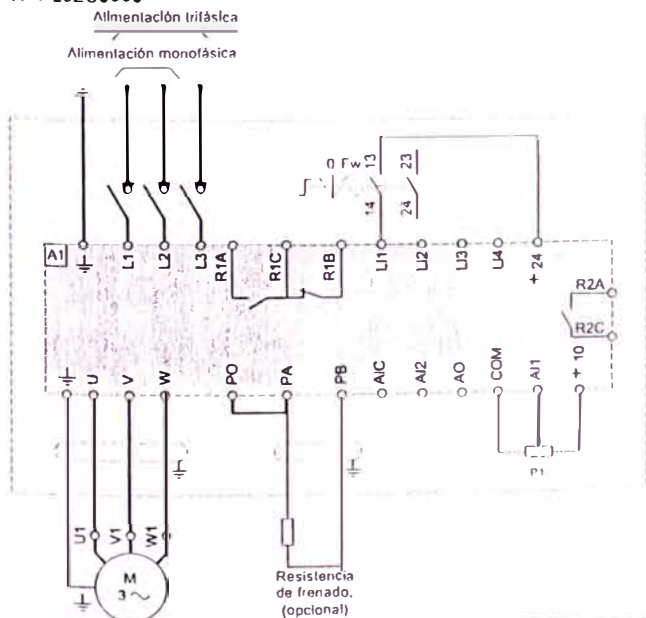
- Todos los terminales están ubicados en la parte inferior del variador.

- Los circuitos inductivos cercanos al variador o acoplados al mismo circuito, tal como reles, contactores, válvulas solenoides, tubos fluorescentes etc. deberían ser colocados con filtros supresores de interferencia

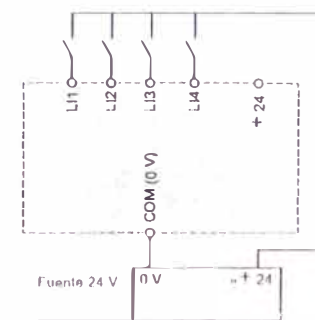
## ATV-28H●●●●● (alimentación monofásica)



## ATV-28EU●●●●●



### Alimentación externa 24 V



### Componentes a conectar

Referencia	Descripción
Q1	GV2-L o guardamotor GK3 o GV2LE (ver páginas siguientes)
KM1	LC1-D●● + LA4-DA2U (ver páginas siguientes)
S1, S2	pulsadores XB4-B
T1	100 VA transformador, 220 V secundario
Q2	GV2-L ajustado a dos veces la corriente nominal del primario de T1
Q3	GB2-CB05
P1	Ptenciometro SZ1-RV1202

# Variadores de velocidad para motores asíncronos

Allivar 28  
Salidas-Motor

Montaje de asociaciones a cargo del usuario

## Aplicaciones

Las combinaciones ofrecidas abajo proveen una salida motor completa, incluyendo un interruptor, un contactor y un variador de velocidad Allivar28.

El interruptor provee protección contra cortocircuitos accidentales, aislación e indicación visual. El contactor controla y maneja cualquier aplicación con seguridad, aislando el motor en la parada. La electrónica del Allivar 28 protege contra cortocircuitos entre fases y entre fase y tierra, asegurando continuidad de servicio, y protección térmica del motor.

## Tensión de alimentación monofásica (200 a 240 V) o trifásica (200 a 230 V)

Para motores de 0.37 a 7.5 kW o 0.5 a 10 HP

### Contactor

LC1-K06 a LC1-K16 : 3-polos + 1 "NA" contacto auxiliar  
LC1-D18 a LC1-D32 : 3-polos + 1 "NA" contacto auxiliar  
LC1-D40 : 3-polos + 1 "NA" contacto auxiliar, + 1 "NC" contacto auxiliar

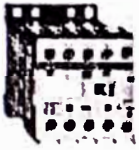
Potencia Standard para motores trifásicos de 4 polos 50/60 Hz 230 V (1)	Guardamotor Referencia	Calibre	Corriente de corto-circuito máx. kA	Contactor Referencia básica a ser completada con tensión de referencia (2)	Variador Referencia
kW HP		A			
0.37 0.5	GV2-LE10	10	1	LC1-K0610●●	ATV-28HU09M2
0.75 1	GV2-LE14	10	1	LC1-K0910●●	ATV-28HU18M2
1.5 2	GV2-LE20	18	1	LC1-K1610●●	ATV-28HU29M2
2.2 3	GV2-LE22	25	1	LC1-D1810●●●●	ATV-28HU41M2
3	GV2-LE20	18	5	LC1-D1810●●●●	ATV-28HU54M2
4	GV2-LE22	25	5	LC1-D3210●●●●	ATV-28HU72M2
5.5 7.5	GK3EF40	40	22	LC1-D4011●●●●	ATV-28HU90M2
7.5 10	GK3EF65	65	22	LC1-D4011●●●●	ATV-28HD12M2

(1) Los valores expresados en HP están conformes a la norma NEC (National Electrical Code).

