Mejoramiento del Sistema de Bombeo del Acueducto de Madrid Cundinamarca.

Nelson Javier González Sotelo

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Facultad Tecnológica

Tecnología en Electricidad

Bogotá, 27 de mayo 2016

Mejoramiento del Sistema de Bombeo del Acueducto de Madrid Cundinamarca.

Nelson Javier González Sotelo

20101072040

Trabajo de Grado para Optar por el Título de:

Tecnólogo en Electricidad.

Director:

Carlos Alberto Avendaño Avendaño.

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Facultad Tecnológica

Tecnología en Electricidad

Bogotá D.C. 27 de Mayo 2016

NOTA DE ACEPTACIÓN:

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Ing. Gustavo Ramírez.

TUTOR ELECTRO HIDRÁULICA S.A.

_____

Carlos Alberto Avendaño.

Tutor del proyecto.

Agradecimientos:

Agradezco a la Universidad Distrital Francisco José De Caldas, al proyectó curricular de Tecnología en Electricidad, al Ingeniero Henry Felipe Ibáñez, Coordinador del proyecto curricular. Al Ingeniero Carlos Avendaño, director del proyecto.

Agradezco a la empresa Electro Hidráulica S.A.

Al Ingeniero Gustavo Ramírez, tutor del proyecto.

Al Ingeniero Oscar Gabriel García.

A la Dra. Alexandra García.

Al Ingeniero Marco Aurelio López.

Al Ingeniero Carlos Mario Pinilla.

A la Sra. Martha Puerto.

Al Técnico Mario Cárdenas.

Al contratista Javier Sánchez.

A la Ingeniera Ana Milena Torres, Directora Planta Acueducto de Madrid.

Y a todo el equipo de trabajo de Electro Hidráulica S.A.

Por su contribución, apoyo, disposición y la oportunidad para el desarrollo de este proyecto.

TABLA DE CONTENIDO.

1. RESUMEN EJECUTIVO.....7

2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA TANQUE CASABLANCA.....10

2.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE FUNCIONAMINETO DEL TANQUE CASABLANCA.....12

2.2. DESCRIPIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO PARA LA OPERACIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO DEL TANQUE CASABLANCA.....14

3. PROBLEMÁTICA.....16

4. OBJETIVOS.....18

4.1 OBJETIVO GENERAL.....18

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....18

5. RESULTADOS ALCANZADOS.....19

5.1. CONDUCTOR PARA EL CIRCUITO RAMAL DE CADA MOTOR.....22

5.2. CONDUCTOR DE TIERRA PARA EL CIRCUITO RAMAL DE CADA MOTOR.....26

5.3. BANCO DE DUCTOS.....27

5.4. CÁLCULO PARA EL ALIMENTADOR DEL CCM.....30

5.5. CÁLCULO DE REGULACIÓN DE TENSIÓN.....33

5.6. CÁCULO DE CONSUMO DE ENERGÍA REACTIVA.....35

6. RED DE ILUMINACIÓN.....37

6.1. CONDICIONES TÉCNICAS DE LA RED DE ILUMINACIÓN.....37

7. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....42

8. EVALUACIÓN Y CUMPLIEMINTO DE LOS OBJETIVOS.....44

9. CONCLUSIONES.....45

10. LISTA DE TABLAS Y GRÁFICOS.....47

11. BIBLIOGRÁFIA.....48

12. PLANOS.

13. ANEXOS.

13.1. Registro fotográfico 1: Bombas y motores antiguos.

13.2. Registro fotográfico 2: tablero de mando antiguo.

13.3. Registro fotográfico 3: Tablero control bomba 1 y 2.

13.4. Registro fotográfico 4: Tablero control bomba 3.

13.5. Registro fotográfico 5: Red de iluminación.

13.6. Registro fotográfico 6: Centro de control de motores CCM.

13.7. Registro fotografico 7: Motor y bomba 1 nuevos.

13.8. Registro fotografico 8: Placa característica de motor antiguo.

13.9. Registro fotografico 9: Placa característica motor nuevo.

13.10. Registro fotografico 10: Placa característica bomba nueva.

13.11. Registro fotografico 11: Placa característica bomba antigua.

13.12. Carta de evaluación de Electro hidráulica S.A.

1. RESUMEN EJECUTIVO.

En el presente documento se describe un informe de las actividades realizadas para la adecuación y optimización de la estación de bombeo que abastece de agua potable al municipio de Madrid Cundinamarca. (El proyecto licitado y ejecutado por la empresa ELECTRO HIDRÁULICA S.A.) este trabajo se ejecutó como proyecto de grado en la modalidad de pasantía titulado: MEJORAMIENTO DE LA ESTACION DE BOMBEO DEL ACUEDUCTO DE MADRID CUNDINAMARCA, dentro de las instalaciones de la estación de bombeo perteneciente a la Empresa de Acueducto Alcantarillado y Aseo de Madrid Cundinamarca. Dicho trabajo se realizó del 11 de abril de 2016 al 20 de mayo de 2016.

El punto de partida del proyecto fue la previa selección de las unidades de bombeo, (que se instalaron para reemplazar las tres unidades anteriores). Fueron seleccionadas a partir de la altura dinámica total y el caudal que el cliente quiere llegar. Las tres nuevas bombas centrifugas fueron suministradas por la empresa American- March Pumps. Cada bomba, de acuerdo a la altura dinámica total, la altura estática tiene un punto de operación de 96 litros por segundo de agua. Cada unidad de bombeo es movida mediante un motor eléctrico de 200 HP, que gira a 1780 RPM y es alimentado por una fuente trifásica de 440 Voltios, con una frecuencia de 60 Hz.

Actualmente la estación tiene dos conjuntos motor-bomba, que se encuentran fuera de servicio, y presentan claro deterioro físico y técnico (Ver registro fotográfico 1). Un tercer conjunto Motor-bomba se encuentra en funcionamiento permanentemente. Esta última es la que actualmente permite realizar el bombeo de agua desde la instalación de bombeo hasta el tanque de almacenamiento y distribución de Casablanca.

La operación de los motores, incluyendo la unidad que se encuentra en funcionamiento se hace desde dos tableros (ver registro fotográfico 2).compuestos por 3 sistemas de arranque Yee-Delta independientes, se opera el motor perteneciente a cada bomba. Los componentes del sistema de arranque, barras, conductores, contactores y tableros cuentan con más de 20 años de uso.

El alcance del proyecto incluye: el cambio de sistema de arranque de Yee-Delta por un CCM, el cual está compuesto por 3 arrancadores suaves, uno para cada motor nuevo, y un banco de compensación de reactivos a nivel individual (un banco para cada motor).

El diseño y suministro de los conductores para alimentar los circuitos ramales de cada motor incluyendo el conductor de tierra. Banco de ductos y el dimensionamiento del conductor usado para alimentar el Centro de control De Motores.

El sistema de iluminación de la estación de bombeo está en malas condiciones (ver registro fotográfico 3). Está integrado por un conjunto de cuatro lámparas con dos tubos fluorescentes, cada tubo es de tipo T8 con una potencia de 32 Watts. Cada lámpara tiene un flujo luminoso total de 5200 lúmenes. Los ductos que portan los conductores de la red de iluminación presentan deterioro físico (oxido).

La red le iluminación se modernizara con reflectores LED, con un flujo luminoso de 7800 lúmenes, cada uno. Usando el método de los lúmenes, se determinó el flujo luminoso requerido en la instalación de bombeo. El conjunto de ductos se remplazaran por ductos conduit IMC. Adicionalmente se instalaran tomacorrientes de tipo GFCI, para uso de herramientas dentro de la instalación de bombeo.

Con el alcance del proyecto culminara con la entrada en servicio de las tres unidades de bombeo, el CCM y la red eléctrica destinada a la iluminación.

De esta manera, el caudal que maneja la estación de bombeo pasa de 90 litros por segundo. A una capacidad máxima instalada y operativa de 288 litros por segundo.

2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA POTABLE TANQUE CASABLANCA.

El sistema de bombeo del tanque Casablanca en el municipio de Madrid es abastecido por un pozo ubicado dentro de las instalaciones de la empresa de acueducto de Madrid, de donde se extraen 46 L/S de agua, mediante el uso de una bomba sumergible que se encuentra ubicada a 152 metros de profundidad. El agua extraída, pasa por una planta de tratamiento, ubicada en la misma instalación, el agua que ya ha sido tratada, es depositada en un tanque que cuenta con una capacidad de 420 m3 de almacenamiento. A este tanque, adicionalmente llega una tubería de 8 pulgadas de diámetro proveniente de la empresa de acueducto de Bogotá (E.A.A.A.B.) que suministra 100 L/S al tanque. (Ver figura 1)

Éste tanque cuenta con una instalación que se encarga de bombear el agua a través de una tubería hasta el tanque Casablanca. La estación de bombeo está integrada por tres bombas centrifugas FLOWSERVE, Cada bomba esta acoplada a un motor asíncrono de 200 HP de la marca US MOTORS. (Ver registro fotográfico 1) Cada grupo motor-bomba tiene una caudal nominal de 96 L/S. De las tres unidades, solo la unidad número uno está actualmente en operación; durante los últimos 10 años, solo ha salido de funcionamiento por un periodo de 6 - 8 horas cada 6 meses, periodo durante el cual se le realiza mantenimiento a los tanques.

La unidad uno es la encargada de suministrarle agua al tanque Casablanca a través de una tubería de asbesto – cemento de 12 pulgadas de diámetro. El tanque Casablanca está ubicado a una altura de 2655 m.s.n.m. Y está compuesto por dos compartimientos hechos en hormigón, cada compartimiento tiene una capacidad de 1700 m3, para una capacidad total de 3400 m^3. El nivel del tanque es monitoreado por un sensor de nivel que indica la altura que tiene el nivel del agua

dentro del tanque, está altura no puede exceder los 3.20 metros, ni puede descender a menos de 1.50 metros. La información de la altura del tanque es trasmitida por red de datos Ethernet hasta la planta, donde es monitoreado y de acuerdo con la información del nivel, un operario se encarga de abrir o cerrar una válvula mariposa; que permite regular el caudal de salida hacia el tanque Casablanca.

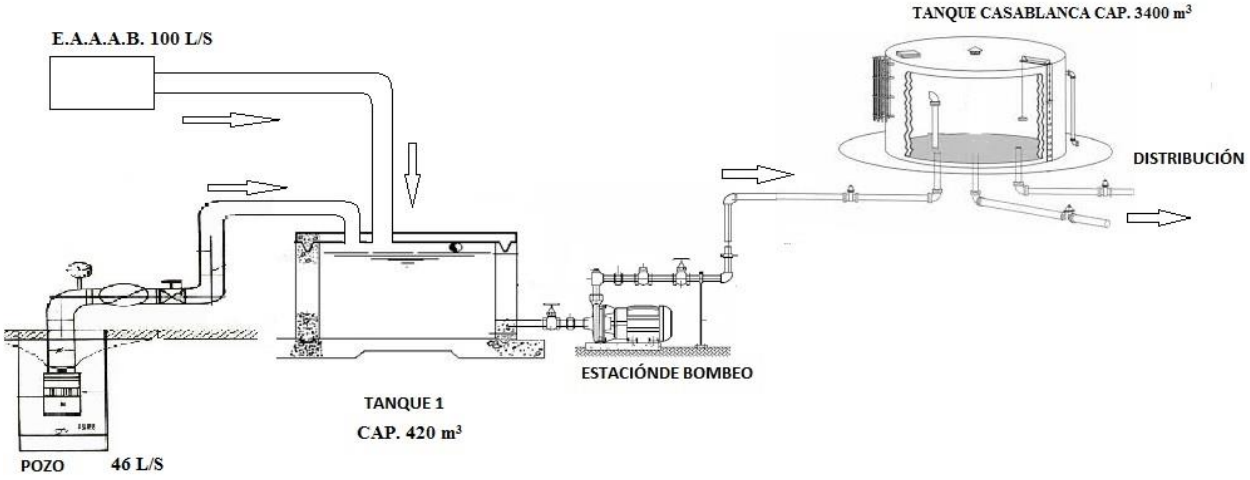


Figura1: Esquema de operación tanque Casablanca.

