



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

# “AUDITORÍA ENERGÉTICA DEL HOSPITAL BÁSICO LATACUNGA. PROPUESTA DE MEJORAS PARA OBTENER UN EFICIENTE USO ENERGÉTICO”

### **Autores:**

Ronald Alexis Bonilla Silva

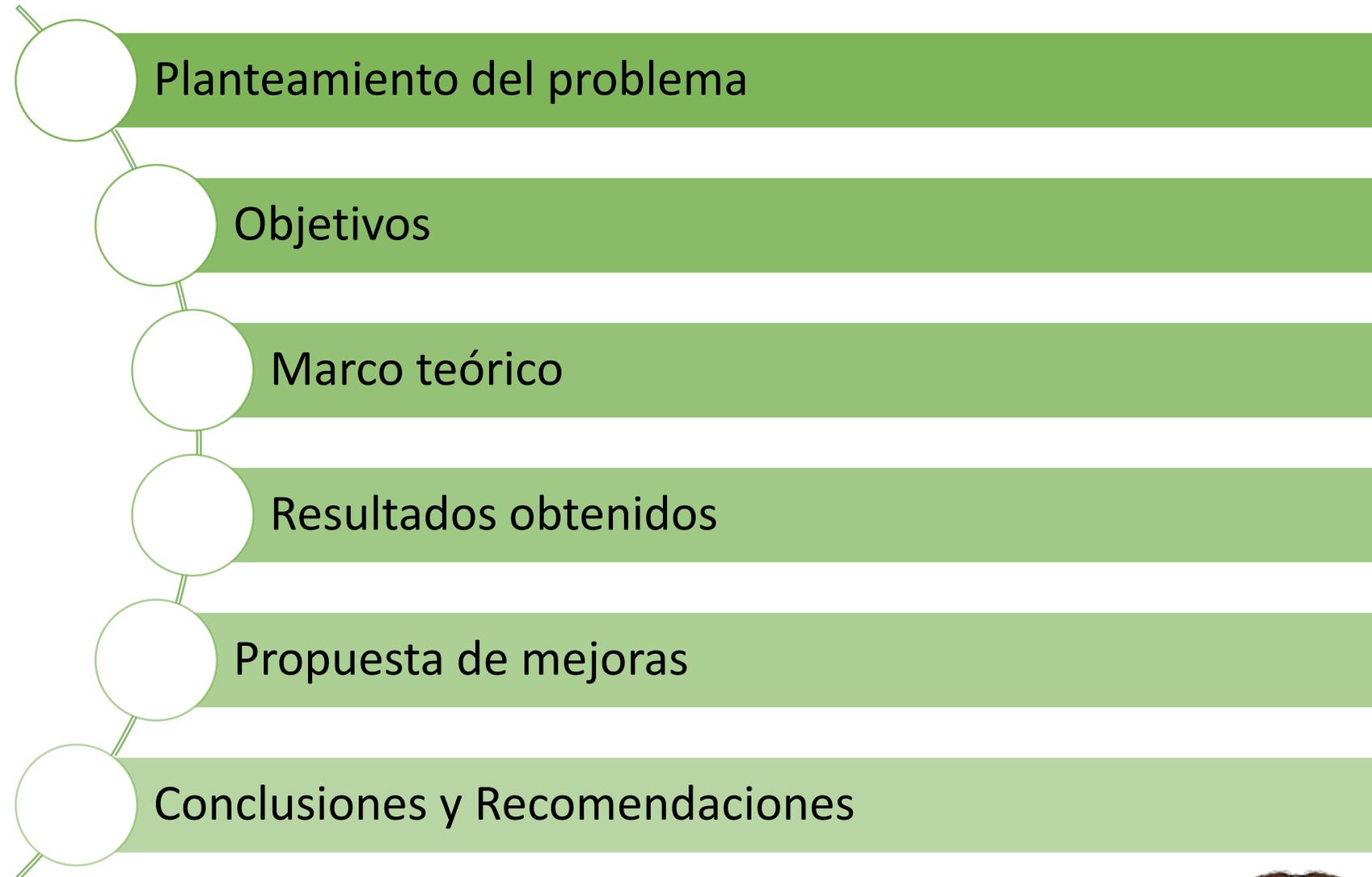
Wilson Bladimir Llanganate Quinatoa

### **Director:**

Ing. Galo Ávila



# CONTENIDO



# PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente el Gobierno del Ecuador, dentro del proceso de cambio de la matriz energética propone establecer un consumo responsable de la energía para obtener un uso eficiente e inteligente por parte de la ciudadanía sobre todo de instituciones públicas.

Por tal motivo es importante conocer el estado actual del consumo energético del Hospital del IESS General Latacunga y las deficiencias que sufre en áreas fundamentales y que son utilizadas diariamente, ya que en el último lustro ha sufrido muchos cambios debido a la repotenciación realizada en las instalaciones hospitalarias con el fin de entregar una atención oportuna y de calidad a los asegurados que acuden diariamente al hospital.



# OBJETIVO GENERAL

Desarrollar la Auditoría Energética del sistema eléctrico y térmico del Hospital General – Latacunga, y en base a los resultados obtenidos presentar una propuesta para obtener un eficiente uso energético.



# OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recopilar información disponible en el área de mantenimiento del hospital sobre las instalaciones en las cuales se realizará la Auditoría.
- Seleccionar las áreas críticas según los parámetros energéticos eléctricos y térmicos de acuerdo con la información recolectada y recomendaciones dadas del personal de mantenimiento, para efectuar mediciones más exhaustivas.
- Realizar una auditoría energética de primer nivel a la totalidad de las instalaciones hospitalarias para identificar los equipos que consumen energía, así como el estado actual de las instalaciones para reconocer las posibilidades de ahorro energético



# OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Efectuar una auditoría energética de segundo nivel en cada una de las áreas seleccionadas para realizar la toma y registro de datos con el analizador de redes eléctricas.
- Analizar los resultados obtenidos en la auditoría de segundo nivel utilizando técnicas o herramientas estadísticas, para reconocer los potenciales de ahorro energético
- Diseñar una propuesta de mejoras para el sistema eléctrico y térmico con el fin de mejorar la eficiencia energética del hospital.

