
El diseño del suministro eléctrico, un estudio de caso

The design of the electric supply, a case study

Ing. Jorge Cruz Bacardi*

<cruzbacardi@gmail.com> <https://orcid.org/0000-0002-7332-6349>

Ing. Alejandro Escalante Oliva**

<alejandroescalante@nauta.cu > <https://orcid.org/0000-0002-1234-1406>

M. Sc. Maykop Pérez Martínez***

<maykop@electrica.cujae.edu.cu> <https://orcid.org/0000-0003-3073-1675>

*Empresa de Sueros y Hemoderivados Adalberto Pesant, La Habana, Cuba, ** Centro Nacional de Investigaciones, La Habana, Cuba y *** Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría, La Habana, Cuba.

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo definir los aspectos necesarios para el diseño del suministro eléctrico en baja tensión a partir del rediseño del suministro de energía eléctrica de la Empresa de Sueros y Hemoderivados Adalberto Pesant, La Habana, Cuba, la cual fue tomada como caso de estudio. Para ello se consultaron normas como ISO-50001 y el Código Electrotécnico Cubano lo que posibilitó la unificación todas las características del sistema de gestión de la energía. Se realizó un análisis de la facturación de la empresa, tomando como referencia las facturas eléctricas del año 2019, así como un levantamiento eléctrico, todo el trabajo realizado permitió realizar propuestas para reducir el consumo de energía de la entidad.

Palabras clave: suministro eléctrico, baja tensión, estudio de caso.

ABSTRACT

The objective of the present work is to define the aspects necessary for the design of the low voltage electricity supply from the redesign of the electricity supply of the Adalberto Pesant, Havana, Cuba, Serum and Blood Products Company, which was taken as a case study. For this, standards such as ISO-50001 and the Cuban Electrotechnical Code were consulted, which made it possible to unify all the characteristics of the energy management system, an analysis of the company's billing was also carried out, taking as a reference the electricity bills of the year 2019, as well as an electrical survey, all the work carried out allowed proposals to be made to reduce the entity's energy consumption.

Keywords: electric supply, low voltage, case study.

INTRODUCCIÓN

La reducción de los costos asociados con el consumo de energía eléctrica y con las inversiones capitales en los equipos eléctricos utilizados en las instalaciones industriales, resulta imprescindible en la situación actual de la economía de cualquier país. Esta necesidad se ve potenciada por el impacto medioambiental de las tecnologías energéticas. Además, de lo planteado anteriormente un buen diseño de un suministro eléctrico permite reducir los costos asociados al consumo por medio de: lograr un menor gasto energético en los horarios donde el valor de la energía es mayor, la reducción de las pérdidas por transformación, la reducción del pago por demanda máxima, así como la mejora de la operatividad del sistema en general. Un control efectivo posibilita, además, determinar políticas óptimas de inversión en el sistema eléctrico, de forma de garantizar mayor seguridad y calidad.

Por su parte, las pérdidas de energía son el indicador de eficiencia del sistema electroenergético. En conjunto, en Cuba, típicamente las pérdidas en los sistemas subtransmisión y distribución representan 10,95 %¹. Además, en reciprocidad con el análisis anterior, existen diferentes autores, tanto nacionales como internacionales, que han reconocido la importancia de realizar trabajos como el que aquí se propone y aportan los procedimientos teóricos y los cálculos que deben realizarse para confeccionar el suministro eléctrico industrial de baja tensión para mejorar la eficiencia de una instalación cualquiera, encontrándose entre ellos:^{2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13} en resumen el procedimiento seguido fue:

1-. Cálculos para la selección del área de la sección de los conductores por circuito

La selección del calibre o tamaño del conductor requerido para una aplicación, se determina mediante tres aspectos fundamentales ^{4, 5}:

- Corriente requerida por la carga.
- Comprobación por caída de tensión admisible.
- Comprobación por corrientes de cortocircuito

2-. Cálculo de los dispositivos de protección

Producto al peligro existente en las instalaciones industriales causado por las sobrecorrientes, ya sea cortocircuitos o sobrecargas es necesario la instalación de dispositivos de protección, las cuales protegen no solo a la instalación sino a las personas de manera general, los aspectos a tener en cuenta para la selección de estos dispositivos, son ^{6, 7}:

- Comprobación de que no opere el disparo magnético con transitorio
- Selección del interruptor por corriente nominal
- Selectividad
- Coordinación de las protecciones
- Comprobación con la curva de daño del conductor

3-. Selección de transformadores

En la selección de transformadores se debe tener presente que ^{8,9}:

- Se debe seleccionar un transformador en lugar de dos o más para satisfacer un determinado nivel de carga, si no se imponen condiciones especiales en el sistema.
- Entre las opciones se evalúa la aplicación de los transformadores de alta eficiencia existentes en el mercado.
- Es preferible emplear transformadores trifásicos a grupos de transformadores monofásicos o bancos asimétricos.
- Deben evaluarse las condiciones de la calidad de la energía en el suministro y la probable distorsión armónica de la carga que se alimenta.

