

Equipamiento de un Pozo Profundo con Sistema de Automatización Integral con Equipos de monitoreo continuo y de Comunicación en Tiempo Real.

1. Descripción

El equipar un Pozo Profundo consiste en dispositivos Electromecánicos, Eléctricos y de Automatización Integral, compuesto de Acometida Eléctrica, Equipos de Transformación de Voltaje, Equipos de Arranque y de Protección Eléctrica, Equipos de medición de niveles freáticos de localización niveles estáticos y dinámicos del agua en el pozo, del equipo de bombeo sumergible, de la presión a la descarga, del flujo producido, del amperaje consumido, del voltaje de entrada, del conjunto de válvulas de descarga, para una distribución de un solo destino o múltiple. Con equipo central de Automatización de Pantalla Táctil que despliega la información de operación del pozo, los manuales de ayuda, así como la programación, calibración, puesta en marcha e interface con dispositivo de comunicación en tiempo real de los parámetros de operación del Pozo Profundo.

2. Objetivo

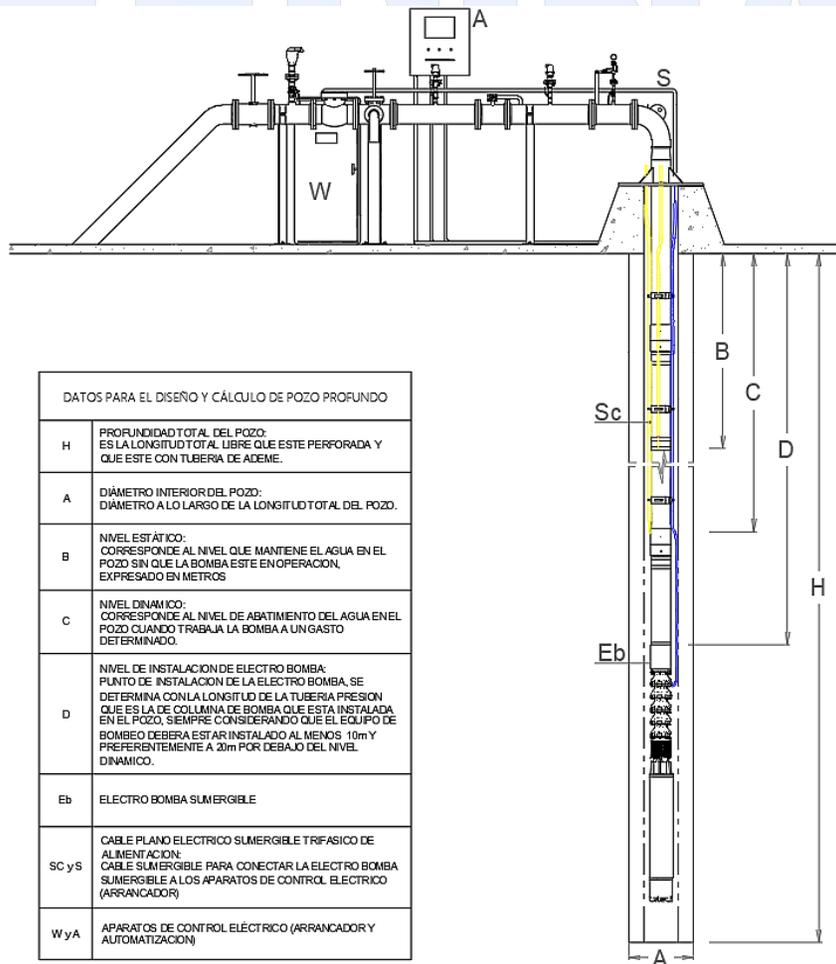
Lograr una operación del equipo de bombeo sumergible de forma correcta, continua y sin fallas. Evitando dichas fallas derivadas por bombeo falto de agua y falto de protección eléctrica, entregando el gasto y la presión a la descarga necesarias para complementar los requerimientos de operación y cuidando que la operación sea dentro de las capacidades del Pozo.

3. Elementos del Sistema

El Sistema de Automatización Integral de Pozo Profundo, refiere a la utilización de amplios componentes, tanto de origen hidráulico, eléctrico, electrónico y de automatización. Cada uno de los Elementos de Sistema de Automatización Integral, confieren a un objetivo definido y particular, que en suma con los demás elementos concluyen al cumplimiento general de un Objetivo, que refiere a una operación de bombeo correcta y sin interrupciones en el Pozo Profundo, esta interacción de los elementos del sistema se establece bajo parámetros definidos, prestablecidos y programados para la correcta operación de la Bomba para Pozo Profundo., iniciando desde un correcto cálculo de cargas manométricas, determinación de gasto de bombeo disponible en el pozo, medición en tiempo real de los niveles freáticos de operación en el pozo, tanto estáticos como dinámicos, como la selección de equipo de bombeo en cuanto a su capacidad de gasto producido, carga a vencer, voltaje de admisión, tipo de construcción, sus accesorios, diámetros del ademe y del equipo, diámetros de descarga roscada, longitud y tipo de columna de bomba roscada, válvulas check de columna roscadas, cabezal de descarga y tren de descarga e interconexión a la línea de conducción. Equipos de vigilancia y monitoreo permanente de los parámetros eléctricos e hidráulicos que cuiden que la operación del equipo de bombeo sea dentro de la capacidad del propio equipo y coincida con el diseño original con el de operación, como la capacidad eléctrica disponible de la acometida, y del gasto disponible en el Pozo durante los diferentes periodos de operación, como el estiaje, que genera efectos que movilizan los niveles freáticos a mayor profundidad y que determinan nuevas condiciones de operación, que en ocasiones pueden provocar daños irreversibles al equipo de bombeo, por bombeo falto de agua y con bajos niveles de N.P.S.H. (Sumergencia).