(2) Tensiones de circuito de control disponible

Circuito de control a.c.	LC1-D			LC1-K			
	Volt ~	B7	E7	F7	M7	P7	U7
24	48	110	220	230	230/240		
50/60 Hz	24	48	110	220/230	230	230/240	U7

Para otras tensiones entre 24 y 660 V, o circuitos de control en c.c., por favor consultarnos



GV2-L  
+  
LC1-K  
+  
ATV-28

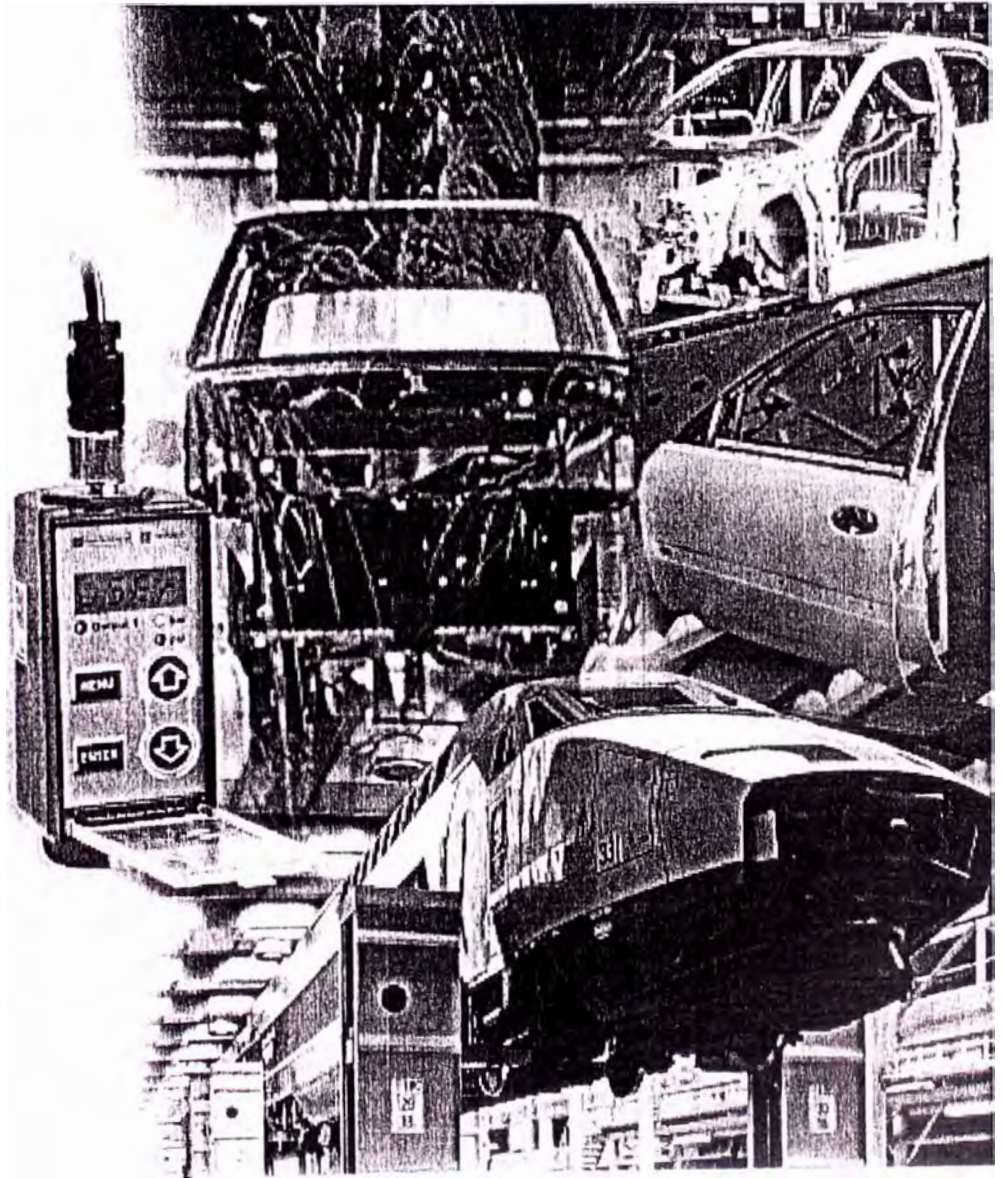


# **Nautilus** Detectores de presión electrónicos XML-F

**Telemecanique**

Catálogo

# 2000

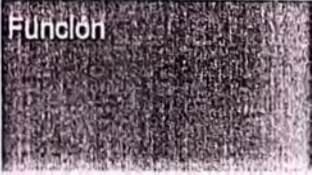


**Schneider**  
Electric

# Detectores de presión electrónicos Nautilus®

Para circuitos de control

Generalidades



## Captadores

La función de los captadores analógicos de presión consiste en medir y controlar una presión o una depresión en un circuito hidráulico o neumático. Transforman la presión en una señal eléctrica proporcional. Gracias a su gran precisión, se utilizan en aplicaciones industriales de visualización, de control o de regulación. Su diseño es especialmente resistente, de forma que también se pueden utilizar en aplicaciones de cadencias altas.

## Presostatos y vacuostatos

La función de los presostatos y vacuostatos electrónicos consiste en controlar o regular una presión o una depresión en un circuito hidráulico o neumático. Transforman un cambio de presión en señal eléctrica "Todo o Nada" cuando los puntos de consigna regulados se han alcanzado. Se diferencian mediante zonas de ajuste de los puntos de consigna muy amplios. Están diseñados para aplicaciones de cadencias altas en virtud de su gran resistencia así como de una resistencia excelente de los ajustes en el tiempo. Gracias a una gran repetibilidad y a un tiempo de respuesta reducido, también se utilizan para regular y controlar las presiones de forma precisa.

## Detectores universales

Los detectores universales son presostatos y vacuostatos electrónicos equipados con una salida analógica idéntica a la de los captadores.



## Captadores

La señal eléctrica que envía el transmisor de presión (señal proporcional a la presión que se desea controlar) se amplifica, se calibra y está disponible con forma de una señal analógica 4 a 20 mA ó 0 a 10 V según los modelos.

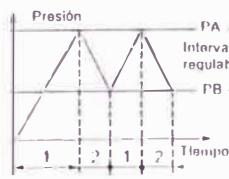


## Presostatos y vacuostatos

Estos aparatos están diseñados para controlar 2 umbrales. Disponen de puntos de consigna alto (PA) y bajo (PB) regulables de forma independiente. La diferencia (intervalo) entre estos dos puntos pueden ser más o menos grande, de forma que se puede regular con intervalos pequeños o amplios. No tienen piezas mecánicas en movimiento, ya que su funcionamiento es completamente electrónico.