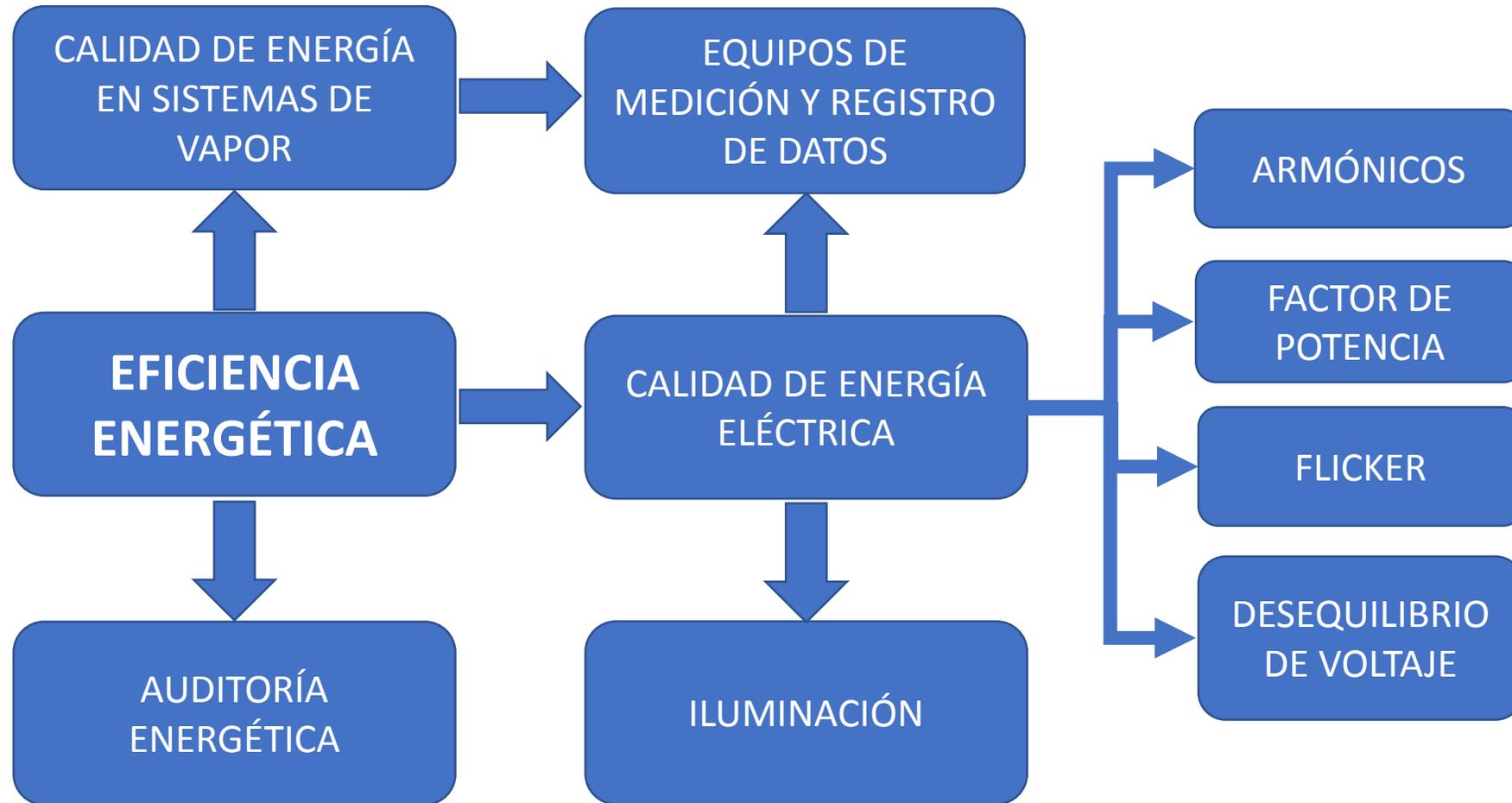


# HIPÓTESIS

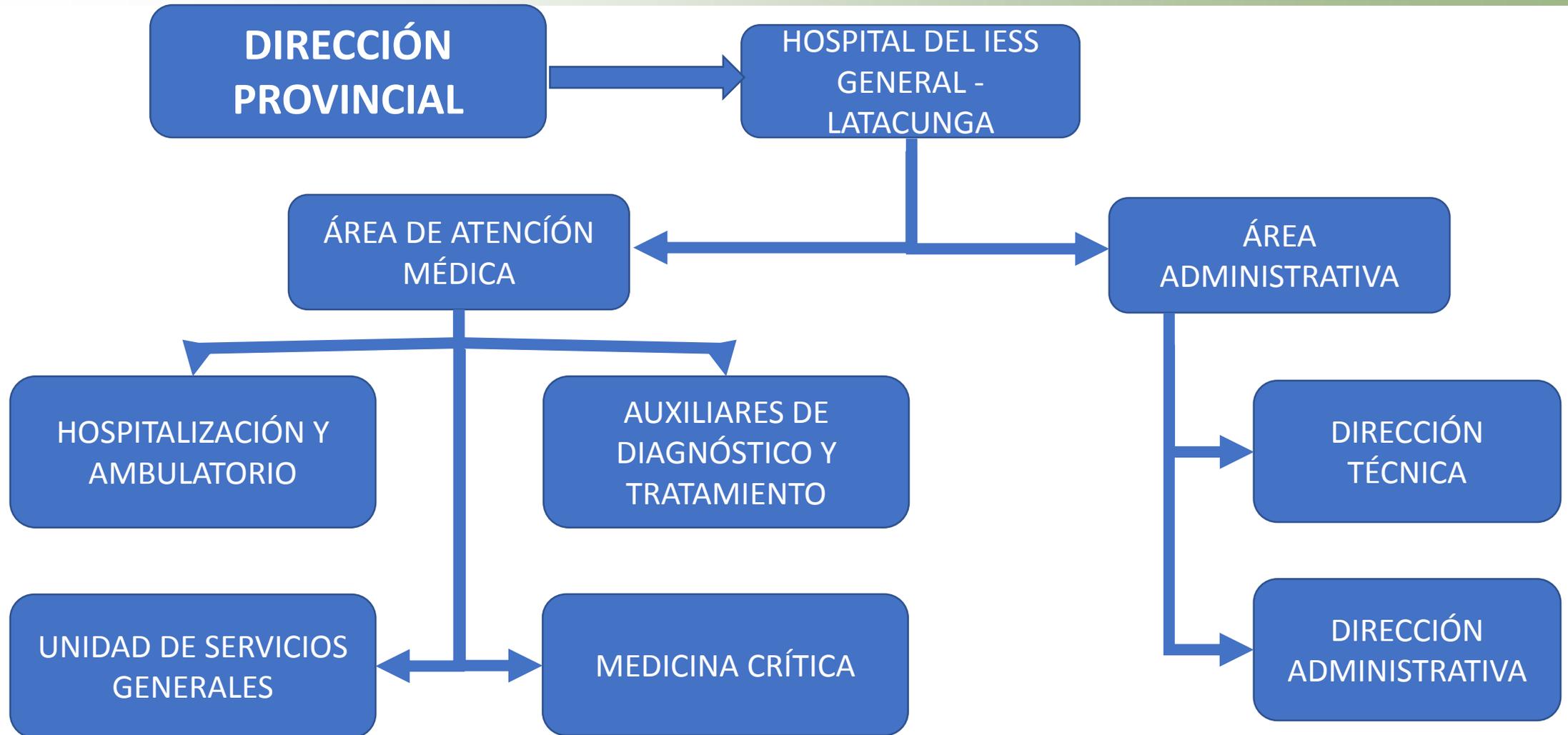
La auditoría energética por realizar en el Hospital del IESS General - Latacunga permitirá determinar las falencias en el consumo de energía en todas las áreas y mediante la propuesta de mejoras se permitirá obtener un eficiente consumo energético.



# MARCO TEÓRICO



# MARCO TEÓRICO



# RESULTADOS OBTENIDOS

Para determinar el estado en que se encuentran en la actualidad las instalaciones eléctricas del Hospital General-Latacunga fue necesario realizar una recopilación de información mediante la identificación de las diversas áreas y el levantamiento de carga por sección.



# RESULTADOS OBTENIDOS

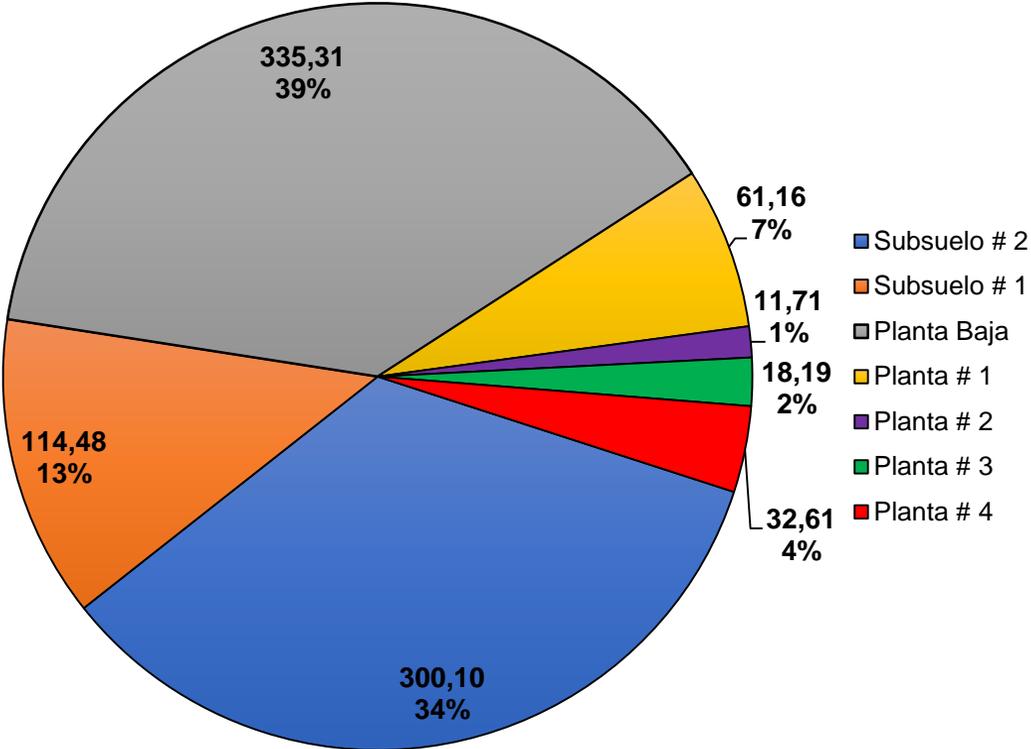
## CAPACIDAD INSTALADA

- Generador de emergencia 370 kVA
- Transformador 630 kVA
- Transformador 75 kVA
- Transformador 75 kVA
- Transformador 75 kVA



