



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**PROYECTO TÉCNICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO**

TEMA:

AUDITORÍA ENERGÉTICA DE LOS LABORATORIOS DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.

AUTOR: Christian German Velastegui Valdiviezo

TUTOR: Ing. M. Eng. Paucar Samaniego Mayra Alejandra

AMBATO – ECUADOR

2017

CERTIFICACIÓN

En calidad de tutor del proyecto técnico, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, con el tema: “AUDITORÍA ENERGÉTICA DE LOS LABORATORIOS DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”. Realizado por el señor Christian German Velastegui Valdiviezo, estudiante de la facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Certifico:

Que el presente proyecto es original de su autor.

Ha sido revisado cada uno de sus capítulos.

Es concluida y puede continuar con el trámite correspondiente

Ambato, enero, 2017

.....

Ing. M. Eng. Mayra Paucar

AUTORÍA DEL TRABAJO

Declaro que el contenido del proyecto técnico: “AUDITORÍA ENERGÉTICA DE LOS LABORATORIOS DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”, así como ideas, resultados, conclusiones, son auténticos y de responsabilidad exclusiva de mi persona en calidad de autor del proyecto.

Ambato, enero, 2017

.....

Christian Velastegui

C.I. 1804243820

APROBACIÓN TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos profesores Calificadores, ya revisado en su totalidad el proyecto técnico realizado por señor Christian German Velastegui Valdiviezo de la carrera de Ingeniería Mecánica, aprueban el tema: “AUDITORÍA ENERGÉTICA DE LOS LABORATORIOS DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”.

Ambato, enero, 2017

.....

Ing. Mg. Alex Mayorga

.....

Ing. Mg. Santiago Cabrera

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que de este Proyecto Técnico o parte de él haga un documento para la lectura, consulta e investigaciones según normas Institucionales.

Cedo los derechos de Proyecto Técnico con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción del mismo dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre que dicha reproducción no represente ganancia económica y se la realice bajo mis derechos de autor.

Ambato, enero, 2017

.....

Christian Velastegui

C.I. 1804243820

DEDICATORIA

A mis padres por el incondicional apoyo que me supieron brindar en todo momento durante toda mi vida siendo el pilar fundamental para alcanzar mis metas, apoyándome no solo de manera económica sino moral.

A toda mi familia por siempre estar pendientes de mi vida y mi bienestar, por estar a mi lado en los momentos difíciles dándome una mano para poder salir adelante, permitiéndome así crear un ambiente de confianza para lograr ser una mejor persona.

AGRADECIMIENTO

Agradecido principalmente con Dios por permitirme llegar hasta este punto a un paso de lo que he anhelado y he soñado en cumplir siempre, agradezco a mis padres porque siempre me apoyaron y porque cuento siempre con ellos ya que sin ellos y su apoyo esto no podría ser posible.

A mi familia por estar siempre a mi lado unidos y compartir mis alegrías y tristezas a lo largo de mi vida y brindarme su mano durante mi vida estudiantil.

A todos quienes fueron mis profesores durante toda mi carrera universitaria por transmitirme el conocimiento necesario, a la Ingeniera Mayra Paucar por su apoyo durante la realización del presente proyecto transmitiéndome su conocimiento y ayuda, y por su calidad de persona, y a todas las personas que de una u otra forma me han apoyado desinteresadamente.

ÍNDICE GENERAL

PÁGINAS PRELIMINARES

PORTADA.....	I
CERTIFICACIÓN.....	II
AUTORÍA DEL TRABAJO	III
APROBACIÓN TRIBUNAL DE GRADO	IV
DERECHOS DE AUTOR.....	V
DEDICATORIA.....	VI
AGRADECIMIENTO	VII
ÍNDICE GENERAL.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	XIV
ÍNDICE DE TABLAS	XVI
RESUMEN EJECUTIVO	XIX
CAPÍTULO I.....	1
1. ANTECEDENTES	1
1.1. TEMA.....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	1
1.3. OBJETIVOS.....	2
1.3.1. GENERAL	2
1.3.2. ESPECÍFICOS	2
CAPÍTULO II	3
2. FUNDAMENTACIÓN.....	3
2.1. INVESTIGACIONES PREVIAS	3

2.1.1.	Publicaciones y artículos científicos	3
2.1.2.	Trabajos de grado	3
2.1.3.	Manual para auditorías energéticas en edificios.....	4
2.2.	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	5
2.2.1.	Eficiencia energética	5
2.2.1.1.	Eficiencia energética en edificaciones de ecuador	5
2.2.1.2.	Eficiencia energética en la industria de ecuador	6
2.2.2.	Auditoría energética	6
2.2.2.1.	Objetivos primordiales de una auditoría energética [4]	7
2.2.2.2.	Tipos de auditorías energéticas	7
2.2.2.3.	Metodología de una auditoría energética	8
2.2.2.3.1.	Planificación y preparación	8
2.2.2.3.2.	Etapas de una auditoría energética	9
2.2.2.4.	Material y equipo necesario.....	11
2.2.2.4.1.	Analizador de redes eléctricas	12
2.2.2.4.2.	Luxómetro	13
2.2.3.	Tipos de energía que trata una auditoría energética	14
2.2.4.	Iluminación eficiente	14
2.2.4.1.	Eficiencia energética en iluminación.....	15
2.2.5.	Calidad de energía eléctrica.	16
2.2.6.	Parámetros de calidad de energía eléctrica.....	16
2.2.6.1.	Desscripción de fenómenos de perturbación. [10]	16
2.2.6.2.	Transitorios [11]	16
2.3.6.3.	Variaciones de voltaje	17
2.3.6.4.	Desequilibrio de tensión.....	18