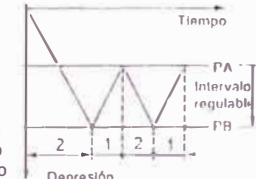
### Principio de funcionamiento con salidas estáticas de apertura "NC"

#### Presostatos con salida TON



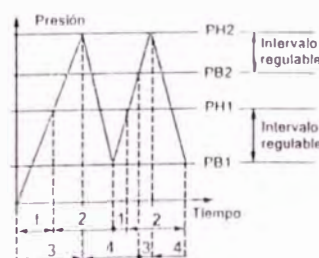
- 1 Salida activada
- 2 Salida desactivada

#### Vacuostatos con salida TON



- 1 Salida activada
- 2 Salida desactivada

#### Presostatos con 2 niveles



- Valor regulable
- PH1 = Punto alto 1º nivel
- PB1 = Punto bajo 1º nivel
- PH2 = Punto alto 2º nivel
- PB2 = Punto bajo 2º nivel
- 1 Salida 1º nivel activada
- 2 Salida 1º nivel desactivada
- 3 Salida 2º nivel activada
- 4 Salida 2º nivel desactivada

# Detectores de presión electrónicos Nautilus®

Para circuitos de control

Generalidades



## Rango de medida

El rango de medida (RM) o la zona de medida de un detector corresponde al intervalo de las presiones medidas por el transmisor. Está incluida entre 0 bares y la presión correspondiente al calibre del detector.



## Zona de funcionamiento

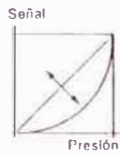
La zona de funcionamiento de un captador corresponde a su rango de medida. En esta zona, su señal analógica de salida oscila entre 4 y 20 mA o entre 0 y 10 V de forma proporcional a la presión medida.

La zona de funcionamiento de un presostato o de un vacuostato es el intervalo definido por el valor mínimo de ajuste del punto bajo (PB) y el valor máximo de ajuste del punto alto (PA).



## Precisión

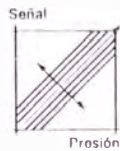
Se compone de la linealidad, de la histéresis, de la repetibilidad y de las tolerancias de los ajustes. Se expresa en % de la zona de medida del transmisor de presión (%EM)



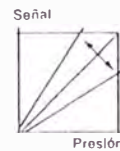
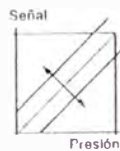
La **linealidad** es la diferencia más importante entre la curva real del transmisor y la curva nominal.



La **histéresis** es la diferencia más importante entre la curva de presión ascendente y la curva de presión descendente.



La **repetibilidad** es la banda de dispersión máxima obtenida al variar la presión en unas condiciones determinadas.

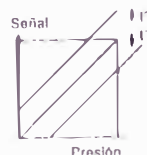


Las **tolerancias de ajustes** son las tolerancias de ajuste determinadas por el fabricante del punto cero y de la sensibilidad (caída de la curva de la señal de salida del transmisor).

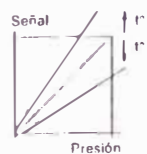


## Derivas de temperatura

La precisión de un detector de presión siempre es sensible a la temperatura de funcionamiento.



**Deriva del punto cero**  
Es proporcional a la temperatura y se expresa en % EM / °C.



**Deriva de la sensibilidad**  
Es proporcional a la temperatura y se expresa en % EM / °C.

# Detectores de presión electrónicos Nautilus®

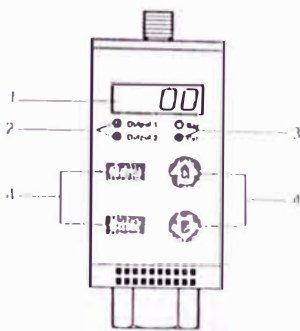
Para circuitos de control, tipo XML-F

Referencias  
páginas 10 a 33  
Dimensiones  
página 35  
Esquemas  
página 35

## Presentación

### Presentación

Los detectores de presión electrónicos tipo **XML-F** se caracterizan por su célula de medida de presión de cerámica. Se utilizan para controlar la presión de aceites hidráulicos, agua dulce, agua de mar, aire y fluidos corrosivos hasta 600 bares.



- 1 Visualizador digital de los códigos de programación, de los valores de los parámetros y de indicación de la presión medida
- 2 Indicador(es) de señalización de la o de las salidas de los presostatos
- 3 Indicadores de la unidad de presión seleccionada (bares o psi)
- 4 Teclas de selección de las distintas funciones y de ajuste de los parámetros

El usuario puede, gracias a los tres menús disponibles:

- configurar (menú "PROG") las distintas funciones de los aparatos (y además realizar las operaciones descritas en el menú "USER" más adelante),
- realizar (menú "USER") las operaciones de diagnóstico y, para los presostatos, las operaciones de ajuste de los parámetros de consigna de presión,
- leer (menú "READ") toda la información de configuración y de los ajustes de los menús "PROGR" y "USER".

### Funciones

Los captadores de presión **XML-F●●●D2●1●** disponen de una salida analógica 4...20 mA ó 0...10 V así como de una entrada digital, además de la función de diagnóstico manual (ver más abajo), que permite activar a distancia la función de auto-prueba mediante la conexión a un autómata programable. Cuando el producto funciona correctamente, la salida analógica debe estar próxima al 50% del valor del calibre (12 mA ó 5 V) en la prueba. También se puede realizar el diagnóstico de forma manual.

Los detectores universales **XML-F●●●D2●2●** son presostatos de intervalo regulable para controlar 2 umbrales equipados con una salida estática (configurable NPN o PNP, de apertura "NC" o de cierre "NA"), y con una salida analógica 4...20 mA ó 0...10 V. Disponen de la función de diagnóstico manual (ver más abajo).