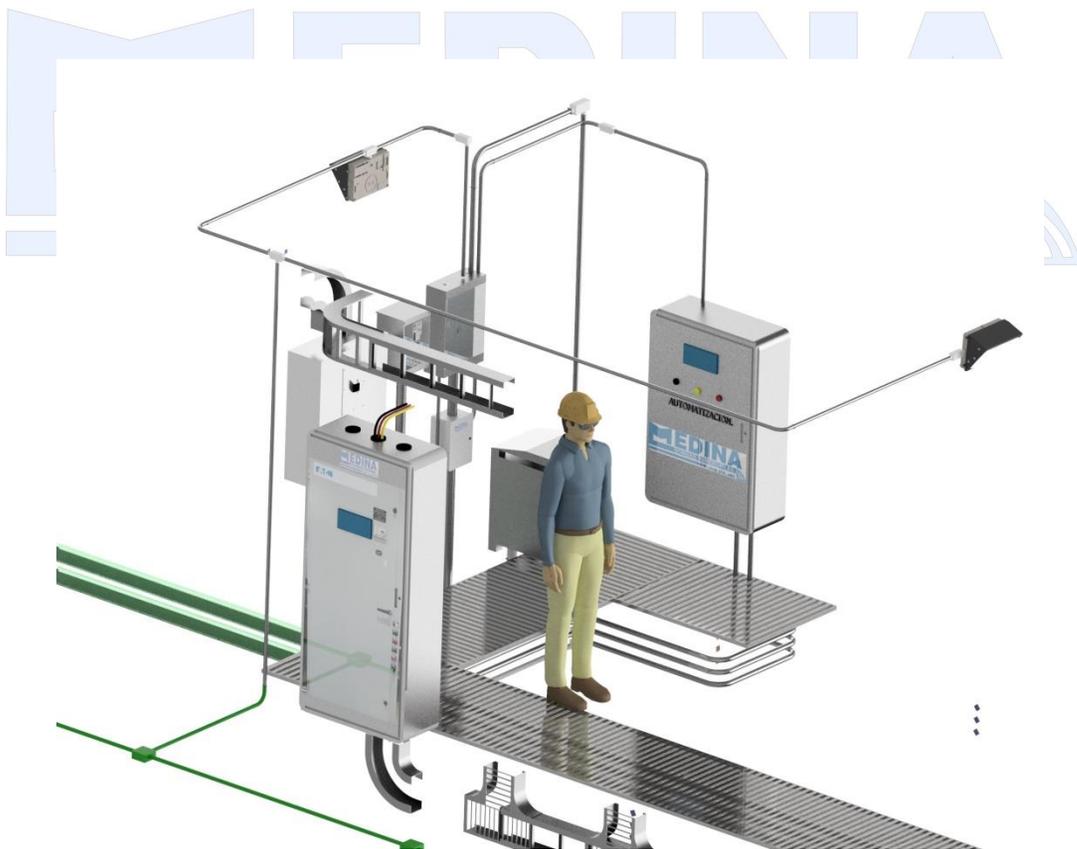
Elementos del Pozo Profundo

- Diámetro interior del Ademe.
- Profundidad Total Perforada.
- Profundidad Total Ademada.
- Total, de metros de Tubo Ciego
- Total, de metros de Tubo Ranurado
- Reducciones en el Ademe.
- Colapsos y/o Obstrucciones en el Ademe.
- Rupturas del Ademe.
- Nivel Estático.
- Nivel Dinámico.
- Gasto Máximo Disponible que produce el Pozo.
- Temperatura del Agua, indicar si es fría o caliente; si es agua caliente, es muy importante el indicar la temperatura en grado C ° que tiene el agua del pozo en su interior y a la descarga.
- Color del Agua.
- Olor del Agua.
- Bombeo con Arena, e indicar porcentaje de sólidos en suspensión.
- Bombeo con Productos Químicos.
- Distancia Boca de Pozo al Arrancador.



Elementos Eléctricos

- Transformador: (Tipo de Transformador, Marca, Capacidad en KVA, Voltaje Primario de línea media tensión, Voltaje Secundario de baja tensión, Calibre y tipo de Cable de Alimentación del Transformador al Arrancador. Identificar si se escucha algún zumbido al operar y/o si se aprecian escurrimientos de aceite. Precisar si la Tierra del Bote o estructura esta aterrizada y donde se conecta el X0 del Transformador.
- Arrancador: (Marca, Capacidad en HP, Voltaje de Operación, Tipo de Arrancador ATR, Suave Electrónico, Variador de Frecuencia.
- Aparatos de Control Eléctrico:
- Protectores de Fase
- Banco de capacitores: (Marca, Capacidad KVR, Voltaje de operación.)
- Sistema de Tierras Físicas, con Análisis de Resistividad del Terreno y la Colocación de Tierras Físicas en terrenos mejorados, cuidando que la capacidad conductiva de la Tierra sea igual a mayor a la capacidad conductiva de la alimentación eléctrica.
- Verificar si tiene elementos de protección eléctrica adicionales.



Elementos Electromecánicos

- Equipo de Bombeo Sumergible.
- Cable Plano Eléctrico Sumergible Triple.
- Columna de Acero al Carbón para Columna Bomba, Diámetro, Material y Longitud.
- Válvula Check de Acero al carbón, para Columna de Bomba.
- Diámetro de Conexión a la Descarga.
- Línea de Conducción, Diámetro, Material y Longitud.
- Tren de Descarga, Diámetros y Longitudes, Identificación de Válvulas Check, Válvulas de Compuerta, Conexiones, Válvulas de Admisión, Expulsión y Eliminación de Aire, Válvulas Anticipadora de Onda.

Elementos de Automatización

- Medidor de Flujo.
- Transmisor de Presión.
- Sonda Electrónica de Medición de Niveles Freáticos en el Pozo (Nivel Estático, Nivel Dinámico).
- Equipo de Automatización con Equipos PLC, Fuentes de Poder, Sistema de Respaldo de Energía, Sistema de Video Vigilancia, Sistema de Almacenaje de Información, Pantalla Táctil, Equipo de Comunicación Remota, Programación, Calibración y Puesta en Marcha.
- Equipo de Interface de Comunicación de PLC a Equipos de Arranque (Arrancadores).
- Cableados Blindados.
- Antenas de Comunicación

Condiciones de operación

- Gasto de Bombeo Solicitado.
- Carga Dinámica Total a vencer.
- Presión a la Descarga.
- Altura o Desnivel Topográfico a Vencer.
- Descarga dos o más Destinos con Presiones y Gastos diferentes o similares.
- Cámara de Bombeo en el Pozo y Sumergencia Mínima (N.P.S.H.)



Análisis y Cálculos

- Cálculo de la Longitud del Cable Plano Eléctrico Sumergible Triple.
- Análisis de Perdidas por Fricción en la Tubería de Columna de Bomba.
- Análisis de Perdidas por Fricción en Línea de Conducción.
- Cálculo del Calibre del Cable Plano Eléctrico Sumergible Triple, en cuanto a su Ampacidad, Caída de Tensión y Pérdida por Temperatura.
- Cálculo de la Carga Dinámica Total (CDT).
- Análisis de Cargas Eléctricas en Baja Tensión (440 Volts.)
- Análisis de Cargas de Servicios Propios (127 Volts.)
- Análisis de Puesta a Tierra.