Las otras dos unidades de bombeo se encuentran fuera de funcionamiento, por deterioró físico y técnico.

Hay una cuarta unidad de bombeo que es movida por un motor de 75 Hp y le permite bombear hasta 30 L/S directamente a la red de distribución. Está unidad se emplea para presurizar la red de distribución de agua potable.

2.1.ESTADO TÉCNICO DEL SISTEMA DE BOMBEO PARA EL TANQUE CASABLANCA.

El tanque Casablanca cuenta con un sistema de bombeo, este sistema lo integran tres unidades de bombeo fabricadas por la empresa FLOWSERVE, cada bomba tiene la capacidad de bombear un caudal de 96 Litros de agua por segundo, para cumplir este objetivo, cada bomba se acopla a un motor de 200 HP del fabricante US MOTORS.

En la actualidad solo una bomba, la número uno está funcionando. La bomba tres está en evidente deterioro físico, provocado por el óxido acumulado y la evidente falta de mantenimiento la dejaron fuera de servicio, su motor esta fundido y no es posible repararlo. La unidad de bombeo número dos está obsoleta, ha sido deteriorada por el óxido y el déficit en el mantenimiento, el motor presenta daños físicos en la bornera de conexión y pero aún está en condiciones de operar, esta unidad no se puede poner en servicio debido a que la bomba no cuenta con las condiciones técnicas ni físicas para volver a funcionar.

En cuanto al mando, el sistema de arranque Yee- Delta, que permitía el funcionamiento al motor de la bomba 3 presenta evidencias de corrosión y de una avería seria provocada por una posible sobre carga o un corto circuito, el sistema es obsoleto y presenta muy poco mantenimiento.

En el tablero de operación de las bombas 1 y 2 no hay presencia de ningún tipo de mantenimiento, únicamente está operando el sistema de arranque Yee-Delta perteneciente al motor dela bomba número 1. El sistema de arranque Yee-Delta de la bomba 2, tiene dos contactores dañados, y todo el sistema está obsoleto y afectado por la corrosión.

El barraje que alimenta los tableros de las bombas ha sido afectado por la humedad del lugar y presenta sulfatamiento en gran proporción.

2.2.DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO PARA LA OPERACIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO DEL TANQUE CASABLANCA.

La estación de bombeo de Madrid Cundinamarca la cual es alimentada por una red de media tensión 13.200 V.A.C. la instalación, cuenta con una subestación de tipo capsulada, la subestación está compuesta por un trasformador marca TESLA de 500 KVA de potencia, EL TRANSFORMADOR reduce la tensión de red de 13.200 V A 440 V para alimentar un tablero general de acometida (TGA), por medio de 2 conductores de cobre aislado por fase, cada uno calibre 2/0 AWG THHW, el tablero está compuesto por un interruptor termomagnético con una capacidad nominal de 800 Amperios. Y se deriva a dos interruptores termomagnéticos. El primero tiene una corriente nominal de 100 Amperios y esta conectado atreves de dos conductores por fase de calibre 8 para alimentar un transformador que tiene una potencia nominal de 75KVA y una tensión nominal de 440/225 voltios A.C. el segundo interruptor es de 630 Amperios y se emplea para alimentar la estación de bombeo por medio de un conductor por fase de calibre 4/0 AWG THHW, esta alimentación se hace usando una acometida aérea hasta el tablero de distribución que hay dentro de la estación de bombeo.

Esté tablero de distribución, contiene un barraje de cobre desnudo de 1200mm X 50mm x 10 mm con una capacidad nominal de 852 Amperios, de donde se conecta un interruptor termo magnético de 400 Amperios que se emplea para proteger un tablero donde se encuentra instalado un arrancador suave para arrancar una bomba sumergible de 175 HP. Hay un segundo tablero es alimentado por medio de un conductor con un calibre de 750 KCMIL por fase, este conductor se encuentra conectado a un interruptor termomagnético de 630 Amperios nominales, el cual se encuentra conectado a un barraje de cobre de dimensiones 30 X 5 mm; de este barraje

hay 5 conexiones, la primera usa un conductor de calibre 6 AWG THW para la alimentación de un tablero que en su interior contiene un sistema de arranque Yee-Delta compuesto por tres contactores principales y un contactor auxiliar temporizado protegido por un interruptor termomagnético de 175 amperios que se emplea para el arranque de la bomba de 75 HP. Una segunda conexión a través de un conductor calibre # 4 AWG THHW le proporciona energía eléctrica a un tablero donde se encuentra un sistema de arranque Yee - Delta integrado por 3 contactores principales y un contactor auxiliar electrónico, este circuito lo protege un interruptor termomagnético de 100 amperios; este sistema se emplea para operar un conjunto motor-bomba de 30 HP, fabricado por AAB, que esta fuera de servicio.

La tercera conexión deriva a un tablero, mediante un conductor por fase de calibre 4/0 que está conectado a un interruptor termomagnético de 300 Amperios, este interruptor proporciona protección a un sistema de arranque Yee-Delta compuesto de tres contactores principales y un contactor electrónico, este sistema sirve para accionar un motor de 200 HP del fabricante US MOTORS que esta acoplado a la bomba número 3 del sistema Casablanca. (Ver registro fotográfico 1).

Las derivaciones 4 y 5 están hechas por barras de cobre pintadas cuyas dimensiones son 20 x 3 mm y son empleadas para alimentar cada una un sistema de arranque Yee-Delta compuesto por 3 contactores principales y un contactor electrónico protegido previamente por un interruptor termomagnético de 300 amperios; cada sistema de arranque es empleado para operar un motor de 200 HP del fabricante US MOTORS, estos motores se encargan de mover las bombas 1 y 2 del sistema de bombeo Casablanca. (Ver plano 4).

3. PROBLEMÁTICA.

El tanque Casablanca fue inaugurado en el año 2008, antes de su entrada en servicio la comunidad de los sectores centro, porvenir, pedregal y las veredas de los árboles y puente piedra se veían afectados por disminución en el caudal o interrupción en el servicio en las horas de mayor demanda. Desde el 2008 hasta la fecha los habitantes del municipio han tenido el servicio sin racionamiento o cortes gracias a la puesta en operación del tanque Casablanca. Estando a su máximo nivel, puede cubrir la demanda hasta por un período de 5 horas sin recibir caudal de entrada.

Para el año 2016, la población de Madrid ha pasado a ser de cerca de 150 mil habitantes, este crecimiento poblacional se debe al desarrollo de ambiciosos proyectos de vivienda, que se están en pleno desarrollo en la actualidad. Este crecimiento en la población significa un aumento en la demanda de agua potable en el municipio y sus alrededores. Esta situación puede generar desabastecimiento, disminución en el caudal o interrupciones del servicio de agua potable, que perjudicaría el bienestar y la calidad de vida de los pobladores del municipio.

Debido a esta posible situación, se hace necesario el desarrollo de soluciones, para garantizarles el servicio continuo de agua potable a los actuales y futuros habitantes del municipio.

Luego de evaluar la situación, como propuesta a esta problemática se encontró como solución mantener el tanque Casablanca en un nivel óptimo para así garantizar el servicio. Para lograr ese propósito, se revisó el sistema de suministro de agua al tanque Casablanca, para proporcionar un caudal mayor a 90 L/Seg. Hacia el tanque Casablanca. Partiendo de que solo hay una unidad de bombeo operando y esta lleva haciéndolo ininterrumpidamente desde hace 10 años.

Debido a las condiciones actuales de la estación de bombeo es necesario realizar una mejora técnica de los equipos que hacen parte del sistema de bombeo del tanque Casablanca. Para garantizarles el servicio a los habitantes, se planteó hacer la mejora de la estación de bombeo. El alcance de esta mejora incluye la implementación de un centro de control para motores (CCM), el remplazo de las 3 bombas antiguas por tres nuevas, el remplazo de los dos motores averiados por 2 unidades nuevas, el rebobinado de la tercera unidad, adicionalmente se llevara a cabo el mejoramiento en la red de iluminación para las instalaciones de la estación de bombeo.

4. OBJETIVOS.

4.1. OBJETIVO GENERAL.

Realizar la mejora y adecuación del sistema de bombeo de agua potable que abastece al municipio de Madrid en Cundinamarca.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

4.2.1. Realizar el montaje de tres bombas centrifugas de 200 HP cada una.

4.2.2. Realizar el montaje del CCM para la operación de las tres bombas centrifugas.

4.2.3. Realizar el mejoramiento de la red de iluminación del lugar donde estará el CCM y las 3 bombas.

5. RESULTADOS ALCANZADOS.

El proyecto de mejoramiento del sistema de bombeo para el tanque Casablanca, tiene como objetivo reemplazar los equipos obsoletos y los que se encuentran en mal estado, esto con el fin de aumentar el caudal de agua suministrado al tanque Casablanca, para garantizar un servicio continuo a los residentes del municipio.

El proyecto parte del punto de seleccionar la unidad de bombeo que mejores características ofrezca para el desarrollo de esta labor. La unidad de bombeo que ha sido seleccionada, es una hecha por el fabricante americano AMERICAN-MARSH PUMPS, la referencia de la bomba es 340 SERIES HD, esta bomba fue seleccionada por las condiciones en las que puede ser empleada como son la diferencia de altura entre la bomba y el tanque, el caudal y la potencia del motor que le suministrara la fuerza mecánica para trabajar, un resumen de las características se puede encontrar en la Tabla 1.

Con la selección de la bomba el paso a seguir es la selección del motor para completar el conjunto motor bomba. Para esta bomba se seleccionó un motor asíncrono de 200 HP, del fabricante E-line Motors, las características del motor están resumidas en la Tabla 2.

Características de la bomba 340 series HD	
Fabricante	American-Marsh Pumps
Tipo de liquido	Agua
Caudal	96 L/Seg.
Tamaño	6 x 8- 18 Pulg.
Diferencia de altura	102.5 m.
Temperatura	68° F.
Velocidad	1760 rpm.
Frecuencia	60 Hz
Potencia del motor	200 HP

Tabla 1: Características de la Bomba.
Fuente: American-Marsh Pumps Datasheet.

Características del Motor	
Modelo	5N55
Frecuencia	60 Hz
Potencia	200 HP
Velocidad	1780 rpm
Tensión nominal	460 V.
Corriente nominal	233.2 A.
Corriente plena carga	268.2 A
Factor de Potencia	0.85
Eficiencia	95.0 %
Aislamiento	clase F

Tabla 2: Características nominales de Motor
Fuente: E-Line Motors.

5.1.SELECCIÓN DEL CONDUCTOR PARA ALIMENTAR LOS MOTORES.

Para calcular el calibre del conductor más adecuado para alimentar cada uno de los motores se inicia con determinar la potencia de entrada de cada unidad, partiendo del hecho que los tres motores tienen la misma potencia de salida o potencia en el eje, esta potencia es de 200 HP equivalente a 149.2 KW. (1 HP=746 W). Esta cifra es la base para determinar cuál es la potencia de entrada de cada máquina, para determinar el valor de la potencia de entrada de cada motor se parte de la ecuación 1.

$$Pin = \frac{Pout}{eff\%} \qquad (1).$$

Dónde:

P int = Potencia de entrada.

P out = Potencia de salida nominal.

Ef f% = Eficiencia nominal.