Los presostatos **XML-F●●●D2●3●** son presostatos de 2 niveles, de intervalo regulable a cada umbral, equipados con 2 salidas estáticas (configurables NPN o PNP, de apertura "NC" o de cierre "NA"). Disponen de la función de diagnóstico manual (ver más abajo).

Los presostatos para corriente alterna **XML-F●●●E2●4●** son presostatos de intervalo regulable para controlar 2 umbrales, equipados con una salida de relé ~ 2,5 A (configurable de apertura "NC" o de cierre "NA"). Disponen de la función de diagnóstico manual (ver más abajo).

Los detectores tipo XML-F presentan:

#### ● Diferentes funciones configurables

En la visualización:

- unidad de presión (bares o psi),
- tiempo de respuesta (lento: variación de la visualización al paso de un 1% del calibre, normal: variación al paso de 0,5% del calibre o rápido: variación al paso de 10 ms)

Para la salida analógica:

- tiempo de respuesta (regulable de 5 a 500 ms por paso de 10 ms),
- presión máxima de la curva de salida (regulable del 75 a 125% del calibre)

Para cada salida estática:

- lógica PNP o NPN,
- contacto de apertura "NC" o de cierre "NA",
- temporizaciones a la activación y a la desactivación (regulables de 0 a 50 s),
- tiempo de respuesta (regulable de 5 a 500 ms por paso de 10 ms)

Para la salida alterna mediante relé:

- contacto de apertura "NC" o de cierre "NA",
- temporizaciones a la activación y a la desactivación (regulables de 0 a 50 s),
- tiempo de respuesta (regulable de 5 a 500 ms por paso de 10 ms)

#### ● Una función diagnóstico manual que permite:

- verificar el funcionamiento correcto del detector,
- leer el pico máximo de presión ocurrido después de la última puesta a cero y borrar esta indicación para una nueva puesta a cero.

# Detectores de presión electrónicos Nautilus®

Para circuitos de control, tipo XML-F

## Características

Referencias  
páginas 10 a 33  
Dimensiones  
página 35  
Esquemas  
página 35

### Entorno

<b>Conformidad con las normas</b>		CE, IEC/EN 60947-1, IEC/EN 60947-5-1, EN 50081, EN 50082, EN 61000-6-2, EN 61000-4-2/3/4/5/6/8/11
<b>Homologaciones</b>		UL, CSA
<b>Tratamiento de protección</b>		En ejecución normal "TC"
<b>Temperatura ambiente</b>	°C	Para funcionamiento: - 25... + 80 (modelos de corriente continua) y - 25...+ 75 (modelos de corriente alterna)
<b>Fluidos o productos controlados</b>		Aceites hidráulicos, aire, agua dulce, agua de mar, fluidos corrosivos de - 15...+ 80 °C
<b>Materiales en contacto con el fluido</b>		Fondo de acero inoxidable, junta de vitón
<b>Posiciones de funcionamiento</b>		Todas las posiciones
<b>Resistencia a las vibraciones</b>		5 g (25... 200 Hz) y 35 g (4065.800 Hz), según IEC 68-2-6
<b>Resistencia a los choques</b>		50 g, según IEC 68-2-27
<b>Protección eléctrica</b>		Contra las inversiones de polaridad, los cortocircuitos, las sobrepresiones y los errores de conexión
<b>Grado de protección</b>		IP 67 según IEC/EN 60529, NEMA 4/6/12/13
<b>Frecuencia de funcionamiento</b>	Hz	< 50
<b>Tiempo de respuesta de la salida</b>	ms	Parametrizable de 5 a 500, por pasos de 10 ms
<b>Durabilidad</b>	ciclos de man	> 10 millones
<b>Deriva</b>		Del punto cero: < ± 0,1% de la zona de medida/°C De la sensibilidad: < ± 0,03% de la zona de medida/°C
<b>Precisión</b>		≤ 2% de la zona de medida
<b>Repetibilidad</b>		≤ 0,5% de la zona de medida
<b>Tiempo de respuesta a la visualización</b>		Parametrizable. Elección entre 3 niveles: lento (1% del calibre), normal (0,5% del calibre) o rápido (visualización en tiempo real, 10 ms)
<b>Conexión hidráulica</b>		G 1/4 A (gas hembra) según NF E 03-004 e ISO 7, 1/4" NPT hembra o SAE 7/16-20UNF, según modelo
<b>Conexión eléctrica</b>		Conector M12 compatible "Snap-C" o SAE 7/8-16UN, según modelo

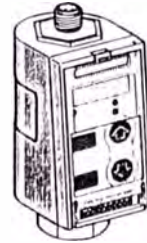
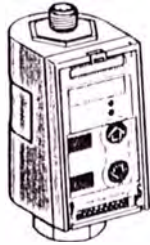
# Detectores de presión electrónicos Nautilus®

Para circuitos de control, tipo XML-F  
 Captadores analógicos y detectores universales  
 Calibre 10 bares (145 psi)

Accesorios:  
 página 34  
 Dimensiones:  
 página 35  
 Esquemas:  
 página 35

Referencias y características

Aparatos	Captadores analógicos	Detectores univ. con intervalo regulable, con salidas estática y analógica (1)
----------	-----------------------	--