4. El Equipamiento y Operación de un Pozo Profundo con Sistema de Automatización Integral.

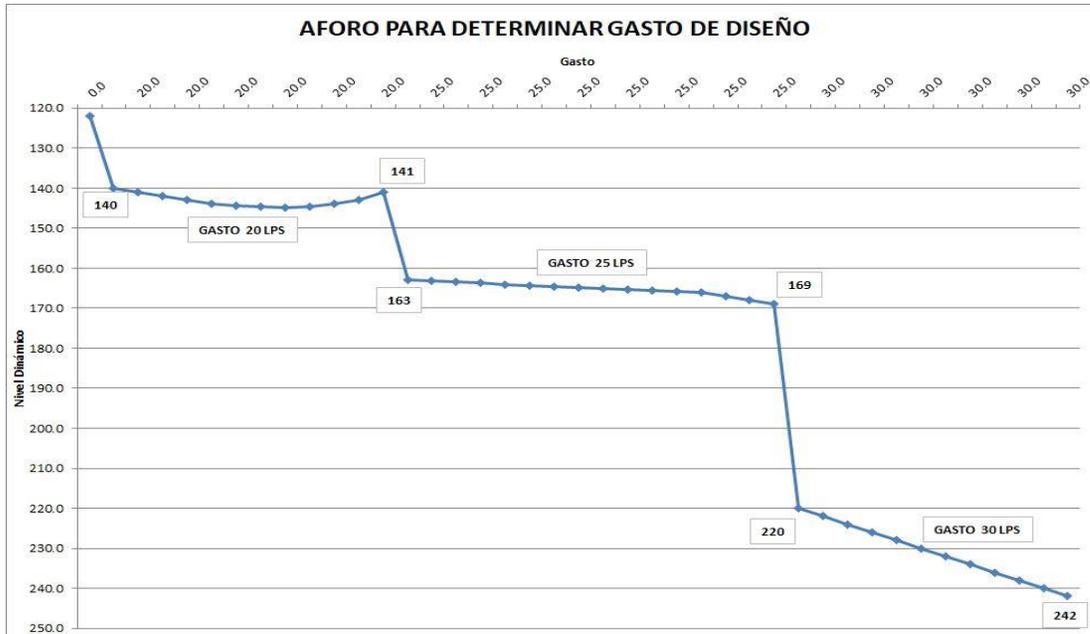
Gasto de Diseño

Es importante como punto inicial, el conocer los alcances del Pozo Profundo, analizando sus características constructivas en diámetros y longitudes, así como de sus capacidad que ofrece para el bombeo, el cual es muy importante sea razonado y verificado por medio de un Aforo o Prueba de Bombeo, el cual referirá la cantidad de agua expresada en litros por segundo (l/s) que el pozo es capaz de aportar sin que este se agote, e incluso recupere nivel en sentido al Nivel Estático.

Se debe considerar que el Aforo o Prueba de Bombeo no sea solo una Prueba de Agotamiento de la cantidad de agua del Pozo, si no que se muestre desde el gasto máximo hasta el gasto mínimo o viceversa, considerando los diferentes profundidades que corresponde. Un Aforo o Prueba de Bombeo debe considerar en su alcance, las pruebas necesarias de bombeo a una profundidad determinada, para descubrir el mejor gasto a bombear en el Pozo, para ello se debe conocer los antecedentes de la zona y las necesidades de operación para con ello razonar y definir un gasto objetivo de búsqueda.

El mejor punto de bombeo en un Pozo Profundo, corresponde a la cantidad de agua expresada como gasto y a la profundidad que lo sostiene expresado como nivel dinámico, que representa lo que puede ofrecer el pozo. Por lo que se debe considerar que el Gasto de Diseño es aquel donde el Nivel Dinámico del Pozo no solo se sostiene, sino que además recupera nivel y adicionalmente se debe considerar el extraer un gasto menor, todo ello para dejar un factor de servicio al pozo en épocas futuras de estiaje y no extraer toda el agua que produce, lo cual razona y define un Gasto de Diseño sustentable.

Ejemplo de Aforo de Rendimiento para Determinar el Gasto de Diseño:



Gasto de 20 l/s

En este gasto el pozo muestra de inicio un descenso en su nivel dinámico al incremento de gasto y lo cual es normal, para posteriormente tener una recuperación de Nivel Dinámico con el mismo caudal.

Gasto de 25 l/s

En este gasto el pozo muestra un aumento en el Nivel Dinámico al incremento de caudal de 20 a 25 l/s y esto se considera esperado, pero lo que esta fuera de selección, es que marca una ligera tendencia negativa, que concluye en un aumento del Nivel Dinámico a través de un espacio de tiempo determinado, que al final puede alcanzar el Equipo de Bombeo.

Gasto de 30 l/s

En este gasto el pozo muestra denota un mayor Nivel Dinámico, que corresponde al incremento de caudal de 25 a 30 l/s y esto se considera normal, pero lo que esta fuera de diseño es que marca una tendencia fuerte a la baja, que concluye en un aumento drástico del Nivel Dinámico a través de un espacio de tiempo determinado, que al final es sumamente probable que alcance al Equipo de Bombeo.

Conclusión

Se considera que el Gasto de Diseño Sustentable y más sensato, es de Máximo 20 l/s y a efecto de dejar un factor de servicio por algún cambio en el nivel dinámico o estiajes futuros, se razona un Gasto de Diseño de Máximo **18 l/s**.

Carga Dinámica Total (CDT)

Una vez definido el Gasto de Diseño, confiere el determinar la Carga a Vencer, la cual se conoce como Carga Dinámica Total o CDT la cual se expresa comúnmente en metros columna de agua (*m.c.a.*) o Kilogramos por Centímetro Cuadrado (Kg/cm^2). Este apartado considera todo aquello que el Equipo de Bombeo deba de vencer para llevar el agua hasta el Punto Destino Final y con la Presión a la Descarga necesaria, por lo que es necesario precisar los siguientes datos:

- **Datos de Calculo**

- ▶ Gasto de Diseño.
- ▶ Agua con Arena.
- ▶ Nivel Dinámico.
- ▶ Diámetro y Longitud de la Columna de Bomba.
- ▶ Diámetro y Número de Válvulas Check de Columna de Bomba.
- ▶ Diámetro, Longitud y Material de la Línea de Conducción o Medición de manómetro a la Descarga que mide la carga a vencer en la conducción exterior.
- ▶ Presión a la Descarga.
- ▶ Elevación o Desnivel Topográfico a vencer.

