

Propuesta de diseño para un sistema eléctrico en una estación de bombeo pluvial: Caso de estudio en Babahoyo

William Yugcha ¹; Diego Pichoasamin ²

^{1,2}Instituto Tecnológico Superior Rumiñahui –Carrera de Electricidad, Sangolquí – Ecuador
william.yugcha@ister.edu.ec

Resumen: En la región costera de Ecuador, el rápido desarrollo urbano, especialmente en la zona de Puerta Negra en Babahoyo, ha generado problemas relacionados con el manejo de aguas pluviales. La falta de infraestructura adecuada plantea riesgos para la salud pública e infraestructura durante periodos de fuertes lluvias. Para abordar esta situación, se propuso un estudio de planificación para el diseño eléctrico de una estación de bombeo de aguas pluviales en Puerta Negra. El estudio incluye la evaluación técnica y selección estratégica de equipos eléctricos, diseño de la red, dimensionamiento y distribución del transformador, y diseño del panel de control. Se concluyó que una opción viable es la implementación de un transformador tipo seco de 10 kVA, junto con un diseño alternativo del panel de control de la bomba. Este estudio ofrece una solución integral para mitigar los riesgos asociados con las inundaciones en la región y destaca la importancia de la planificación técnica en el desarrollo urbano.

Palabras clave: Inundaciones, Crecimiento urbano, Infraestructura, Instalaciones eléctricas, Medio voltaje.

Design proposal for an electrical system in a rainfall pumping station: case study in Babahoyo

Abstract: In the coastal region of Ecuador, rapid urban development, especially in the Puerta Negra area in Babahoyo, has generated problems related to stormwater management. The lack of adequate infrastructure poses risks to public health and infrastructure during periods of heavy rainfall. To address this situation, a planning study was proposed for the electrical design of a stormwater pumping station in Puerta Negra. The study includes the technical evaluation and strategic selection of electrical equipment, network design, transformer sizing and distribution, and control panel design. It was concluded that a viable option is the implementation of a 10 kVA dry type transformer, together with an alternative design of the pump control panel. This study offers a comprehensive solution to mitigate the risks associated with flooding in the region and highlights the importance of technical planning in urban development.

Keywords: Floods, Urban growth, Infrastructure, Electrical installations, Medium voltage.

1. INTRODUCCIÓN

La introducción de este trabajo tiene como objetivo destacar la importancia del tema, abordando la problemática de las inundaciones en el sector Puerta Negra de Babahoyo y la necesidad de una solución efectiva. Además, se discuten investigaciones previas y actuales en el campo, lo que subraya la relevancia y actualidad de este

proyecto. Se identifica el problema de las inundaciones y se explica el enfoque adoptado para resolverlo, centrándose en el diseño de una estación de bombeo de aguas lluvias con instalaciones eléctricas de medio y bajo voltaje. Este documento detalla un estudio técnico preliminar de las instalaciones eléctricas del proyecto, incluyendo la selección del punto de arranque de media tensión, el diseño de la línea de media tensión, el

dimensionamiento del transformador, el diseño de la red de baja tensión, así como el dimensionamiento y diseño de los tableros eléctricos esenciales para la operación eficiente de la bomba. Este enfoque se alinea con las normativas locales e internacionales pertinentes, como las normas A.S.T.M (American Society for Testing and Materials.) A.A.S.H.O (American Association of State Highway and Transportation Officials) asegurando la calidad y eficacia del diseño para su aplicación tanto local como internacionalmente.

El diseño eléctrico de baja y media tensión de la estación de bombeo de aguas pluviales urbanas de la ciudad de Babahoyo es fundamental para garantizar la eficiencia energética, la seguridad de los componentes eléctricos y mitigar riesgos como el incendio. El desarrollo continuo y el desarrollo urbano en Babahoyo han creado problemas importantes para la gestión de aguas pluviales, particularmente en la zona de Puerta Negra, afectando la infraestructura existente y provocando inundaciones por aguas pluviales.

Se busca establecer una base sólida para el desarrollo futuro de la infraestructura, resaltando la importancia de un diseño eléctrico bien estructurado. Los objetivos generales y específicos delineados guiarán el proceso, asegurando que cada componente eléctrico sea dimensionado y diseñado de manera precisa y eficaz. Por lo tanto, este artículo se posiciona como un pilar fundamental en el camino hacia una solución integral y sostenible

para los desafíos hidráulicos que enfrenta el sector Puerta Negra en Babahoyo. (GRUNDFOS, 2023)

La función principal de los sistemas de bombeo de aguas residuales es trasladar las aguas residuales desde pozos a un nivel más elevado, ya que, debido a la gravedad y las características del terreno, no pueden ser gestionadas sin elevarse. Una estación de bombeo de aguas residuales opera al detectar un nivel mínimo de aguas residuales en el pozo, momento en el cual activa una bomba para elevar las aguas residuales a través de tuberías presurizadas hacia una ubicación más elevada destinada al tratamiento de aguas residuales. Este sistema, también conocido como pozo húmedo, está equipado con sensores que monitorean el nivel de agua residual y activan la bomba cuando se supera el límite mínimo. (Telwesa, 2023)