De la ecuación 1, se determina la potencia de entrada para cada uno de los motores. De acuerdo con lo anterior la potencia de entrada es la misma para las tres unidades ya que las tres unidades comparten las mismas características eléctricas. (Ver registro fotográfico 8 y 9).

$$Pin = \frac{746 * 200}{95\%} = 157.053\ KW$$

Una vez se ha cálcualdo el valor de la potencia de entrada, se usa la Ecuación 2 para obtener el valor de la corriente nominal de entrada de cada motor.

$$P = \sqrt{3} * VL * Iin * \cos\theta \qquad (2).$$

De la ecuación 2 se despeja la corriente nominal de entrada. Para obtener la Ecuación 3.

$$Iin = \frac{Pin}{\sqrt[2]{3} * VL * \cos\varphi} \qquad (3).$$

Donde.

Iin =es la corriente de entrada del motor.

Pin = potencia de entrada.

VL= tensión nominal.

Cos ϕ= factor de potencia nominal.

Usando los datos de potencia de entrada, y los valores del sistema, se obtiene el valor de la corriente de entrada:

$$Iin = \frac{157.053 * 10^3[\,W]}{\sqrt[2]{3} * 440[\,V] * 0.85} = 242.5\ [A].$$

El valor de 242.5 Amperios permite determinar cuál es el calibre más apropiado del conductor de cobre para alimentar cada motor, desde la salida del arrancador suave PSTX-250 hasta la bornera de conexión de cada motor. Teniendo en cuenta que el conductor va por ducto, aislado y en cobre, el calibre de conductor que está en capacidad de conducir esta cantidad de corriente, es un 4/0 AWG THHW que tiene una capacidad nominal de 260 Amperios. Permitiendo emplear un conductor por fase (ver Tabla 310-16 Capacidad de corriente permisible en conductores aislados para 0 a 2000 V nominales y 60°C a 90°C. NTC – 2050.).

Otra opción que se puede considerar es la de usar dos conductores o más por fase para el circuito ramal del motor, esto es hecho, con el objetivo de dividir la corriente total de entrada del cada motor entre dos o más número de conductores del mismo calibre (ecuación 4), y así reducir perdidas de energía causadas por el efecto Joule, adicionalmente que un tamaño de calibre menor es más económico y se aumenta la maniobrabilidad del conductor dentro de los ductos.

$$Ixcondutor = \frac{Itotal}{Nc} \qquad (4).$$

Dónde:

Ixconductor: es la corriente que circulara por cada conductor del mismo calibre.

Itotal: es la corriente total que demanda el motor, también es la corriente de entrada.

Nc: es la cantidad de conductores del mismo calibre que se usaran para conducir la corriente total.

Utilizando la ecuación 4, y sustituyendo los valores de corriente total por la corriente de entrada de cada motor y siendo 2 el número de conductores del mismo calibre que se pretende emplear para el circuito ramal del motor. Se obtiene:

$$Ixcondutor = \frac{242.5[A]}{2} = 121.25[A].$$

El valor de 121.25 Amperios es la cantidad de corriente que circula por cada conductor si se alimenta por medio de dos conductores por cada fase. En la Tabla 310-16(ver Tabla 310-16 Capacidad de corriente permisible en conductores aislados para 0 a 2000 V nominales y 60°C a 90°C. de la NTC - 2050). Se selecciona el calibre del conductor que permita la conducción de 121.25 Amperios. Este calibre es el #2 AWG THHW del fabricante CENTELSA, Este conductor cuenta con una capacidad nominal de corriente de 130 Amperios (Tabla 310-16 Capacidad de corriente permisible en conductores aislados para 0 a 2000 V nominales y 60°C a 90°C. de la NTC - 2050). Por lo cual se puede usar dos conductores por fase del calibre 2 AWG THHW. Para alimentar cada motor.

5.2.CONDUCTOR DE TIERRA PARA EL CIRCUITO RAMAL DE CADA MOTOR.

El conductor empleado para la conexión a tierra entre cada uno de los motores y el CCM, debe ser seleccionado, utilizando los valores de la Tabla 250-95 de la NTC-2050. Y de acuerdo con lo estipulado en los artículos 250-93 y 430-12-e de la NTC 2050. Se debe emplear un conductor de calibre 4 AWG como mínimo para hacer la conexión a tierra de cada motor. (Ver Tabla 250-95. Calibre mínimo de los conductores de puesta a tierra de equipos para puesta a tierra de canalizaciones y equipos.).

Para hacer la conexión de tierra entre cada motor y el CCM se implementara un conductor de calibre 2 AWG, el mismo que se emplea para conectar cada motor con el CCM.

.

Datos conductor	
Calibre	2 AWG
Diámetro en mm	7.48
Diámetro externo en mm	11.7
Capacidad de corriente	130 A
R Ω/km	0,682
X Ω/km	0,1299
Zeff Ω/km	0,694

Tabla 3: Datos técnicos del conductor 2 AWG
Datos adquiridos del catálogo conductores 2016 del fabricante Centelsa.

5.3.BANCO DE DUCTOS.

Para la instalación de los conductores se hace necesario la utilización de ductos, los cuales van desde la borna de cada motor hasta el CCM, esta tubería ira enterrada bajo el piso de la estación de bombeo y debe cumplir con lo exigido por la norma NTC-2050 sección 347.2.9.

Características Ducto PVC Conduit.	
Tamaño en Pulgadas	3
Diámetro interno en mm	88,9
Diámetro externo en mm	83,3
Fabricante	PAVCO

Tabla 4: Características Ducto PVC Conduit.
Fuente: Catalogo Pavco Tubería PVC Conduit Eléctrica y Telefónica.

Para determinar el factor de ocupación de los conductores dentro de la tubería de 3 pulgadas en pvc conduit que se instaló para el cableado de los motores hasta el CCM. Se implementa la ecuación 5 Factor de Ocupación del Ducto.

$$FOD = \frac{\# \, CT * ATC}{ATD} * 100. \qquad (5).$$

Dónde:

#CT: es el número total de conductores por ducto.

ATC es el área trasversal del conductor.

ATD es el área trasversal del ducto.

Para poder determinar el factor de ocupación del ducto, se debe determinar el valor del área trasversal del conductor, Ecuación 6.

$$ATC = \frac{\pi}{4} * (DEC)^2. \qquad (6).$$

Donde DEC es el diámetro exterior del conductor.

El valor del área transversal del conductor es:

$$ATC = \frac{\pi}{4} * (11.7 * 10^{-3} m)^2 = 0.1936\ mm^2$$

Para determinar el valor del área transversal del ducto se usa la Ecuación 7.

$$ATD = \frac{\pi}{4} * (DID)^2. \qquad (7).$$

Donde DID es el diámetro interior del ducto.

El valor obtenido de la ecuación 7 es:

$$ATD = \frac{\pi}{4} * (83.3 * 10^{-3} m)^2 = 5.45\, mm^2$$

Sustituyendo los valores de ATC de la Ecuación 6 y ATD de la ecuación 7 en la ecuación 6 se obtiene.

$$FOD = \frac{7 * 0.10936}{5.45} * 100\% = 14.95\%$$

El número de conductores en cada ducto es de 7, distribuidos así: 2 por fase y 1 para la conexión a tierra.

El factor de ocupación del ducto de 3 pulgadas pvc conduit utilizado que fue utilizado para la canalización de los conductores que van desde cada borna de los motores hasta el CCM es de 14.95%.

5.4.CALCULO DEL ALIMENTADOR PARA EL CENTRO DE CONTROL DE MOTORES (CCM).

Para calcular el calibre del conductor que conectara el tablero de distribución con el CCM, se debe seguir lo estipulado en la sección 430. Artículos 92 al 98 de la NTC – 2050. Donde se expresa los procedimientos para calcular el alimentador para varias cargas de motores. Siguiendo lo estipulado en los artículos, se establece la corriente a plena carga de cada uno de los motores y adicionalmente, esta se encuentra relacionada en la placa característica de cada motor. Adicionalmente se debe determinar la corriente que demanda cada banco de condensadores instalados previamente dentro del CCM para ejercer compensación reactiva de manera individual a cada motor.

La corriente a plena carga de cada motor es 268.2 Amperios (ver tabla 2: Características nominales del motor). La corriente demandada por cada banco de condensadores se determina a través de la Ecuación 8.

$$Ibc = \frac{Qc}{\sqrt{3} * Vl} \qquad (8).$$

Dónde:

Ibc= corriente en Amperios demandada por el banco de condensadores.

Qc: es la potencia nominal del banco de condensadores en KVAR.

VL= tensión de línea expresada en Voltios.

El banco de condensadores para compensar la potencia reactiva demandada por cada motor tiene las características que se mencionan en la Tabla 5.

Banco de Condensadores	
Tensión nominal V.	440
Potencia nominal KVAR.	54
Frecuencia Hz.	60

Tabla 5: Características del Banco De Condensadores.
Fuente: Catalogo EasyCan, Schneider Electric.

El valor de la corriente demandada por cada banco de condensadores es:

$$Ibc = \frac{54000\ [VAR]}{\sqrt{3} * 440\ [V]} = 70.86\ [\ A].$$

La corriente total demandada por los tres bancos de condensadores es 212.6 Amperios. Y la corriente total demandada por los tres motores es de 804.6 Amperios.

De acuerdo con lo que estipula en la NTC 2050 sección 430.24. Se debe sumar todas las corrientes demandadas más el 25% de la corriente demandada del motor de mayor potencia. Por lo anterior la corriente para determinar el calibre del alimentador del CCM es de 1084.25 Amperios. Con este valor de corriente se establecerá el conductor o los conductores adecuados para conectar el CCM con barraje del tablero de distribución.

En los valores consignados en la Tabla 310-16 de la NTC – 2050. No hay ningún conductor que soporte 1084.25 Amperios, el calibre que cuenta con mayor capacidad de corriente es el 2000 KCML que tiene una capacidad nominal de 665 Amperios.

Teniendo en cuenta esto, se pueden utilizar dos conductores por fase de calibre 1000 KCMIL que tiene una capacidad nominal de 545 Amperios, usando los dos conductores por fase esta capacidad seria de 1090 Amperios. El conductor de calibre 1000 KCMIL tiene un costo elevado por su tamaño y esto también dificulta su maniobrabilidad.

Otra alternativa es usar cuatro conductores por fase, del calibre 300 KCMIL cuya capacidad nominal es de 285 amperios, lo cual daría como resultado una capacidad total por cada fase de 1140 Amperios.

5.5.CALCULO DE REGULACIÓN DE TENSIÓN.

Para determinar cuanta tensión cae en los conductores de los motores, se usa la Ecuación 8.

$$\Delta\% = \frac{Zeff * In * long * 100}{VL * 1000} \qquad (8).$$

Dónde:

Zeff= es la impedancia eficaz del conductor.

Long = es la longitud total del alimentador en metros.

In = es la corriente neta de entrada.

VL: es la tensión nominal de red.

La impedancia eficaz del conductor se encuentra en la Tabla 3. Se divide en dos ya que dos es el número de conductores que se usaron por fase en cada motor.

La caída de tensión se calcula para el motor más distante del CCM, que entre mayor se la distancia, mayor será la impedancia eficaz del conductor. Por tanto la caída de tensión tiende a ser mayor.

El motor más alejado del CCM es la unidad tres con una distancia de 13.30 mts.

$$\Delta\% = \frac{\left(\frac{0.694}{2}\right) * 234.2 * 13.30 * 100}{440 * 1000} = 0.246.$$

El valor porcentual de caída de tensión en el motor más alejado del CCM, es de 0.25%.

5.6.CÁLCULO DE CONSUMO DE ENERGÍA REACTIVA.

Para determinar el consumo de energía reactiva de la estación de bombeo, se analizara el consumo de energía reactiva por cada motor. Para ello se requiere conocer la potencia aparente (S) demandada por un motor. Este cálculo se hace mediante la ecuación 10.

$$S = \frac{P}{FP} \qquad (10).$$

Dónde:

S: Potencia Aparente.