# RESULTADOS OBTENIDOS

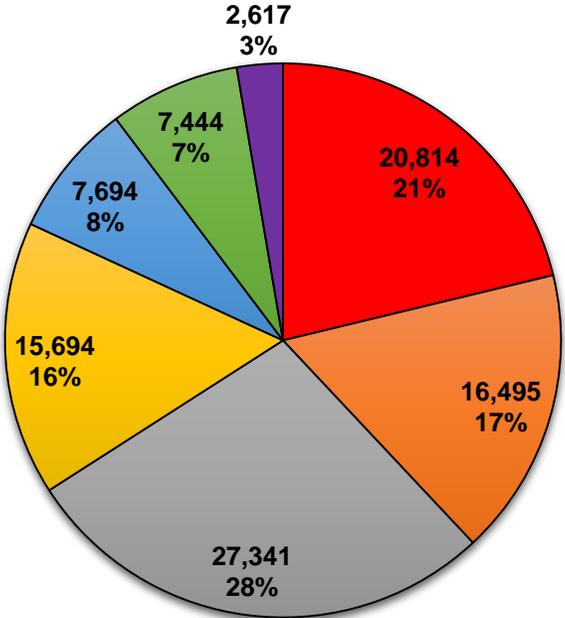
Carga total instalada por planta  
Hospital del IESS General-Latacunga [KVA]



# RESULTADOS OBTENIDOS

## ILUMINACIÓN

Carga instalada iluminación / Planta.  
Hospital del IESS General Latacunga [kW]



- Subsuelo # 2
- Subsuelo # 1
- Planta Baja
- Planta # 1
- Planta # 2
- Planta # 3
- Planta # 4



# RESULTADOS OBTENIDOS

Medición de parámetros eléctricos en zonas críticas del hospital.

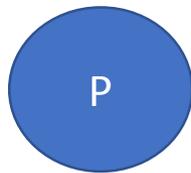
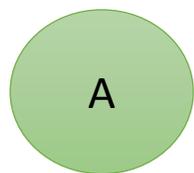
- ❑ Centro quirúrgico (TES1-1)
- ❑ Área de “Rayos X” y mamografía
- ❑ Área de neonatología (TE1-1)
- ❑ Área de tomografía (TAC)
- ❑ Cuarto de bombas de agua



# RESULTADOS OBTENIDOS

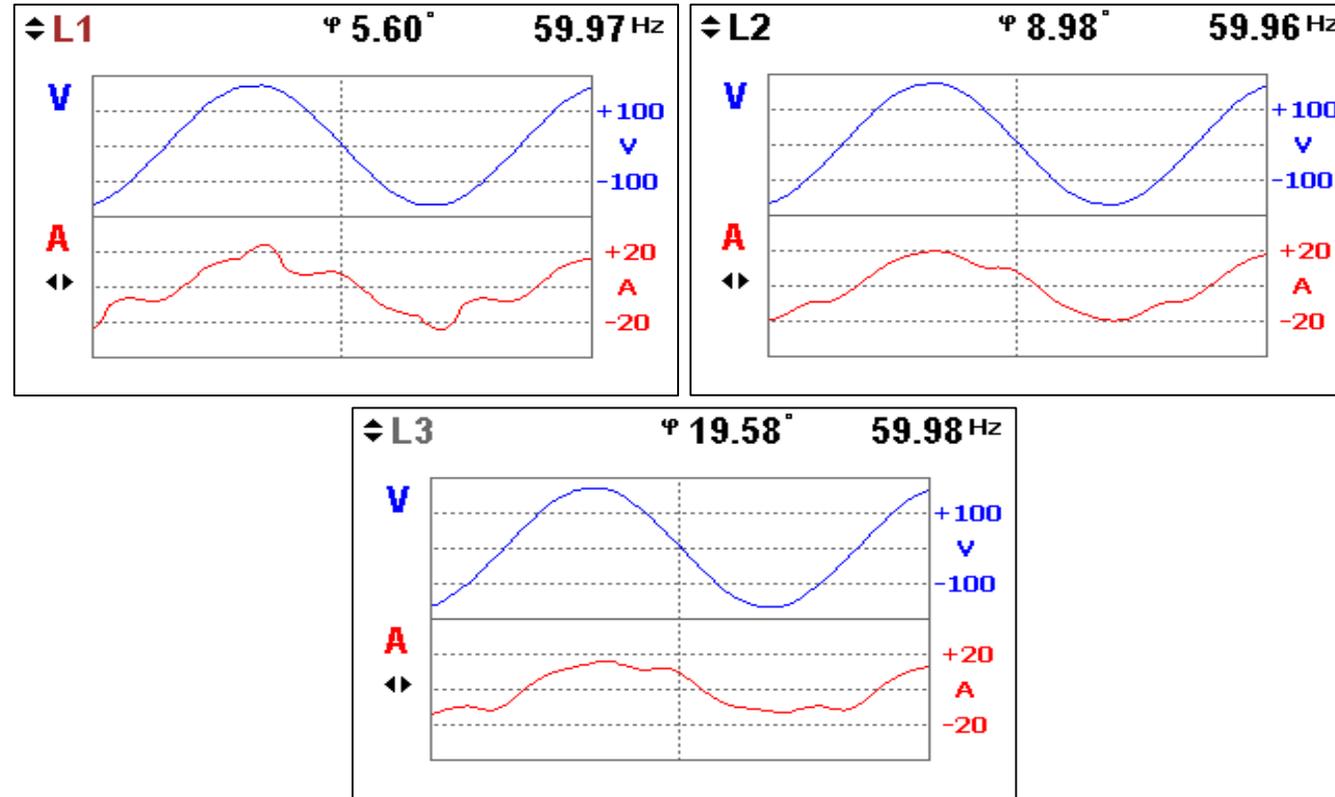
## CENTRO QUIRÚRGICO

	TENSIÓN	CORRIENTE	ARMÓNICOS DE CORRIENTE			POTENCIA			PF	THD DE CORRIENTE
			3	5	7	ACTIVA	APARENTE	REACTIVA		
L1	124,9 [V]	12,07 [A]	22,76	15,81	5,62	1470,6	1535,8	172,72	0,96	28,52
L2	125,9 [V]	9,67 [A]	20,19	9,90	2,04	1165,8	1210,6	220,19	0,96	22,79
L3	123,8 [V]	9,66 [A]	17,90	9,72	2,21	1145,5	1402,0	304,56	0,95	21,36