2. METODOLOGÍA

El estudio se llevó a cabo con el objetivo de abordar la problemática de las inundaciones en el sector Puerta Negra de Babahoyo y la necesidad de una solución efectiva. Para lograrlo, se adoptó un enfoque técnico y práctico, centrándose en el diseño de una estación de bombeo de aguas lluvias con instalaciones eléctricas de medio y bajo voltaje. Las etapas del proceso aplicado en el estudio son las siguientes:

2.1. Revisión Bibliográfica

Se realizó una revisión bibliográfica exhaustiva basada en textos y artículos científicos de los últimos 5 años, centrándose en la problemática de

las inundaciones, el diseño de estaciones de bombeo y las normativas locales e internacionales pertinentes, como las normas A.S.T.M. (American Society for Testing and Materials), A.A.S.H.O (American Association of State Highway and Transportation Officials). Las TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación) como ITINTEC brindan acceso a diversos recursos en línea, bases de datos científicas y revistas técnicas especializadas. Esto puede facilitar la identificación de literatura relacionada con la investigación científica en un área de interés.

2.2. Recolección y Tratamiento de Datos

En la ciudad de Babahoyo, debido a las frecuentes inundaciones a lo largo de los años, el Municipio de Babahoyo llevó a cabo la instalación de 13 bombas en 6 estaciones de bombeo, las cuales son operadas por EMSABA. Este proyecto tiene como objetivo principal prevenir inundaciones en Babahoyo, sobre todo durante la temporada de lluvias. Estas bombas, adquiridas por la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos a un costo de US 1.323.589,81 reemplazarán equipos antiguos que tenían más de 15 años y que contribuyeron a inundaciones en los últimos dos inviernos. Diez de las bombas pueden evacuar 1000 litros por segundo, mientras que los tres restantes pueden evacuar 300 litros por segundo. Las estaciones de bombeo están ubicadas en diferentes puntos de la ciudad, y se han instalado equipos eléctricos adicionales en cada estación para garantizar que las bombas sigan funcionando en caso de cortes de

energía. La empresa contratista se encargará del mantenimiento de los equipos durante cinco años, después de los cuales esta responsabilidad pasará al municipio.

Se ha realizado un análisis exhaustivo del rendimiento de las soluciones implementadas, con el fin de identificar mejoras cuantificables. (Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, 2020)

Los datos para este estudio se obtuvieron de fuentes gubernamentales y del sector de la construcción, a incluir información relevante sobre el desarrollo urbano en Babahoyo, la gestión de aguas pluviales, y las normativas locales e internacionales aplicables. Se recopiló información detallada sobre la infraestructura existente, las incidencias de inundaciones por aguas pluviales, y los requisitos eléctricos necesarios para el diseño y funcionamiento eficiente de la estación de bombeo.

2.3. Análisis y consideraciones de diseño

Se llevó a cabo un estudio técnico preliminar de las instalaciones eléctricas del proyecto, incluyendo la selección del punto de arranque de media tensión, el diseño de la línea de media tensión, el dimensionamiento del transformador, el diseño de la red de baja tensión, así como el dimensionamiento y diseño de los tableros eléctricos esenciales para la operación eficiente de la bomba. Este enfoque se alinea con las normativas locales e internacionales pertinentes, asegurando la calidad y eficacia del diseño para su aplicación tanto local como internacionalmente.

El enfoque técnico y práctico adoptado en este estudio proporcionó una base sólida para el desarrollo del diseño eléctrico de baja y media tensión para la estación de bombeo de aguas lluvias en Babahoyo, asegurando la eficiencia energética, la seguridad de los componentes eléctricos y la mitigación de riesgos como el incendio.

2.4. Diseño eléctrico

El proyecto se plantea ubicarlo en el sector urbano de la ciudad de Babahoyo en las riberas del río San Pablo se estimó un área de 929 m² para la construcción del cárcamo de embalse el cuarto eléctrico bodega y el área de circulación.

La estación de bombeo, ubicada paralela a la vía Montalvo, aprovecha un sistema trifásico de media tensión. Se propone una transición área-subterránea en el poste 10002610 del alimentador S/E TERMINAL TERRESTRE - BY PASS de CNEL Los Ríos el cual tiene un nivel de voltaje de 13.8 KV según geoportal de CNEL. En este poste se dimensionan seccionadores tipo fusibles unipolares de 100A con romper arcos, pararrayos, puntas de uso exterior de media tensión, bajante rígida de 4", y cables de 15KV XLPE al 100%, calibre 2 AWG de cobre y 6 THHN de cobre para aterrizar las puntas. Este conjunto de elementos cumple con el reglamento mínimo de la Unidad de Negocio CNEL Los Ríos. El transformador tendrá un voltaje en el primario de 13,2 KV el cual exige CNEL EP para la aprobación de los proyectos eléctricos debido a la caída de tensión que existe en diversos

sectores de la zona. En la figura. 1 y figura 2. se muestra el diagrama unifilar del proyecto eléctrico.

