

## **PROBLEMA DE CONDUCTORES ELECTRICOS**

En la sala de secadores de materia prima de una planta industrial dedicada al tratamiento de fibra vegetal, se tiene que instalar un tablero eléctrico para suministrar energía a las siguientes maquinas:

- Bomba No.1 de 24 HP, 220 V, 3 $\phi$ , FP= 0.91, n=88%, distancia del tablero 70 m.
- Bomba No.2 de 24 HP, 220 V, 3 $\phi$ , FP= 0.91, n=88%, distancia del tablero 60 m
- Transportador secador con un motor de 48 HP, 220 V, 3 $\phi$ , FP= 0.92, n=89%, distancia del tablero 50m.
- Carga de iluminación de 30 lámparas LED HIGH BEAM 100 W c/u. FP= - 0,6

La tensión de servicio es de 220V, 3 $\phi$ , 60Hz. La temperatura promedio es de 40°C debido a la presencia del secador. El tablero se encuentra a 90 metros de la sub-estación. El transportador secador trabaja todo el ciclo de trabajo, recibiendo flujo de materia prima. Las bombas proveen de aceite térmico pesado para el intercambiador de calor del secador y trabajan en forma alternada, es decir solo una bomba a la vez, de manera que si una tiene un mal funcionamiento, es reemplazada por la otra.

Los costos de los conductores son **TW 6 mm<sup>2</sup> – S/. 3,90 por metro y XLPE 6 mm<sup>2</sup> – S/. 8.00 por metro**, el costo de los conductores es directamente proporcional con la sección y un tubo de Ø 20 mm de conduit EMT cuesta S/.22.00 por pieza de 3 m y el costo es directamente proporcional al diámetro.

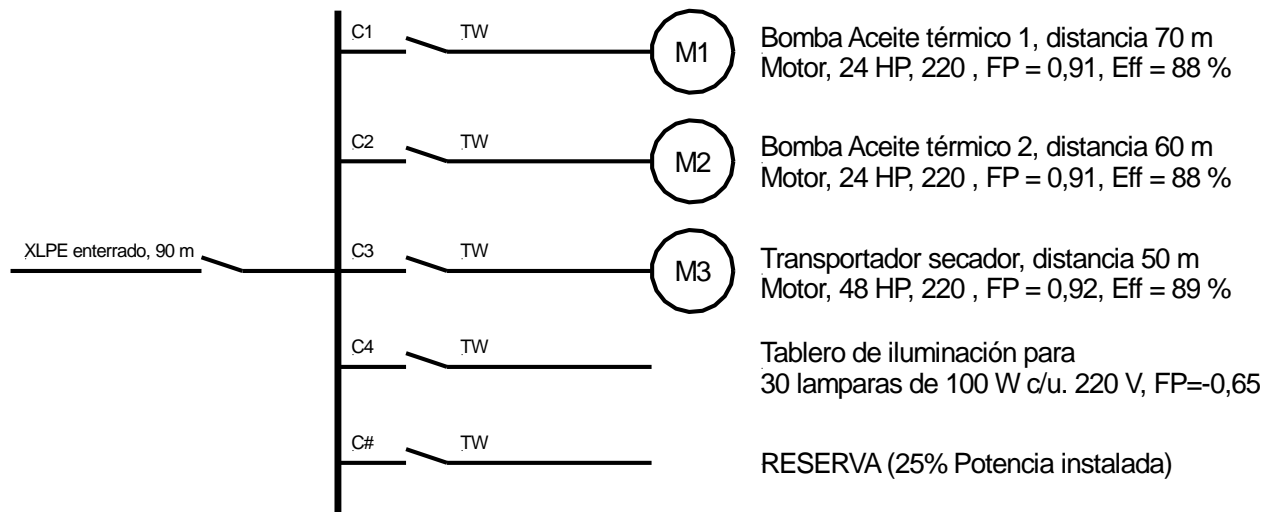
Sobre la base de los datos proporcionados, se pide lo siguiente:

- a. Dibuje el diagrama unifilar de la instalación.
- b. Las especificaciones de los conductores y canalización usados en los alimentadores de los motores y la carga de iluminación. Considerando la opción más económica.
- c. Seleccione el alimentador general del tablero y la canalización de este alimentador.

## Diagrama unifilar

El diagrama unifilar muestra los elementos del tablero de alumbrado y fuerza del sistema de sistema dela planta de tratamiento de fibra vegetal.

Se han utilizado símbolos eléctricos simplificados, en caso de realizar un documento de proyecto eléctrico debe utilizar los símbolos normalizados indicados en la norma de DGE.



## Selección de los conductores de alimentación de las cargas

La corriente de trabajo de cada carga se determinará utilizando las expresiones siguientes:

$$I_{operacion} = \frac{P_{mecanica}}{\sqrt{3} * U * FP * \eta}$$

$$I_{diseño} = 1,25 * I_{operacion}$$

$$I_{diseño} \leq I_{admisibleconductor}$$

$$I_{admisibleconductorcorregida} = K_T * K_A * I_{admisibleconductor}$$

El método de instalación en todos los casos será con tubería adosada a la pared, método B1 de la Tabla 3 – “Métodos de instalación referenciales” (la corriente admisible en la columna 7 de la Tabla 2 para conductores de PVC 70 en alimentadores trifásicos).