P: Potencia Activa.

FP: Factor de Potencia.

Por tanto, el valor de potencia aparente de cada motor es:

$$S = \frac{149.200\ [KW]}{0.85} = 175.529\ [KVA].$$

Para determinar el valor de la potencia reactiva que demanda cada motor, se usa el triángulo de potencias. Figura3.

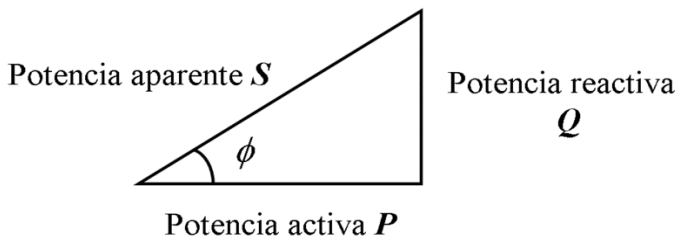


Figura 3: Triángulo de Potencias.

Al aplicar el teorema de Pitágoras, al triangulo descrito en la Figura 1, se puede determinar una ecuación para hallar la potencia reactiva. Ecuación 11.

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} \qquad (11).$$

El valor de potencia reactiva demandada por cada motor es:

$$Q = \sqrt{(175529)^2 - (149200)^2} = 92.465\ [KVAR].$$

Una unidad de bombeo demandaría 92.465 KVAR, por cada hora de funcionamiento.

Con el banco de condensadores que está instalado dentro del CCM, a cada motor se le hará una compensación reactiva de 54 KVAR, por cada hora de funcionamiento.

6. RED DE ILUMINACIÓN.

En la estación de bombeo del acueducto de Madrid Cundinamarca cuenta con una red de 120 V para iluminación, está la integran un total de 4 lámparas suspendidas (ver figura 1). Cada lámpara está compuesta con dos luminarias de la marca Silvanya, estas luminarias son de tipo tubo T8, fluorescentes de 2600 lúmenes cada una para un total por lámpara de 5200. Cada luminaria consume una potencia de 32 W, para un total de 64 W por lámpara. Las lámparas cuentan con un circuito compartido controlado por un interruptor de una sola vía para el apagado y encendido de las lámparas. Adicionalmente este circuito cuenta con una protección termo magnética de 20 Amperios ubicada en una caja metálica de dos circuitos, que se encuentra instalada dentro de una de las paredes cercana a la puerta principal de la estación de bombeo. La red está compuesta por conductores tipo THHW de calibre 12, estos conductores se encuentran dispuestos en una tubería de tipo EMT Conduit de ½ pulgada de diámetro. La red de ductos se encuentra a la vista con anclaje tipo chazo y sujetadores en aluminio. (Ver Plano 4).

6.1. Condiciones técnicas de la red de iluminación.

La estación de bombeo cuenta con un área de 72 m^2, 18 de largo x 4 de ancho y con una altura de 2.30 m. el techo es de color gris y está fabricado en teja de fibrocemento. Las paredes son en ladrillo de color café oscuro esmaltado y el suelo es de concreto. Las luminarias presentan gran deterioro causado por la corrosión al igual que la red de ductos que compone el sistema de iluminación. Además solo hay tres lámparas en funcionamiento. La cuarta no cuenta con luminarias, por tanto no está en funcionamiento.

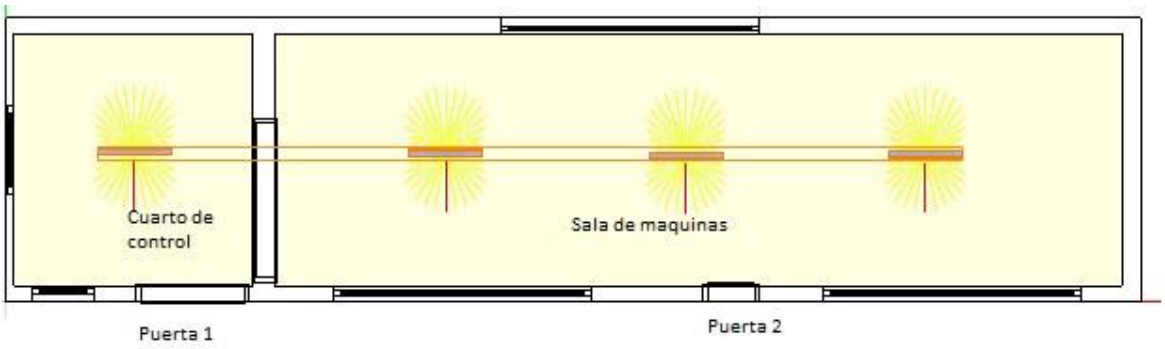


Figura 1: Disposición de Luminarias Dentro de la Estación de Bombeo.

Luminaria Fluorescente	
Tamaño	T8
Lúmenes	2600
Potencia [W]	32
Temperatura de color	4000 K
Composición	Gas de Mercurio

Tabla 6: Datos técnicos Luminaria Fluorescente.
Fuente: Catalogo Luminarias Silvanya.

Los requerimientos luminotécnicos para una instalación como la de la estación de bombeo son descritos en la sección 2-15-4 y 2-15-5 de la norma europea UNE-EN-12464-1 de 2003. 500 lm para el cuarto de control y 200 lm la sala de máquinas. El procedimiento que se aplicar para determinar si las luminarias que están instaladas cuentan con el flujo luminoso adecuado para la estación de bombeo, es el método de los lúmenes. La Ecuación 1 brinda el valor del flujo lumínico total que requiere un espacio de trabajo.

$$\emptyset T = \frac{Em * A}{Cu * Cm} \qquad (12).$$

Dónde:

Em = nivel de iluminación medio (en LUX)

Φ T = flujo luminoso que un determinado local o zona necesita (en LÚMENES)

S = superficie a iluminar (en m^2).

Cu = Coeficiente de utilización. Es la relación entre el flujo luminoso recibido por un cuerpo y el flujo emitido por la fuente luminosa. Lo proporciona el fabricante de la luminaria.

Cm = Coeficiente de mantenimiento. Es el cociente que indica el grado de conservación de una luminaria.

Los valores de reflectancia de cada una de las texturas y colores que hacen parte de la estación de bombeo son mostrados en la Tabla 6.

valores de reflectancia de la estación de bombeo			
	Material	Color	% Reflectancia
Techo	Cemento	Gris claro	73
Paredes	Ladrillo	Café oscuro	15-25
Piso	Concreto	Gris oscuro	40

Tabla 7: Valores de Reflectancias para Colores y Texturas.
Fuente: RETILAB, Tabla 430.2.2 b. Valores de Reflectancia (Aproximada) en %, para colores y texturas.

En la Tabla 430.2.3 b. Factores de Corrección cuando la Reflectancia efectiva de Piso difiere del 20% del RETILAB están tabulados los Coeficientes de utilización, adicionalmente se debe

calcular el factor K, que depende de la geometría del recinto. Se hace por medio de la Ecuación 10.

$$K = \frac{a * b}{h(a + b)} \qquad (13).$$

Dónde:

a: ancho del recinto.

b: largo del recinto.

h: altura del techo del recinto.

Como la estación de bombeo se compone de dos recintos que se ubican en una misma edificación, se deben determinar el valor respectivo de K para cada espacio.

El factor para el cuarto de control es:

$$K = \frac{4 * 4}{2.30(4 + 4)} = 0.87$$

Y para el cuarto de bombas es:

$$K = \frac{4 * 14}{2.30(4 + 14)} = 1..35$$

De acuerdo a los valores de K para cada recinto, los valores de reflectancia son: cuarto de control Cu= 0.945 y para la sala de motores Cu= 0.963.

El valor de FM sugerido por la CIE (Comisión Internacional de Iluminación), es de 0.57, teniendo en factores como humedad, exposición al polvo y el bajo nivel de mantenimiento al que son sometidas las luminarias en la estación de bombeo.

Para calcular el flujo luminoso total requerido en las instalaciones de la estación de bombeo se usara la ecuación 1.

Para el recinto de control:

$$\emptyset T = \frac{500 * 4 * 4}{0.945 * 0.57} = 14852\ [lm]$$

Y el flujo luminoso total requerido para la sala de bombas:

$$\emptyset T = \frac{200 * 14 * 4}{0.963 * 0.57} = 20404\ [lm]$$

Los valores de 14852 lm y 20404 son los necesarios para iluminar el cuarto de control y la sala de bombas respectivamente.

7. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Con la sustitución de las tres bombas y los tres motores, que integran la estación de bombeo para el tanque Casablanca, se pasó de una capacidad de bombeo de 90L/s. A 288 L/s de capacidad efectiva instalada. Lo que arroja como resultado un incremento en un 220% del caudal que se le puede bombear al tanque Casablanca.

Para alimentar el CCM del el tablero de distribución se planteó la alternativa de usar 2 conductores por fase de calibre 1000KCMIL o 4 conductores de calibre 300 KCMIL. Este último conductor, es de un tamaño más reducido, lo cual facilita su maniobrabilidad y reduce los costos del conductor. El conductor de calibre 1000 KCMIL tiene un costo elevado, y su tamaño dificulta su maniobrabilidad.

Para la alimentación de los circuitos ramales de cada motor se determinó, que es mucho más eficiente usar dos conductores para cada fase de calibre 2 AWG que en conjunto tienen una capacidad de corriente de 260 Amperios. En lugar de un solo conductor por fase de calibre 4/0 AWG, que tiene la misma capacidad de corriente de 260 amperios.

El calibre 2 AWG cuenta con menor resistencia eléctrica, por tanto el valor de la caída de tensión para los circuitos ramales de cada motor no supera el 0.25%, este valor está por debajo del máximo permitido en la NTC-2050, y el RETIE que es del 5%.

Al integrar un sistema de banco de condensadores para realizar compensación individual de reactivos a cada motor, se está pasando de consumir 92.465 KVAR/h a 38.465 KVAR/h, lo cual reduce la energía reactiva en un 58.4 % demanda por cada motor durante sus periodos de funcionamiento.

Con la los niveles de flujo luminoso que se establecieron por medio del método de lo lúmenes, se puso en evidencia que las luminarias que se encontraban instaladas en la estación de bombeo no cumplían con los niveles exigidos por el RETILAP en la sección 420, para el cuarto de control el flujo luminoso que se le proporcionaba era de 5200 lm con una sola lámpara fluorescente, cuando el cuarto de control requiere de un flujo luminoso de 14852 lm, para suplir el flujo luminoso del cuarto de control, se instalaran 2 reflectores led de tipo industrial, cada uno con un flujo luminoso de 7800 lm, para un total de 15600 lm instalados en el cuarto de control.

Para la sala de bombas el flujo luminoso requerido es de 20404 lm. Con las lámparas que estaba en instaladas, se le proporcionaba un flujo de 15600 lm, por medio de tres lámparas. Para suplir el flujo luminoso necesario en la sala de bombas se instalaran tres reflectores tipo led para uso industrial, cada reflector posee un flujo luminoso de 7800 lm, por lo cual el flujo total suministrado será de 23400 estos valores cubren las necesidades lumínicas de la estación de bombeo. Y la normatividad establecida en el RETILAP y la NTC-2050.

8. EVALUACIÓN Y CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS.

De acuerdo con el análisis de los resultados alcanzados del proyecto, y con la información recolectada acerca del estado previo, en que se encontró las instalaciones y equipos pertenecientes a la estación de bombeo para el tanque Casablanca, es correcto afirmar que:

1- Al realizar el remplazo del conjunto motor-bomba, se realizó una evidente mejora física y técnica, al sistema de bombeo de agua para el tanque Casablanca. Implementando dos conjuntos Motor- bomba, totalmente nuevos y un sistema compuesto con una bomba nueva y un motor reparado. se aumentando la capacidad instalada para efectuar el bombeo de agua hacia el tanque.