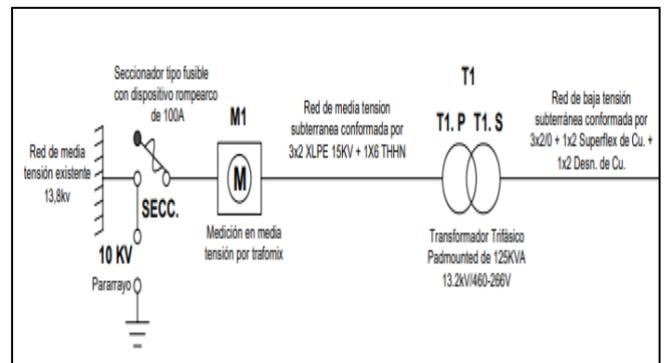


Figura 1. Parte 1 diagrama unifilar se visualiza la red en media y baja tensión.

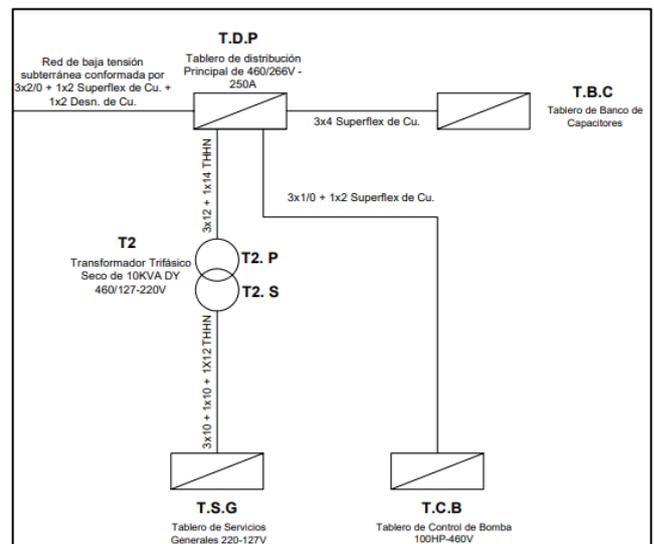


Figura 2. Parte 2 diagrama unifilar corresponde al tablero de distribución principal hasta las cargas.

Se plantean dos diseños de planilla de carga, la primera a 127/220V y la segunda a 460V.

a. Planilla de carga trabajando 127/220V

En la tabla 1, se detalla los equipos que se encuentran operando a 127 y 220V. La bomba principal de la estación opera a 460V, por lo que se instalará un transformador trifásico reductor tipo seco para convertir el voltaje de 460V a 127/220V.

La potencia total de los equipos es de 7382W, equivalente a 8.023KVA. Debido a la indisponibilidad comercial de un transformador de 8KVA, se contempla de 10KVA trifásico DY 460/127-220V, optando por trifásico para balancear las cargas.

Tabla 1. Planilla de carga de Servicios Generales y Puntos a 220-127 VAC

Fases	Equipos	Cant.	Potencia [W]	Voltaje [V]	FC	P. TOTAL [W]
AN	Iluminación Interior	7	40	127	0,6	168
AN	Iluminación Interior Baño	1	20	127	0,2	4
BC	Iluminación Exterior	7	150	220	0,6	630
CA	Servicios Generales	2	100	127	0,7	140
AB	Acondicionador De Aire 1	1	1200	220	0,6	720
AB	Acondicionador De Aire 2	1	1200	220	0,1	120
CA	Equipos De Mantenimiento	1	7000	220	0,8	5600
TOTAL						7382

Determinamos la potencia aparente de acuerdo a la ecuación 1:

$$S = \frac{P}{Fp} \quad (1)$$

$$S = \frac{7382}{0,92}$$

$$S = 8023,91VA = 8,023 KVA$$

b. Planilla de carga trabajando 460V

Se plantea una carga de equipos operando a 460V, con una potencia total de 79,429.2W. La potencia total calculada es de 100.54KVA. Siguiendo la recomendación del fabricante de la bomba y acogiéndonos a la norma IEC60947-2 de considerar un 20-25% de reserva para el

dimensionamiento del transformador, se obtiene 125.68KVA. Dado que comercialmente no hay transformadores de 125.68KVA, se utilizará uno de 125KVA trifásico 13200/460V tipo Padmounted Radial.

En la tabla 2 se puede observar los equipos que van a operar a 460V, en ellos se ve reflejada la carga de los servicios generales y la potencia de la bomba.

Tabla 2. Planilla de carga para los equipos a 460 V.