# RESULTADOS OBTENIDOS

## CENTRO QUIRÚRGICO



# RESULTADOS OBTENIDOS

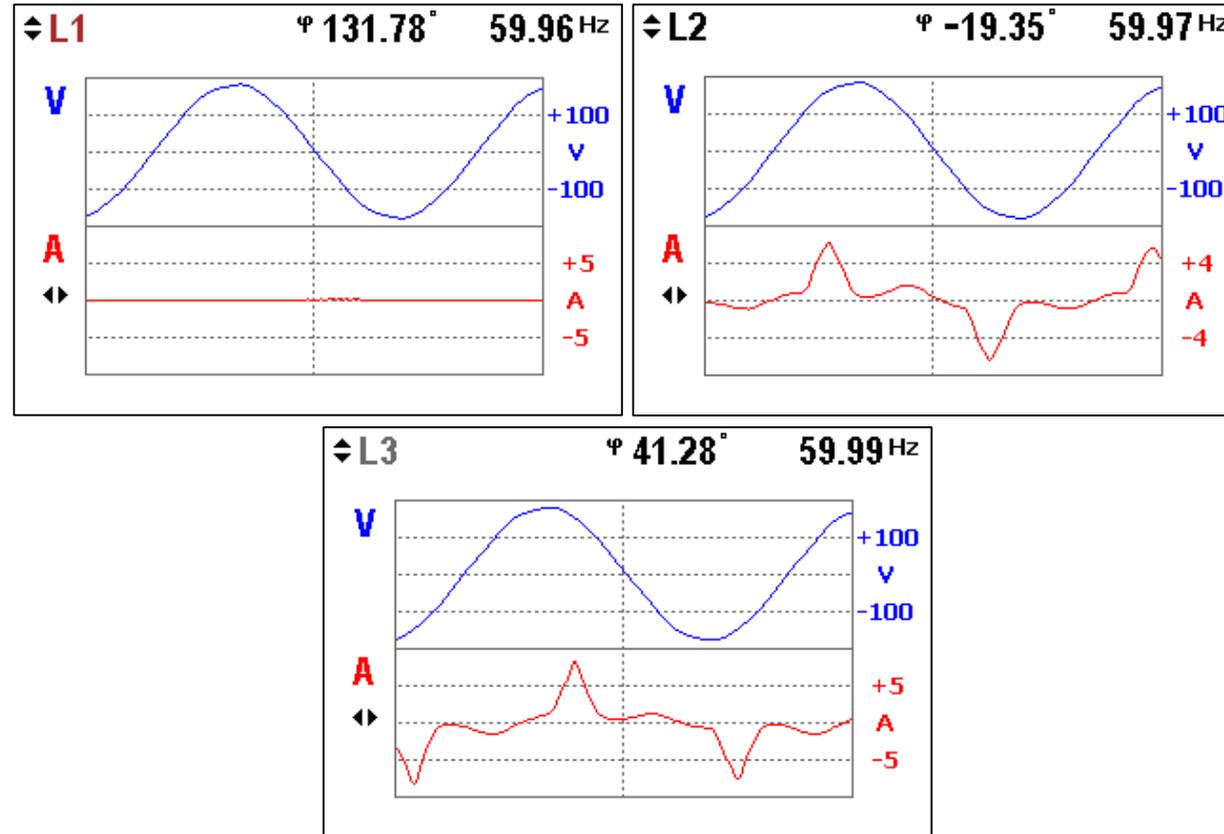
## RAYOS X - MAMOGRAFÍA

	TENSIÓN	CORRIENTE	ARMÓNICOS DE CORRIENTE			POTENCIA			PF	THD DE CORRIENTE
			3	5	7	ACTIVA [W]	APARENTE [VA]	REACTIVA [VAR]		
<b>L1</b>	132,3 [V]	0,02 [A]	0	0	0	-0,9	2,02	3,3	-0,29	14,83
<b>L2</b>	133,1 [V]	1,80 [A]	59,87	41,38	23,09	171,8	237,21	-63,3	0,66	85,54
<b>L3</b>	130,8 [V]	1,88 [A]	58,45	40,17	22,37	144,4	242,81	121,9	0,66	83,54



# RESULTADOS OBTENIDOS

## RAYOS X - MAMOGRAFÍA



# RESULTADOS OBTENIDOS

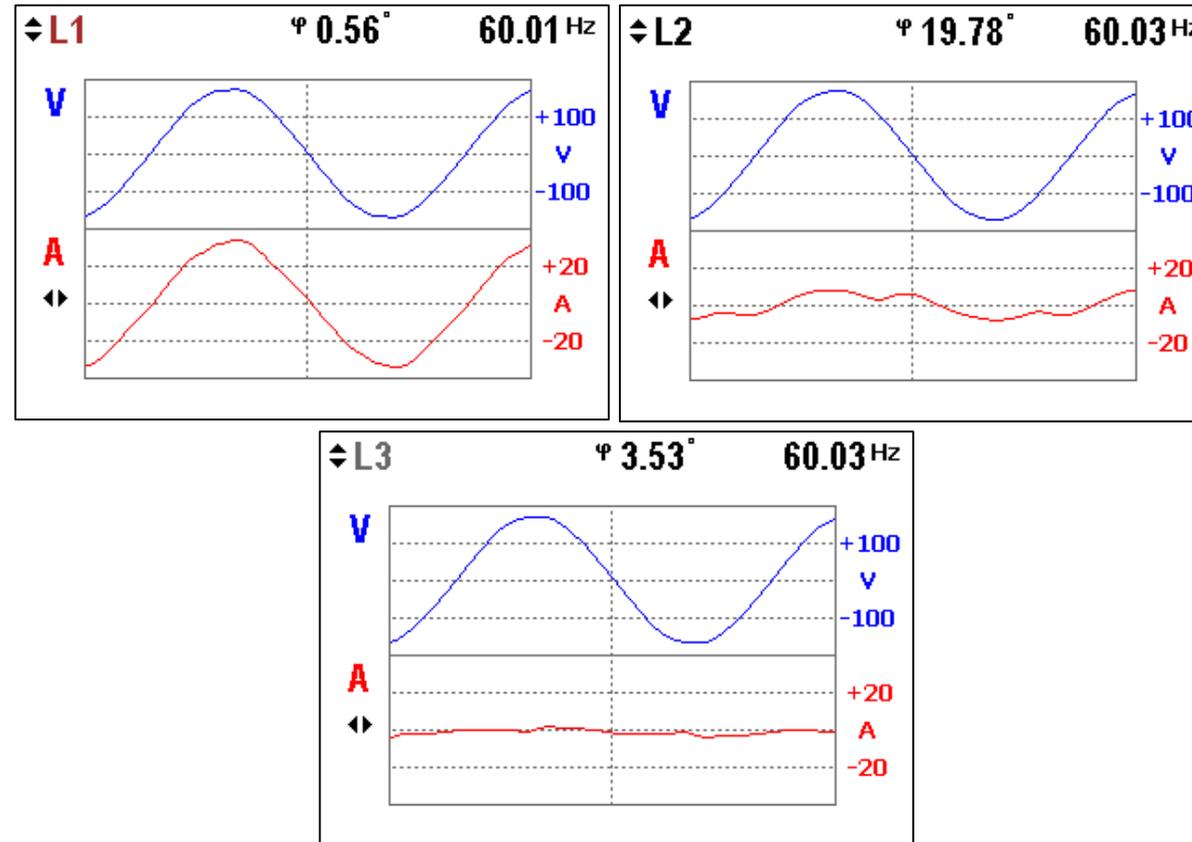
## NEONATOLOGÍA

	TENSIÓN	CORRIENTE	ARMÓNICOS DE CORRIENTE			POTENCIA			PF	THD DE CORRIENTE
			3	5	7	ACTIVA [W]	APARENTE [VA]	REACTIVA [VAR]		
<b>L1</b>	125,2 [V]	10,3 [A]	7,59	3,90	0,93	1195,2	1210,1	56,8	0,98	17,55
<b>L2</b>	126,0 [V]	5,7 [A]	26,36	7,92	2,14	558,4	661,1	196,1	0,84	33,16
<b>L3</b>	124,0 [V]	5,9 [A]	16,60	8,43	7,33	689,2	751,1	30,1	0,83	21,47



# RESULTADOS OBTENIDOS

## NEONATOLOGÍA



# RESULTADOS OBTENIDOS

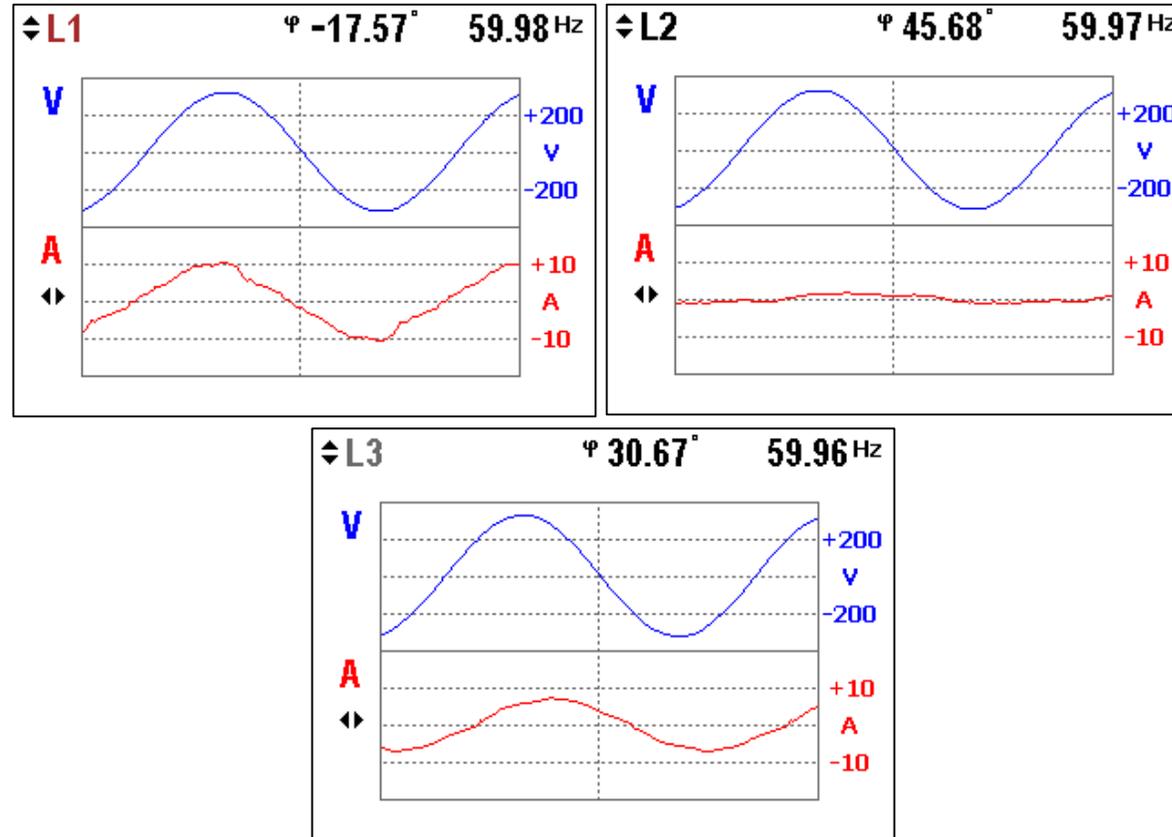
## TOMOGRAFÍA

	TENSIÓN	CORRIENTE	ARMÓNICOS DE CORRIENTE			POTENCIA			PF	THD DE CORRIENTE
			3	5	7	ACTIVA [W]	APARENTE [VA]	REACTIVA [VAR]		
<b>L1</b>	229,1 [V]	5,8 [A]	11,21	5,54	5,88	1284,9	1358,4	-356,9	0,95	15,21
<b>L2</b>	228,4 [V]	1,1 [A]	30,45	21,21	5,26	206,0	263,4	109,1	0,74	40,58
<b>L3</b>	233,3 [V]	4,0 [A]	2,09	8,31	2,96	834,5	942,2	411,5	0,9	9,25