4-. Compensación del reactivo

El principal motivo de la compensación de energía reactiva o mejorar el factor de potencia (fp) en la industria es económico, pues al mejorar el factor de potencia se evita pagar la penalización por parte de la Unión Eléctrica (UNE) por este concepto. Por tanto, en este trabajo se realiza la propuesta de la posibilidad de bonificación por tener fp entre 0,92 - 0,96, procediendo a la ubicación del banco de condensadores de forma centralizada, directamente en la barra de la pizarra general de distribución de la instalación. La compensación centralizada posee las siguientes ventajas^{10, 11, 12}:

- Mayor aprovechamiento de la capacidad de los condensadores.
- Mejor regulación de la tensión en el sistema eléctrico
- Adecuación de la potencia de la batería de condensadores según los requerimientos de cada momento.

Por todo lo anteriormente expuesto surge entonces la necesidad de realizar el rediseño del sistema de suministro eléctrico de la Empresa de Sueros y Productos Hemoderivados Adalberto Pesant, perteneciente al grupo empresarial BioCubaFarma, La cual se encuentra ubicada, en la Avenida 51 # 33 235 e/ 332 y 334, La Concepción, Arroyo Arenas, municipio La Lisa, en la provincia de La Habana. En la actualidad a la empresa nunca se le ha

realizado un mejoramiento del suministro eléctrico en su totalidad como se propone en este trabajo, solo se le han realizado pequeñas mejoras eléctricas en diferentes zonas; por lo que de manera general el suministro eléctrico presenta un deterioro considerable debido a los años de explotación que esta presenta y a la obsolescencia tecnológica del equipamiento utilizado en la empresa.

El objetivo general de la investigación es diseñar el suministro de energía eléctrica con respaldo energético del equipamiento productivo de la Empresa de Sueros y Hemoderivados Adalberto Pesant con un uso racional de la energía.

Debido a la importancia y la necesidad del trabajo que se propone y con el objetivo de contrastar los procedimientos propuestos por los diferentes autores que se consultaron se consultaron diferentes normas técnicas, como, por ejemplo:

- A nivel internacional la norma **ISO-50001**, la cual proporciona los requisitos que permite a las organizaciones: desarrollar una política para un uso eficiente de la energía, fijar objetivos para cumplir con la política, utilizar los datos para entender mejor y tomar decisiones sobre el uso y consumo de energía, medir los resultados, revisar la eficacia de la política y mejorar continuamente la gestión de la energía.
- A nivel nacional se consultaron, la norma **NC-IEC 60364-5-52**, en cual se ofrece un método simplificado para la selección de la sección del área de un conductor, el **Código Electrotécnico Cubano, NC 800-1:2011**, donde se exponen los factores de corrección a la hora de seleccionar el conductor debido a la corriente de carga, la norma **NC-IEC 60364-5-52**, para comprobar el cumplimiento por caída de tensión máxima permisible para circuitos de fuerza, para la selección de las protecciones de cada planta que conforma la empresa, se consultó el catálogo **Compact NSX (2019)** y **Masterpack MTZ (2020)** ambos de Schneider Electric, para la selección del valor de cortocircuito máximo se consultó el catálogo **PRYSMAIN cables & systems (2015)** y para la compensación de reactivo se consultó el catálogo **CHINT Electrics**, verificándose en todos los casos que se cumpla con la norma cubana **NC 800-1 del Código Eléctrico Cubano. (8)**

También se analizaron las herramientas informáticas útiles para facilitar los cálculos y diseño, empleándose **Ecodial Advance Calculation** debido a que es un software de Schneider Electric que es el principal proveedor del equipamiento utilizado en el suministro eléctrico de media y baja tensión en nuestro país.

Por otro lado, se realizó un levantamiento de eléctrico y un análisis de la facturación, tomando como referencia las facturas eléctricas del año 2019, en la empresa, lo que permitió

obtener una caracterización general acerca de la gestión energética, la situación real que presenta la entidad y un resumen del estado técnico de los equipos.

DESARROLLO

La Empresa de Sueros y Hemoderivados Adalberto Pesant tiene como objeto social producir y comercializar soluciones parenterales de gran volumen, soluciones concentradas para hemodiálisis y productos hemoderivados con destino a satisfacer las necesidades del Sistema Nacional de Salud y las exportaciones, todo ello con una elevada eficiencia energética en cuanto al uso de los portadores energéticos.

Memoria descriptiva de la instalación

La Empresa está conformada por tres plantas: Planta 1: Sueros de Occidente, Planta 2: Hemoderivados y Planta 3: Laboratorios microbiológicos y almacenes.