Fases	Equipos	Cant.	Potencia [W]	Voltaje [V]	FC	P. TOTAL [W]
ABC	SERVICIOS GENERALES	1	7382	460	0,6	4429,2
ABC	BOMBA SUMERGIBLE DE 100HP	1	75000	460	1	75000
TOTAL						79429,2

Se considera que el motor no cuenta con compensación local de energía reactiva, por lo que el valor del factor de potencia, se obtienen de la hoja de datos técnicos del motor según fabricante en este caso es 0,79 y con la potencia total calculada anteriormente se determina la potencia aparente de acuerdo a la ecuación 2.

$$S = \frac{79429,2}{0,79} \quad (2)$$

$$S = 100,54 KVA$$

Se dimensionará la red de baja tensión principal de acuerdo a la ecuación 3 que asumiendo un consumo total de 125 KVA a plena carga a una tensión de 460V. Según la NOM 001 SEDE 2012.

$$S = \sqrt{3}VI \quad (3)$$

$$I_{carga} = \frac{S_{carga}}{\sqrt{3}V_{carga}}$$

$$I_{carga} = \frac{125000}{\sqrt{3}(460V)} = 156,89 [A]$$

Multiplicar la corriente de la carga por 1.25 como es la ecuación 4, es un factor que se usa para no estar al límite del conductor y conforme la figura 3, se determina el calibre del conductor que es 2/0 AWG.

$$I = 1,25 \times I_{carga} = 196,11 [A] \quad (4)$$

CONDUCTOR CALIBRE (AWG o kcmil)	Sección Transversal (mm ²)	Diametro de hilo D1	Espesor de Aislamiento (mm)	Espesor de Chaqueta (mm)	Peso total Aprox. (kg/km)	*Capacidad de Corriente [A]			
						En ducto enterrado**		Al aire libre ***	
						Plano	Triplexado	Plano	Triplexado
FORMACIÓN CABLEADO FLEXIBLE									
14	2,08	0,300	0,70	0,90	41,14	39	33	38	30
12	3,31	0,300	0,70	0,90	55,21	51	43	50	40
10	5,26	0,400	0,70	0,90	76,45	65	54	66	52
8	8,367	0,400	0,70	1,00	117,49	84	69	86	70
6	13,30	0,400	0,70	1,00	170,14	107	88	114	91
4	21,15	0,400	0,90	1,00	257,63	138	114	154	123
2	33,62	0,400	0,90	1,10	391,95	176	148	206	165
1/0	53,49	0,400	1,00	1,20	605,12	222	186	271	218
2/0	67,44	0,400	1,10	1,20	747,85	254	216	319	257
3/0	85,02	0,400	1,10	1,20	922,97	292	247	374	305
4/0	107,2	0,400	1,20	1,30	1154,31	332	280	439	354

Figura 3. Tabla de conductores calibre por capacidad de corriente.

En el dimensionamiento del tablero de distribución principal a 460V, se aplican normativas NEC, IEC60890 y IEC60947-2. Se utiliza IEC60890 para voltajes menores a 400V, donde el breaker se dimensiona al 125% de la corriente nominal para cargas continuas y al 100% para no continuas (funcionando menos de 3 horas). Para aplicaciones industriales menores a 1500V, IEC60947-2 establece que el breaker debe ser dimensionado al

125% de la corriente de carga, excepto en motores donde se utiliza un factor del 175%. El tablero permite dividir la alimentación principal en varios circuitos derivados, cada uno con su protección y alimentador como se puede visualizar el resultado en la ecuación 5.

$$I_{Breaker} = 1,75 \times I_{carga} \quad (5)$$

$$I_{Breaker} = 1,75 \times 156,89 [A]$$

$$I_{Breaker} = 274,56 [A]$$

La corriente en el cable de baja tensión principal, determinada por el motor de una bomba sumergible de 100HP, se multiplica por 1,75 según la norma IEC60947-2. Esto da como resultado una corriente de ruptura de 274,56A. Dado que no hay un interruptor de ese tamaño disponible en el mercado, se elige el rango comercial más cercano, que es 3P-250A.

Para las barras de cobre principales del tablero, considerando el breaker principal seleccionado (3P-250A).

Tabla 3. Barras de tablero de distribución principal para el breaker de 3P-250A.

BARRAS	DIMENSION	CAPACIDAD DE CORRIENTE EN (A) a
		65°C
1 X FASE	3/16" X 3/4"	249
1 X NEUTRO	1/8" X 3/4"	206
1 X TIERRA	1/8" X 3/4"	206

Para dimensionar el breaker principal del motor de la bomba de 100HP, empleamos la potencia a

váticos (75000W) usando la ecuación $1HP = 746W$. Calculamos la corriente de la carga de 119.16 [A] de acuerdo a la ecuación 6, adicional dimensionamos esta corriente por 1.75 según la norma IEC60947-2 como factor de seguridad resultando en una corriente de ruptura de 208.53A. Dado que no hay un breaker de tal tamaño en el mercado, elegimos el rango comercial más cercano, que es 3P-200A.

$$100HP = 74600 W \approx 75000W$$

$$P = \sqrt{3} V I Fp \quad (6)$$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} V Fp}$$

$$I_{bomba} = \frac{75000}{\sqrt{3} (460)(0,79)}$$

$$I_{bomba} = 119,16 [A]$$

$$I_{Breaker} = 1,75 I_{Bomba}$$

$$I_{Breaker} = 1,75(119,16) = 208,53 [A]$$

Para el cable de alimentación del motor de la bomba de 100HP, se dimensiona utilizando la ecuación de la NOM 001 SEDE 2012. Con una corriente de cálculo de 148.95A, se selecciona un cable de cobre calibre 1/0 con una ampacidad de 186A. El factor de agrupamiento se utiliza si hay más de 3 conductores en la misma canalización para este caso solo van a pasar 3 conductores caso contrario se emplea los datos de la figura. 4. Por tal motivo el factor de agrupación del conductor (Fa)

va a ser = 1 ya que dentro de la tubería solo se instalarán 3 conductores debido a que no se cuenta el neutro.