El alimentador de la carga de iluminación ha sido calculado como trifásico debido a que alimentará al Tablero de alumbrado (TA) de donde se alimentarán las cargas de iluminación mediante circuitos monofásicos.

El alimentador de las bombas No.1 y No.2 tendrá la misma sección, porque las corrientes son iguales, aunque las longitudes diferentes.

El coeficiente de corrección por temperatura se toma de la Tabla 5A en donde se considera que los conductores de PVC están instalados en el aire independientemente de su método de instalación.

$$I_{ADM \text{ CORREGIDA}} = K_t \times K_A \times I_{ADM} \geq 1,25 \times I_{OPERACIÓN}$$

$$I_{ADM} \geq \frac{1,25 \times I_{OPERACIÓN}}{K_t \times K_A}$$

Donde:

$I_{ADM}$  es la corriente admisible del conductor de la Tabla 2, en A  
 $I_{OPERACION}$  es la corriente de operación o servicio de la carga alimentada, en A  
 $K_t$  es el coeficiente de corrección por temperatura ambiente diferente de 30°C de la tabla 5A.  
 $K_A$  es el coeficiente de corrección por agrupación de circuitos de la Tabla 5C

La temperatura ambiente es 40 °C, se selecciona el factor  $K_t$  de la tabla 5A “Factores de corrección para temperatura ambiente distinta de 30 °C para cables al aire y distinta a 20 °C para cables en ductos enterrados”, por ello se selecciona  $K_t = 0.87$ .

La selección se inicia determinando la sección mínima admisible que cumple con los requisitos del CNE, circuito derivado de motor eléctrico  $\Delta U = 3 \%$ , la corriente de trabajo, el FP y la distancia aproximada del tablero al motor.

$$A_{MÍNIMA} = \frac{0,0309 \times I_{OPERACIÓN} \times L \times \cos \phi}{\Delta U \% \times U} \times 100 \%$$

Donde:

$A_{MÍNIMA}$  es el área de la sección mínima del conductor necesaria, en mm<sup>2</sup>  
 $I_{OPERACION}$  es la corriente de operación o de servicio de la carga alimentada, en A  
 $L$  es la distancia del tablero a la ubicación de la carga alimentada, m  
 $\cos \phi$  es el factor de potencia de la carga.  
 $U$  es la tensión de operación de la carga, en V  
 $\Delta U \%$  es la caída de tensión admisible, expresada en porcentaje.

La caída de tensión admisible debe ser tomada de los apartados correspondientes del Código Nacional Utilización.

En función de la sección mínima calculada puede decidirse la utilización de un alimentador trifásico formado por tres conductores en un tubo, también conocido como una terna, lo que puede incluir el conductor de neutro y el conductor de tierra, teniendo entonces 5 conductores en el tubo, pero considerando solamente tres conductores transportando corriente. O de un alimentador formado por una o más ternas en paralelo para lo cual se debe utilizar el  $K_A$  para la corrección de la corriente por tener más de un

circuito instalado en la canalización, este factor se obtiene de la Tabla 5C, si deseamos instalar dos ternas en un tubo adosado a la pared método B1, el  $K_A = 0,80$ .

Los resultados al reemplazar los datos de cada carga son mostrados en la Tabla No.1

Tabla No. 1 - Selección de alimentadores				
	Bomba 1	Bomba 2	Transportador	Iluminación
Tensión (V)	220	220	220	220
Potencia (HP)	24	24	48	3000
Eficiencia	0.88	0.88	0.89	1
FP	0.91	0.91	0.92	0.6
longitud	70	60	50	30
I (A)	58.67	58.67	114.77	13.12
Idis (A)	73.34	73.34	143.46	16.40
Temperatura	40	40	40	40
Kt	0.87	0.87	0.87	0.87
Idis cor (A)	84.3		164.9	18.85
$\Delta E(\%)$	3	3	3	1
Smin (mm <sup>2</sup> )	17.5	15.0	24.7	3.3
Snom(mm <sup>2</sup> )	25	25	70	4
Iad	89	89	171	28
Snom (mm <sup>2</sup> )	2 x 10 mm <sup>2</sup>		2 x 25 mm <sup>2</sup>	
Iad cor (A)	2 x 50 = 100A		2 x 89 = 178 A	

El resultado puede mantenerse usando dos ternas (2 x 3) cada una instalada en una tubería individual con 3 conductores en cada caso, de acuerdo a la Tabla 6.

La Figura 1 muestra un extracto de la Tabla 6 mostrando que para una terna de conductores de 10 mm<sup>2</sup> de sección se requiere una tubería de Ø 20 mm y para una terna de conductores de 25 mm<sup>2</sup> se requiere una tubería de Ø 35 mm. En ambos casos se añade un conductor para la tierra de protección.