# RESULTADOS OBTENIDOS

## TOMOGRAFÍA



# RESULTADOS OBTENIDOS

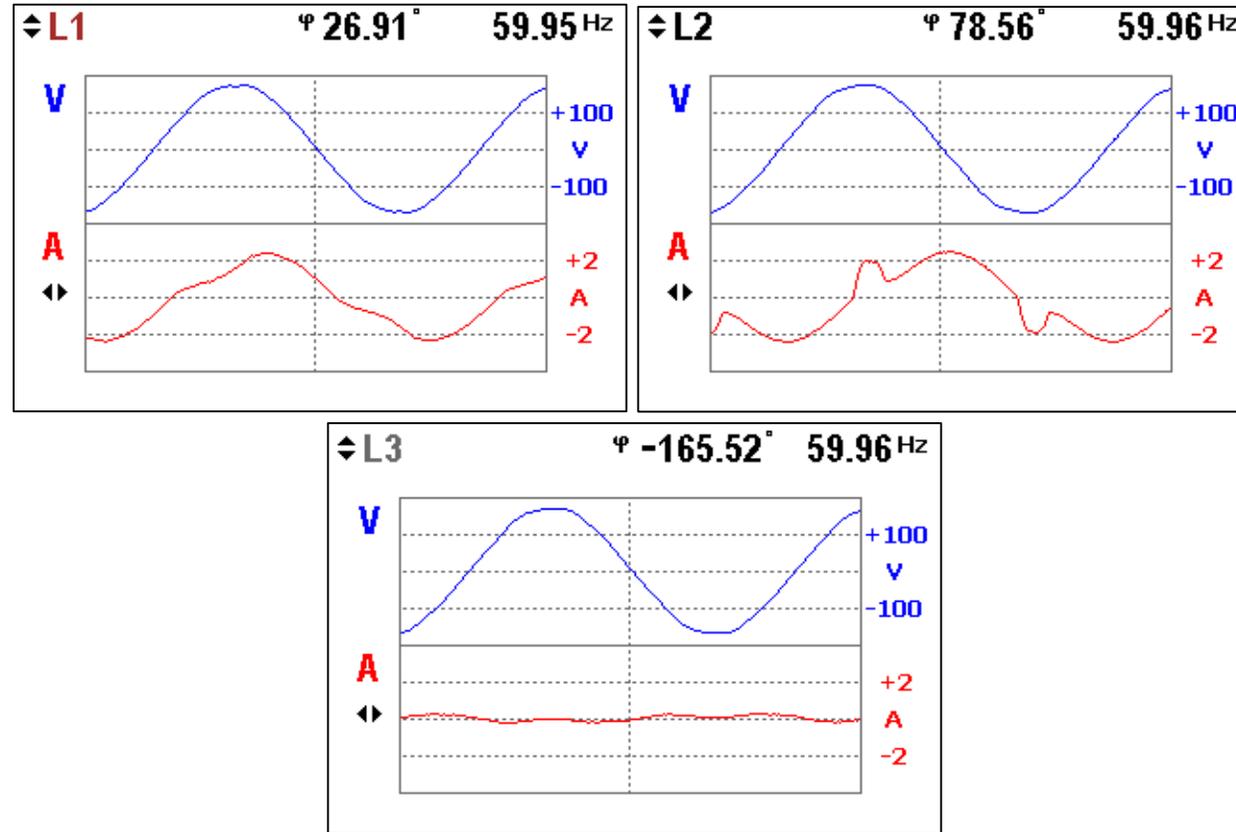
## CUARTO DE BOMBAS

	TENSIÓN	CORRIENTE	ARMÓNICOS DE CORRIENTE			POTENCIA			PF	THD DE CORRIENTE
			3	5	7	ACTIVA [W]	APARENTE [VA]	REACTIVA [VAR]		
<b>L1</b>	125,2 [V]	2,26 [A]	7,58	3,31	1,27	221,9	251,5	104,9	0,93	31,33
<b>L2</b>	126,6 [V]	2,11 [A]	29,13	14,07	8,73	146,1	213,1	113,5	0,68	60,76
<b>L3</b>	124,2 [V]	1,66 [A]	7,69	0,70	0,32	118,9	171,0	74,6	-0,92	44,96



# RESULTADOS OBTENIDOS

## CUARTO DE BOMBAS



# PROPUESTA DE MEJORAS

## Objetivo General

Proponer soluciones para optimizar el consumo energético de áreas críticas del Hospital del IESS Básico-Latacunga, de acuerdo con las mediciones efectuadas e información recogida, para obtener mejores índices de calidad energética en conformidad con la norma vigente.



# PROPUESTA DE MEJORAS

## Objetivos Específicos

- Diseñar filtros pasivos para mejorar el factor de potencia y reducir el porcentaje de THD de corriente en las áreas críticas seleccionadas de acuerdo con la Regulación CONELEC 004/01
- Simular los Filtros Pasivos Paralelos Sintonizado (FPPS) diseñados, mediante el software PSCAD (Power System CAD), para evaluar su funcionamiento.
- Analizar y optimizar varias propuestas para encontrar la solución a los problemas de iluminación, tomar en cuenta la relación calidad-precio y las normas de garantía.



# PROPUESTA DE MEJORAS

## Objetivos Específicos

- Adecuar las instalaciones existentes y mediante la adaptación de las áreas implementar la nueva propuesta, realizar un análisis del costo total de inversión.
- Llegar a la eficiencia energética esperada y comprobar mediante un análisis comparativo las ventajas que proporciona la nueva propuesta y los resultados que puede brindar.
- Establecer las posibles actuaciones en el sistema generador de vapor del hospital para mejorar su eficiencia energética.



# PROPUESTA DE MEJORAS



# PROPUESTA DE MEJORAS

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

DISEÑO DE FILTRO PASIVO SINCRONIZADO (FPPS)

NEONATOLOGÍA

CUARTO DE BOMBAS

TOMOGRAFÍA

CENTRO QUIRÚRGICO

RAYOS X

ILUMINACIÓN

CAMBIO DE TUBOS FLUORESCENTES Y FOCOS INCANDESCENTES

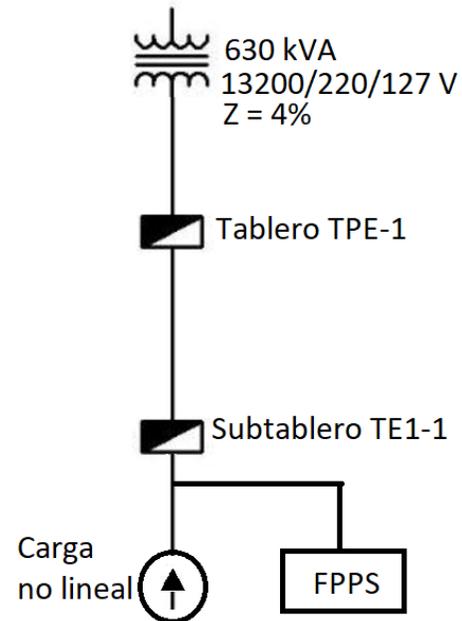
ILUMINACIÓN EN ZONAS DE USO POCO FRECUENTE



# PROPUESTA DE MEJORAS

## Desarrollo de la propuesta

### Diseño de filtros pasivo paralelo sintonizado (FPPS)



# PROPUESTA DE MEJORAS

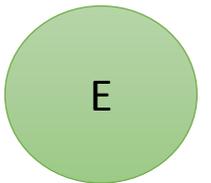
**Rangos de tensión, corriente y potencia en los que debe funcionar el capacitor del filtro en condiciones normales.**

- 1) 135% de su corriente eficaz basada en su potencia y tensión eficaz nominales.
- 2) 110% de su tensión eficaz nominal.
- 3) 135% de su potencia nominal.
- 4) 120% del valor de pico de su tensión nominal.