- **Análisis Preliminares**

- ▶ Cálculo de Perdidas por Fricción de la Columna de Bomba.
- ▶ Cálculo de Perdidas por Fricción en Válvulas Check de Columna de Bomba.
- ▶ Cálculo de Perdidas por Fricción de Válvulas y Conexiones a la Descarga.
- ▶ Cálculo de Perdidas por Fricción en Línea de Conducción (opción si no hay Manómetro.)

- **Análisis Final**

Cálculo de Carga Dinámica Total (CDT) el cual resume todos los conceptos que genera una carga.

CDT = Nivel Dinámico + Perdidas por Fricción de la Columna de Bomba + Perdidas por Fricción en Válvulas Check de Columna de Bomba + Perdidas por Fricción de Válvulas y Conexiones a la Descarga + Perdidas por Fricción en Línea de Conducción ó Valor de Manómetro a la descarga.

Cálculo de BHP (*Brake Horse Power*)

En este punto, se considera los dos principales elementos del diseño y operación de un Pozo Profundo, que son el Gasto de Diseño y la Carga Dinámica Total a Vencer CDT, que en suma estos dos conceptos y con una eficiencia definida determinan la BHP o Potencia a l Freno que el Motor de la Electro bomba deberá de proveer para vencer el total de carga.

Descripción	Fórmula
El Cálculo de BHP Bomba refiere a la Potencia que absorberá el equipo de bombeo y es necesario para pre dimensionar el Motor.	$BHP\ Bomba = \frac{(Gasto * CDT)}{ef. Bomba * 76.04}$
El Cálculo de BHP Bomba – Motor, refiere a la Potencia que absorberá el equipo de bombeo, más la parte del Motor que requiere para su operación, que en conjunto determina la Potencia Total Consumida y dimensiona la capacidad del Motor.	$BHP\ Bomba\ Motor = \frac{(Gasto * CDT)}{ef. Bomba\ Motor * 76.04}$

Este valor de BHP (*Brake Horse Power*), es el valor en HP expresa la fuerza necesaria, para vencer toda la carga hasta su destino final de bombeo. Se sugiere que en los casos de Pozos con bombeo de agua con arena, realizar un muestreo físico en un litro de agua considerando un recipiente cilíndrico transparente, para observar la cantidad de arenas que se sedimentan en pesos dentro de un litro del agua a bombear, lo que generalmente arroja valores de entre un 10 y hasta un 30% para casos severos, la parte o porcentaje determinado es el sobre valor en peso que va adicionar al valor de BHP, ya que afecta de forma directa la densidad del agua limpia de 1.0, por lo que al valor de BHP Bomba y BHP Bomba Motor se deberá adicional este porcentaje.

Ejemplo:

- Gasto = 30 l/s.
- CDT = 100 m.
- Eficiencia Bomba = 74%
- Eficiencia Motor = 86%
- Porcentaje de Sólidos en Suspensión en un Litro de Agua = 20%
- BHP Bomba Motor = $30 * 100 / 0.64 * 76.04 = 61.64$ HP (Calculo en HP para Agua Limpia)
- BHP Bomba Motor con 20% de Sólidos en Suspensión = 61.64 HP + 20% = **73.97 HP**

Por lo que adicional a lo que se considera de incremento en el BHP Bomba – Motor, se debe tomar en cuenta en el diseño de Motor, el cual tendría que ser de una capacidad de Mínima para este caso de ejemplo de 75 HP más Factor de Servicio, lo cual se consideraría como diseño inicial, pero también hay que analizar que en el Pozo Profundos con Arena existen otros factores como la Eficiencia Energética que se ve afectada por los sólidos en suspensión.

La eficiencia energética del equipo de bombeo, considera el gasto de diseño y la carga dinámica total a vencer, como la eficiencia de la propia bomba y del motor eléctrico, mas estos valores están en el diseño de densidad 1.0 lo que corresponde a agua limpia, por lo que si se va a bombear agua con sólidos en suspensión (arenas) refiere a un cálculo diferente, ya que hay un incremento de pérdidas por fricción al paso de agua con la arena al interior del equipo de bombeo y demás componentes, ya que esta agua con arena no fluye de la misma forma que el agua limpia y no es bombeada la parte solida por lo que no es posible se haga una deformación plástica la cual es necesaria para el trabajo de bombeo; Por lo que resulta que una parte del fluido total es bombeado (Agua) y parte de fluido (Arenas) es paleado, por lo que la eficiencia disminuye, para lo que es muy necesario el considerar es estos cálculos el Diseño de la Capacidad del Motor que de entrada pudiera ser a la capacidad inmediata superior por precaución y revisar el consumo en pozo con la carga de bombeo de agua con arena y la eficiencia resultante de ese

bombeo; Porque siempre será mejor un bajo factor de potencia que un Factor de Servicio bajo y Motores a Tierra por Sobre Carga.

5. Diseño y Selección de Bomba Sumergible.



La Bomba y/o Cuerpo de Tazones, es un equipo de operación centrífuga que esta interconectado al Motor Sumergible y a la Tubería de descarga de Columna de Bomba, que transforma la energía mecánica en energía hidráulica y su operación es a través de compresiones atmosféricas que entrega una potencia de salida reflejada en gasto como litros por segundo con una presión a la descarga como metros columna de agua, las cuales son inversamente proporcionales, para finalmente entregar una cantidad de agua definida a una altura de carga definida.

La Selección y Calculo de la Bomba Sumergible, debe considerar en su curva de operación que pueda entregar el Gasto de diseño a la Carga Dinámica Total, determinados. Cuidando que la selección sea de centro a derecha de curva, se debe tener atención especial al consumo en el punto de diseño, como el punto máximo de la curva que generalmente es a la derecha de la curva, sin embargo hay caso que la selección de la bomba no siempre se considera un punto definido hacia la izquierda o hacia la derecha en la curva y merece tener precaución, que esa selección sea evitando el bombear un gasto mayor al de diseño y con ello no incrementar el consumo eléctrico innecesario.

De igual forma se debe tener especial atención al diámetro interior del Ademe de Pozo Profundo y cuidar que la Bomba seleccionada en conjunto con los diámetros de cables de salida del Motor Sumergible, consideren un diámetro exterior que pase libremente en el diámetro interior del Pozo, revisando que el pozo no tenga desviaciones importantes que reduzca o comprometa el diámetro nominal interior del Ademe. Se recomienda dejar mínimo 1" por lado entre el diámetro máximo del equipo de bombeo con cables y el diámetro interior del pozo.