2.3.6.5.	Distorsión de forma de onda.....	18
2.3.6.5.1.	Desplazamiento de CC	18
2.3.6.5.2.	Armónicos	18
2.3.6.5.3.	Corte	19
2.3.6.5.4.	Ruido	19
2.3.6.6.	Fluctuaciones de tensión	19
2.3.6.7.	Variaciones de frecuencia.....	19
2.3.7.	Factor de potencia (fp)	20
2.3.7.1.	Bajo factor de potencia, causas y consecuencias.....	22
2.3.7.2.	Ventajas de la Correccion del factor de potencia. [12]	23
2.3.8.	Sistema de gestión energética (SGE)	23
2.3.9.	Simulación energética de edificios [16]	24
2.3.9.1.	Software de simulación energética para edificios	24
2.3.9.1.1.	Energy Plus.....	24
2.3.9.1.2.	Open Studio	25
2.3.9.1.3.	Google Sketchup	25
CAPÍTULO III.....		26
3. DISEÑO DEL PROYECTO		26
3.1.	SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS	26
3.1.1.	Método ordinal corregido de criterios ponderados. [18].....	26
3.1.1.1.	Alternativas.	26
3.1.1.2.	Criterios de valoración	27
3.1.1.3.	Ponderación	28
3.1.1.4.	Conclusiones	31
3.2.	CÁLCULOS O MODELO OPERATIVO.....	31

3.2.1. Planificación	31
3.2.2. Inspección visual e información preliminar	32
3.2.2.1. Descripción general del edificio de laboratorios	33
3.2.2.2. Zonificación de laboratorios	33
3.2.2.3. Levantamiento de información	40
3.2.3. Mediciones de calidad de energía eléctrica	47
3.2.3.1. Frecuencia	50
3.2.3.1.1. Análisis de resultados de frecuencia.....	50
3.2.3.2. Voltajes.....	51
3.2.3.2.1. Análisis de resultados de Voltaje	52
3.2.3.3. Flickers de corta duración	53
3.2.3.3.1. Análisis de resultados de señales de Flickers de corta duración	54
3.2.3.4. Armónicos de voltaje.....	55
3.2.3.4.1. Análisis de resultados de registro de armónicos.....	57
3.2.3.5. Factor de potencia	62
3.2.3.5.1. Análisis de resultados de registro de factor de potencia	63
3.2.3.6. Potencias activa, reactiva y aparente	64
3.2.3.6.1. Análisis de potencias	65
3.2.3.7. Energía.....	65
3.2.4. Análisis de iluminación	69
3.2.4.1. Identificación de los puntos de medición	69
3.2.4.2. Medición de niveles de iluminación.....	74
3.2.4.3. Análisis de resultados de iluminación	85
3.2.4.3.1. Análisis dosis de iluminación.....	85
3.2.4.3.2. Análisis de la eficiencia energética en las instalaciones (VEEI).....	87

3.2.5. Simulación Energy Plus	89
3.2.5.1. Primera fase de simulación.....	89
3.2.5.2. Creación de plantilla.....	91
3.2.5.2.1. Introducción de materiales constructivos	91
3.2.5.2.2. Introducción de cargas.....	92
3.2.5.2.3. Introducción de calendarios de uso	92
3.2.5.2.4. Creación de tipos de superficies	93
3.2.5.3. Modelización de los laboratorios.....	94
3.2.5.4. Cálculo de la simulación Energética	94
3.2.6. Mejoras	99
3.2.6.1. Corrección del factor de potencia.....	100
3.2.6.1.1. Selección del banco de capacitores	100
3.2.6.1.2. Capacidad del banco de capacitores	102
3.2.6.1.3. Elementos básicos del banco de capacitores automático	103
3.2.6.2. Redistribución de luminarias.....	109
3.2.6.3. Tecnología LED	110
3.2.6.4. Análisis de las mejoras que se deberían implementar	111
3.3. PRESUPUESTO.....	117
3.4. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	118
CAPÍTULO IV	120
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	120
4.1. CONCLUSIONES.....	120
4.2. RECOMENDACIONES	123
BIBLIOGRAFÍA.....	124
ANEXOS.....	127

ANEXO A1 NIVELES DE ILUMINACIÓN	128
ANEXO A2 CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA	130
ANEXO A3 PLIEGO TARIFARIO DE SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	132
ANEXO A4 PLANILLA DE CONSUMO ELÉCTRICO DE LA UTA	133
ANEXO A5 REGULACIÓN DEL CONELEC.....	134
ANEXO A6 COSTOS.....	174
ANEXO A7 PLANOS DE DISTRIBUCIÓN DE LUMINÁRIAS.....	177