Número de conductores ¹	Porcentaje de los valores en las tablas 310-15(b)(16) a 310-15(b)(19), ajustadas para temperatura ambiente, si es necesario.
4-6	80
7-9	70
10-20	50
21-30	45
31-40	40
41 y más	35

Figura. 4. Factor de agrupamiento número de conductores en la misma canalización. (NOM 001 SEDE 2012).

Generalmente la temperatura de la zona oscila entre los 21 a 30°C y como la temperatura seleccionada fue de 75°C se debe utilizar los factores que se muestran en la figura 5.

Para temperaturas ambiente distintas de 30 °C, multiplique las anteriores ampacidades permisibles por el factor correspondiente de los que se indican a continuación:			
Temperatura ambiente (°C)	Rango de temperatura del conductor		
	60 °C	75 °C	90 °C
10 o menos	1.29	1.20	1.15
11-15	1.22	1.15	1.12
16-20	1.15	1.11	1.08
21-25	1.08	1.05	1.04
26-30	1.00	1.00	1.00

Figura 5. Factor de temperatura dependiendo de la temperatura de la zona. Tomada de la NOM 001 SEDE 2012.

De acuerdo a la ecuación 7 se obtiene la corriente del soporte de cable del motor de acuerdo al cálculo.

$$I = \frac{1.25 * I_{carga}}{Fa \times Ft} \quad (7)$$

$$I_{cable\ del\ motor} = \frac{1.25 * 119,16}{1 \times 1}$$

$$I_{cable\ del\ motor} = 148,95 [A]$$

Se dimensiona un breaker de acuerdo a la ecuación 8 para el lado primario del transformador seco de 10 KVA con una corriente de 15.69A, considerando un factor del 125% según la norma IEC60947-2. Se elige un breaker 3P-20A en el mercado y se utiliza cable de cobre calibre 10 para las fases y calibre 12 para el neutro debido a la corriente reducida y la corta distancia en el devanado primario.

$$I_{trafo\ 10KVA} = \frac{S_{nominal\ del\ transformador}}{\sqrt{3} * V_{primaria\ del\ transformador}} \quad (8)$$

$$I_{plena\ carga} = \frac{10000}{\sqrt{3} * 460} = 12,55 [A]$$

$$I_{Breaker} = 1,25 \times I_{carga}$$

$$I_{Breaker} = 1,25 \times 12,55 = 15,69 [A]$$

Se seleccionan protecciones y elementos para el tablero de control de una bomba trifásica de 100HP a 460V, incluyendo breakers para fuerza y control (3P-200A y 2P-3A respectivamente), un contactor (3P-200A) previo al arrancador suave, y otros componentes como selectores, relés, transformadores, pulsadores, boyas y luces pilotos, ver figura 6.

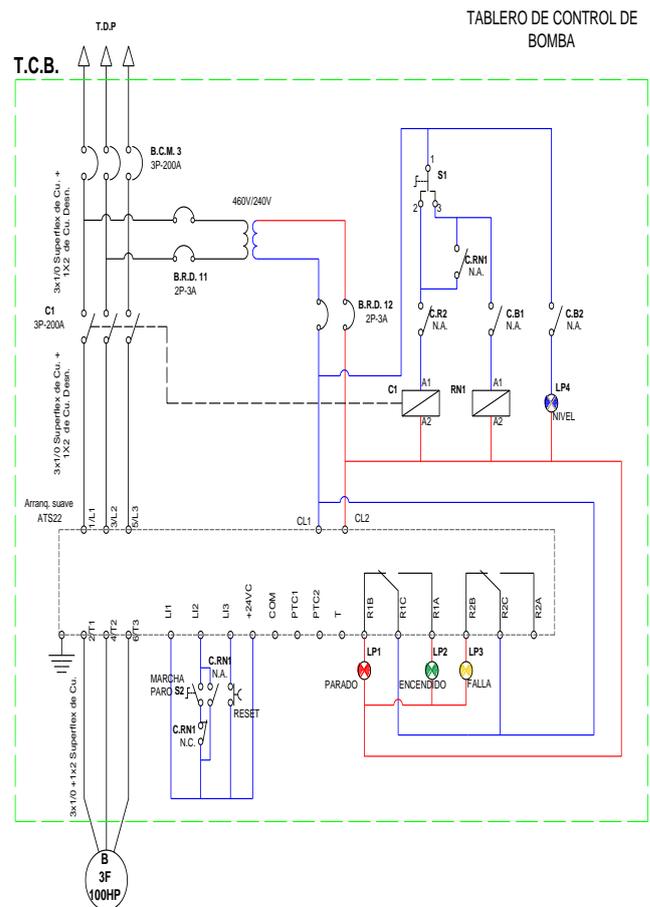


Figura 6. Diagrama de conexiones del Tablero de Control de Bombas.