Dentro de la selección de la Bomba Sumergible es necesario revisar tres condiciones importantes del agua del Pozo que refiere a:

- Agua con Arena.
- Agua Corrosiva.
- Agua Caliente.

Para lo cual, en cualquiera de estas condiciones de operación, se debe hacer un diseño especial y cuidadoso con materiales de construcción, ajustes de fabricación y tolerancia de armado, que en conjunto ofrezcan soluciones para atender estas condiciones de bombeo especiales.

6. Diseño y Selección de Motor Eléctrico Sumergible.



El Motor es una Maquina que tiene la capacidad de tomar la Energía Eléctrica normalmente trifásica como Potencia de Entrada, con la capacidad de transformar esa energía en fuerza mecánica que tiene la capacidad de transmitir una potencia de giro a la bomba de forma oportuna, constante y suficiente, para lograr su operación de bombeo y entregar un gasto y vencer una carga definida.

Dentro del Diseño de un Motor Eléctrico Sumergible para Pozo Profundo, se deben de considerar apartados técnicos que pueden ayudar a su correcta operación, en esta etapa del Equipamiento y Operación de un Pozo Profundo con Sistema de Automatización Integral, ya se tiene definido el Gasto de Diseño, la Carga Dinámica Total a Vencer y finalmente el BHP (Brake Horse Power), lo cual permite la correcta selección del Motor.

Es muy importante que, al definir la Potencia de Diseño Nominal del Motor, sea considerado:

- BHP Bomba – Motor Máximo de la Cuerva de Operación de la Bomba.
- BHP Bomba – Motor de sobre carga por bombeo de agua con arena, que en su caso el que resulte mayor de ambos BHP.
- Perdida de eficiencia del equipo de bombeo por efecto de bombear agua con arena.
- Bombeo de Agua Caliente, la cual limita de forma irrestricta al Motor y es una de las causas de daño prematuro de los Motores Sumergibles, en este caso es necesario el sobre dimensionar el Motor en su Potencia de Diseño Nominal en el porcentaje de perdida al menos que el motor pierde a diferentes grados de temperatura en el agua caliente, esto de acuerdo al siguiente ejemplo:

Motor de 75 HP/ 440 Volts + Factor de Servicio 1.15 a máximo una temperatura de 30° c

	Temperatura del Agua					
	30° c	40° c	45° c	50° c	55° c	60° c
Perdida Eficiencia Eléctrica Motor Temperatura	0%	12%	18%	25%	33%	42%
Capacidad Nominal Motor	75HP	66 HP	61.50 HP	56.25 HP	50.25 HP	43.50 HP

7. Sistema de Automatización Integral

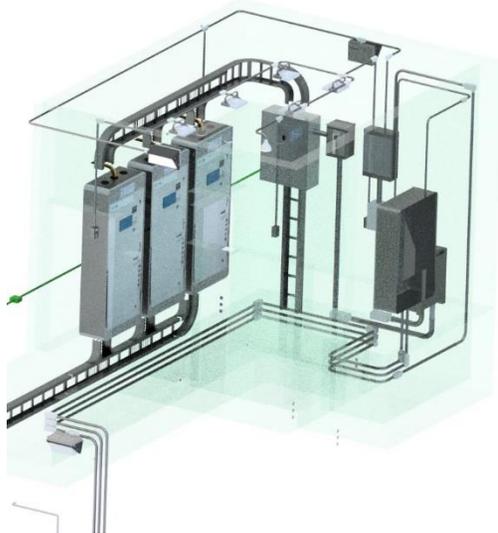
Este es uno de los apartados en el Equipamiento de un Pozo Profundo que puede hacer la diferencia para una operación de Pozo Profundo de Forma Segura.

Se debe considerar que los equipos de Control Eléctrico estén preparados para la capacidad eléctrica del Motor Sumergible, esto revisando desde el Transformador, Arrancador, Cable Plano Eléctrico Sumergible de Alimentación. En el caso del Arrancador se considera: un Arrancador del tipo Electrónico de Arranque y Paro Suave Programado, cuidando que los valores de arranque y temporizados sean acorde a la operación de un Motor Eléctrico Sumergible y revisando los siguientes apartados eléctricos importantes:

Principalmente asegurarnos que estén activas todas las protecciones que este elemento nos puede brindar como lo son comúnmente:

- Desbalance de Corriente.
- Exceso de Torque.
- Amperaje Máximo.
- Amperaje Mínimo.
- Fase Invertida.
- Pérdida de Fase.
- Bajo Voltaje.
- Alto Voltaje.
- Pérdida de Voltaje.

Entre otras protecciones que estos Arrancadores de paro y arranque suave brindan, aunque los tiempos de reacción para el paro oportuno de estas protecciones depende del Trip Class o bien el tipo de Class que se configure y estos van desde la Class 5 hasta la Class 30 activan la alarma desde los 9 hasta los 35 segundos dependiendo la configuración y las especificaciones de cada marca, se recomienda el Class 20 que en la mayoría de las marcas refiere a la más estable en cuanto la reacción ante alguna anomalía.



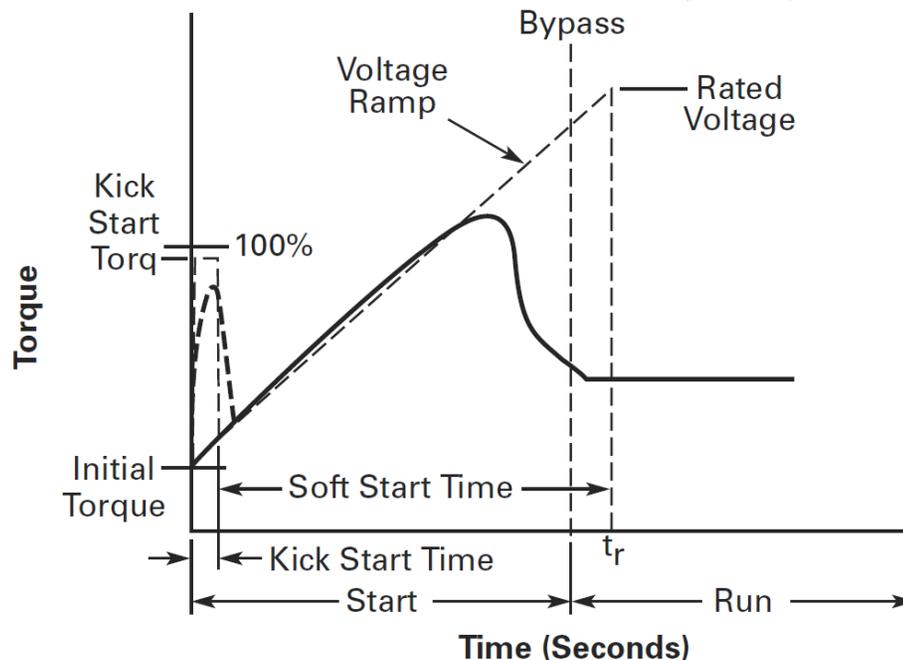
Una vez establecidas las protecciones, es de suma importancia determinar el tipo de arranque que se configurará, comúnmente existen 3 tipos de arranques.