La Planta de Sueros de Occidente está equipada con un Centro General de Distribución (CGD) alimentado por dos líneas soterradas de media tensión a 34,5 kV / 400 V, mediante dos transformadores trifásicos Δ -Y de 1 500 kVA cada uno. Además, con tres grupos electrógenos SKANIA de 500 kVA cada uno a 400 V conectados por un transferencial para el respaldo de emergencia. Este alimenta todo lo relacionado con la planta productora y sus servicios auxiliares.

La Planta de Hemoderivados cuenta con dos CGD alimentadas por dos líneas soterradas de media tensión a 34,5 kV / 460 V, mediante 4 transformadores trifásicos Δ -Y de 1 000 kVA cada uno, estos transformadores están trabajando en paralelo dos por cada línea. Cuenta además con un respaldo energético de dos grupos electrógenos de 600 kVA a 460V, marca VOLVO, cada uno conectados a una barra de emergencia, los cuales no cubren la demanda de la planta en caso de ocurrir alguna falla. Estos CGD, alimentan a la planta productora, el socio administrativo, los almacenes, las calderas, los contenedores y todos los servicios auxiliares de la planta. Todo el suministro de la empresa es soterrado.

Todas estas instalaciones presentan los siguientes problemas:

- El cableado soterrado en los meses de lluvia presenta inundaciones.
- Las CGD presente tecnología obsoleta en muy mal estado.
- Los grupos electrógenos no garantizan la demanda crítica y presentan más de 35 años de instalados en la empresa.

Todos los problemas anteriormente planteados contribuyen a que existan elevadas pérdidas en el suministro eléctrico de la empresa y a su baja eficiencia.

Los transformadores se encuentran subcargados, lo cual es necesario para elevar la confiabilidad del suministro eléctrico ya que si falla uno el otro debe asumir toda la carga sin perder vida útil y obteniéndose pérdidas inferiores en condiciones de carga.

El año tomado para el estudio fue el 2019, en el cual el 76 % de la energía consumida en la empresa es eléctrica, el 23 % restante corresponde a gas licuado, diésel y gasolina motor, por lo que es evidente que hay que accionar sobre el consume de electricidad de la empresa, por lo que se realizó un levantamiento eléctrico de todos los equipamientos con el objetivo de analizar estado técnico y tecnología.

Obteniéndose como resultado que más del 90 % de los equipos en la Planta de Hemoderivados y la Planta de Laboratorios Microbiológico presentan más de 40 años de explotación, teniendo entonces un alto grado de obsolescencia tecnológica, lo que implica que sean grandes consumidores de energía eléctricas, este consumo puede reducirse con un plan de inversiones para sustituir el equipamiento existente por uno de tecnología moderna el cual sería más eficiente.

En las mediciones registradas se pudo determinar que la curva cronológica de carga diaria (CCCD) de un día típico de trabajo para el año 2019 de la Empresa de Sueros y Productos Hemoderivados Adalberto Pesant, es la mostrada en figura 1, la cual será de utilidad para el análisis de la facturación eléctrica, siendo las horas pico de consumo (17:00 – 21:00 horas) para el sistema eléctrico cubano las de menor consumo de dicha empresa teniendo una mayor eficiencia energética.