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Analizador de redes eléctricas.	12
Fig. 2. Luxómetro digital.	14
Fig. 3. Transitorio impulsivo.	17
Fig. 4. Transitorio oscilatorio.....	17
Fig. 5. Desplazamiento por corriente continua.	18
Fig. 6. Distorsión de onda armónica.	18
Fig. 7. Distorsión por ruido.....	19
Fig. 8. Variaciones de frecuencia.....	20
Fig. 9. Triángulo de potencias.....	20
Fig. 10. Representación del Factor de potencia	22
Fig. 11. Esquema de zonificación de los laboratorios primera planta	33
Fig. 12. Esquema de zonificación de los laboratorios segunda planta.....	34
Fig. 13. Diagrama de frecuencia (Hz) de los laboratorios de Ingeniería Mecánica (Hz vs tiempo).....	50
Fig. 14. Registro de voltaje Fase – Neutro en función del tiempo.....	51
Fig. 15. Gráfica de señal de Flickers (Pst) Vs. Tiempo (t)	53
Fig. 16. Gráfica de distorsión armónica V_h (1er a 4to orden) en función del porcentaje para las tres líneas	55
Fig. 17. Gráfica de distorsión armónica V_h (5to a 10mo orden) en función del porcentaje para las tres líneas.....	55
Fig. 18. Gráfica de distorsión armónica V_h (11vo a 16vo orden) en función del porcentaje para las tres líneas.....	56
Fig. 19. Gráfica de señal armónica total TDH (%) Vs. Tiempo (t).	57
Fig. 20. Comparación de factor de distorsión armónica en las tres líneas con el límite establecido.....	60
Fig. 21. Comparación del porcentaje de distorsión armónica total en las tres líneas con el límite establecido.....	61
Fig. 22. Registro de factor de potencia vs tiempo (t).....	62
Fig. 23. Gráfica de registro de potencias del laboratorio de Ingeniería Mecánica	64
Fig. 24. Gráfica de registro de energía Vs. Tiempo (t).....	65

Fig. 25. Representación en porcentaje de los valores de consumo por parte de la UTA, FICM y los laboratorios de Mecánica.....	69
Fig. 26. Esquema puntos de medición de niveles de iluminación - Energías.....	71
Fig. 27. Esquema puntos de medición de niveles de iluminación – Electrónica.....	72
Fig. 28. Esquema puntos de medición de niveles de iluminación – Neumática.....	72
Fig. 29. Esquema puntos de medición de niveles de iluminación – Automatización	72
Fig. 30. Esquema puntos de medición de niveles de iluminación – Área de mecanizado	72
Fig. 31. Esquema puntos de medición de niveles de iluminación – Oficina ayudantes	73
Fig. 32. Esquema puntos de medición de niveles de iluminación – Oficina técnico analista.....	73
Fig. 33. Esquema puntos de medición de niveles de iluminación – Área durómetro	73
Fig. 34. Esquema puntos de medición de niveles de iluminación – Metalografía.....	73
Fig. 35. Entorno SketchUp.....	89
Fig. 36. Entorno OpenStudio.	90
Fig. 37. Entorno Energy Plus.....	90
Fig. 38. Creación de materiales e introducción de propiedades.	91
Fig. 39. Introducción de cargas de los laboratorios de Ingeniería Mecánica.....	92
Fig. 40. Introducción de datos para los calendarios de uso	93
Fig. 41. Creación de tipos de superficies de los laboratorios de Ingeniería Mecánica	93
Fig. 42. Modelización laboratorios de Ingeniería Mecánica.....	94
Fig. 43. Fichero climático en OpenStudio	95
Fig. 44. Cálculo sin errores	95
Fig. 45. Visualización de resultados	96
Fig. 46. Grafica de consumo de energía por el tiempo de simulación.....	96
Fig. 47. Esquema de tendencia de uso de cargas eléctricas instaladas en los laboratorios.....	97
Fig. 48. Diagrama de barras del consumo de electricidad (kWh) al año	97
Fig. 49. Diagrama de barras de la demanda de electricidad de los laboratorios.....	98
Fig. 50. Compensación Fija	100
Fig. 51. Compensación automática (3 pasos)	101

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores de eficiencia energética en iluminación recomendados.....	15
Tabla 2. Tecnologías de iluminación-comparación.	16
Tabla 3. Evaluación del peso específico de cada criterio.....	28
Tabla 4. Evaluación del peso específico del alcance	28
Tabla 5. Evaluación del peso específico de la calidad	29
Tabla 6. Evaluación del peso específico de mediciones	29
Tabla 7. Evaluación del peso específico de oportunidades de mejora	29
Tabla 8. Evaluación del peso específico de descripción de instalaciones.....	30
Tabla 9. Evaluación del peso específico del tiempo	30
Tabla 10. Evaluación del peso específico de la facilidad.....	30
Tabla 11. Tabla de conclusiones	31
Tabla 12. Descripciones de Laboratorios de Ingeniería Mecánica	33
Tabla 13. Zonificación de laboratorios	34
Tabla 14. Descripción de zonas y equipos de laboratorio.....	35
Tabla 15. Descripciones del transformador	36
Tabla 16. Reporte de inspección visual laboratorios de mecánica.....	37
Tabla 17. Reporte de inspección visual laboratorios de mecánica continuación	38
Tabla 18. Reporte de inspección visual laboratorios de mecánica continuación	39
Tabla 19. Inspección de luminarias, climatización y disposición de ventanales por cada zona.....	42
Tabla 20. Levantamiento de carga (w) instalada por luminarias	43
Tabla 21. Total de luminarias y cargas instaladas en los laboratorios de Ingeniería Mecánica	43
Tabla 22. Levantamiento de carga (w) por equipos de oficina	44
Tabla 23. Levantamiento de cargas por equipos de laboratorio parte 1.....	45
Tabla 24. Levantamiento de cargas por equipos de laboratorio continuación	46
Tabla 25: Total de carga instalada por equipos de laboratorio de Ingeniería Mecánica	47
Tabla 26: Total de carga instalada en los laboratorios de Ingeniería Mecánica	47