**Figura No.1 – Extracto de la Tabla 6 de la separata de conductores.**

Sección nominal [mm <sup>2</sup> ]	Diámetro exterior [mm]	Dimensi				
		15 [mm]	20 [mm]	25 [mm]	35 [mm]	40 [mm]
		(1/2)*	(3/4)*	(1)*	(1 1/4)*	(1 1/2)*
2,5	4,0	6	10	17	30	41
4	4,5	4	8	14	24	33
6	5,0	3	7	11	19	26
10	6,5	1	4	6	11	15
16	8,5	1	1	3	6	9
25	9,5	1	1	3	5	7
35	11	1	1	1	4	5

Si se desea podría colocarse las dos ternas de conductores en una sola tubería, pero debería aplicarse el coeficiente de corrección por agrupación  $K_A = 0,8$ , y en este caso la corriente de diseño corregida total para el alimentador del transportador sería:

$$I_{ADM} \geq \frac{1,25 \times I_{OPERACIÓN}}{K_t \times K_A} = \frac{1,25 \times 114,77}{0,87 \times 0,80} = \frac{143,46}{0,87 \times 0,80} = 206,1 \text{ A}$$

Por lo tanto, usando 2 x 25 mm<sup>2</sup> representan una  $I_{adm} = 2 \times 89 \text{ A} = 178 \text{ A} < 206,1 \text{ A}$ , esta selección no cumpliría la condición requerida. En este caso se deberían seleccionar 2 x 35 mm<sup>2</sup> que representan una  $I_{adm} = 2 \times 110 \text{ A} = 220 \text{ A} > 206,1 \text{ A}$ , los cuales serían instalados en una tubería de Ø 55 mm, si se desea instalar con conductores de tierra separados para cada terna. Verificándose el costo de la tubería conduit de PVC pesada para cada caso.

La solución usando dos ternas de 35 mm<sup>2</sup> instaladas en un solo tubo, tiene la misma sección de cobre (2 x 35 = 70 mm<sup>2</sup>) que la solución usando una sola terna de 70 mm<sup>2</sup>, sin embargo, un mayor número de conductores implica operaciones de montaje en la canalización más complicadas y por lo tanto mayor costo de instalación.

La decisión final dependerá no solamente del costo del conductor y de los materiales requeridos por la canalización, sino de costos de mano de obra y equipo necesarios para ello.

## Selección del alimentador general

El alimentador general será calculado en base a la siguiente expresión:

$$I_{diseño} = \sum_{i=1}^n I_i + 25\% I_{mayor}$$
$$I_{diseño} = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n + 0,25 * I_{mayor}$$

En donde pueden aplicarse dos casos:

- Caso A -Un tablero general sin reserva alguna, para el cual no se tiene previsto una ampliación o cambio en los circuitos.
- Caso B - Un tablero general con una reserva para ampliación que depende del pronóstico previsto del cambio en la instalación. Se suele utilizar un 25 % a 40 % de ampliación de la carga. En este caso se considera una reserva del 25 % de la carga de operación.

En este análisis se considerará la temperatura del conductor enterrado como 20 °C debido a que el alimentador esta fuera de la zona de planta. Los cálculos de selección se muestran en la Tabla No.2.

Tabla No.2 – Selección del alimentador del Tablero general		
	Caso A	Caso B
I para cálculo de caída de tensión	186.6	233.2
I <sub>diseño</sub>	215.3	261.9
Longitud	90	90
ΔE(%)	1	1
S <sub>min</sub> (mm <sup>2</sup> )	207.7	259.6
S <sub>nor</sub> (mm <sup>2</sup> )	240	300
I <sub>adm</sub>	351	396

Los conductores son tendidos enterrados con una sección transversal de 240 mm<sup>2</sup> para el caso A, sin considerar una reserva para futuras ampliaciones y 300 mm<sup>2</sup> para el caso B, considerando una reserva del 25 % de su carga total de funcionamiento.

## Formulario SELECCIÓN DE CONDUCTORES

### ALIMENTADOR INDIVIDUAL

$$I_{operacion} = \frac{P_{mecanica}}{\sqrt{3} * U * FP * \eta}$$

$$I_{diseño} = 1,25 * I_{operacion}$$

$$I_{diseño} \leq I_{admisibleconductor}$$

$$I_{admisibleconductorcorregida} = K_T * K_A * I_{admisibleconductor}$$

### ALIMENTADOR DE VARIAS CARGAS

$$I_{diseño} = \sum_{i=1}^n I_i + 25\% I_{mayor}$$

$$I_{diseño} = I_1 + I_2 + I_3 + ..... + I_n + 0,25 * I_{mayor}$$

### CAIDA DE TENSION

$$A_{minima} = \frac{0,03092 * I * L * \cos\phi}{\Delta U \% * U} * 100\%$$

- |                            |       |
|----------------------------|-------|
| ▪ Alimentadores            | 4 %   |
| ▪ Circuitos derivados      | 2,5 % |
| ▪ Circuitos de motores     | 3 %   |
| ▪ Circuitos de iluminación | 1 %   |