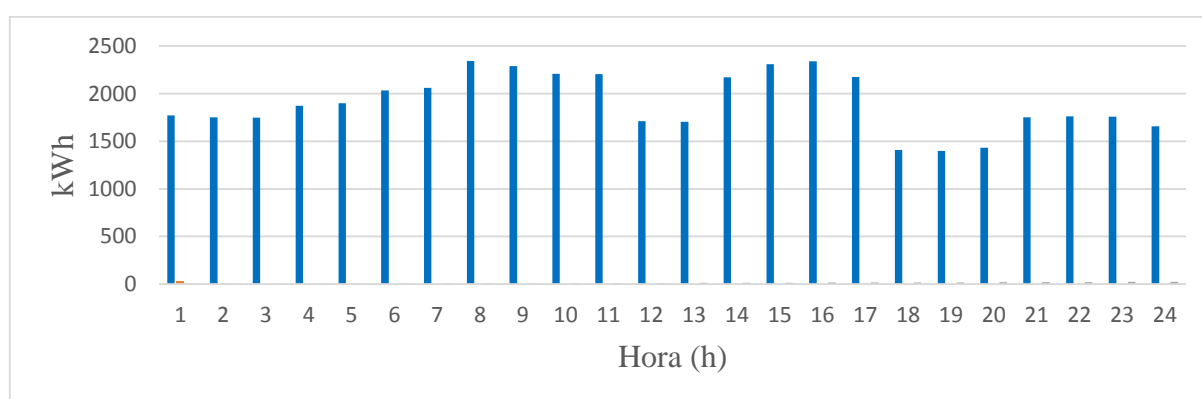


Fig. 1. Curva cronológica de carga diaria

Análisis de la facturación eléctrica durante el año 2019

En correspondencia con (13) y el Ministerio de Finanzas y Precio, *Resolución No. 277/2014*, 2014, p. 24, la tarifa que se le aplica a la Empresa de Sueros y Hemoderivados Adalberto Pesant es la M1-A la cual se emplea en los consumidores de media tensión instalándole un equipo de medición que permita registrar el consumo de los tres horarios madrugada, día y pico. Para el cálculo de la facturación en el cargo fijo mensual se considera, el valor de la demanda máxima contratada por 7 CUP/mensual, en la tabla 1 muestra el resumen de la factura eléctrica del año 2019 de la entidad.

Tabla 1. Resumen de la facturación eléctrica de la Planta de Sueros en el 2019

Fecha	Horario	Consumo (kWh/mes)	Importe (CUP/mes)	Consumo (kWh/mes)	Demanda máxima contratada (kW)	Demanda máxima registrada (kW)	Factor de potencia (fp)
1/2019	Madrugada	53 199	262 003,28	165 450	1 150	328	0,89
	Día	82 066					
	Pico	27 738					
2/2019	Madrugada	45 984	23 878,75	141 574	1 150	292	0,90
	Día	70 372					
	Pico	23 060					
3/2019	Madrugada	52 367	27 587,97	163 087	1 150	447	0,88
	Día	81 113					
	Pico	27 162					
4/2019	Madrugada	57 952	27 424,62	172 182	1 150	305	0,89
	Día	83 157					
	Pico	28 669					
5/2019	Madrugada	58 986	31 640,73	181 895	1 150	541	0,91
	Día	90 844					
	Pico	29 553					
6/2019	Madrugada	51 283	28 500,73	155 368	1150	489	0,89
	Día	76 110					
	Pico	25 663					
7/2019	Madrugada	50 835	30 054,69	158 259	1 150	507	0,88
	Día	79 118					
	Pico	25 885					
8/2019	Madrugada	48 991	27 961,59	151 423	1 150	492	0,87
	Día	75 695					
	Pico	24 350					
9/2019	Madrugada	33 618	21 102,1	103 996	1 150	369	0,91
	Día	51 260					
	Pico	16 933					
10/2019	Madrugada	65 591	38 283,26	212 623	1 150	790	0,88
	Día	107 544					
	Pico	36 781					
11/2019	Madrugada	73 325	42 888,16	221 014	1 150	431	0,88
	Día	107 643					
	Pico	37 362					
12/2019	Madrugada	73 298	43 015,37	225 733	1 150	418	0,87
	Día	111 689					
	Pico	37 952					

De la tabla 1 se puede deducir que el costo promedio del kWh en la entidad es de 0,22 centavos el cual es alto en comparación con el precio del plan fijado para el año 2019 por el Ministerio de Planificación de Finanzas y Precios. La demanda máxima contratada inicialmente por la empresa es de 1 150 kW.

Si se compara la demanda máxima contratada, 1 150 kW, con la demanda máxima registrada promedio, 450 kW, se observa que esta es menor en 2,5 veces, implicando que se tenga gastos innecesarios por este concepto, por este motivo se hace conveniente realizar una recontractación de la demanda de 600 kW para adecuarla a los valores reales de demanda máxima, lo cual implicaría un ahorro significativo en los gastos anuales de la empresa por concepto de facturación eléctrica de 46 200 \$/año.

Por otro lado, que los consumidores industriales operen a factor de potencia por encima de 0,9 trae consigo beneficios que se traducen en ahorro energético para el Sistema Electroenergético Nacional, por lo que la mejora del factor de potencia optimiza el dimensionamiento de los transformadores y cables, reduciendo las pérdidas en las líneas y las caídas de tensión, por lo que la empresa eléctrica penaliza o bonifica a los consumidores industriales que no cumplen o sobre cumplen con los siguientes requisitos:

- Se penalizará con un factor de potencia por debajo de 0,90.
- Entre 0,90 y 0,92 no habrá penalización ni bonificación, quedando la factura sin variación.
- Se bonificará con un factor de potencia de 0,92 hasta 0,96.
- Cuando el factor de potencia sea mayor de 0,96 la bonificación se calculará utilizando el valor de 0,96.

De la tabla 1 se puede observar que el factor de potencia promedio es de 0,88, por este motivo se efectuaron penalizaciones durante la mayoría de los meses del año por parte de la empresa eléctrica por lo que urge la propuesta de instalación de un banco de condensadores en esta instalación.