Tabla 27. Datos de instalación del equipo	48
Tabla 28. Punto de instalación del equipo analizador de redes.....	49
Tabla 29. Registro de datos de frecuencia (Hz)	50
Tabla 30. Valores de voltaje registrados	51
Tabla 31. Análisis de registro de voltajes	52
Tabla 32. Registros de Flickers (Pst)	53
Tabla 33. Análisis de Flickers	54
Tabla 34. Valores registrados de distorsión armónica para cada línea en porcentaje (%) del 1er a 4to orden.....	55
Tabla 35. Valores registrados de distorsión armónica para cada línea en porcentaje (%) del 5to a 10mo orden.....	56
Tabla 36. Valores registrados de distorsión armónica para cada línea en porcentaje (%) del 11vo a 16vo orden.....	56
Tabla 37. Valores de distorsión armónica total (TDH) en % para las tres líneas.	57
Tabla 38. Límites de armónicos en voltaje	58
Tabla 39. Comparación de registros de armónicos Vs. límites dispuestos por la regulación del CONELEC para la línea 1	59
Tabla 40. Registros de factor de potencia en las tres líneas.....	63
Tabla 41. Análisis de Factor de potencia	63
Tabla 42. Valores registrados de potencia aparente.....	64
Tabla 43. Valores registrados de potencia reactiva.....	64
Tabla 44. Valores registrados de potencia activa.....	65
Tabla 45. Análisis de potencias.....	65
Tabla 46. Valores registrados de energía	66
Tabla 47. Registro histórico de consumo mensual de la UTA entre el año 2015 y 2016.	66
Tabla 48. Registro histórico de consumo mensual de la UTA entre el año 2015 y 2015.	67
Tabla 49. Análisis de consumo eléctrico.....	68
Tabla 50. Consumo eléctrico.....	68
Tabla 51. Relación de índice de área con el número mínimo de zonas de evaluar...	70
Tabla 52. Identificación del número de puntos de evaluación de niveles de iluminación	71

Tabla 53. Niveles mínimos de iluminación para actividades específicas y similares.	74
Tabla 54. Registro de niveles de iluminación laboratorio de energías.....	75
Tabla 55. Registro de niveles de iluminación área de mecanizado.....	76
Tabla 56. Registro de niveles de iluminación laboratorio de electrónica	77
Tabla 57. Registro de niveles de iluminación laboratorio de neumática	78
Tabla 58. Registro de niveles de iluminación laboratorio de automatización	79
Tabla 59. Registro de niveles de iluminación laboratorio de metalografía.....	80
Tabla 60. Registro de niveles de iluminación área durómetro	82
Tabla 61. Registro de niveles de iluminación oficina ayudantes	83
Tabla 62. Registro de niveles de iluminación oficina técnico analista	84
Tabla 63. Interpretación de los valores de dosis de iluminación.	85
Tabla 64. Interpretación de la dosis de iluminación en los laboratorios de Ingeniería Mecánica	86
Tabla 65. VEEI máximo permitido en zonas de no representación.	87
Tabla 66. VEEI máximo permitido en zonas de representación.	87
Tabla 67. Valores de eficiencia energética en las instalaciones de los laboratorios de Ingeniería Mecánica	88
Tabla 68. Descripción de mejoras	99
Tabla 69. Factor K para la compensación del factor de potencia	102
Tabla 70. Calculo de la potencia de los Capacitores.....	103
Tabla 71. Controlador automático.....	104
Tabla 72. Elementos externos	105
Tabla 73. Contactores.....	106
Tabla 74. Capacitores trifásicos	107
Tabla 75. Esquema Banco de capacitores	108
Tabla 76. Redistribución de Luminarias	109
Tabla 77. Tecnología LED	110
Tabla 78. Análisis de la corrección del factor de potencia	111
Tabla 79. Análisis del cambio de tecnología y readecuación de luminarias.....	113
Tabla 80. Análisis de la readecuación de las instalaciones eléctricas.	114
Tabla 81. Análisis de optar por implementar sistemas alternativos de iluminación con energías renovables	116

AUDITORÍA ENERGÉTICA DE LOS LABORATORIOS DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

Autor: Velastegui Valdiviezo Christian Germán

Tutora: Ing. M. Eng. Paucar Samaniego Mayra Alejandra

Fecha: Agosto 2016

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto técnico se enfoca en el análisis energético de los laboratorios de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato basado en especificaciones normadas por entes nacionales e internacionales, que regulan los niveles de calidad de energía eléctrica suministrada a la red, eficiencia energética, niveles de iluminación requerida por área de trabajo y elementos básicos para la simulación energética.

El proyecto se realizó con el fin de conocer el estado actual de las instalaciones de laboratorios de la carrera de Ingeniería Mecánica para brindar soluciones a problemas de consumo de energía, empezando por la inspección de la envolvente del edificio así como sus instalaciones eléctricas y el entorno arquitectónico, realizando el levantamiento de información tanto constructivo (Planos eléctricos) como cargas instaladas (equipos y sistemas de iluminación)

Los resultados de la auditoría permitieron determinar las posibles mejoras que se deberían realizar para reducir el consumo de energía eléctrica, realizando el cálculo para la instalación de un banco de capacitores para regular el factor de potencia, redistribución y cambio de luminarias, y colocar elementos de sombra fija para lugares con deslumbramiento por luz natural, además de recomendar el mantenimiento de las instalaciones eléctricas en mal estado y colocar un aislante en el tablero de distribución principal entre Neutro y Tierra. Este tipo de mejoras conlleva a una reducción del consumo de energía eléctrica optimizando el confort y funcionamiento de los laboratorios.