Rampa de Voltaje: La cual, a partir de un valor inicial establecido, el Voltaje inicial aumenta gradualmente hasta la entrada del Bypass, teniendo como ventaja la configuración de la pata de arranque para vencer cargas iniciales en el sistema.

Límite de Corriente: Este modo se utiliza normalmente cuando es necesario limitar la corriente máxima durante el arranque debido a limitaciones de potencia de la línea u otras consideraciones.

Arranque de Bomba o Ventilador: Este arranque esta diseñado para ventiladores y bombas con baleros por lo cual su rampa de arranque es muy lenta y para la aplicación de motores sumergibles es complicada su operación debido a que puede haber afectaciones en el sistema axial.

Por lo cual se recomienda el arranque de Rampa de Voltaje, considerando que la bomba de pozo profundo usualmente tendrá la tubería de columna cargada, se recomienda configurar un porcentaje mayor al 40% de la patada de arranque (Kick Start Torq) con un tiempo en la patada arriba de 1 segundo (Kick Start Time) esto para que el motor al iniciar la rampa de voltaje, no se vea forzado a elevar su Amperaje y torque y pueda arrancar de una forma más suave ya que la patada inicial logra ayudarnos con la apertura de válvulas y empuje del agua en el sistema logrando que la rampa de arranque no se vea forzada, es recomendable de la misma forma, configurar el torque inicial (Initial Torque) arriba de un 60% y el tiempo de arranque suave (Soft Start Time) no mayor a 6 segundos, esto para asegurar que no haya afectaciones internas en el sistema axial de los motores de pozo profundo. A continuación, se muestra una gráfica donde ejemplifica la Rampa de Voltaje antes mencionada.



Módulo de lectura de parámetros eléctricos:

Debido a que el tiempo de respuesta de los arrancadores usualmente son extendidos, el mínimo promedio entre las distintas marcas es de 9 segundos, se integra un módulo de lectura de parámetros eléctricos, el cual, aunque el arrancador en cuestión no cuente con una comunicación serial para transmitir los datos eléctricos necesarios, puede obtener esta información y comunicarla al controlador lógico programable, que se encargará de detener el equipo en caso de alguna anomalía en un tiempo de respuesta entre 1 y 3 segundos evitando así daños eléctricos en el motor sumergible.

Contando con protecciones ante anomalías como:

- ▶ Alto Voltaje.
- ▶ Bajo Voltaje.
- ▶ Pérdida de Fase.
- ▶ Alto Amperaje.
- ▶ Bajo Amperaje.
- ▶ Desbalanceo de Amperaje.

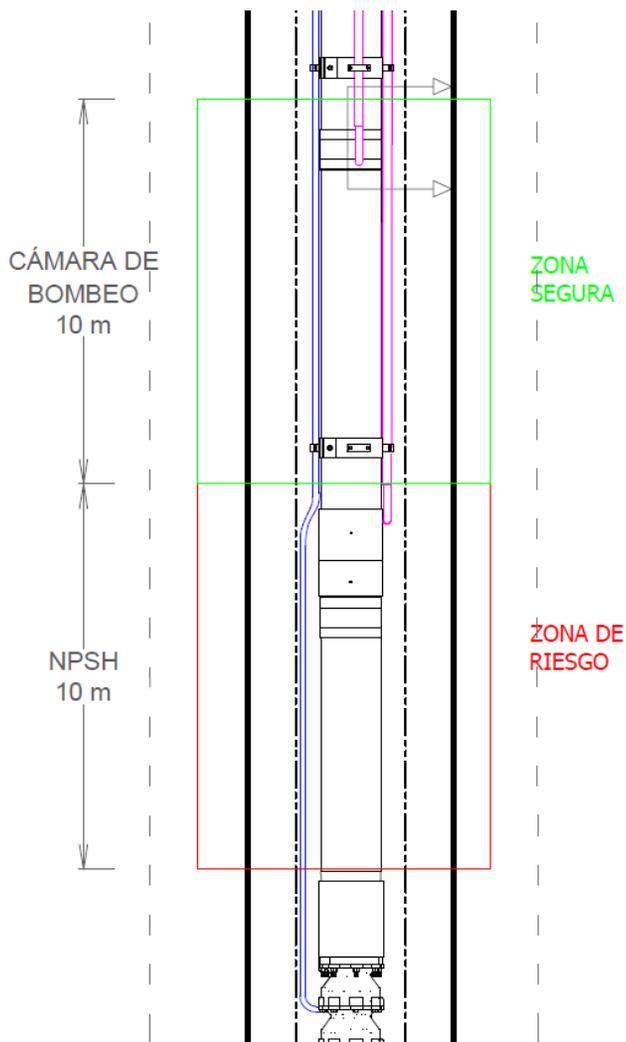


Sensores hidráulicos:

Los Sensores hidráulicos previenen daños ante dos tipos de posibles fallas, la sobre presión a la descarga y la cavitación o bien falta de agua.