2- Con el uso de un Centro de Control De Motores (CCM), se modernizo el sistema de arranque y operación del motor, correspondiente a cada una de las bombas. Pasando de un sistema de arranque Yee- Delta. A un sistema de arranque electrónico mediante un arrancador suave para cada motor. Adicionalmente se le efectuó compensación reactiva de tipo individual a cada motor. (anterior mente no se contaba con banco de condensadores para regular reactivos inductivos.).

3- Con la elección y cambio del tipo de iluminación. Se pasó de lámparas con tubos fluorescentes suspendidas. A reflectores industriales tipo led de fijación vertical. Con esto se puede evidenciar una mejora de nivel técnico en cuanto a calidad lumínica de las instalaciones de la estación de bombeo.

4- De acuerdo con lo planteado se alcanzó a realizar una evidente mejora técnica y física de motores, bombas, mando e iluminación perteneciente al sistema de bombeo del tanque Casablanca en el municipio de Madrid Cundinamarca.

9. CONCLUSIONES.

Con la culminación de las labores de adecuación y mejora del sistema de bombeo para el tanque Casablanca se puede concluir lo siguiente:

Al hacer la mejora de las condiciones físicas y técnicas del sistema de bombeo, se aumentó la capacidad de suministro de agua al tanque Casablanca, beneficiando a los actuales y a los futuros residentes del municipio que podrán contar con un servicio ininterrumpido de agua potable.

En este proyecto se pusieron en práctica conceptos técnicos que involucran el uso y la aplicación de normas técnicas, tales como NTC- 2050, RETIE y RETILAP. Adicionalmente se aplicaron conceptos prácticos y académicos acerca del funcionamiento y operación de motores de inducción jaula de ardilla e instalaciones eléctricas en baja tensión para uso industrial y de iluminación.

Con la implementación de los tres motores de 200 Hp, se recomienda hacer un cambio en la unidad de transformación principal, actualmente cuenta con 500 KVA. Y la potencia aparente de los tres nuevos motores es de 526.6 KVA. Lo cual indica que el transformador actual no cuenta con la potencia necesaria para satisfacer esta demanda. Cabe mencionar que esta unidad proporciona potencia adicionalmente a Oficinas, planta de tratamiento, iluminación interior y a dos motores de 175 y 75 HP.

La potencia que debe tener el nuevo centro de transformación debe tener una potencia de mínimo 800 KVA, pero se recomienda realizar una evaluación de nivel técnico y estructural que involucre por completo la red eléctrica (potencia demandada, protecciones, tableros de

acometida, y de distribución, conductores etc.). Con el objetivo de adecuar la instalación para el uso que se le da a nivel eléctrico.

10. LISTA DE TABLAS Y FIGURAS.

Lista de tablas

Tabla 1: Características de la Bomba.

Tabla 2: Características nominales de Motor.

Tabla 3: Datos técnicos del conductor 2 AWG.

Tabla 4: Características Ducto PVC Conduit.

Tabla 5: Características del Banco De Condensadores.

Tabla 6: Datos técnicos Luminaria Fluorescente.

Tabla7: Valores de Reflectancias para Colores y Texturas.

Tabla 250-95. Calibre mínimo de los conductores de puesta a tierra de equipos para puesta a tierra de canalizaciones y equipos

Tabla 310-16 Capacidad de corriente permisible en conductores aislados para 0 a 2000 V nominales y 60°C a 90°C. NTC – 2050.

Tabla 430.2.2 b. Valores de Reflectancia (aproximada) en %, para colores y texturas.

Lista de figuras.

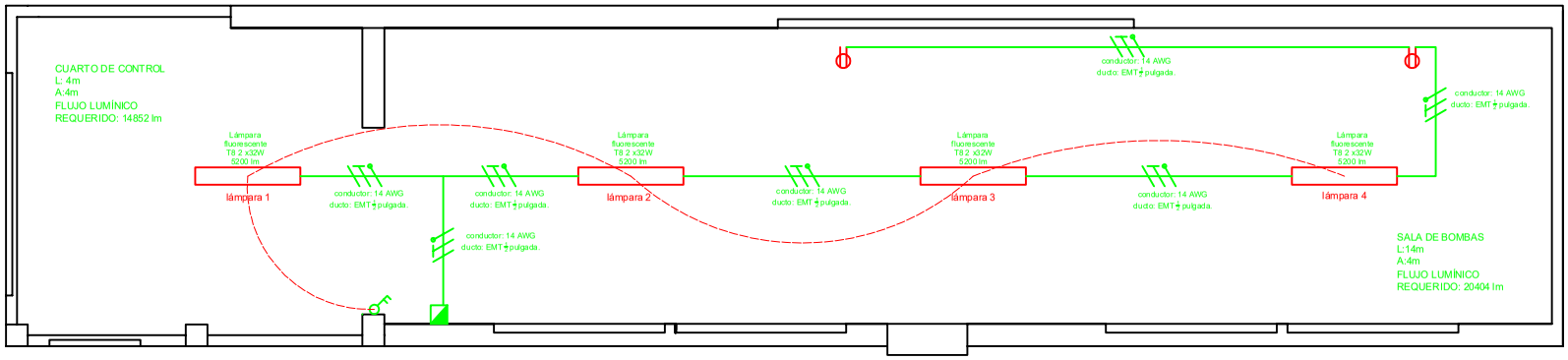
Figura1: Esquema de operación tanque Casablanca.

Figura 2: Triángulo de Potencias.

Figura 3: Disposición de Luminarias Dentro de la Estación de Bombeo.

11. BIBLIOGRAFÍA.

1. Sadiku, M.N., Alexander, C.K., 2006, *Fundamentos de Circuitos Eléctricos*, 3ra Ed., México D.F., MC GRAW HILL IMTERAMERICANA DE EDITORES
2. Hayt, W.H., Kemmerly J.E., 2007, *Análisis de Circuitos en Ingeniería*, 7ma Educación., México D.F., MC GRAW HILL IMTERAMERICANA DE EDITORES.
3. Ministerio de Minas y Energía República de Colombia, (30-09-2013), *Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE*, resolución n9 0708. El ministerio.
4. Ministerio de Minas y Energía República de Colombia (08-02-2016), *Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público RETILAP*, resolución 40123, El Ministerio.
5. Electrificadora de Santander S.A., (2010), *Norma Técnica ESSA Normas para el Cálculo y Diseño de Sistemas de Distribución*, ESSA.
6. *Norma Técnica para la Iluminación de Interiores*, UNE EN 12464-1 (08-2003), AENOR.
7. NATIONAL ELECTRICAL CODE (2003),*Nec Article 430 Motors, motor Circuits and Controls* NFPA.
8. Código eléctrico colombiano (1998), *Norma Técnica Colombiana NTC- 2050*, Icontec.
9. Lazlo, C., Manual de Iluminación para Interiores., n.d.
10. Castillo, N.C., Blanca, V.G., Martínez, A.A., Pastos, R.M., (1995), *Luminotecnia: Cálculo según el Método de los Lúmenes*, ETS Arquitectura.



simbología

- lámpara fluorescente
- red eléctrica de baja tensión 120 V.
- tomacorriente monofásico
- interruptor doble
- caja de para dos circuitos monofásica.
- conductor de fase
- conductor de tierra
- conductor de neutro

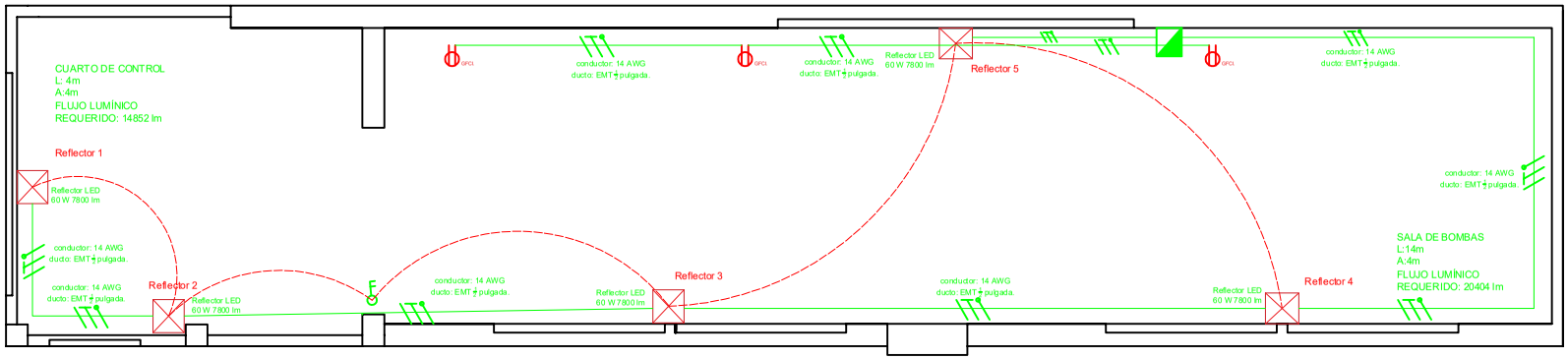
Notas:

1-ducto no especificado: tuberia conduit EMT 1/2 Pulgada.
2-conductor no especificado: #14 AWG.
3-luminaria no especificada: lámpara fluorescente, 2x32 W, 5200 lm.

Descripción:

Diagrama inicial de la red eléctrica para la iluminación de la estación de bombeo.

Nombre Del Proyecto	Empresa Ejecutora:	Ubicación del Proyecto:		Elaborado Por:
	Electro Hidráulica S.A.	Madrid, Cundinamarca.		
Adecuación De La Estación de Bombeo de Madrid	Empresa Beneficiaria: Empresa de Acueducto Alcantarillado Aseo Madrid.	Escala. metros	Plano N°: 1 de 6	Nelson Javier González Sotelo