Propuesta de Banco de Condensadores

El Código Electrotécnico Cubano refiere un cálculo aproximado basado en el factor de potencia antes de la compensación, en el factor de potencia deseado después de la compensación, tomando el valor de la intersección de ambos valores ejemplificados en la figura 2 que fue tomada del Código Electrotécnico Cubano, el que representa los kvar por cada kW de carga para aumentar el factor de potencia de un valor a otro, aplicando la ecuación 1 se obtiene la capacidad del banco de condensadores a instalar. (4), (11)

$$Q = \text{factor obtenido en tabla} \cdot P$$

(1)

Donde:

Q : Potencia reactiva del banco de condensadores en kvar.

P : Potencia activa de la carga en kW.

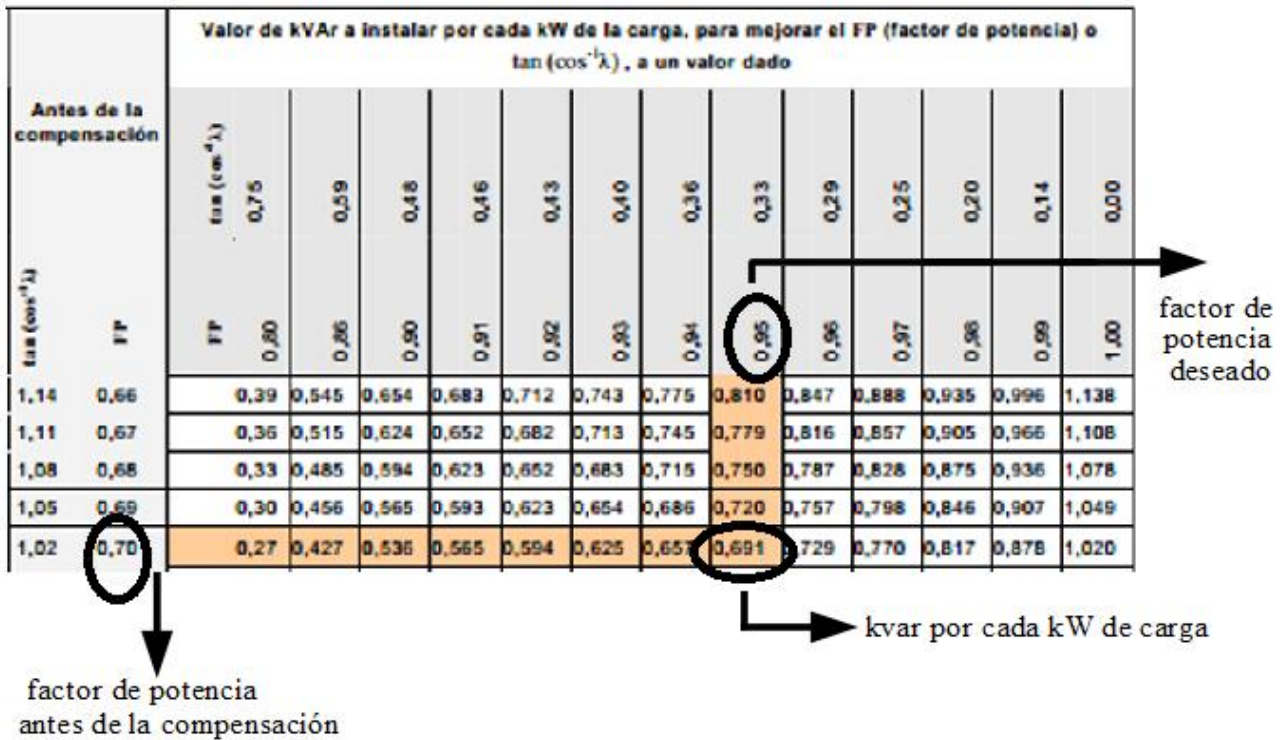


Fig. 2. Valor de kvar a instalar por cada kW

Con el objetivo de obtener un mejor beneficio con la instalación de los condensadores se decidió instalar un banco de condensadores en cada una de las plantas de manera independiente, se tomará para ejemplificar el procedimiento la planta de sueros. Para determinar la potencia activa de cada planta se realizó un levantamiento eléctrico, determinándose que para la planta de sueros es de 1 490 kW, con un fp de potencia como promedio de 0,88, se pretende mejorar el fp a 0,96 evitando de esta forma las penalizaciones por parte de la Empresa Eléctrica en la factura de electricidad, con ambos valores de fp se obtiene de la tabla brindada por el Código Electrotécnico Cubano los kvar por cada kW de carga siendo estos de 0,248 kvar, entonces la potencia reactiva del banco de condensadores a instalar de $Q = 0,248 \cdot 1490 = 369,5$ kvar, determinándose en correspondencia con el Catálogo CHINT Electric que la capacidad del banco de condensadores a instalar es de 375 kvar. Igual procedimiento fue seguido para las otras plantas de la empresa, resumiéndose en la tabla 2, mostrándose también la relación beneficio – costo de instalar el banco de condensadores².