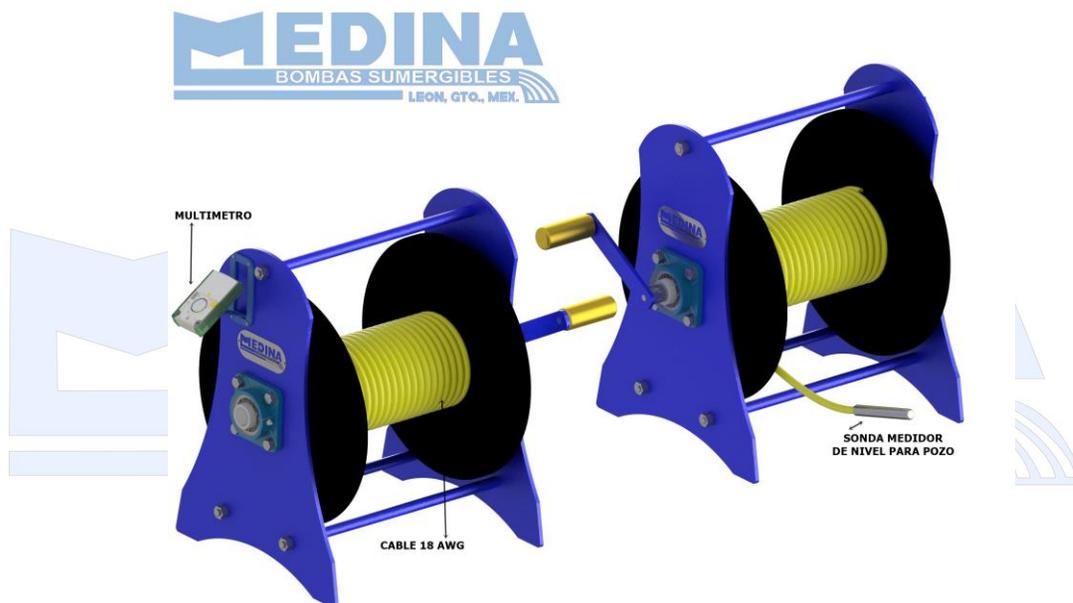
Para la sobrepresión se integra un sensor el cual mide la presión a la descarga, posteriormente se envía el dato al PLC (Controlador Lógico Programable) mediante una comunicación ya sea serial, 4-20mA o 0-10V y si esta excede los parámetros establecidos en el diseño del equipo, el controlador detiene el equipo de bombeo, evitando afectaciones en el mismo y en la tubería de columna y tubería de conducción.

Para evitar los efectos de cavitación y consecuentemente la falta de agua es importante considerar dos conceptos, el NPSH (Zona de Riesgo) que refiere a la altura de aspiración o sumergencia mínima que debe de tener el equipo de bombeo para no entrar en zona de cavitación, en otras palabras si el nivel dinámico del pozo llega a la zona mínima del NPSH el equipo de bombeo comenzará a cavitar, esta zona depende del caudal del equipo instalado, puede ir desde los 5 metros hasta los 16 metros de sumergencia mínima, por otra parte la Cámara de Bombeo (Zona Segura) se define como la distancia que hay entre el inicio de la zona de NPSH y el nivel dinámico, que se recomienda sea un mínimo de 10 metros así asegurando que el nivel dinámico no caiga en la zona de riesgo donde pueda empezar a fallar.



Sensor de Nivel Digital

Este es un solo sensor que monitorea y comunica el nivel dinámico del pozo, con el cual se determina en que zona se encuentra el equipo, deteniéndolo en caso de que entre a una zona de riesgo por cavitación o falta de agua. Una de las grandes ventajas del sistema es que no solo se envía el valor en tiempo real con una medida digital cada metro y evita cualquier tipo de falla por falta de agua, sino también el Controlador Lógico guarda la información histórica del nivel dinámico del pozo y al paso de los meses se puede determinar cómo se ha comportado el manto frático pudiendo tomar basado en esta información decisiones de cambio de gasto o sumergencia de los equipos en operación.



Sensor de Nivel Analógico

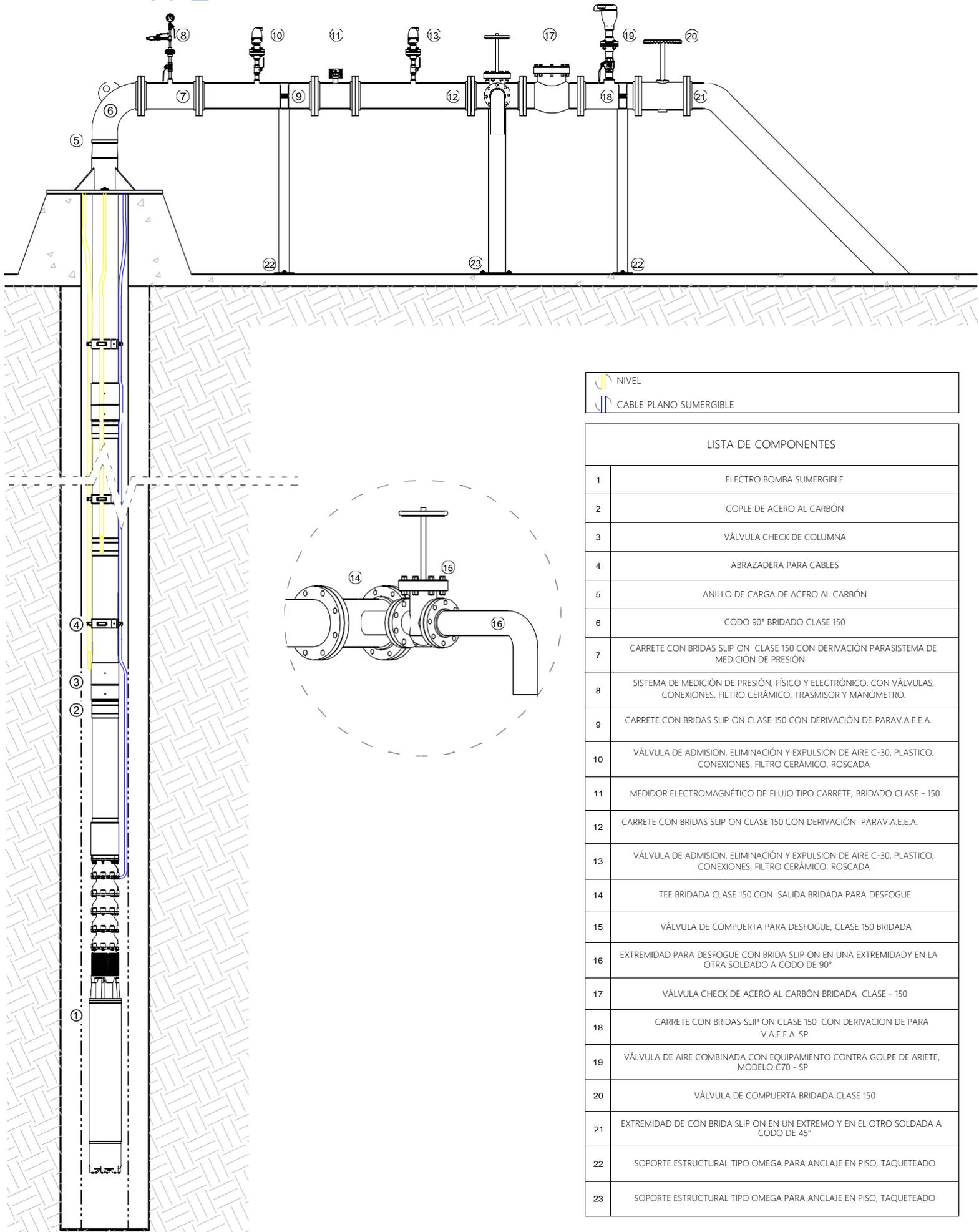
El sensor de nivel analógico envía una señal on/off la cual únicamente nos indica si en el punto donde está colocado hay nivel o no, por lo que se propone la colocación de dos sensores de este tipo, uno colocado donde inicial la zona de riesgo (NPSH) y otro donde inicial la zona segura (cámara de bombeo) para así poder realizar la lógica de control para el arranque y paro del equipo de bombeo, asegurando que al menos en el arranque, el nivel se encuentre igual o por encima de la cámara de bombeo y si durante la operación el nivel del pozo llegase a la zona de NPSH el equipo de bombeo se protegerá y apagará el equipo para evitar afectaciones.