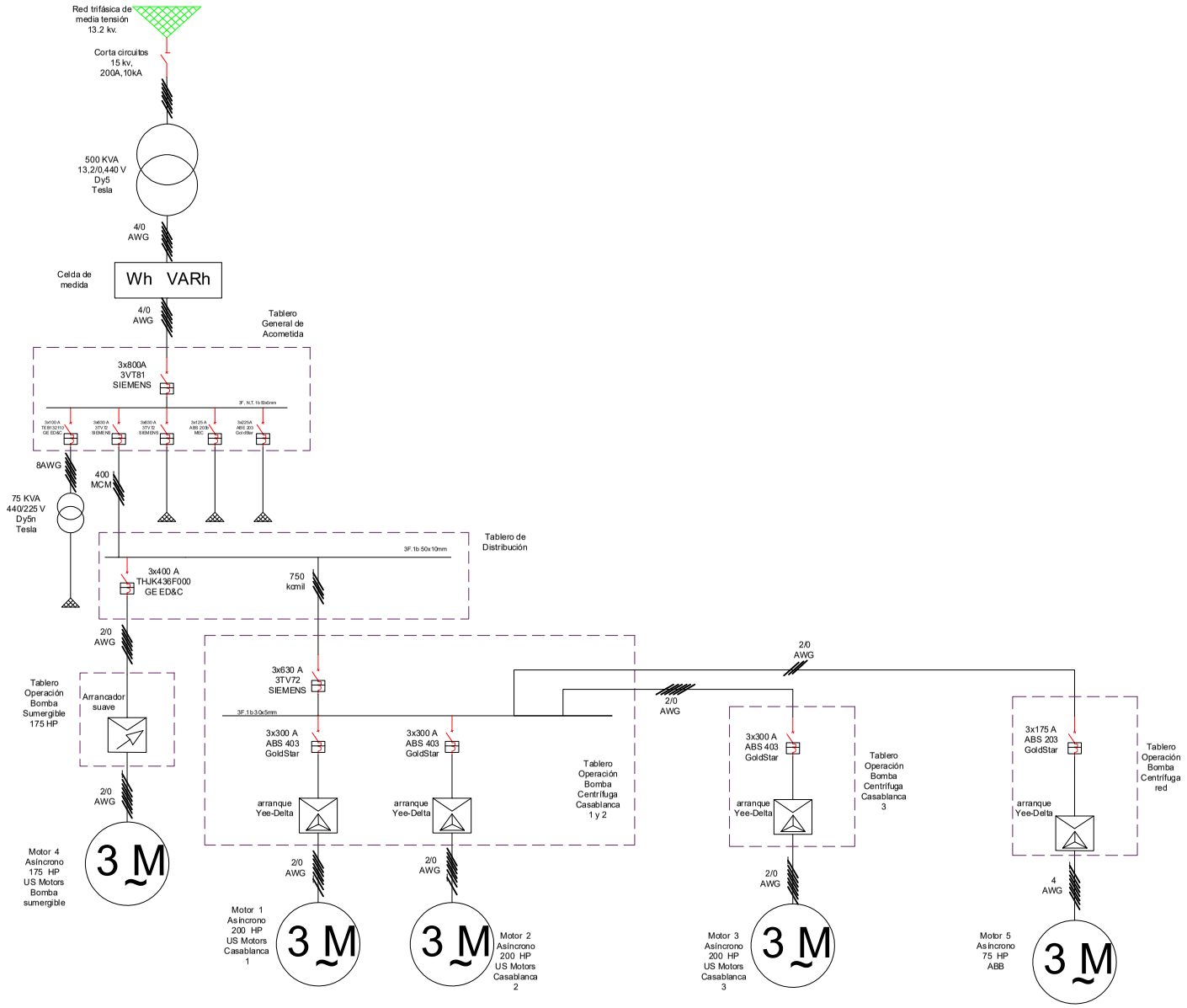
simbología

- Reflector LED
- red eléctrica de baja tensión 120 V.
- tomacorriente monofásico GFCI
- interruptor doble
- caja de para dos circuitos monofásica.
- conductor de fase
- conductor de tierra
- conductor de neutro

Notas:

1-ducto no especificado: tuberia conduit EMT 1/2 Pulgada.
2-conductor no especificado: #14 AWG.
3-luminaria no especificada: lámpara fluorescente, 2x32 W, 5200 lm.

Nombre Del Proyecto	Empresa Ejecutora:	Ubicación del Proyecto:		Elaborado Por:
	Electro Hidráulica S.A.	Madrid, Cundinamarca.		
Adecuación De La Estación de Bombeo de Madrid	Empresa Beneficiaria: Empresa de Acueducto Alcantarillado Aseo Madrid.	Escala. metros	Plano N°: 2 de 6	Nelson Javier González Sotelo



simbología

- Carga
- Interruptor termomagnético
- Arrancador suave
- Arrancador Yee-Delta
- Motor asíncrono trifásico
- Red trifasica
- conductor de fase
- conductor de tierra
- conductor de neutro
- Equivalente de red
- Wh VARh — Instrumento para la medida de energía

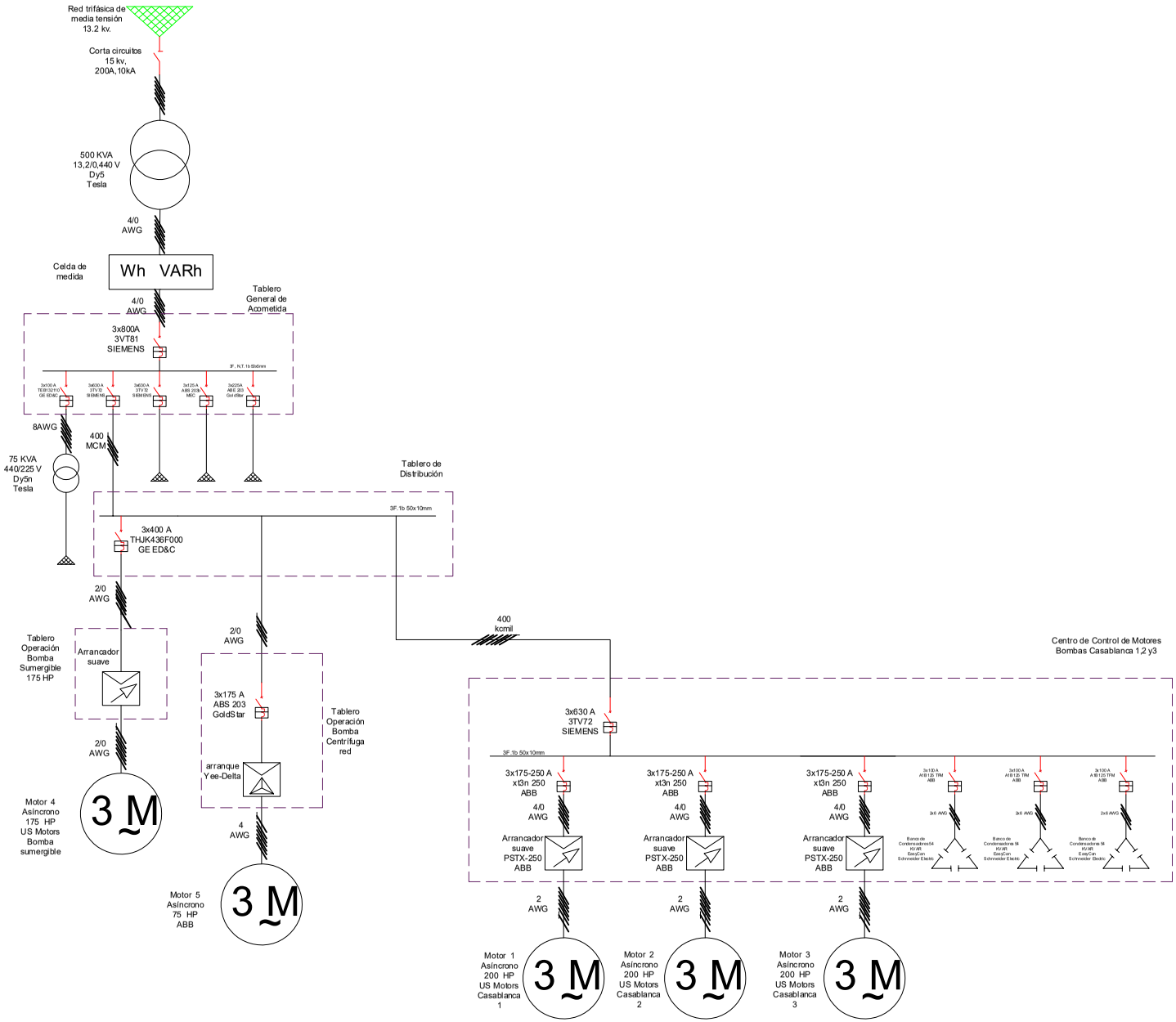
Notas:

1-Red no especificada: Red trifásica tetrafilar con tierra.
2-conductor no neutro no esta presente.

Descripción:

Diagrama unifilar inicial, previo a la modernización y adecuación de la estación de bombeo.

Nombre Del Proyecto	Empresa Ejecutora:	Ubicación del Proyecto:		Elaborado Por:
	Electro Hidráulica S.A.	Madrid, Cundinamarca.		
Adecuación De La Estación de Bombeo de Madrid	Empresa Beneficiaria: Empresa de Acueducto Alcantarillado Aseo Madrid.	Escala. metros	Plano N°: 3 de 6	Nelson Javier González Sotelo



simbología

- Carga
- Interruptor termomagnético
- Arrancador suave
- Arrancador Yee-Delta
- Motor asíncrono trifásico
- Red trifasica
- conductor de fase
- conductor de tierra
- conductor de neutro
- Equivalente de red
- Banco de Condensadores
- Instrumento para la medida de energía

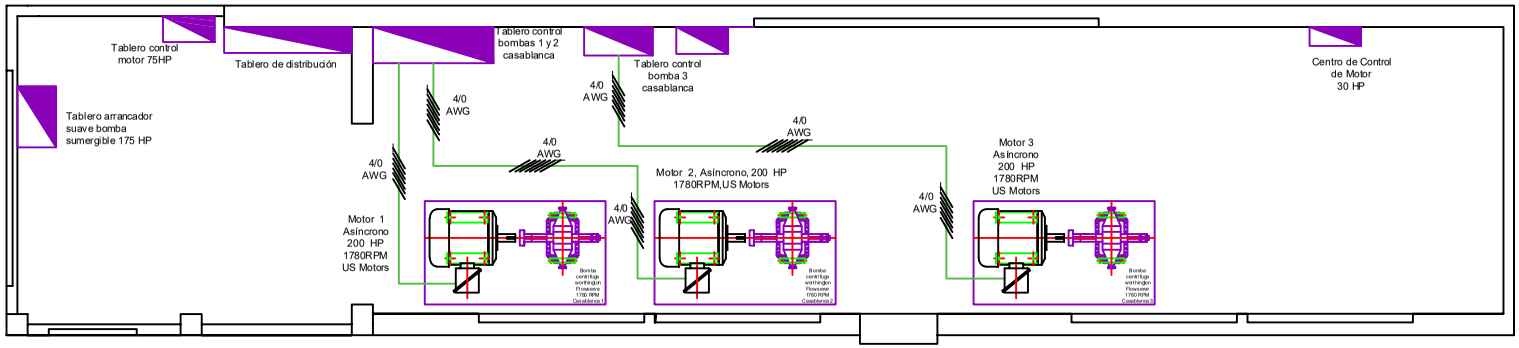
Notas:

1-Red no especificada: Red trifásica tetrafilar con tierra.
2-conductor no neutro no esta presente.
3-tipo de conexión de motor. Delta - Delta.

Descripción:

Diagrama unifilar final de la estación de bombeo. incluye: centro de control de motores nuevo y banco de condensadores.

Nombre Del Proyecto	Empresa Ejecutora:	Ubicación del Proyecto:		Elaborado Por:
	Electro Hidráulica S.A.	Madrid, Cundinamarca.		
Adecuación De La Estación de Bombeo de Madrid	Empresa Beneficiaria: Empresa de Acueducto Alcantarillado Aseo Madrid.	Escala. metros	Plano N°: 4 de 6	Nelson Javier González Sotelo



simbología

- Tablero eléctrico
- Bomba centrífuga
- Motor asíncrono trifásico
- Red trifasica
- conductor de fase
- conductor de tierra
- conductor de neutro

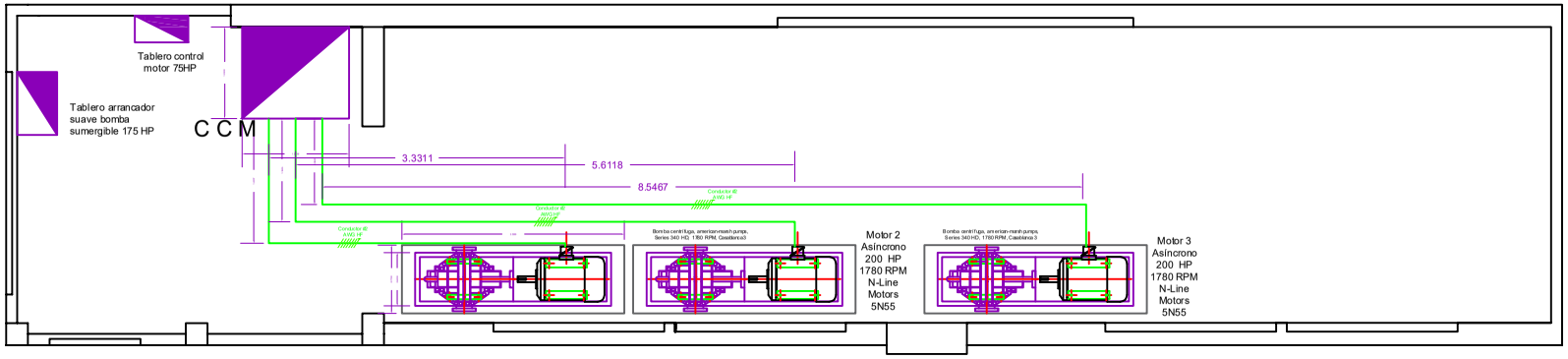
Notas:

1-Ducto no especificado: tubería conduit pvc, 3 pulgadas.