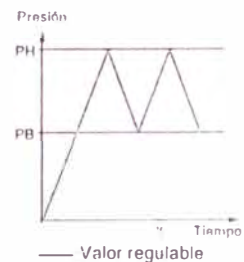
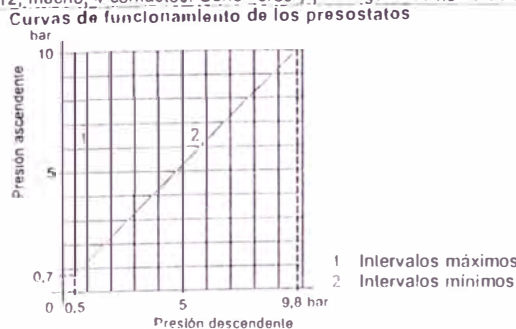
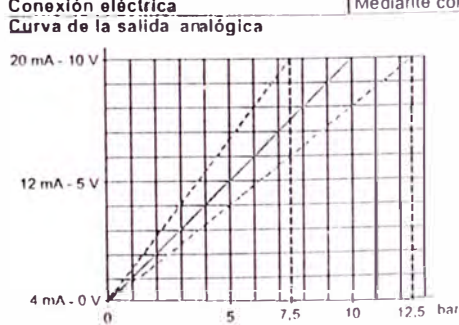
Zona de ajuste del punto alto (PA) (Presión ascendente)	-		0,7...10 bares (10,15...145 psi)	
Salida analógica	4-20 mA	0-10 V	4-20 mA	0-10 V

## Referencias

Conexión hidráulica (2)	1/4" gas hembra	XML-F010D2015	XML-F010D2115	XML-F010D2025	XML-F010D2125
	1/4" NPT hembra	XML-F010D2016	XML-F010D2116	XML-F010D2026	XML-F010D2126
	SAE 7/16-20UNF	XML-F010D2019	XML-F010D2119	XML-F010D2029	XML-F010D2129
Peso (kg)		0,480	0,480	0,480	0,480

## Características adicionales a las características generales (página 9)

Intervalo posible que se resta al PA para obtener el PB	-	Min. en zona baja y alta: 0,2 bares (2,9 psi) Máx. en zona alta: 9,5 bares (137,75 psi)
Presión máxima admisible de forma accidental	40 bares (580 psi)	
Presión mínima de rotura	60 bares (870 psi)	
Tensión asignada de alimentación	≡ 24 V	
Limites de tensión	≡ 17...33 V	
Intensidad consumida	80 mA	80 mA
Salida	-	Programable. NPN o PNP, de apertura "NC" o de cierre "NA"
Temporización	-	A la activación y a la desactivación, regulable de 0 a 50 s, por pasos de 1 segundo
Corriente conmutada	-	200 mA
Salida analógica	4...20 mA ó 0...10 V, según modelo. Nivel máximo de la señal regulable entre 7,5 y 12,5 bares (108,75 y 181,25 psi)	
Conexión eléctrica	Mediante conector M12, macho, 4 contactos. Conectores y prolongadores hembras adaptables, ver la página 34	



(1) Presostatos con intervalo regulable para controlar 2 umbrales, con salida estática y salida analógica.  
 (2) Tipo de fluidos controlados: aceites hidráulicos, agua dulce, agua salada, aire, fluidos corrosivos, de -15 a +80 °C. Ver los materiales en contacto con el fluido en la página 9. Comprobar la compatibilidad con el fluido que se desea controlar.

# Detectores de presión electrónicos Nautilus®

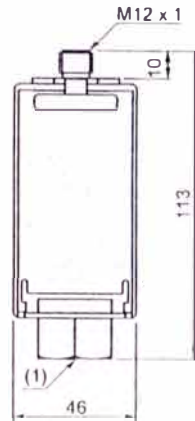
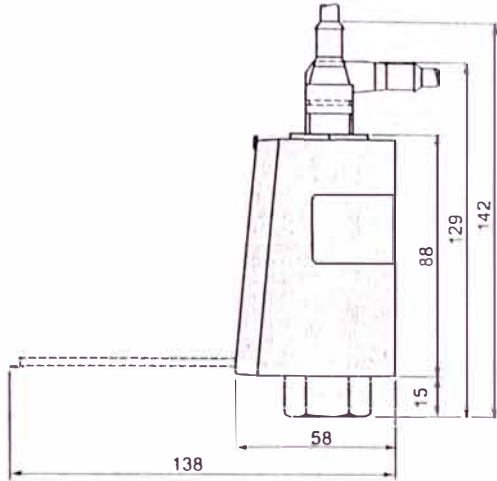
Para circuitos de control, tipo XML-F

Dimensiones y conexiones

Referencias  
páginas 10 a 33

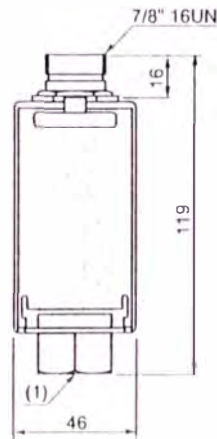
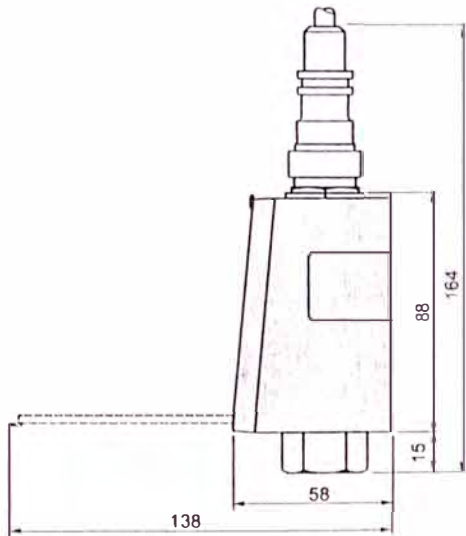
## Dimensiones

XML-F●●●D2●●●



(1) Conexión hidráulica hembra  
XML-F●●●D2●●●5: G 1/4 A  
XML-F●●●D2●●●6: 1/4" NPT  
XML-F●●●D2●●●9: SAE 7/16-20UNF

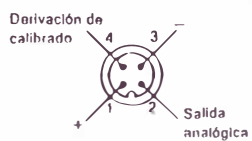
XML-F●●●E2●●●



(1) Conexión hidráulica hembra  
XML-F●●●E2●●●5: G 1/4 A  
XML-F●●●E2●●●6: 1/4" NPT  
XML-F●●●E2●●●9: SAE 7/16-20UNF