CAPÍTULO I

1. ANTECEDENTES

1.1. TEMA

AUDITORÍA ENERGÉTICA DE LOS LABORATORIOS DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.

1.2. JUSTIFICACIÓN

Dentro de la sociedad actual el conservar el confort en el nivel de vida, demanda un elevado consumo de energía, teniendo como reto obtener un desarrollo sostenible equilibrando nuestras actividades con los recursos existentes.

El recurso energético se interpreta como un parámetro que está ligado con todos los sectores, por el motivo de uso eficaz y racional que significa beneficio de desarrollo y calidad de vida.

Actualmente la eficiencia y ahorro energético es un factor a considerar dentro de edificaciones existentes y proyectos propuestos, ya sea a nivel educativo, industrial, empresarial o residencial, para la optimización del consumo de energía en equipos e instalaciones, permitiéndose así obtener como resultado una producción controlada, bajos costos y esencialmente ahorros económicos. La auditoría energética se torna una herramienta útil mediante el empleo de técnicas en la determinación fiable de consumo energético, se identifica factores que inciden en dicho consumo en todas las fuentes de energía, y aportar con soluciones que técnicamente lo optimizarían.

Dentro de los planes de acción en Ecuador se puede citar como importante el realizar campañas en eficiencia energética dirigida al sector industrial como parte del cambio de la matriz energética nacional, resultando esencial seguir lineamientos establecidos

por normativas nacionales (RTE INEN 2506 Eficiencia Energética en Edificaciones) o internacionales como (ISO 50001 Sistemas de Gestión Energética).

Es por esta razón que el presente proyecto se considera factible con la intención de mejorar las condiciones de consumo energético, aportando además a la reducción de emisiones y obtener una edificación más eficaz.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. GENERAL

- Realizar una auditoría energética de los laboratorios de Ingeniería Mecánica en aspectos de consumo eléctrico e iluminación, para optimizar el consumo energético.

1.3.2. ESPECÍFICOS

- Levantar información de inventario de equipos y situación energética actual.
- Identificar puntos críticos y factores de consumo de energía a base de mediciones y simulación.
- Proponer opciones de mejora basados en normativa INEN 2506 e ISO 50001.
- Sugerir estrategias para la optimización energética.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTACIÓN

2.1. INVESTIGACIONES PREVIAS

Dentro del estudio previo en busca de información relevante, se cita los siguientes trabajos en los cuales su contenido servirá de apoyo a nuestra investigación:

2.1.1. PUBLICACIONES Y ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

Optando por trabajos publicados y artículos científicos basaremos nuestra investigación tomando en cuenta la información de los siguientes:

- KELSEY Jim, «**UPDATED PROCEDURES FOR COMMERCIAL BUILDING ENERGY AUDITS**» ASHRAE, 2011.

Esta publicación realizada por miembros de ASHRAE¹, busca promover mejores prácticas en el proceso de auditorías energéticas, teniendo como objetivo brindar al usuario una guía que le permita identificar directrices para cada nivel de auditoría y obtener buenos resultados que sean útiles para el estudio de confortabilidad de un edificio.

El documento consta de procesos secuenciales como mediciones, evaluación económica, así como la elaboración de un informe final.

2.1.2. TRABAJOS DE GRADO

- E. A. FIGUEROA BARRIONUEVO, «**Auditoría Energética de los Edificios Administrativo y Docente de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica**

¹ ASHRAE.- Sociedad Americana de Aire Acondicionado, Refrigeración y Calefacción.

de la Universidad Técnica de Ambato, Para Disminuir el Consumo de Energía Eléctrica,» Amabto, 2015.

Proyecto de investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico

Disponible en Repositorio Digital de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la UTA:

Este trabajo de investigación se basa en el uso correcto de la energía eléctrica para reducir consumos excesivos y en base a normativa recomienda los niveles de iluminancia con los que se debería trabajar dentro de las instalaciones.

- F. M. Nuñez Salguero, «**Auditoría energética de la Escuela Politécnica del Ejército,»** Latacuanga, 2005.

En este proyecto se realiza el estudio de las condiciones de energía eléctrica que posee el establecimiento, citando varias anomalías en la red de electricidad y por lo tanto las mejores opciones que se deberían optar para que las instalaciones trabajen bajo condiciones normales.

2.1.3. MANUAL PARA AUDITORÍAS ENERGÉTICAS EN EDIFICIOS

Optando por manuales y guías para realizar correctamente una auditoria energética en edificios y la industria podemos citar el siguiente Artículo Científico:

R. GÓMEZ GIRINI, «METODOLOGÍAS PARA AUDITORÍAS ENERGÉTICAS EN EDIFICIOS,» Universidad Tecnológica Nacional, Argentina, 2012.

Donde hace referencia a la importancia de obtener edificaciones más amigables con el medio ambiente, siendo una guía metodológica a base de procedimientos sucesivos para alcanzar la reducción de consumos energéticos. Brinda una herramienta de orientación paso a paso para la obtención de resultados aceptables.

2.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.2.1. EFICIENCIA ENERGÉTICA

“La eficiencia energética según la directiva 2009/72 CE, sobre normas comunes para el Mercado Interior de la electricidad, es un planteamiento de carácter global o integrado, que tiene por objeto influir el volumen y los periodos de consumo de la electricidad a fin de reducir el consumo de energía primaria y las puntas de cargas, concediendo prioridad a las inversiones destinadas a aumentar la capacidad de producción, siempre que las primarias constituyan la opción más eficaz económica habida cuenta de la repercusión positiva en el medio ambiente de menor consumo energético”. [1]

La eficiencia energética es el reducir los elevados e innecesarios consumos, manteniendo el mismo nivel de actividad y producción final. El uso racional y eficiente de energía es la manera mas viable de ahorro económico y cuidado en términos ambientales, es esa la razón por la que la “eficiencia energética” representa un concepto que involucra a todos los entes relacionados con el uso de energía permitiendose a si mismos tomar medidas que contribuyan a su uso óptimo.