Tabla 2. Capacidad del banco de condensadores y cálculo del Valor Actual Neto (VAN)

Plantas de Producción	Banco de Capacitores (kvar)	Beneficios (CUC)	Costo (CUC)	VAN
Suero	375	11 143,86	17 640,7	12 336,85
Hemoderivado	300	19 938,95	16 172,2	37 464,59
Laboratorios	25	9 428,9	4 342,35	21 021,87

Para obtener el Valor Actual Neto de cada planta de producción se tomó como costo el precio promedio de los bancos de condensadores en el mercado internacional, agregándole el 10% del costo para su montaje y puesta en marcha. Como beneficio, para este análisis económico se tuvo en cuenta lo pagado por la penalización anual en la facturación de la empresa a causa del bajo factor de potencia, concluyéndose que la inversión es económicamente rentable.

Propuesta de selección de Grupo Electrónico de Emergencia

En la Empresa de Sueros y Hemoderivados las tres líneas de producción presentan un alto consumo de electricidad y son de alta importancia económica, por lo que una interrupción de la electricidad implicaría una paralización de la producción de medicamento y la contaminación de la materia prima que se utiliza, así que es de vital importancia la utilización de grupos electrónicos de emergencia (GEE) que puedan sustituir el suministro de electricidad ante una falla del servicio eléctrico.

Para determinar la potencia nominal del GEE se necesita la demanda máxima en kVA, con la demanda máxima registrada en kW, calculándose la máxima demanda aparente registrada, mediante la ecuación 2:

$$S = \frac{P}{fp}$$

(2)

Donde:

S : Máxima demanda aparente promedio registrada en kVA.

P : Máxima demanda promedio registrada en kW.

fp : Factor de potencia promedio registrado.

En la tabla 3 se muestran los datos generales de los grupos electrógenos propuestos y la selección en correspondencia con el Catálogo CAROD.

Tabla 3 Datos nominales de los grupos electrógenos propuestos

Planta	Fabricante	Tensión nominal (V)	Frecuencia (Hz)	Potencia aparente (kVA)
Sueros	CAROD	400	60	3 x 816
Hemoderivados	CAROD	460	60	4 x 500
Laboratorios	CAROD	460	60	4 x 50

Por la importancia de esta empresa se decidió tomar valores de potencia aparente mayores con respecto a la demanda, para que siempre en cada planta, exista un grupo electrógeno como respaldo de los otros, ya que si en el momento de falla del servicio eléctrico existe alguno de los grupos con avería o en mantenimiento el de respaldo lo pueda sustituir y de esta manera no hay afectaciones en las líneas de producción de medicamentos.

Selección de los bancos de transformadores

En correspondencia con el Código Electrotécnico Cubano, la norma IEC 60038, el Catálogo Promelsa y el análisis de la CCCD se determinó los bancos de transformadores a instalar en cada planta de la empresa, mostrados en la tabla 4, estos fueron seleccionados a partir de la demanda máxima en registrada, se tuvo en cuenta, debido a la importancia económica que presenta para el país, que todos los transformadores de cada planta de la empresa trabajarán en paralelo y subcargados con el objetivo de que si falla uno de los transformadores el otro pueda asumir toda la carga sin perder vida útil.

Tabla 4. Costos de los transformadores de cada Planta

Planta	Potencia nominal kVA	Porcentaje sobrecarga emergencia	de Porcentaje de carga de durante la demanda máxima
Sueros	2 x 1 600	5,8 %	47 %
Hemoderivados	2 x 1 250	10,5 %	44,7 %
Laboratorios	2 x 120	9,16 %	45,4 %

Selección de los conductores por circuito y de los dispositivos de protección

Para la selección de los conductores se verificó que cumplan con la corriente de la carga, caída de tensión, y por cortocircuito, empleando el método descrito en el Catálogo PRYSMAIN cables & Systems 2015 y que se cumpla con la NC 800-1 de Código Eléctrico

Cubano. A partir de esta selección de conductores se escogieron los dispositivos a instalar en cada circuito de fuerza y alumbrado, posteriormente cumpliendo con el objetivo de realizar una coordinación amperimétrica se fueron seleccionando las protecciones aguas arriba, comprobándose que la corriente nominal del interruptor aguas arriba sea mayor que el doble de la corriente nominal del interruptor aguas abajo. Al llegar al interruptor principal de la pizarra general de distribución se seleccionó la protección por corriente nominal, comprobándose también por corriente máxima de carga y por cortocircuito para esto se utilizó el software *Ecodial Advance Calculation*. Los resultados por circuitos se muestran en las tablas 5,6 y 7.