# PROPUESTA DE MEJORAS

VALORES OBTENIDOS	h	RESISTENCIA [Ω]	BOBINA [H]	CAPACITOR [μF]
NEONATOLOGÍA Línea 2	3	0,5916	0,052	14,9
NEONATOLOGÍA Línea 3	3	0,51	0,045	17,3
CUARTO DE BOMBAS Línea 2	3	0,7	0,06	13
TOMOGRFÍA	3			
CENTRO QUIRÚRGICO Línea 1	3	0,5	0,04	20
CENTRO QUIRÚRGICO Línea 2	3	0,6	0,055	14
RAYOS X Línea 2 y 3	3	2,44 e-5	0,36	2,16
RAYOS X Línea 2 y 3	5	4,076 e-5	0,13	2,16
RAYOS X Línea 2 y 3	7	5,72 e-5	0,066	2,16



# PROPUESTA DE MEJORAS

## ILUMINACIÓN

### Fluorescente vs LED

Características		
Tipo	Fluorescente + balasto	Led
Potencia [W]	(2x40W) + 16W	2x18 W
Índice de reproducción cromático (CRI) [%]	70	80
Flujo Luminoso [lm]	2500	1600
Vida Promedio [horas]	10000	25000
Temperatura de color [°K]	6500	6500
Frecuencia (Hz)	50/60	50/60



# PROPUESTA DE MEJORAS

## ILUMINACIÓN

### Incandescente vs ahorrador

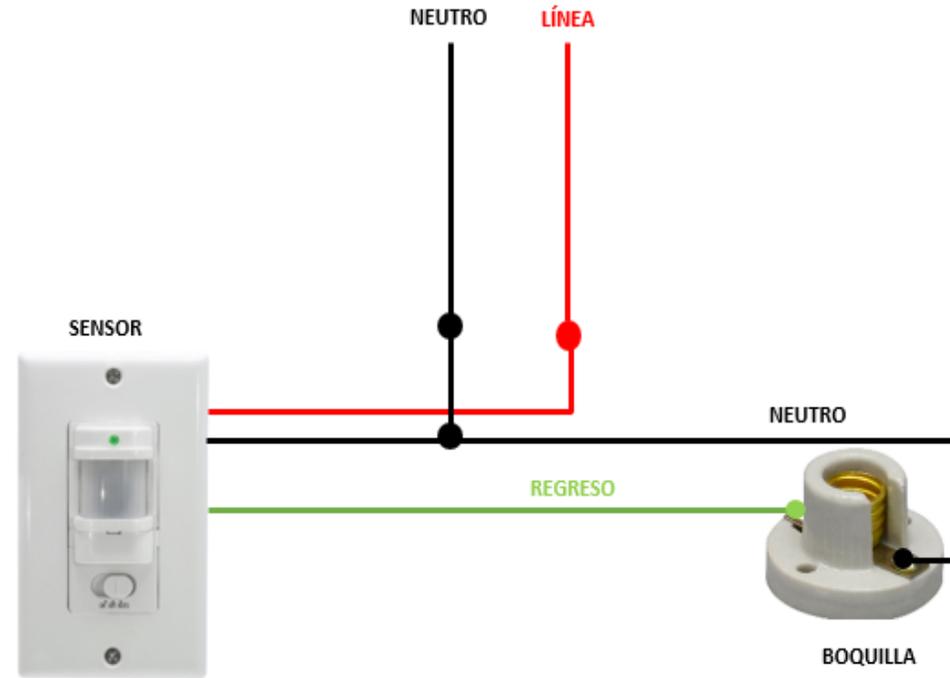
Lumens	Consumo	
	Incandescente	Ahorrador
450	40W	9W
800	60W	14W
1100	75W	19W
1600	100W	23W
Vida Útil	1 año	6-10 años
Ahorro	-	>75%
Eficiencia	13 lúmenes/watt	70 lúmenes/watt



# PROPUESTA DE MEJORAS

## ILUMINACIÓN ZONAS DE USO POCO FRECUENTE

- ❑ ECONOMÍA
- ❑ AHORRO DE ENERGÍA
- ❑ SEGURIDAD
- ❑ PRACTICIDAD



# PROPUESTA DE MEJORAS

## PRESUPUESTO DE LA PROPUESTA PLANTEADA (FILTROS)

CANT.	DESCRIPCIÓN	VALOR UNIT. [\$]	VALOR TOTAL [\$]
8	Condensadores de n uF	13,52	108,16
8	Inductor de n mH	5,32	42,56
10	Resistores de potencia	0,81	8,1
4	Gabinete de 30x20x15	25,46	101,84
6	Breakers monofásico	9,28	55,68
6	Luces piloto	1,75	10,5
1	Varios	150	150
3	Gastos de envío	35	105
<b>TOTAL</b>			<b>581,84</b>



# PROPUESTA DE MEJORAS

## PRESUPUESTO DE LA PROPUESTA PLANTEADA (ILUMINACIÓN)

CANT.	DESCRIPCIÓN	VALOR UNIT. [\\$]	VALOR TOTAL [\\$]
20	Sensores ET033	7,64	152,8
1742	Tubo LED	4,84	8453,96
102	Foco ahorrador	3,00	306,0
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 8912,76</b>



# PROPUESTA DE MEJORAS

## AHORRO ENERGÉTICO Y ECONÓMICO DE LA PROPUESTA

Tipo de bombilla	Potencia bombilla	# bombillas	Potencia instalada	Precio Kw	Gasto económico	Ahorro
Tubo Fluorescente	96W	871	83,62kw	\$9,01	753,38	0%
Tubo LED	36W	871	31,36kw	\$9,01	282,52	62,5%
Foco Incandescente	75W	102	7,65kw	\$9,01	68,92	0%
Foco Ahorrador	20W	102	2,04kw	\$9,01	18,38	73,3%

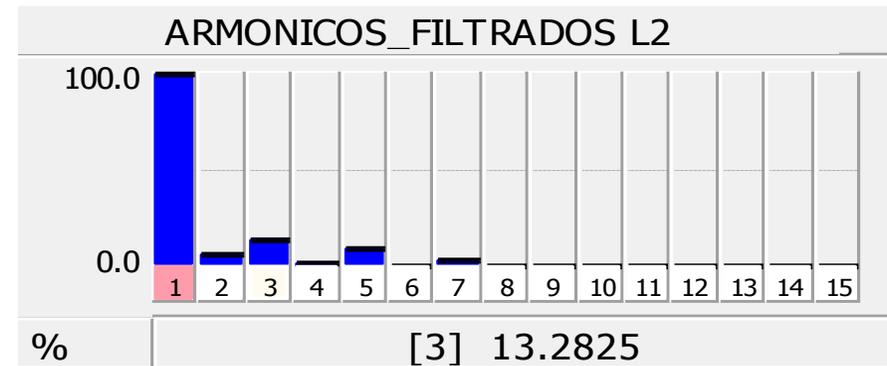
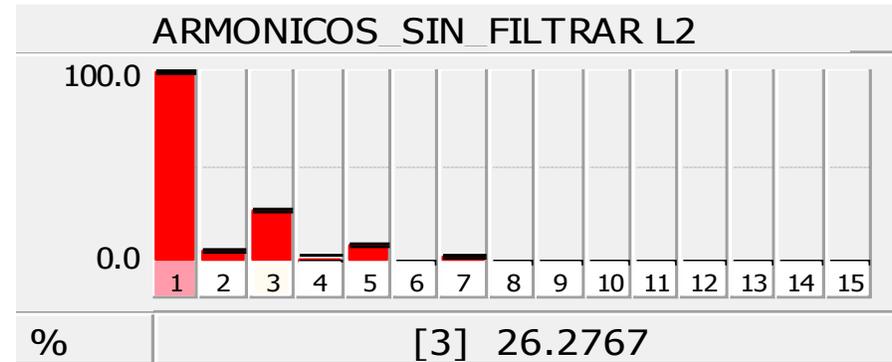