2.2.1.1. EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICACIONES DE ECUADOR

La eficiencia energética en edificaciones buscan diereccionar de manera adecuada el uso de materiales y recursos que intervienen en la construcción de un inmueble, así como del uso de sus instalaciones, permitiendo disminuir el consumo energético y mantener el confort y calidad adecuado de los servicios que brinde la edificación. Dentro del Ecuador la incorporación del concepto de eficiencia energética dentro de las fases de diseño y construcción de una edificación es deficiente al punto de que no es un hábito relacionar las instalaciones con el confort de los habitantes, representando de esa manera pérdidas económicas por el uso indebido de la energía y por ende produciendo mayor cantidad de factores de contaminación. [2]

2.2.1.2. EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA INDUSTRIA DE ECUADOR

En la economía mundial la industria forma parte de los ejes principales de avance económico, siendo una de las razones por las que está ligada con la demanda de energía, tal consumo se considera elevado por los procesos que se llevan a cabo dentro de la industria.

En el Ecuador la industria consume el 13% de la energía total del país según el Balance Energético Nacional al 2013 elaborado por el Ministerio Coordinador de los Sectores Estratégicos. [3]

2.2.2. AUDITORÍA ENERGÉTICA

“La auditoría energética se puede definir como un estudio integral de todos los aspectos, tanto técnicos como económicos, que afectan directa o indirectamente al consumo de las diferentes energías en un edificio, cuyo objetivo es establecer un conjunto racional de reformas o mejoras encaminadas a un uso racional de la energía.” [4]

Permite recibir un conocimiento adecuado del estado actual de los consumos energéticos que presenta un inmueble, asimilando dicha información para valorar posibles medidas de reducción de consumo de energía en aspectos económicos y ambientales, donde dichos cambios no significan una disminución de la calidad del servicio de energía y mucho menos en la producción, pudiendo así equiparar el funcionamiento del inmueble.

Una auditoría energética como proceso se enfoca en brindar un análisis de consumos de energía ya sea en edificaciones, la industria o instalaciones residenciales, donde a base de mediciones y procedimientos nos permite conocer el perfil energético que presenta una instalación, además de las posibles mejoras que se pueden implantar.

Realizar una auditoría a más de conocer el estado actual en una instalación, brinda la posibilidad de:

- Verificar el funcionamiento de los equipos.
- Registrar parámetros energéticos.
- Estudiar posibles procesos de optimización de suministros de energía.

- Verificar la posibilidad del implantar energías renovables.
- Presentar opciones de mejoras técnicas y económicas.

2.2.2.1. OBJETIVOS PRIMORDIALES DE UNA AUDITORÍA ENERGÉTICA [4]

Establecer un diagnóstico de la instalación desde el punto de vista de la eficiencia energética.

- Realizar una lista fundamentada de posibles cambios para mejorar el uso energético.
- Optimizar el usos racional de la energía.
- Estudiar la posibilidad de incorporación de energías renovables.

2.2.2.2. TIPOS DE AUDITORÍAS ENERGÉTICAS

Según la profundidad:

- **Diagnóstico energético:** Análisis actual de una instalación, donde se realiza un estudio del estado energético que presenta dicho inmueble sin presentar un modelo de propuesta para mejorar la calidad de suministros de energía y por ende el servicio que presente dicha entidad.
- **Auditoría Energética:** Es un análisis o estudio del estado que presente una instalación es decir se realiza un diagnóstico energético previo identificando los aspectos que que generan o contribuyen con los altos consumos de energía, además de generar un modelo de propuestas de mejora de los puntos críticos que se han identificado con anterioridad para generar ahorros importantes energéticos y económicos. Además de de incluir un estudio económico de las propuestas.
- **Auditoría Energética dinámica y continua:** Se relaciona con la gestión energética de edificaciones, donde los estudios se realizan por etapas de manera continua siendo ese el hecho por el que se le toma en cuenta como parte de la gestión energética de los edificios.

- **Auditoría Energética especial:** Este tipo de auditoría tiene como finalidad contemplar un estudio del proceso productivo de una entidad, donde si se realiza a profundidad se puede incluir una propuesta de modificaciones como por ejemplo en la tecnología utilizada para el proceso.

Según el campo de actuación: En la industria y en edificios construidos

2.2.2.3. METODOLOGÍA DE UNA AUDITORÍA ENERGÉTICA

2.2.2.3.1. PLANIFICACIÓN Y PREPARACIÓN

Una auditoría energética debe constar de una planificación para poder dar fiabilidad del estudio y que el costo y tiempos sean mínimos.

Una planificación previa de la auditoría facilita la orientación del auditor, permitiéndole seguir un procedimiento y obtener un mejor informe preliminar.

Se deben fijar fechas de visita, para inspecciones visuales donde el objetivo es recopilar la mayor cantidad de información posible.

De la información receptada se debe realizar un plan de trabajo, cronograma de actividades, además de la disposición de instrumentación de medida.

Se debe contar con ideas planificadas para cualquier imprevisto y cambios que se presenten.