Se elige un arrancador Schneider modelo ATS22C14S6, compatible con la bomba (75KW, 460V).

Tabla 4. Especificaciones técnicas del arrancador suave Schneider ATS22C14S6.

APLICACIÓN DEL PRODUCTO	Bombas y ventiladores
NUMERO DE FASES DE LA RED	3
TENSION DE ALIMENTACION NOMINAL	230...600 V - 15...10 %
POTENCIA DEL MOTOR EN KW	37 kW 230 V 75 kW 400 V 75 kW 460 V 90 kW 500 V
FRECUENCIA DE ALIMENTACION	50...60 Hz - 10...10 %
TENSION DEL CIRCUITO DE CONTROL	230 V - 15...10 % 50/60 Hz

CONSUMO DEL CIRCUITO DE CONTROL	20 W
TIPO DE PROTECCION	Fallo de fase, estado 1 línea
	Protección térmica, estado 1 motor
	Protección térmica, estado 1 arranca.

Para la selección del arrancador cumple con las características de la bomba ya que la potencia y voltaje aplicado se encuentra dentro de los rangos disponibles (75KW 460V). Se incorpora un transformador monofásico de 100VA (240-460V/120-240V) para el control. Se considera un relé de nivel, selectores de 3 y 2 posiciones, luces pilotos (verde para operación, rojo para apagado, azul para nivel elevado, amarillo para falla) y boyas de nivel. Se planifica un tablero para servicios generales a 127/220V para iluminación y tomas de corriente.

La corrección del factor de potencia es vital importancia en instalaciones eléctricas trifásicas mayores a 15 KW (SIEMENS, 2022) ya que esto incide mucho en la factura del suministro eléctrico por la penalización si este está por debajo de los 0,92 de Fp.; para realizar el cálculo del banco de capacitores que se necesita para corregir el factor de potencia solo con los datos de factor de potencia existente, factor de potencia requerido y potencia activa total de la instalación, conforme los siguientes pasos:

- Cálculo de la potencia activa total de la carga la cual resulta de la transformación de los HP en vatios, para este caso la bomba trabaja a un $Fp = 0,79$.

- Determinar el factor de potencia existente y el factor de potencia al que se desea estar de 0.96.
- Seleccionar el factor de la tabla 5 en el que interseca el Factor de potencia existente con el deseado. Con los pasos antes mencionados obtenemos el factor de potencia.

Tabla 5. Factor de potencia existente al factor de potencia deseado (SIEMENS, 2022).

		cos φ ₂									
		0,9	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	
Fp ₁	0,71	0,508	0,536	0,566	0,597	0,629	0,663	0,700	0,741	0,789	
	0,72	0,480	0,508	0,538	0,569	0,601	0,635	0,672	0,713	0,761	
	0,73	0,452	0,481	0,510	0,541	0,573	0,608	0,645	0,686	0,733	
	0,74	0,425	0,453	0,483	0,514	0,546	0,580	0,617	0,658	0,706	
	0,75	0,398	0,426	0,456	0,487	0,519	0,553	0,590	0,631	0,679	
	0,76	0,371	0,400	0,429	0,460	0,492	0,526	0,563	0,605	0,652	
	0,77	0,344	0,373	0,403	0,433	0,466	0,500	0,537	0,578	0,626	
	0,78	0,318	0,347	0,376	0,407	0,439	0,474	0,511	0,552	0,599	
	0,79	0,292	0,320	0,350	0,381	0,413	0,447	0,484	0,525	0,573	
	0,80	0,266	0,294	0,324	0,355	0,387	0,421	0,458	0,499	0,547	
0,81	0,240	0,268	0,298	0,329	0,361	0,395	0,432	0,473	0,521		

$$P_{bomba} = 75000 ; Fp_{exist} = 0,79 ; Fp_{deseado} = 0,96$$

(9)

$$C = 0,484 \times P_{bomba}$$

$$C = 0,484 \times 75000$$

$$C = 36,3 \text{ [KVAR]}$$

Dado el cálculo anterior de la ecuación 9 se selecciona un capacitor de 30 KVAR y otro de 6 KVAR, estos dos capacitores van a operar solo cuando trabaje la bomba, además se debe colocar un capacitor fijo del 5% de la capacidad del transformador para poder corregir el factor de potencia cuando este se encuentre en vacío o a poca carga (SIEMENS, 2022), cuando el motor de la bomba no esté en funcionamiento ya que la estación trabaja a plena carga solamente en épocas

de lluvias, se selecciona un capacitor fijo de 6 KVAR de acuerdo al cálculo obtenido en la ecuación 10 ya que es un valor comercial.