Descripción:

Diagrama inicial de la disposición y orientación de los motores, bombas centrífugas y tableros en la estación de bombeo.

Nombre Del Proyecto	Empresa Ejecutora:	Ubicación del Proyecto:		Elaborado Por:
	Electro Hidráulica S.A.	Madrid, Cundinamarca.		
Adecuación De La Estación de Bombeo de Madrid	Empresa Beneficiaria: Empresa de Acueducto Alcantarillado Aseo Madrid.	Escala. metros	Plano N°: 5 de 6	Nelson Javier González Sotelo



simbología

- Tablero eléctrico
- Bomba centrífuga
- Motor asíncrono trifásico
- Red trifasica
- conductor de fase
- conductor de tierra
- conductor de neutro

Notas:

1-motor no especificado:Motor Asíncrono, 200 HP, 1780 RPM, N-Line Motors, 5N55.
2-Bomba no especificada:Bomba centrífuga, american-marsh pumps, Series 340 HD, 1780 RPM.
3-Ducto no especificado: tubería conduit pvc, 3 pulgadas.

Descripción:

Diagrama final de la disposición y orientación de los motores, bombas centrífugas y tableros en la estación de bombeo.

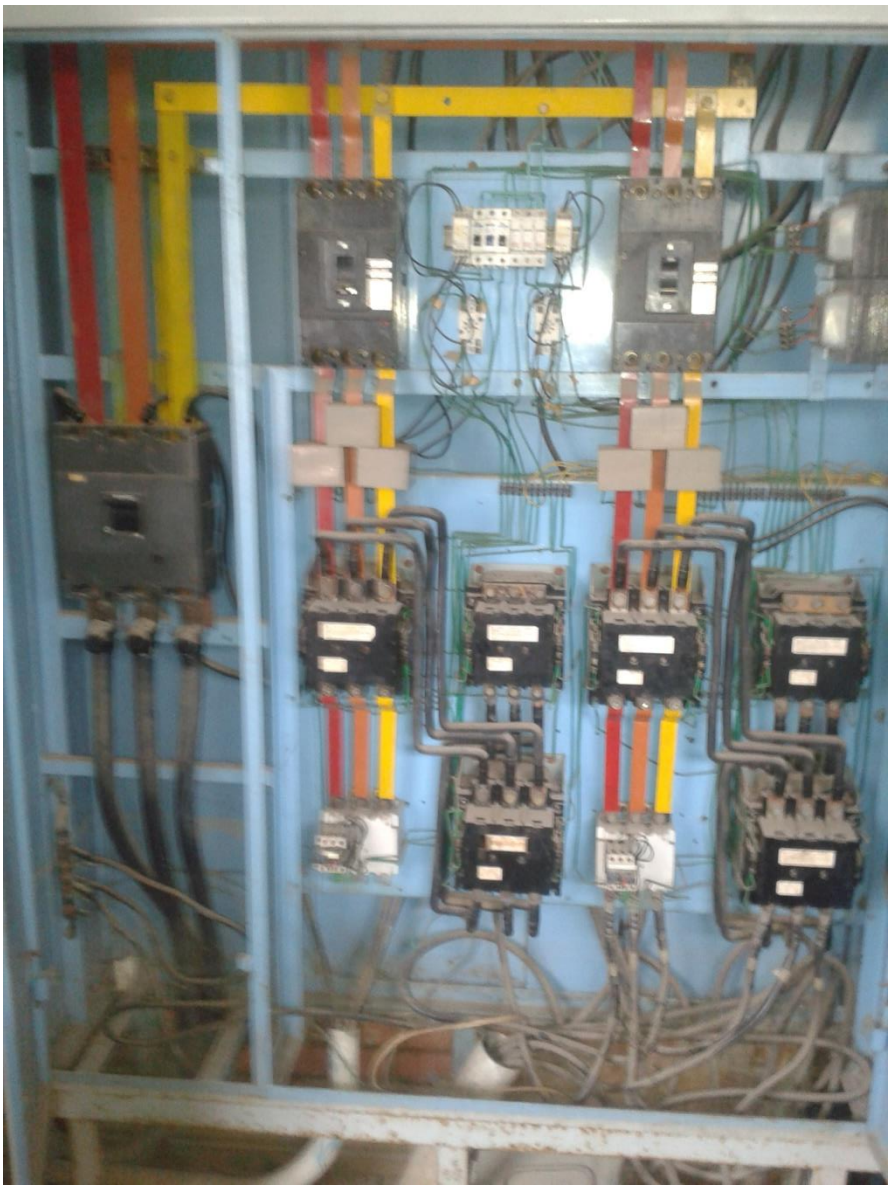
Nombre Del Proyecto	Empresa Ejecutora:	Ubicación del Proyecto:		Elaborado Por:
	Electro Hidráulica S.A.	Madrid, Cundinamarca.		
Adecuación De La Estación de Bombeo de Madrid	Empresa Beneficiaria: Empresa de Acueducto Alcantarillado Aseo Madrid.	Escala. metros	Plano N°: 6 de 6	Nelson Javier González Sotelo

13. ANEXOS.

13.1 Registro fotográfico 1: Bombas y motores antiguos.

13.2. Registro fotográfico 2: Tablero de distribución

13.3. Registro fotográfico 3: Tablero control bomba 1 y 2.



13.4. Registro fotográfico 4: Tablero control bomba 3.

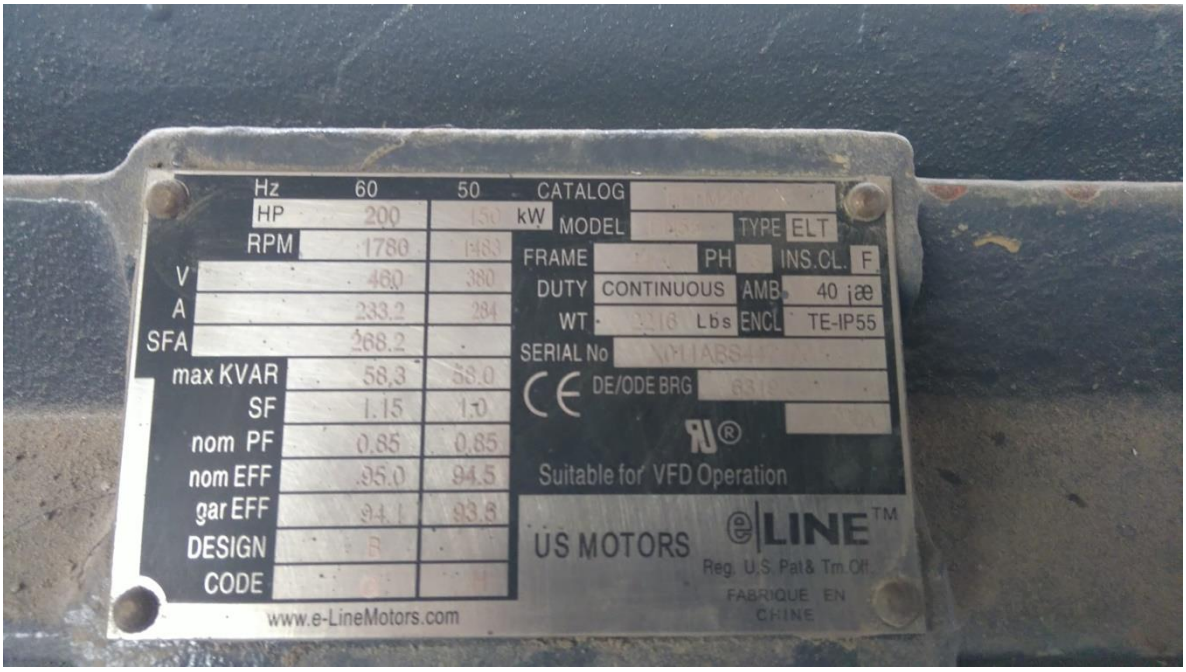
13.5. Registro fotográfico 5: Red de iluminación.

13.6. Registro fotográfico 6: Centro de control de motores CCM.

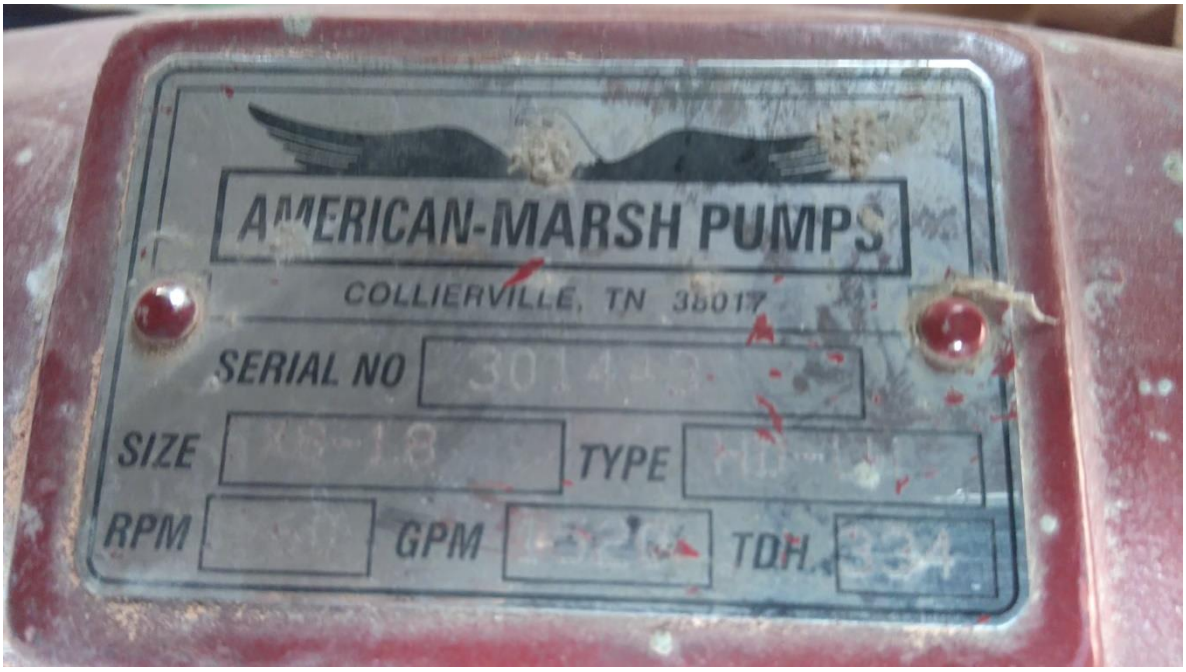
13.7. Registro fotografico 7: Motor y bomba 1 nuevos.

13.8. Registro fotografico 8: Placa característica de motor antiguo.

13.9. Registro fotografico 9: Placa característica motor nuevo.



13.10. Registro fotografico 10: Placa característica bomba nueva.



13.11. Registro fotografico 11: Placa característica bomba antigua.

GR - 104732

CONSTANCIA DE PRÁCTICAS PROFESIONALES

ELECTRO HIDRAULICA S.A. Nit. 860.513.276-8, otorga la presente constancia de prácticas profesionales a:

NELSON JAVIER GONZALEZ SOTELO
CC. 1.030.552.330 de Bogotá.