# PROPUESTA DE MEJORAS

## VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS

### NEONATOLOGÍA LÍNEA 2

Condición	THD Corriente	FP
Sin Filtro	28,15	0,84
Con Filtro	16,35	0,99

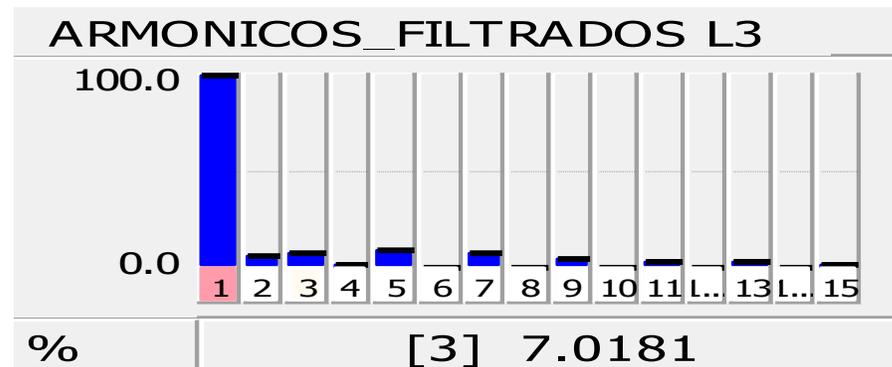
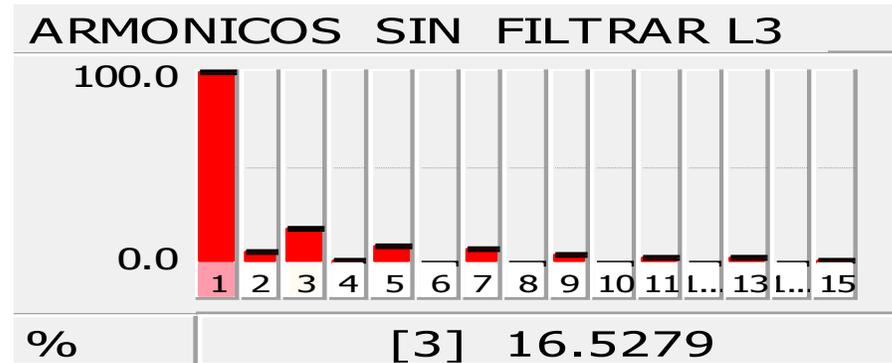


# PROPUESTA DE MEJORAS

## VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS

### NEONATOLOGÍA LÍNEA 3

Condición	THD Corriente	FP
Sin Filtro	21,47	0,83
Con Filtro	14,6	0,99

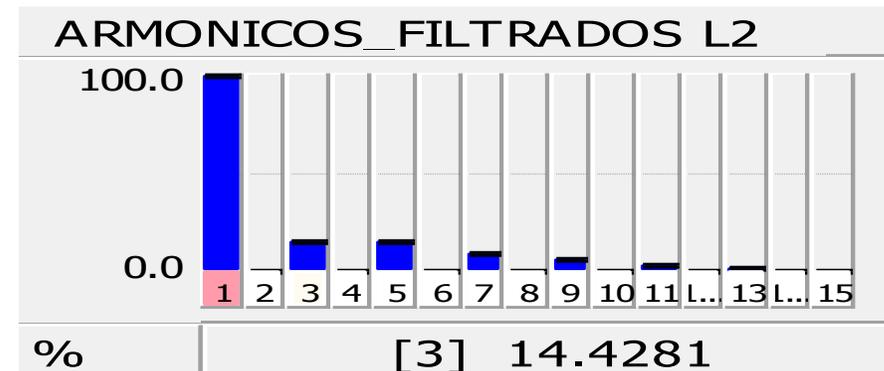
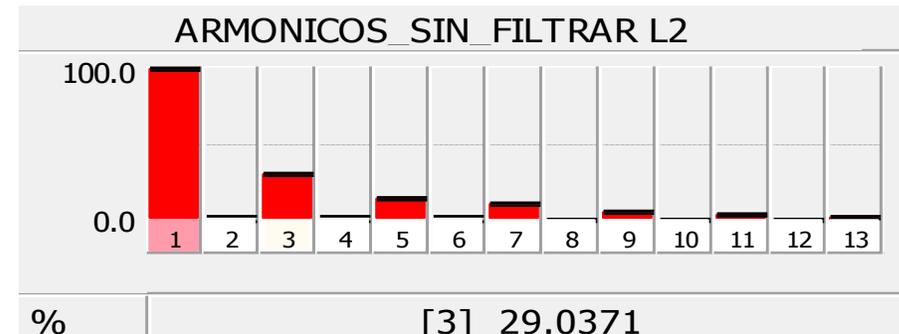


# PROPUESTA DE MEJORAS

## VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS

### CUARTO DE BOMBAS LÍNEA 2

Condición	THD Corriente	FP
Sin Filtro	34,08	0,68
Con Filtro	22,5	0,97

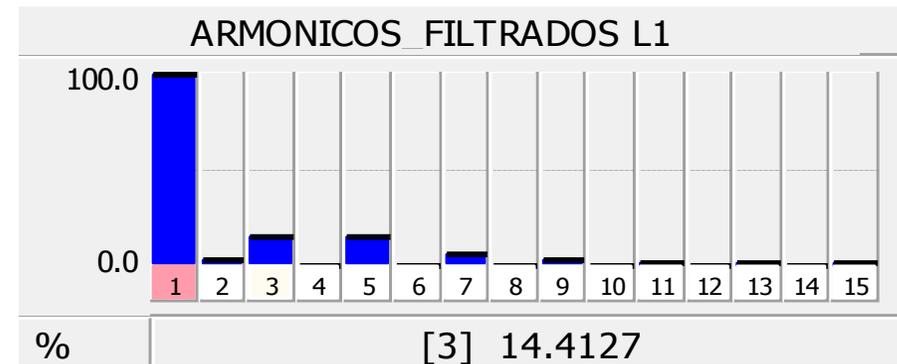
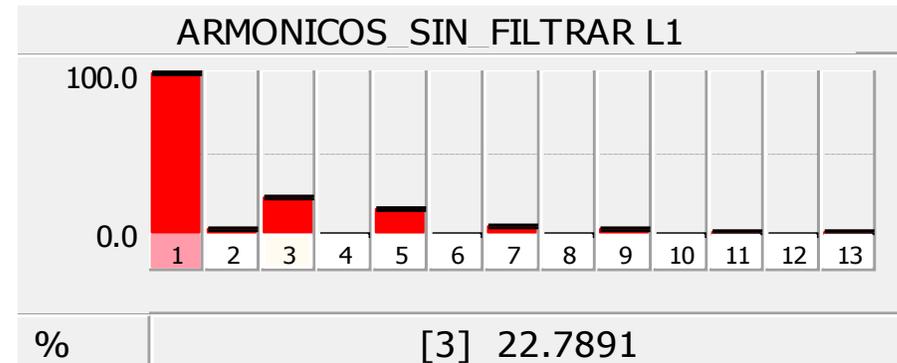


# PROPUESTA DE MEJORAS

## VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS

### CENTRO QUIRÚRGICO LÍNEA 1

Condición	THD Corriente	FP
Sin Filtro	28,54	0,96
Con Filtro	21,8	0,99

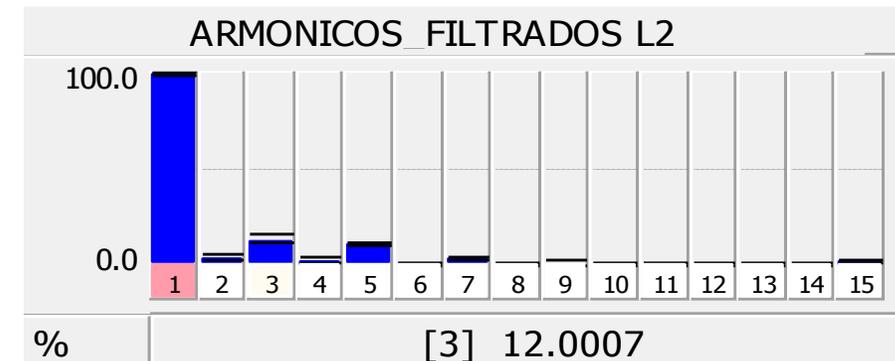
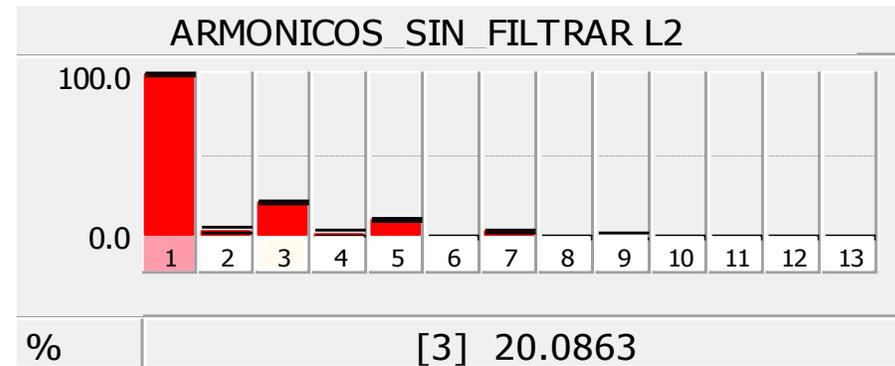