$$C_{fijo} = 0,05 \times S_{Trafo} \quad (10)$$

$$C_{fijo} = 0,05 \times 125$$

$$C_{fijo} = \mathbf{6,25 KVAR}$$

Para dimensionar los conductores y breakers de los capacitores según SIEMENS y la Norma UNE-EN 60831-1/2. Para un capacitor de 30 KVAR (38A nominales), se obtiene I_{cap} de 57 Amp. de acuerdo a la ecuación 11. Se elige un breaker y contactor de 3P-63Amp. y conductor calibre 6 THHN de cobre.

$$I_{breaker\ Cap\ 30KVAR} = 1,5 \times I_n \quad (11)$$

$$I_{breaker\ Cap\ 30KVAR} = 1,5 \times 38 = \mathbf{57 [A]}$$

$$I_{conductor\ 30KVAR} = \mathbf{57 [A]}$$

Para el capacitor de 6 KVAR (7.5A nominales), se obtiene una corriente I_{cap} de 11.25A. de acuerdo a la ecuación 12 obtenida. Se elige un breaker 3P-16A y contactor de 3P-12A, con conductor calibre 14 THHN de cobre.

$$I_{breaker\ Cap\ 6\ KVAR} = 1,5 \times 7,5 = \mathbf{11,25 [A]} \quad (12)$$

$$I_{conductor\ 6\ KVAR} = \mathbf{11,25 [A]}$$

Para el breaker principal en el tablero de distribución, se suman las corrientes de los capacitores y se obtiene una corriente $I_{breaker\ principal}$ de 79.5A. de acuerdo a la ecuación 13. Se elige un breaker principal de 3P-80A, con conductor calibre 4 THHN de cobre.

$$I_{Total} = I_{C1} + I_{C2} + I_{C3} \quad (13)$$

$$I_{Total} = 38 + 7,5 + 7,5 [A]$$

$$I_{Total} = \mathbf{53[A]}$$

$$I_{breaker\ principal} = 1,5 \times 53 = \mathbf{79,5 [A]}$$

$$I_{conductor\ principal} = \mathbf{79,5 [A]}$$

Tabla 5. Dimensionamiento de conductores y breakers para banco de capacitores.

Capacitor (KVAR)	Voltaje (V)	In del capacitor (a)	I Breaker y Conductor I=1,5X In CAP	Selección de la Protección	Capacidad del Contactor	Calibre del Conductor
30 Aut.	440	38	57	3P-63A	3P-63A	3#6AWG-THHN
6 Aut.	440	7.5	11.25	3P-16A	3P-12A	3#14AWG-THHN
6 fijo	440	7.5	11.25	3P-16A	3P-12A	3#14AWG-THHN
Corriente Total (A)	79.5					
Breaker Principal BC	3P-80A					

Para la puesta a tierra de las puntas de media tensión y el transformador Padmounted, se seguirá el Manual del MEER. Las puntas de media tensión se conectarán a una varilla de acero recubierta de cobre de 1,80 m y 15.87 mm de diámetro mediante soldadura exotérmica. La malla de tierra para el transformador se construirá con cable de cobre suave #2/0 AWG y se conectará a 4 varillas de acero recubiertas de cobre de 2,40 m y 5/8" de diámetro, formando un cuadrado de 3 metros de lado.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El diseño eléctrico se basó en normas nacionales e internacionales con el objetivo de garantizar un óptimo funcionamiento de una bomba eléctrica de 100 HP. En relación a la potencia (75000w) y corriente (119,16A) según los datos calculados, se detalló un diseño eléctrico específico para una bomba sumergible de dicha potencia. Esto incluyó la selección de un interruptor principal y otro particular para el motor de la bomba, ambos ajustados conforme a las regulaciones aplicables. En la tabla 6 se detalla los elementos del diseño eléctrico.

Tabla 6. Diseño eléctrico para estación de bombeo con bomba de 100hp.

Diseño de una bomba de 100 HP	Red de media tensión	Transformador	Red de baja tensión	Bomba 100HP	TBC
Protección	Seccionador 100A 15KV		250A	200A	80A
Conductor	3C# 2 15KV	13200-460/266V	3C #2/0+1C#1/0+1C #2/0	3C#1/0	3C #6
Voltaje	13,8KV		440	440	440

Según SAMANIEGO (2022), menciona que los arrancadores suaves SIRIUS son la primera opción para un motor trifásico cuando la aplicación final necesita que la corriente nominal se regule de a poco. En el presente estudio, se utilizó un arrancador suave marca Schneider, el cual fue utilizado para disminuir la corriente del arranque. Ambos enfoques buscan evitar daños mecánicos y

eléctricos debido a una corriente nominal muy elevada.

La implementación de diseño del sistema eléctrico para una estación de bombeo de aguas lluvias en zona urbana de la ciudad de Babahoyo es ampliamente utilizado por diferentes autores, como la construcción de la planta de tratamiento en la ciudadela Rosa de Agosto que es un hito importante para la adecuada gestión de los recursos hídricos en la región, a diferencia de situaciones anteriores donde se vertían aguas residuales sin tratar al río Babahoyo, esta infraestructura proporciona procesos de tratamiento físico y biológico efectivos (Aldia, 2020).