Los siguientes aspectos forman parte de la planificación para una auditoría energética:

- Revisión y copias en caso de existir sobre estudios del edificio.
- Información acerca de las instalaciones: dimensiones, consumos energéticos anuales, etc.
- Disponibilidad de los usuarios y de las instalaciones para realizar la auditoría correspondiente.
- Se debe realizar un cronograma de actividades con tiempos, con el fin de llevar a cabo cada una de ella de manera ordenada.

Es de carácter útil el identificar los equipos e instrumentación así como su disponibilidad. [5]

2.2.2.3.2. ETAPAS DE UNA AUDITORÍA ENERGÉTICA

La auditoría energética es una herramienta que aplicada en edificaciones promueve aspectos que dan como resultado reducción de costos y optimización de procesos.

Una auditoría energética como proceso metodológico se realiza por etapas o fases:

ETAPA 1 Información Preliminar

Después de la planificación de la posterior auditoría energética, este se torna el punto principal de partida. El objetivo de esta etapa es obtener las herramientas necesarias en cuanto a información acerca de las instalaciones para organizar los trabajos.

La información preliminar con la que se debe contar es la siguiente:

- Datos generales y de contacto.
- Cronograma de actividades de la instalación.
- Planos: estructurales, eléctricos, etc.
- Inventario de equipos y luminaria.
- Descripción de los procesos de producción.
- Facturación de diversos consumos: electricidad, combustibles, etc.
- Características materiales del edificio.
- Todos los datos referentes y que involucren las actividades que se realizan dentro de las instalaciones.

ETAPA 2 Toma de Datos y Mediciones

Con los datos preliminares acogidos, se determina los datos que se requieren y las mediciones necesarias, para realizar un plan de mediciones el cual se ajustará a los aspectos de consumo que necesitemos estudiar.

Por cuestiones de tiempo o recursos no se pueden realizar las mediciones necesarias a todos los consumos que presenten los equipos dentro de una instalación.

Toma de datos de Suministros energéticos: [6]

- Facturas de suministros energéticos.
- Consumos eléctricos u otros combustibles.
- Planos de redes y esquemas.
- Canalizaciones eléctricas.
- Red de análisis de consumos energéticos.

Toma de datos de Instalaciones de Luminaria:

- Planos de instalaciones de luminaria.
- Factor de potencia.
- Número y distribución de luminarias.
- Inventario de sistemas de encendido y dispositivos de control de iluminación.
- Especificaciones técnicas de luminaria.
- Mediciones de los niveles lumínicos.
- Cuadros de distribución eléctrica.
- Horarios de uso.

Mediciones

Las mediciones identifican cuánta energía consume un equipo, las mediciones que con más frecuencia se realizan son:

- Eléctricas.
- Niveles de iluminación.
- Caudal y temperatura.
- Análisis de gases de combustión.
- Análisis térmico.

ETAPA 3 Análisis de Resultados (Tratamiento de la información)

La toma y mediación correcta de parámetros necesarios brinda la oportunidad de interpretar de mejor manera los resultados y obtener ideas más claras de puntos críticos sobre los cuales se pueden actuar para poder cumplir con los objetivos propuestos dentro de la auditoría energética.

En esta etapa se realiza un análisis en términos de eficiencia energética donde se puede requerir de la realización de balances de energía, estudiando índices de rendimiento con el fin de conocer medidas que permitan obtener ahorro.

- Estudio de reducción de pérdidas de energía.
- Estudio para optar mejores tecnologías.
- Estudio de mejoramiento de las redes de distribución.

ETAPA 4 Propuesta y Conclusiones (Informe Final)

Se identifica los puntos críticos y las posibilidades de ahorro energético, para generar propuestas por medio del siguiente procedimiento:

- Identificar y optar parámetros de reducción de consumo energético.
- Análisis de los parámetros seleccionados para el ahorro energético.
- Se debe realizar un estudio de viabilidad y de costos.

Dentro del informe final que se presente conforme a lo realizado anteriormente se cita lo siguiente:

- Datos preliminares obtenidos en cada etapa de la auditoría energética.
- Posibilidades de reducción de consumos de energía.
- Elección de parámetros de ahorro energético.
- Evaluación

2.2.2.4. MATERIAL Y EQUIPO NECESARIO

Para las mediciones y la auditoría energética completa, se debe disponer de equipos y herramientas fundamentales y complementarias. Equipos necesarios

2.2.2.4.1. ANALIZADOR DE REDES ELÉCTRICAS

Es un equipo para medición de parámetros eléctricos de una determinada red normalmente sirven para medir los siguientes aspectos:

- Intensidad
- Tensión
- Potencia y factor de potencia
- Energías activas y reactivas.
- Entre otros.

Este equipo es idóneo para realizar una auditoria energética en aspectos de energía eléctrica, que permite identificar cargas, tensiones, potencia, permitiendo al auditor hacer un análisis de consumo, un analizador de redes consta de lo siguiente:

- Pinzas amperimétricas.
- Pinzas voltimétricas.
- Un registrador y analizador.
- Memoria interna.
- Posee un software para tratamiento de datos y para uso en PC.” [4]

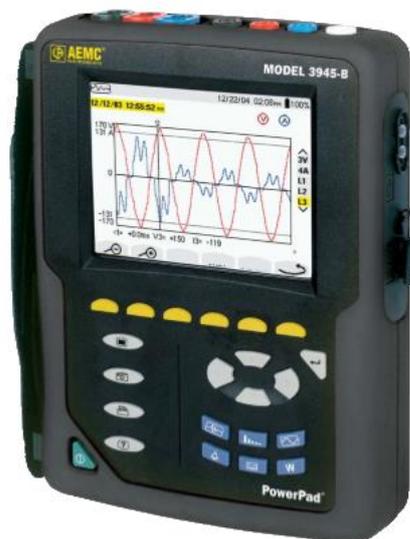


Fig. 1. Analizador de redes eléctricas.