8. Descripción de Plano de Tren de Descarga Tipo

El diseño del plano "Esquema hidráulico de automatización para pozo profundo de 4" a 8" de Diámetro en Clase 150" plantea al inicio la colocación de un tren de válvulas con distintos soportes diseñados para la optimización del sistema. Se diseña una placa soporte que va desde 1" a 1 ½" de espesor, con cartabones de seguridad para brindar el soporte suficiente al peso de la tubería de columna cargada, la bomba, el cable, poliductos y sensores, con perforación para la salida del cable plano eléctrico sumergible y salidas para los poliductos instalados, enseguida en el cabezal de descarga se encuentra colocado un manómetro y sensor de presión los cuales envían la Carga Dinámica Total en la tubería de conducción, tomando en cuenta el desnivel en el sensor de nivel hasta la descarga, las perdidas por fricción y las perdidas por las válvulas siguientes, colocando un filtro cerámico para evitar el paso de pequeños sólidos que pudiesen encontrar en el pozo, garantizando el correcto funcionamiento de los instrumentos y así evitar que envíen lecturas erróneas o dañarse por el contacto con estos. Para el medidor de flujo se plantea un carrete antes y después del mismo juntos sus respectivas derivaciones para colocar una Válvula de Admisión, Eliminación, y Expulsión de Aire (V.A.E.E.A.) además de su filtro cerámico, esto para procurar un flujo laminar en el flujómetro y tener una lectura más certera.

Después de ello se coloca una derivación con una Válvula de Seccionamiento para fines de prueba del equipo de bombeo, más adelante se coloca una válvula Check la cual en esa posición nos ayuda a proteger los Equipos de Medición del Golpe de Ariete, evitando así la afectación de alguno de estos equipos. Enseguida se coloca una Válvula de Aire combinada con equipamiento contra Golpe de Ariete, modelo C-70 con función SP de 2" con cuerpo metálico, la cual es de cierre lento, ayudando al sistema a que cuando el equipo de bombeo se apaga esta válvula en principio detecta el vacío y suelta un poco de aire de inmediato, dejando una burbuja de aire dentro del sistema la cual sirve como amortiguador para recibir el impacto del golpe de ariete y poco a poco suelta el aire restante haciendo así un golpe más suave al habitual. Por último, se coloca otra Válvula de Seccionamiento la cual sirve para aislar el sistema y poder dar mantenimiento a la línea de conducción o bien darle mantenimiento al tren de descarga o equipo de bombeo sin necesidad de descargar la línea de conducción.

A continuación, se presenta el Plano de Tren de Descarga Tipo para ilustrar de mejor manera lo antes mencionado y así poder darnos una idea de la correcta instalación de cada una de las partes que comprenden a un Tren de Descarga de un Equipo de Bombeo.



	NIVEL
	CABLE PLANO SUMERGIBLE

LISTA DE COMPONENTES	
1	ELECTRO BOMBA SUMERGIBLE
2	COPLE DE ACERO AL CARBÓN
3	VÁLVULA CHECK DE COLUMNA
4	ABRAZADERA PARA CABLES
5	ANILLO DE CARGA DE ACERO AL CARBÓN
6	CODO 90° BRIDADO CLASE 150
7	CARRETE CON BRIDAS SLIP ON CLASE 150 CON DERIVACIÓN PARASISTEMA DE MEDICIÓN DE PRESIÓN
8	SISTEMA DE MEDICIÓN DE PRESIÓN, FÍSICO Y ELECTRÓNICO, CON VÁLVULAS, CONEXIONES, FILTRO CERÁMICO, TRANSMISOR Y MANÓMETRO.
9	CARRETE CON BRIDAS SLIP ON CLASE 150 CON DERIVACIÓN DE PARAV.A.E.E.A.
10	VÁLVULA DE ADMISION, ELIMINACIÓN Y EXPULSION DE AIRE C-30, PLASTICO, CONEXIONES, FILTRO CERÁMICO. ROSCADA
11	MEDIDOR ELECTROMAGNÉTICO DE FLUJO TIPO CARRETE, BRIDADO CLASE - 150
12	CARRETE CON BRIDAS SLIP ON CLASE 150 CON DERIVACIÓN PARAV.A.E.E.A.
13	VÁLVULA DE ADMISION, ELIMINACIÓN Y EXPULSION DE AIRE C-30, PLASTICO, CONEXIONES, FILTRO CERÁMICO. ROSCADA
14	TEE BRIDADA CLASE 150 CON SALIDA BRIDADA PARA DESFOGUE
15	VÁLVULA DE COMPUERTA PARA DESFOGUE, CLASE 150 BRIDADA
16	EXTREMIDAD PARA DESFOGUE CON BRIDA SLIP ON EN UNA EXTREMIDADY EN LA OTRA SOLDADO A CODO DE 90°
17	VÁLVULA CHECK DE ACERO AL CARBÓN BRIDADA CLASE - 150
18	CARRETE CON BRIDAS SLIP ON CLASE 150 CON DERIVACION DE PARA V.A.E.E.A. SP
19	VÁLVULA DE AIRE COMBINADA CON EQUIPAMIENTO CONTRA GOLPE DE ARIETE, MODELO C70 - SP
20	VÁLVULA DE COMPUERTA BRIDADA CLASE 150
21	EXTREMIDAD DE CON BRIDA SLIP ON EN UN EXTREMO Y EN EL OTRO SOLDADA A CODO DE 45°
22	SOPORTE ESTRUCTURAL TIPO OMEGA PARA ANCLAJE EN PISO, TAQUETEADO
23	SOPORTE ESTRUCTURAL TIPO OMEGA PARA ANCLAJE EN PISO, TAQUETEADO