## Conexiones (vista desde los terminales del detector de presión)

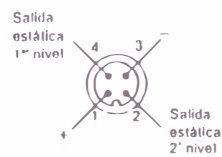
XML-F●●●D201●, F●●●D211●



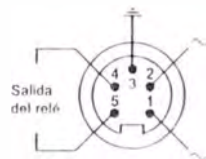
XML-F●●●D202●, F●●●D212●



XML-F●●●D203●



XML-F●●●E204●



# Componentes de protección TeSys

Características:  
páginas 3/24 a 3/29  
y 3/34 a 3/39  
Dimensiones:  
páginas 9/20 a 9/25  
Esquemas:  
páginas 9/26 y 9/27

## Guardamotores magnetotérmicos modelos GV2, GV3 y GV7

### Presentación

Los guardamotores GV2-ME, GV2-P, GV3-ME y GV7-R son guardamotores magnetotérmicos tripolares adaptados al mando y a la protección de los motores, de conformidad con las normas IEC 947-2 y IEC 947-4-1.

### Conexión

Estos guardamotores están diseñados para una conexión mediante tornillos de estribo. El guardamotor GV2-ME puede suministrarse con **bornes a resorte**.

Esta técnica permite garantizar un apriete seguro y constante en el tiempo, resistente a los entornos severos, a las vibraciones y a los choques. Es más eficaz aun con conductores sin terminales. Cada conexión puede albergar dos conductores independientes.

### Funcionamiento



GV2-ME con bornes a tornillo



GV2-ME con bornes de resorte



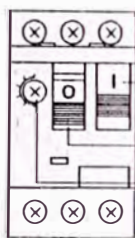
GV2-P



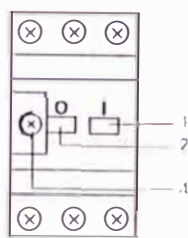
GV3-ME



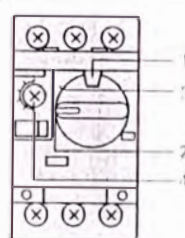
GV7-R



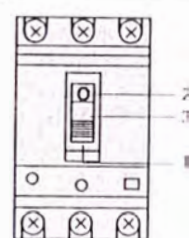
GV2-ME



GV3-ME



GV2-P



GV7-R

GV2-ME y GV3-ME: mando mediante pulsadores.

El disparo es manual por acción sobre el pulsador "I" 1.  
El disparo es manual por acción sobre el pulsador "O" 2 ó automático cuando se activa a través de los dispositivos de protección magnetotérmicos o mediante un aditivo disparador de tensión.

GV2-P: mando mediante pulsador rotatorio.

GV7-R: mando mediante palanca basculante.  
El disparo es manual por acción del pulsador o de la palanca en posición "I" 1.  
El disparo es manual por acción del pulsador o de la palanca en posición "O" 2.  
El disparo sobre defecto pone automáticamente el pulsador rotatorio o la palanca sobre la posición "Trip" 3. El reenganche sólo es posible después de devolver el pulsador o la palanca en posición "O".

El mando es manual y local cuando el guardamotor se utiliza solo.  
Es automático y a distancia cuando se asocia a un contactor.

### Protección de los motores y de las personas

La protección de los motores se garantiza gracias a los dispositivos de protección magnetotérmicos incorporados en los guardamotores.

Los elementos magnéticos (protección contra los cortocircuitos) tienen un umbral de disparo no regulable. Es igual a aproximadamente 13 veces la intensidad de reglaje máxima de los disparadores térmicos.

Los elementos térmicos (protección contra las sobrecargas) están compensados contra las variaciones de la temperatura ambiente.

La intensidad nominal del motor se visualiza con ayuda de un botón graduado 4.

La protección de las personas también está garantizada. No se puede acceder por contacto directo a ninguna de las piezas bajo tensión.

Al añadir un disparador a mínimo de tensión se puede disparar el guardamotor en caso de falta de tensión. El usuario está de este modo protegido contra un reenganche intempestivo de la máquina a la vuelta de la tensión, una acción sobre el pulsador "I" es imprescindible para volver a poner el motor en marcha.

Al añadir un disparador a emisión de tensión permite mandar el disparo del aparato a distancia.

El mando del guardamotor sin envoltorio o en caja puede enclavarse en la posición "O" mediante 3 candados.

Mediante su capacidad de seccionamiento, estos guardamotores garantizan, en posición de apertura, una distancia de aislamiento suficiente e indican, gracias a la posición de los pulsadores de mando, el estado real de los contactos móviles.

### Particularidades

Los guardamotores se insertan fácilmente en cualquier configuración gracias a su fijación mediante tornillos o mediante enganche en perfiles simétricos, asimétricos o combinados.

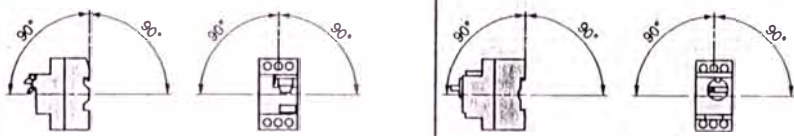
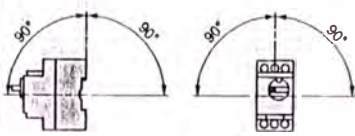


# Componentes de protección TeSys

Guardamotores magnéticos modelos GV2-LE y GV2-L

## Características

Referencias:  
páginas 3/12 y 3/13  
Dimensiones:  
páginas 9/28 a 9/30  
Esquemas:  
página 9/31