Tabla 5. Selección de los conductores y dispositivos de protecciones de la Planta de Sueros

Local	No. de circuito	Secc. final (mm ²)	I _n (A)	No. de polos	Capacidad interruptiva (kA)		Serie
					I _{cs}	I _{cu}	
Rommelag 1	1	50	160	3	70	70	NSX160H
Chiller 1	2	120	630	3	70	70	NSX630H
CCM-HVAC-001	2	185	800	3	66	66	MTZ1 08H3
PF-3	1	120	250	3	70	70	NSX250H
PE-Sa	1	16	100	3	70	70	NSX100H
PF-4	1	10	63	3	70	70	NSXm63H
PF-1	1	16	100	3	70	70	NSX100H
PA-1	1	16	100	3	70	70	NSX100H
Rommelag 2	1	35	160	3	70	70	NSX160H
Chiller 2	2	120	630	3	70	70	NSX630H
PF-Ba	1	25	100	3	70	70	NSX100H
Iluminación	1	25	125	2	200	200	NSX250R
Barra 1	5	300	2500	3	66	66	MTZ2 25H1
Barra 2	5	300	2500	3	66	66	MTZ2 25H1
Enlace	5	300	2500	3	66	66	MTZ2 25H1
Condensadores	1	300	630	3	70	70	NSX630H

Tabla 6. Selección de los conductores y dispositivos de protecciones de la Planta de Hemoderivados

Local	No. de circuito	Secc. final (mm ²)	I _n (A)	No. de polos	Capacidad interruptiva (kA)		Serie
					I _{CS}	I _{CU}	
PE-906	1	50	160	3	50	50	NSX160H
TD	1	70	250	3	50	50	NSX250H
Chiller 1	2	70	400	3	42	42	NSX400N
1-DP-T	1	16	100	3	50	50	NSX100H
1-TES-D	1	35	160	3	50	50	NSX160H
Chiller 3	1	70	250	3	50	50	NSX250H
PT- Residual	1	10	50	3	50	50	NSX100H
PS 2	1	70	250	3	50	50	NSX250H
2-TD	1	50	160	3	50	50	NSX160H
Iluminación	2	35	250	2	50	50	NSX250H
Barra 1	3	300	1600	3	42	42	MTZ1 16H1
Barra 2	3	300	1600	3	42	42	MTZ1 16H1
Enlace	3	300	1600	3	42	42	MTZ1 16H1
Condensadores	1	300	630	3	50	50	NSX630H

Tabla 7. Selección de los conductores y dispositivos de protecciones de la Planta de Laboratorios Microbiológicos

Local	No. de circuito	Secc. final (mm ²)	I _n (A)	No. de polos	Capacidad interruptiva		Serie
					I _{CS}	I _{CU}	
Almacén	1	6	32	3	10	10	iC60N
Bomba	1	10	20	3	10	10	iC60N
Iluminación	1	50	125	2	10	10	C120N
Área Exterior	1	16	63	3	10	10	iC60N
Torre de enfriamiento	1	16	50	3	10	10	iC60N
Lab bioquímico	1	16	50	3	10	10	iC60N
Oficinas	1	25	125	2	10	10	C120N
Barra 1	1	185	630	3	36	36	NSX630F
Barra 2	1	185	630	3	36	36	NSX630F
Enlace	1	185	630	3	36	36	NSX630F
Condensadores	1	10	63	3	10	10	iC60N

CONCLUSIONES

Para el rediseño se realizaron todos los cálculos necesarios para lograr que la Empresa de Sueros y Hemoderivados Adalberto Pesant eleve su eficiencia en el suministro eléctrico, dando respuestas a las deficiencias analizadas. Estos cálculos fueron verificados por las normas cubanas. Con la recontractación de la demanda máxima contratada por la empresa se pudo fijar estos en valores más acordes con el consumo real, lo que supone un considerable ahorro por concepto de facturación eléctrica. La instalación de nuevos bancos de condensadores en cada una de las plantas que conforman la empresa supone una mejora técnica y económica ya que elevan el factor de potencia, lo cual evita penalizaciones por parte de la Empresa Eléctrica. La instalación de nuevos grupos electrógenos con un grupo electrógeno de respaldo asegura la continuidad del suministro eléctrico en la empresa, lo cual es de vital importancia ya que de no ser así podría presentarse afectaciones a la materia prima. La instalación de dos transformadores trifásicos trabajando en paralelo todo el tiempo en cada planta, constituye un régimen de trabajo que permite operar con un solo transformador en estado de emergencia ya sea por una falla o por la realización de un mantenimiento. Se verificó que el diámetro de la sección de los conductores seleccionados cumple con la corriente de la carga, caída de tensión y por cortocircuito, como establece la NC 800-1 del Código Eléctrico Cubano. Se verificó la correcta operación de las protecciones seleccionadas para cada circuito en cuanto a selectividad, sensibilidad y velocidad de respuesta con la ayuda del software *Ecodial Advance Calculation*.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 Aguiar Trujillo L. Validación de la factibilidad técnica de una nueva subestación eléctrica como solución a pérdidas técnicas en la distribución de energía en la Empresa Eléctrica Pinar del Río. Revista Científica Avances [En línea] 2013; 15(4). <http://www.ciget.pinar.cu/ojs/index.php/publicaciones/article/view/118/286>
- 2 Berenguer Ungaro MR. Gestión de la calidad de la energía eléctrica. Revista Científica Ingeniería Energética [En línea] 2018; 39(1). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59012018000100009.
- 3 Marrero Rodríguez LJ. Caracterización de la calidad de la energía en circuitos eléctricos de distribución. Revista Científica Ingeniería Energética [En línea] 2017; 38(3). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59012017000300002