Este progreso es particularmente significativo dados los desafíos que plantea el rápido desarrollo urbano, como lo ejemplifica en Puerta Negra de Babahoyo. En este contexto, la construcción propuesta de estaciones de bombeo de agua de lluvia muestra una necesidad generalizada de infraestructura similar para resolver los problemas de gestión del agua de lluvia en áreas urbanas en expansión. Al evaluar la solución propuesta, se destaca la importancia del plan técnico y la selección del equipo apropiado. Esta comparación enfatiza la relación entre los desafíos de gestión del agua en el desarrollo del desarrollo sostenible de la ciudad, asegurando así la protección de la salud pública y la infraestructura a largo plazo.

4. CONCLUSIONES

El presente estudio de diseño eléctrico para la estación de bombeo en el sector Puerta Negra de Babahoyo ha arrojado resultados significativos, una vez analizadas las alternativas se determinó que la mejor opción es un transformador seco de 10KVA con especificaciones de 460/220-127V para servicios generales ha sido respaldada por un detallado análisis de la carga de los equipos. Esta elección no solo evita la sobrecarga del poste de arranque, sino que también permite el equilibrio de cargas monofásicas al optar por un transformador trifásico.

El tablero de control de bomba y el diseño en media y baja tensión son aspectos fundamentales del sistema eléctrico. La utilización de arrancadores suaves, como los Sirius y los Schneider, permite regular la corriente nominal de forma gradual, evitando daños mecánicos y eléctricos. Además, al considerar la temperatura ambiente y limitar el número de conductores en una ductería, se garantiza la seguridad y eficiencia en la transmisión de energía. Esta práctica contribuye significativamente al rendimiento general del sistema eléctrico, asegurando un funcionamiento óptimo y sostenible.

El dimensionamiento de las protecciones al valor comercial más próximo, según el cálculo realizado, asegura la protección efectiva del sistema ante posibles fallas, asegurando la confiabilidad operativa y la seguridad de los equipos.

REFERENCIAS

- Agencia de Regulacion de Agua y Control. (2020). *DIRECCIÓN DE REGULACIÓN Y CONTROL DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO*. Obtenido de *DIRECCIÓN DE REGULACIÓN Y CONTROL DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO* : <https://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/Libros/03CarcamosDeBombeoParaAlcantarilladoFuncionaleHidraulico.pdf>
- Aldia. (20 de Abril de 2020). *Diario ALDIA*. Obtenido de <https://www.aldia.com.ec/planta-de-tratamiento-de-aguas-servidas-beneficia-a-18-mil-habitantes-en-babahoyo/>
- Asociación Española de Normalización. (3 de 2018). *Aparamenta de baja tensión. Parte 2: Interruptores automáticos*. Madrid. Obtenido de https://www.en.aenor.com/_layouts/15/r.aspx?c=N0059867
- Cervantes De La Rosa, J. P. (Enero de 2021). Prototipo de arranque suave para un motor monofásico de corriente alterna conectado a un sistema de bombeo. *Revista Electronica sobre ciencia, tecnologia y sociedad*, 8. Obtenido de <https://ctes.org.mx/index.php/ctes/article/view/745/902>

- Ecodena. (2023). *ECODENA*. Obtenido de <https://ecodena.com/producto/bombas-sumergibles/>
- GRUNDFOS. (2023). *Bomba sumergible - agua limpia*. Obtenido de <https://www.grundfos.com/es/learn/research-and-insights/submersible-pump-clean-water>
- Maldonado Samaniego, A. P. (16 de Noviembre de 2022). *"DISEÑO DEL SISTEMA AUTOMATIZADO DE ALIMENTACIÓN Y CONTROL DE BOMBAS PARA AGUA POTABLE EN LA CABECERA*. Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana. Obtenido de "DISEÑO DEL SISTEMA AUTOMATIZADO DE ALIMENTACIÓN Y CONTROL DE BOMBAS PARA AGUA POTABLE EN LA CABECERA: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/23972/1/UPS-GT004130.pdf>
- Morocho Aguilar, M. P. (2016). *DISEÑO HIDRÁULICO DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DE LA CIUDAD DE SANTA ROSA*. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos. (2020). *SNGR entrega 13 bombas para evitar que Babahoyo se inunde*. Obtenido de <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/sngr-entrega-13-bombas-para-evitar-que-babahoyo-se-inunde/>
- SYNERTECH SAS. (2024). *SYNERTECH Water Resourcer*. Obtenido de <https://www.nyfdecolombia.com/tanques/estaciones-de-bombeo>
- Telwesa. (Febrero de 2023). *Estación de bombeo de aguas residuales*. Obtenido de <https://telwesa.com/estacion-de-bombeo-aguas-residuales/#:~:text=Una%20estaci%C3%B3n%20de%20bombeo%20de%20aguas%20residuales%20funciona%20de%20la,altura%20superior%20de%20tratamiento%20de>
- Xylem. (2023). *Estaciones de bombeo de aguas pluviales*. Obtenido de <https://www.xylem.com/es-es/solutions/municipal-water--wastewater/stormwater--flooding/>