Tipo de guardamotores		GV2-LE		GV2-L	
Entorno					
<b>Conformidad con las normas</b>		IEC 947-1, 947-2, EN 60204, NF C 63-650, NF C63-120, 79-130, VDE 0113, 0660, UL 1077.			
<b>Homologaciones en curso</b>		BV, GL, LROS, DNV, TSE, UL, CSA		BV, GL, LROS, DNV, EZU, GOST, TSE, UL, CSA	
<b>Tratamiento de protección</b>		"TH"		"TH"	
<b>Resist. a los choques según IEC 68-2-27</b>		30 g		30 g	
<b>Resist. a las vibraciones según IEC 68-2-6</b>		5 g (5 a 150 Hz)		5 g (5 a 150 Hz)	
<b>Temperatura ambiente</b>					
- para almacenamiento	°C	- 40... + 80		- 40... + 80	
- para funcionamiento	°C	- 20... + 60		- 20... + 60	
<b>Resistencia al fuego según IEC 695-2-1</b>	°C	960		960	
<b>Altitud máxima de utilización</b>	m	2.000		2.000	
<b>Posición de funcionamiento</b>					
<b>Conexión</b>					
Número de conductores y sección		Máx.	Min.	Máx.	Min.
Cable rígido	mm <sup>2</sup>	2 x 6	2 x 1	2 x 6	2 x 1
Cable flexible sin terminal	mm <sup>2</sup>	2 x 6	2 x 1,5	2 x 6	2 x 1,5
Cable flexible con terminal	mm <sup>2</sup>	2 x 4	2 x 1	2 x 4	2 x 1
<b>Capacidad de seccionamiento según IEC 947-1 § 7-1-6</b>		Sí		Sí	
<b>Par de apriete</b>	N.m	1,7		1,7	
<b>Resistencia a los impactos mecánicos</b>	J	0,5		0,5	
<b>Categoría de empleo según IEC 947-2</b>		A		A	
según IEC 947-4-1		AC-3		AC-3	
<b>Tensión asignada de empleo (Ue) según IEC 947-2</b>	V	690		690	
<b>Tensión asignada de aislamiento (Ui) según IEC 947-2</b>	V	690		690	
<b>Frecuencia asignada de empleo según IEC 947-2</b>	Hz	50/60		50/60	
<b>Tensión asignada de resistencia a los choques (U imp) según IEC 947-2</b>	kV	6		6	
<b>Potencia total disipada por polo</b>	W	1,8		1,8	
<b>Resistencia mecánica (C.A.: cierre, apertura)</b>	C.A.	100.000		100.000	
<b>Durabilidad eléctrica en servicio AC-3</b>	C.A.	100.000		100.000	
<b>Clase de servicio (cadencia máxima)</b>	C.A./fh	40		40	
<b>Servicio asignado según IEC 947-4-1</b>		Servicio ininterrumpido		Servicio ininterrumpido	

# Componentes de protección TeSys

## Guardamotores magnéticos modelos GV2-LE y GV2-L

Referencias:  
páginas 3/12 y 3/13  
Dimensiones  
páginas 9/28 a 9/30  
Esquemas  
página 9/31

### Características (continuación)

Tipo de guardamotores			GV2-LE03 a LE06										GV2-L03 a L06								
Calibre			A	0,4 a 1,6	2,5	4	6,3	10	14	18	25	32	0,4 a 1	2,5	4	6,3	10	14	18	25	32
Poder de corte 230/ según IEC 947-2	Icu	kA 240 V	*	*	*	*	*	*	*	50	50	*	*	*	*	*	*	*	50	50	
		Ics % (1)	*	*	*	*	*	*	*	*	100	100	*	*	*	*	*	*	*	100	100
400/ 415 V	Icu	kA	*	*	*	*	*	15	15	15	10	*	*	*	*	*	*	50	50	50	50
		Ics % (1)	*	*	*	*	*	50	50	40	50	*	*	*	*	*	*	50	50	50	50
440 V	Icu	kA	*	*	*	50	15	8	8	6	6	*	*	*	*	*	20	20	20	20	20
		Ics % (1)	*	*	*	100	100	50	50	50	50	*	*	*	*	*	75	75	75	75	75
500 V	Icu	kA	*	*	*	50	10	6	6	4	4	*	*	*	*	*	10	10	10	10	10
		Ics % (1)	*	*	*	100	100	75	75	75	75	*	*	*	*	*	100	75	75	75	75
690 V	Icu	kA	*	3	3	3	3	3	3	3	3	*	4	4	4	4	4	4	4	4	4
		Ics % (1)	*	75	75	75	75	75	75	75	75	*	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Fusibles asociados eventualmente si Icc > poder de corte Icu según IEC 947-2 modificación 1	230/ 240 V	aM	A	*	*	*	*	*	*	*	80	80	*	*	*	*	*	*	*	100	100
		gG	A	*	*	*	*	*	*	*	100	100	*	*	*	*	*	*	*	125	125
400/ 415 V	aM	A	*	*	*	*	*	63	63	80	80	*	*	*	*	*	*	80	100	100	100
	gG	A	*	*	*	*	*	80	80	100	100	*	*	*	*	*	*	100	125	125	125
440 V	aM	A	*	*	*	50	50	50	50	63	63	*	*	*	*	*	50	63	80	80	80
	gG	A	*	*	*	63	63	63	63	80	80	*	*	*	*	*	63	80	100	100	100
500 V	aM	A	*	*	*	50	50	50	50	50	50	*	*	*	*	*	50	50	50	50	50
	gG	A	*	*	*	63	63	63	63	63	63	*	*	*	*	*	63	63	63	63	63
690 V	aM	A	*	16	25	32	32	40	40	40	40	*	20	25	40	40	50	50	50	50	50
	gG	A	*	20	32	40	40	50	50	50	50	*	25	32	50	50	63	63	63	63	63
Protección de los cables contra los esfuerzos térmicos en caso de cortocircuito (cables de cobre aislados con PVC) Secciones mínimas protegidas a 40 °C y a Icc máx.	1 mm <sup>2</sup>	kA	●	●	●	≤ 10	≤ 6	(2)	(2)	(2)	(2)	●	●	●	●	≤ 10	≤ 6	(2)	(2)	(2)	(2)
	1,5 mm <sup>2</sup>	kA	●	●	●	≤ 20	≤ 10	(2)	(2)	(2)	(2)	●	●	●	●	≤ 20	≤ 10	(2)	(2)	(2)	(2)
	2,5 mm <sup>2</sup>		●	●	●	●	●	●	●	●	(2)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	(2)
	4...6 mm <sup>2</sup>		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