4 Rodríguez Borges CG, Sarmiento SA y Rodríguez Gámez M. Alternativas de generación eléctrica mediante fuentes renovables de energía para hoteles en Venezuela. Revista Científica Universidad, Ciencia y Tecnología [En línea] 2015; 19(74). http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-48212015000100002

5 Navarro Chávez JC, Lenin D, Ortega Odette V y Díaz Pulido A. La Eficiencia del Sector Eléctrico en México 2008-2015, Revista Científica Análisis económico [En línea], 2019; 34(85) http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-66552019000100071

6 Masip Y. Gestión de la Demanda en la Industria de Chile: Aprendiendo del Caso Alemán. Revista Científica Ingeniería [En línea] 2019; 24(3). <http://dx.doi.org/10.14483/23448393.14709>

7 Hernández JC. Nuevas Estrategias para un Plan de Uso Eficiente de la Energía Eléctrica, Revista Científica Ciencia, Docencia y Tecnología [En línea] 2017; 28(54). <https://www.redalyc.org/pdf/145/14551170003.pdf>

8 Astorga Gómez JM. Análisis estadístico de la caída de tensión en un sistema eléctrico de baja tensión, Revista Científica Ingeniería Energética [En línea] 2013; 34(2). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59012013000200007

9 Arias LA, Rivas E y León LM. Propuesta de modelo de Gestión para redes eléctricas con Generación Distribuida a través de Unidades de Medición Fasorial, Revista Científica Información tecnológica [En línea] 2017; 28(2). <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642017000200003>

10 Pérez Martínez M y Teixeira LI. Proposta de estudo das harmónicas no Sistema Industrial Sonangol – Namibe a partir de seu levantamento elétrico. Revista Científica Ingeniería Energética [En línea] 2018; 39(2). <http://scielo.sld.cu/pdf/rie/v39n2/rie09218.pdf>

11 Group P. El libro blanco de la instalación, manual técnico y práctico de cables y accesorios para baja tensión . [En línea] 2018. www.prysmianclub.es

12 Schneider. Guía de diseño de instalaciones eléctricas. [En línea] 2008. <http://www.schneiderelectric.es>

13 Perellada Gamio MR y Albelo Martínez MC. Análisis de la gestión energética en la Empresa elementos de Riego para la agricultura. Revista Ingeniería Agrícola [En línea] 2020; 10(2). <http://opn.to/a/fLnMK>.

BIBLIOGRAFÍA

Muzy GLCO. Consolidação de Material Didático para a Disciplina de Subestações Elétricas. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Elétrica. [Online] Fevereiro de 2012. [Citado em: 17 de Outubro de 2016.] <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10005233.pdf>. DOI: XII.

Lizcano MDR. Modelo de gestion del mantenimiento preventivo y predictivo para las subestaciones de la empresa de energía de Cundinamarca. Universidad Industrial de

Santander, Facultad de Ingenierías Físico - Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica. [Online] 2009. [Citado em: 10 de Janeiro de 2017.] <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/7891/2/130465.pdf>. NIT: 890201213-4.

Alcalá Sánchez R, García Cortés J, Hernández Aréstigui JM. Manual de mantenimiento preventivo y pruebas aplicables a subestaciones compactas convencionales. Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. [Online] 2010. [Citado em: 5 de Janeiro de 2017.] http://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2015-03-15_10-01-33116854.pdf.

Ordoñez SPJ & Nieto Alvarado GL. Mantenimiento de sistemas eléctricos de distribución. Proyecto de pregrado para la obtención del título de ingeniero eléctrico. Guayaquil: 2010.

Conflicto de Intereses

No hay conflicto de intereses por parte de los autores

Contribución de los autores

Los autores han colaborado en partes iguales, en todas las etapas del artículo.

Recibido: 14 de setiembre de 2020

Aceptado: 4 de diciembre de 2020