Estudiante de la Facultad de Tecnología en Electricidad de la **UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS** con **Nit. 899.999.230-7** quien ha realizado sus prácticas Pre-*profesionales tendientes a la obtención del título de Profesional Tecnólogo en Electricidad, bajo mi* supervisión.

Desde el Once (11) de Abril de 2016 hasta el Veinte (20) Mayo de 2016, cumpliendo el horario de 8:00 a.m. a 5:00 p.m., para un total de Doscientas treinta y dos (232) horas.

El señor Nelson Javier Gonzalez Sotelo realizó sus prácticas dentro del desarrollo del Proyecto Suministro e Instalación de un sistema de Impulsión y Mejoramiento de Presión en el Acueducto de Madrid Cund., a completa satisfacción y mostró en todo momento eficiencia, puntualidad, responsabilidad y buena formación académica. Adjuntamos dos formatos de evaluación diligenciados por los (2) ingenieros Tutores que estuvieron a cargo: **Ing. Carlos Mario Pinilla** Nota: 4.59 e ***Ing. Gustavo Adolfo Ramirez*** *Nota:* 4.35.

Se expide la presente constancia para los fines que el interesado considere conveniente. En Bogotá a los veintitrés (23) días del mes de mayo de 2016.

Atentamente,

electro hidráulica s.a.

MARCO AURELIO LOPEZ HERNANDEZ
Director de Ventas – Jefe Inmediato

electro hidráulica s.a.

FORMATO DE EVALUACIÓN DE PRACTICANTES O APRENDICES

Practicante o Aprendiz:	NELSON JAVIER GONZALES SOTELO	PROYECTO: SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE IMPULSIÓN Y MEJORAMIENTO DE PRESION ACUEDUCTO DE MADRID			
Fecha:	20 de mayo de 2016	FECHA INGRESO	11/04/2016	FECHA TERMINACIÓN	20/05/2016
Jefe Inmediato:	MARCO AURELIO LÓPEZ HERNANDEZ	TIEMPO DE PRACTICA: 232 HORAS			
Tutor 2	CARLOS MARIO PINILLA PINEDA	AREA: VENTAS			

EVALUACIÓN (El jefe o tutor debe evaluar el nivel de desarrollo del practicante o aprendiz en los aspectos que se presentan a continuación)	DESEMPEÑO	ESCALA DE MEDICIÓN 5	4	3	2	1	RECOMENDACIONES DE MEJORA (que le hace falta para tener en un nivel alto la competencia)
FORMACION	Posee los conocimientos téoricos necesarios, que permiten llevar acabo todos los objetivos definidos para el practicante o aprendiz.		x				
CONOCIMIENTO DEL TRABAJO	Aplica sus conocimientos en la ejecución de tareas y muestra interés permanente por la adquisición de información para asumir los retos de su nuevo cargo.	x					
PLANEACION Y ORGANIZACIÓN	Planea y distribuye sus actividades con base a esa planeación, el tiempo y los recursos disponibles.		x				
RESPONSABILIDAD	Sigue los procedimientos establecidos tanto en la compañía como normas técnicas para ejecución de tareas en el proyecto. Evalua los factores de riegos a los que esta expuesto al realizar una actividad.		x				
INICIATIVA Y DINAMISMO	Proactivo en su comportamiento. Genera ideas para contribuir a la realización de una activadad en un menor tiempo.	x					
	VALORES Y ACTITUD						**RECOMENDACIONES DE MEJORA (que le hace falta para tener en un nivel alto la competencia)**
ADAPTACIÓN Y SENTIDO DE PERTENENCIA	Asimila la cultura de la Compañía. Cumple las normas y el reglamento. Asume como suyos los retos y/o dificultades de la empresa y actúa para solucionarlos.	x					
HONESTIDAD Y COMPORTAMIENTO ÉTICO	Sus actuaciones diarias se basan en comportamientos honestos e integros, cumpliendo con los requisitos legales y normativos estipulados por la compañía. Construye relaciones basadas en la confianza, el respeto y la dignidad con clientes, proveedores y colegas	x					
	COMPETENCIAS						**RECOMENDACIONES DE MEJORA (que le hace falta para tener en un nivel alto la competencia)**
ORIENTACIÓN AL CLIENTE	Identifica las necesidades del cliente y lo orienta de las activades realizadas y de los posibles eventos que se puedan presentar durante el desarrollo de actividades.	x					
TRABAJO EN EQUIPO	Colabora y coopera con los demás aportando lo mejor de sus competencias al logro de resultados del equipo.	x					
CAPACIDAD DE TRABAJO BAJO PRESIÓN	Presenta habilidad para trabajar bajo condiciones adversas de tiempo o de sobrecarga de tareas, y que demanda mantener la eficiencia y no cometer más errores de lo habitual		x				
CALIDAD DEL TRABAJO	Realiza sus labores de manera oportuna y efectiva, mostrando los resultados esperados.		x				
ANALISIS Y TOMA DE DESICIONES	Presenta capacidad para analizar informacion relevante y obtener conclusiones, tomar decisiones solidas y oportunas.		x				
COMUNICACIÓN	Tiene habilidad para expresar sus deseos, defender sus derechos personales y manifestar sus necesidades respetando a los demás.		x				
SOLUCION DE PROBLEMAS	Da solución a problemas en el desarrollo de su practica	x					
No	**COMPROMISO CON EL SGI**						**RECOMENDACIONES DE MEJORA (que le hace falta para tener en un nivel alto la competencia)**
1	Cumplir con las normas de SGI establecidas para el desarrollo de sus operaciones.	x					
2	Participar activamente en cada una de las actividades del sistema de gestión	x					
3	Se evidencia el compromiso con las funciones establecidas en el perfil de cargo para los criterios del SGI	x					
OBSERVACIONES GENERALES							**ESCALA DE MEDICIÓN** 1 = Bajo 2 = Medio Bajo 3 = Medio 4 = Medio Alto 5 = Alto

Califique de 1 a 5 el desempeño del practicante o aprendiz: 4,59

La calificación final es el resultado de suma de todas las competencias evaluadas dividido por el numero de competencias)

GUSTAVO ADOLFO RAMIREZ M	CARLOS MARIO PINILLA P	MARCO AURELIO LOPEZ H	NELSON JAVIER GONZALES S
INGENIERO DE PROYECTOS	INGENIERO DE PROYECTOS	DIRECTOR DE VENTAS	PRACTICANTE
TUTOR 1	TUTOR 2	JEFE INMEDIATO	

electro hidráulica s.a.

FORMATO DE EVALUACIÓN DE PRACTICANTES O APRENDICES

Practicante o Aprendiz:	NELSON JAVIER GONZALES SOTELO	PROYECTO: SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE IMPULSIÓN Y MEJORAMIENTO DE PRESION ACUEDUCTO DE MADRID			
Fecha:	20 de mayo de 2016	FECHA INGRESO	14/04/2016	FECHA TERMINACIÓN	20/05/2016
Jefe Inmediato:	MARCO AURELIO LÓPEZ HERNANDEZ	TIEMPO DE PRACTICA: 232 HORAS			
Tutor 1	GUSTAVO ADOLFO RAMIREZ MOTTA	AREA: VENTAS			

EVALUACIÓN (El jefe o tutor debe evaluar el nivel de desarrollo del practicante o aprendiz en los aspectos que se presentan a continuación)	DESEMPEÑO	ESCALA DE MEDICIÓN 5	4	3	2	1	RECOMENDACIONES DE MEJORA (que le hace falta para tener en un nivel alto la competencia)
FORMACION	Posee los conocimientos téoricos necesarios, que permiten llevar acabo todos los objetivos definidos para el practicante o aprendiz.	X					
CONOCIMIENTO DEL TRABAJO	Aplica sus conocimientos en la ejecución de tareas y muestra interés permanente por la adquisición de información para asumir los retos de su nuevo cargo.	X					
PLANEACION Y ORGANIZACIÓN	Planea y distribuye sus actividades con base a esa planeación, el tiempo y los recursos disponibles.		X				
RESPONSABILIDAD	Sigue los procedimientos establecidos tanto en la compañía como normas técnicas para ejecución de tareas en el proyecto. Evalua los factores de riegos a los que esta expuesto al realizar una actividad.		X				
INICIATIVA Y DINAMISMO	Proactivo en su comportamiento. Genera ideas para contribuir a la realización de una activadad en un menor tiempo.	X					
	VALORES Y ACTITUD						**RECOMENDACIONES DE MEJORA (que le hace falta para tener en un nivel alto la competencia)**
ADAPTACIÓN Y SENTIDO DE PERTENENCIA	Asimila la cultura de la Compañía. Cumple las normas y el reglamento. Asume como suyos los retos y/o dificultades de la empresa y actúa para solucionarlos.	X					
HONESTIDAD Y COMPORTAMIENTO ÉTICO	Sus actuaciones diarias se basan en comportamientos honestos e integros, cumpliendo con los requisitos legales y normativos estipulados por la compañía. Construye relaciones basadas en la confianza, el respeto y la dignidad con clientes, proveedores y colegas.	X					
	COMPETENCIAS						**RECOMENDACIONES DE MEJORA (que le hace falta para tener en un nivel alto la competencia)**
ORIENTACIÓN AL CLIENTE	Identifica las necesidades del cliente y lo orienta de las activades realizadas y de los posibles eventos que se puedan presentar durante el desarrollo de actividades.		X				
TRABAJO EN EQUIPO	Colabora y coopera con los demás aportando lo mejor de sus competencias al logro de resultados del equipo.		X				
CAPACIDAD DE TRABAJO BAJO PRESIÓN	Presenta habilidad para trabajar bajo condiciones adversas de tiempo o de sobrecarga de tareas, y que demanda mantener la eficiencia y no cometer más errores de lo habitual		X				
CALIDAD DEL TRABAJO	Realiza sus labores de manera oportuna y efectiva, mostrando los resultados esperados		X				
ANALISIS Y TOMA DE DESICIONES	Presenta capacidad para analizar informacion relevante y obtener conclusiones, tomar decisiones solidas y oportunas		X				
COMUNICACIÓN	Tiene habilidad para expresar sus deseos, defender sus derechos personales y manifestar sus necesidades respetando a los demás.		X				
SOLUCION DE PROBLEMAS	Da solución a problemas en el desarrollo de su practica	X					
No	**COMPROMISO CON EL SGI**						**RECOMENDACIONES DE MEJORA (que le hace falta para tener en un nivel alto la competencia)**
1	Cumplir con las normas de SGI establecidas para el desarrollo de sus operaciones.		X				
2	Participar activamente en cade una de las actividades del sistema de gestión		X				
3	Se evidencia el compromiso con las funciones establecidas en el perfil de cargo para los criterios del SGI		X				
OBSERVACIONES GENERALES	EL PRACTICANTE PRESENTA MUCHO INTERES POR APRENDER Y TIENE MUCHA DISPOSICIÓN Y ENTREGA.						**ESCALA DE MEDICIÓN**

Califique de 1 a 5 el desempeño del practicante o aprendiz: 4,35

La calificación final es el resultado de suma de todas las competencias evaluadas dividido por el numero de competencias)

ESCALA DE MEDICIÓN

1 = Bajo
2 = Medio Bajo
3 = Medio
4 = Medio Alto
5 = Alto

GUSTAVO ADOLFO RAMIREZ M	CARLOS MARIO PINILLA P	MARCO AURELIO LOPEZ H	NELSON JAVIER GONZALES S
INGENIERO DE PROYECTOS	INGENIERO DE PROYECTOS	DIRECTOR DE VENTAS	PRACTICANTE
TUTOR 1	TUTOR 2	JEFE INMEDIATO	