\* > 100 kA

(1) En % de Icu

(2) Sección no protegida

● Sección protegida

3

# Componentes de protección TeSys

Guardamotores magnéticos tipo GV2-LE y GV2-L

Referencias (continuación)



Características:  
páginas 3/30 a 3/39  
Dimensiones:  
páginas 9/28 a 9/29  
Esquemas:  
página 9/31

## Guardamotores magnéticos GV2-LE y GV2-L con borne a tornillo



GV2-LE



GV2-L

**GV2-LE: control por palanca basculante, GV2-L: control por botón giratorio**

Potencias normalizadas de los motores trifásicos 50/60 Hz en categoría AC-3						Calibre de la protección magnética		Corriente de disparo Id ± 20 %		Asociar con el relé térmico		Referencia		Peso
400/415 V		500 V		690 V		A		A						
P	Icu	Ics	P	Icu	Ics	P	Icu	Ics						
kW	kA	(1)	kW	kA	(1)	kW	kA	(1)						kg
0,06	★	★	-	-	-	-	-	-	0,4	5	LR2-K0302	GV2-LE03		0,330
0,09	★	★	-	-	-	-	-	-	0,4	5	LR2-K0304	GV2-LE03		0,330
											o LRD-03	GV2-L03		0,330
0,12	★	★	-	-	-	0,37	★	★	0,63	8	LR2-K0304	GV2-LE04		0,330
											o LRD-04	GV2-L04		0,330
0,18	★	★	-	-	-	-	-	-	0,63	8	LR2-K0305	GV2-LE04		0,330
											o LRD-04	GV2-L04		0,330
-	-	-	-	-	-	0,55	★	★	1	13	LR2-K0305	GV2-LE05		0,330
											o LRD-05	GV2-L05		0,330
0,25	★	★	-	-	-	-	-	-	1	13	LR2-K0306	GV2-LE05		0,330
											o LRD-05	GV2-L05		0,330
-	-	-	-	-	-	0,75	★	★	1	13	LR2-K0306	GV2-LE05		0,330
											o LRD-06	GV2-L05		0,330
0,37	★	★	0,37	★	★	-	-	-	1	13	LR2-K0306	GV2-LE05		0,330
											o LRD-05	GV2-L05		0,330
0,55	★	★	0,55	★	★	1,1	★	★	1,6	22,5	LR2-K0307	GV2-LE06		0,330
											o LRD-06	GV2-L06		0,330
-	-	-	0,75	★	★	-	-	-	1,6	22,5	LR2-K0307	GV2-LE06		0,330
											o LRD-06	GV2-L06		0,330
0,75	★	★	1,1	★	★	1,5	3	75	2,5	33,5	LR2-K0308	GV2-LE07		0,330
0,75	★	★	1,1	★	★	1,5	4	100	2,5	33,5	LRD-07	GV2-L07		0,330
1,1	★	★	-	-	-	-	-	-	2,5	33,5	LR2-K0308	GV2-LE08		0,330
											o LRD-08	GV2-L08		0,330
1,5	★	★	1,5	★	★	3	3	75	4	51	LR2-K0310	GV2-LE08		0,330
1,5	★	★	1,5	★	★	3	4	100	4	51	LRD-08	GV2-L08		0,330
-	-	-	2,2	★	★	-	-	-	4	51	LR2-K0312	GV2-LE08		0,330
											o LRD-08	GV2-L08		0,330
2,2	★	★	3	50	100	4	3	75	6,3	78	LR2-K0312	GV2-LE10		0,330
2,2	★	★	3	★	★	4	4	100	6,3	78	LRD-10	GV2-L10		0,330
3	★	★	4	10	100	5,5	3	75	10	138	LR2-K0314	GV2-LE14		0,330
3	★	★	4	10	100	5,5	4	100	10	138	LRD-12	GV2-L14		0,330
4	★	★	5,5	10	100	-	-	-	10	138	LR2-K0316	GV2-LE14		0,330
											o LRD-14	GV2-L14		0,330
-	-	-	-	-	-	7,5	3	75	10	138	LRD-14	GV2-LE14		0,330
-	-	-	-	-	-	7,5	4	100	10	138	LRD-14	GV2-L14		0,330
-	-	-	-	-	-	9	3	75	14	170	LRD-16	GV2-LE16		0,330
-	-	-	-	-	-	9	4	100	14	170	LRD-16	GV2-L16		0,330
5,5	15	50	7,5	6	75	11	3	75	14	170	LR2-K0321	GV2-LE16		0,330
5,5	50	50	7,5	10	75	11	4	100	14	170	LRD-16	GV2-L16		0,330
7,5	15	50	9	6	75	15	3	75	18	223	LRD-21	GV2-LE20		0,330
7,5	50	50	9	10	75	15	4	100	18	223	LRD-21	GV2-L20		0,330
9	15	40	11	4	75	18,5	3	75	25	327	LRD-22	GV2-LE22		0,330
9	50	50	11	10	75	18,5	4	100	25	327	LRD-22	GV2-L22		0,330
11	15	40	15	4	75	-	-	-	25	327	LRD-22	GV2-LE22		0,330
11	50	50	15	10	75	-	-	-	25	327	LRD-22	GV2-L22		0,330
15	10	50	18,5	4	75	22	3	75	32	416	LRD-32	GV2-LE32		0,330
15	50	50	18,5	10	75	22	4	100	32	416	LRD-32	GV2-L32		0,330

(1) En % de Icu.

★ > 100 kA.