# PROPUESTA DE MEJORAS

## VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS

### CENTRO QUIRÚRGICO LÍNEA 2

Condición	THD Corriente [%]	FP
Sin Filtro	22,8	0,96
Con Filtro	15,9	0,99

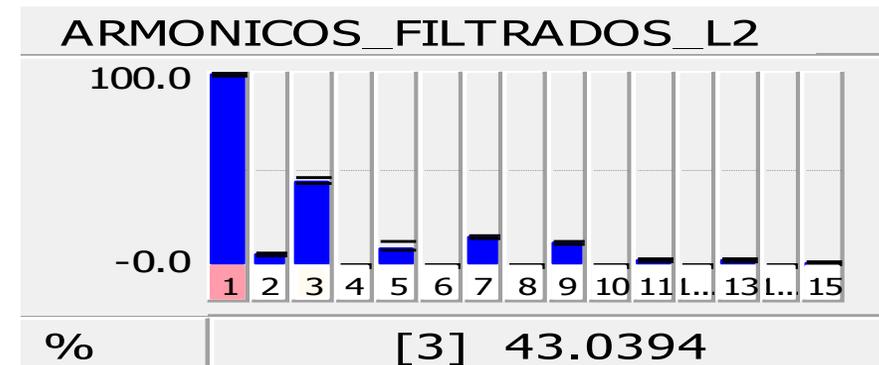
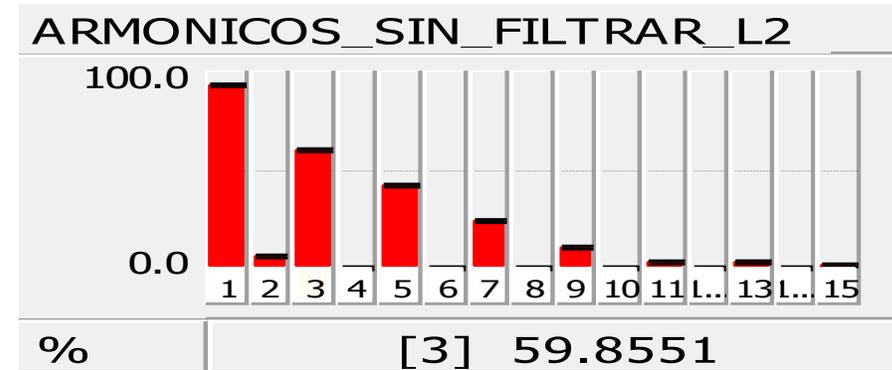


# PROPUESTA DE MEJORAS

## VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS

### RAYOS X LÍNEA 2 Y 3

Condición	THD Corriente	FP
Sin Filtro	85,33	0,66
Con Filtro	48	0,90



# CONCLUSIONES

- Para lograr un consumo energético eficiente, la corrección del factor de potencia es un aspecto de suma importancia, y de acuerdo con los datos recogidos por la Empresa Eléctrica Provincial de Cotopaxi (ELEPCOSA), durante el periodo enero-diciembre del 2016, presenta un valor promedio de 0,94, superior al mínimo aceptado por la regulación del CONELEC 004/001; sin embargo en las mediciones efectuadas con el analizador de redes FLUKE 1735, se midió en ciertos subtableros que alimentan áreas fundamentales de las instalaciones hospitalarias, valores inferiores al establecido por la norma y que afectan a su correcto funcionamiento.



# CONCLUSIONES

- Otro aspecto fundamental que tomar en cuenta en la obtención de la eficiencia energética, es la disminución de la contaminación armónica producidas por cargas no lineales a niveles aceptables; en el hospital la distorsión armónica de voltaje (THD V) en todos los puntos medidos se encuentran dentro del rango establecido por la regulación del CONELEC 004/001, mientras que la distorsión armónica de corriente (THD A) medida, alcanza valores superiores a los recomendados por la norma IEEE std 519-2014, y que son necesario atenuarlos.



# CONCLUSIONES

- En las mediciones efectuadas se encontró que el armónico de tercer orden es el predominante, y principal causa de la distorsión armónica total de corriente, por lo que el filtro pasivo paralelo sintonizado se diseñó con el fin de atenuar dicho armónico, así como proporcionar la energía reactiva necesaria para mejorar el factor de potencia.
- Una vez realizada la auditoría de primer orden en el área de calderas se constató que la automatización implementada en la zona de calderas permite alcanzar un consumo más eficiente del combustible a la vez que permite detectar los posibles desperfectos y variaciones de temperatura.
- Esta auditoría permitió detectar que existen fugas de vapor en el sistema debido sobre todo a la antigüedad de los equipos y las tuberías observando en ciertos casos un aislamiento deteriorado.



# CONCLUSIONES

- La implementación de los sensores en áreas de uso poco frecuente permite obtener un ahorro energético muy grande ya que se reduce en muchas horas la iluminación innecesaria en estos sectores, esto se verá reflejado en el consumo energético mensual el cual irá bajando consecuentemente.
- En iluminación, los tubos LED es lo mejor que existe en el mercado ya sea por el ahorro en consumo de energía como en vida útil e iluminación, al realizar el cambio total de iluminación del hospital el confort no se ve afectado y el ahorro energético aumentará como un gran aporte para llegar a la eficiencia energética.
- Los tubos LED son las lámparas más seguras y recomendadas para ser utilizadas en hospitales ya que emiten una cantidad insignificante de rayos UV que son dañinos para la piel, por lo tanto, es importante distinguir que tipo de lámpara utilizar.



# RECOMENDACIONES

- Socializar los beneficios generados por un uso eficiente de la energía que consume el hospital, estableciendo políticas que incentiven el ahorro y el desarrollo de buenas prácticas en lo referente a la utilización sobre todo de la energía eléctrica, y recalcar que acciones tan simples como apagar las lámparas que no se utilicen, evitar dejar equipos en stand by, constituyen acciones que redundan en un eficiente consumo energético.
- Realizar una distribución más equilibrada de las cargas eléctricas en cada una de las líneas de los tableros eléctricos, para evitar desbalances en la corriente, que pueden provocar algún tipo de falla en los equipos del hospital.
- Es muy importante contar con un diagrama unifilar actualizado de las instalaciones eléctricas del hospital, que permita contar con información fidedigna de la distribución de las cargas eléctricas existentes en las instalaciones.



# RECOMENDACIONES

- Se necesita tomar en cuenta normas y estándares de iluminación para hospitales ya que existe zonas que necesitan tener un mayor grado de luxes para que el especialista a cargo no tenga inconvenientes y se pueda preservar la salud de la persona que es el objetivo primordial.
- Realizar un inventario total de las luminarias existentes y el tiempo de vida útil de cada una de ellas para poder realizar un testeo final y así obtener valores reales de costo beneficio.
- Realizar un mantenimiento preventivo en las tuberías del sistema de calderas para evitar así las posibles fugas que influyan en el normal funcionamiento del sistema generador de vapor.



# RECOMENDACIONES

- Realizar un levantamiento actualizado del sistema térmico el cual permita identificar las posibles áreas que requieran con más necesidad un mantenimiento correctivo, así como determinar el estado actual del funcionamiento de las dos calderas al tratarse de equipos con varios años de funcionamiento.



**GRACIAS POR SU ATENCIÓN**



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# ECUACIONES

*Factor de distorsión*

$$fp_{dist} = \frac{1}{\sqrt{(THD_i)^2 + 1}}$$

*Factor de potencia de desplazamiento*

$$fp_{desp} = \frac{fp}{fp_{dist}}$$

*Potencia Aparente*

$$S_1 = \frac{P}{fp_{desp}}$$

*Corriente fundamental*

$$I_1 = \frac{S_1}{V}$$

*Capacitor en paralelo optimo*

$$C_{op} = \frac{I_{L1} \sin \Phi}{\omega E}$$

*Potencia reactiva del capacitor*

$$Q_{C_{op}} = \omega C_{op} E^2$$



# ECUACIONES

*Reactancia y capacidad del capacitor del filtro*

$$X_{C1} = \frac{V_{CN}^2}{Q_{ef}}$$
$$C = \frac{1}{2\pi \times f_1 \times X_{C1}}$$

*Reactancia y capacidad inductiva del filtro*

$$X_{Lh} = \frac{1}{h^2} \times X_{C1}$$
$$L = \frac{X_{Lh}}{2\pi \times f_1}$$

*Factor de calidad*

$$Q = \frac{X_{Ls}}{R} = \frac{X_{Cs}}{R}$$

*Reactancia base*

$$X_{base} = \frac{(V_{Secundario\ Trafo})^2}{S_T}$$

*Reactancia del transformador a frecuencia fundamental*

$$X_{T1} = X_{pu} \times X_{base}$$