Fuente: [7]

Instrucciones de utilización.

- 1) Considerar antes de cada medición los equipos de protección personal.

- 2) Se deben instalar las pinzas amperimétricas:
 - Dos para líneas que sean trifásicas equilibradas.
 - Tres para líneas que sean trifásicas desequilibradas.
 - Una para líneas que sean monofásicas.
- 3) Se deben instalar las pinzas voltimétricas:
 - Cuatro para líneas que sean trifásicas desequilibradas.
 - Tres para líneas que sean trifásicas equilibradas.
 - Dos para líneas que sean monofásicas.
- 4) Las pinzas amperimétricas y voltimétricas se deben instalar:
 - Amperimétricas a los cables conductores.
 - Voltimétricas a los conductores donde exista tensión.
- 5) Se realiza las mediciones, hasta el final comprobando que las mediciones son correctas.
- 6) Se analizan los datos obtenidos.

Recomendaciones de uso

En cuanto al uso de este tipo de equipos es conveniente siempre revisar los catálogos de fabricante.

2.2.2.4.2. LUXÓMETRO

Este equipo mide niveles de iluminación (lux), su manipulación es sencilla, dentro de una auditoría energética es uno de los que más utilizados para analizar la iluminancia dentro de las instalaciones de un edificio o industria.

Un luxómetro consta básicamente de una sonda fotosensible y de un analizador digital, se sitúa la sonda en el lugar requerido tomando en cuenta la altura, la sombra que existe en el lugar y demás factores que alteren la medida, para proceder a tomar medidas.

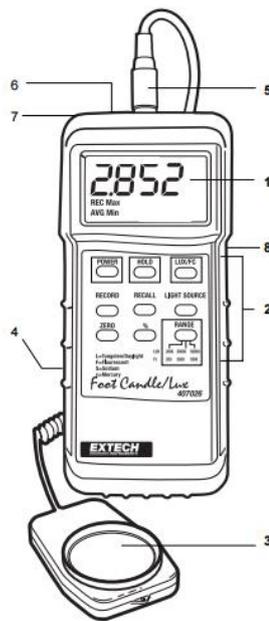


Fig. 2. Luxómetro digital.

Fuente: [8]

2.2.3. TIPOS DE ENERGÍA QUE TRATA UNA AUDITORÍA ENERGÉTICA

Dentro de una Auditoría Energética se puede estudiar varios tipos de energía como es el caso:

- Energía Eléctrica
- Uso de combustibles
- Vapor
- Suministros de agua sea caliente o refrigerada.

Dentro del presente trabajo tiene como objetivo el análisis de energía eléctrica y por ende de la iluminación.

2.2.4. ILUMINACIÓN EFICIENTE

Dentro de una edificación en cuanto a iluminación se debe cumplir con el Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE-INEN-036. [9]

Valor de Eficiencia Energética

$$VEEI = (P \times 100) / (S \times Em) \quad (1)$$

Dónde:

P: Potencia total instalada en lámparas más los equipos auxiliares (W)

S: Superficie iluminada (m^2)

Em: La iluminancia media horizontal mantenida (lux)

En la tabla 1. Se muestran valores de eficiencia energética para determinadas zonas y actividades

Tabla 1. Valores de eficiencia energética en iluminación recomendados.

Grupo	Zonas de actividad diferenciada	VEEI límite
Zonas de no representación	Administración General	3,5
	Andenes de estaciones	3,5
	Ferías	3,5
	Aulas y laboratorios	4,0
	Salas de diagnóstico	4,5
	Habitaciones de hospital	4,5
	Zonas comunes	4,5
	Almacenes, salas técnicas	5,0
	Aparcamientos	5,0
	Recintos similares descritos anteriormente	4,5
	Espacios deportivos	5,0

Fuente: [4]

2.2.4.1. EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ILUMINACIÓN.

El consumo de energía en iluminación representa entre el (35 y 50) % del consumo total, de ahí la importancia de realizar trabajos que incentiven el uso de luminarias más eficientes como el caso la tecnología LED que es un tipo de luminaria eficiente promovida por el plan maestro de electrificación, este tipo de tecnología puede reducir hasta el 50% del consumo de energía.

Tabla 2. Tecnologías de iluminación-comparación.

ÍTEM	Vida útil	Eficiencia	Potencia
	Horas	lm/W	W
LED	50000	70	5 a 7
CFL	10000	57	13 a 15
Incandescente	1000	14	60

Fuente: Plan Maestro de Electrificación 2013-2022 Ecuador.

2.2.5. CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

La calidad de energía hace referencia cuando ésta es suministrada por toda la instalación hacia equipos de manera adecuada, evitando fallas en el trabajo manteniendo un buen desempeño de la energía.

2.2.6. PARÁMETROS DE CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

2.2.6.1. DESCRIPCIÓN DE FENÓMENOS DE PERTURBACIÓN. [10]

- Transitorios.
- Variaciones de corta duración.
- Variaciones de larga duración.
- Desequilibrio de tensión.
- Distorsión de forma de onda.
- Fluctuaciones de tensión
- Variaciones de frecuencia.

2.2.6.2. TRANSITORIOS [11]

Es un fenómeno eventual que se considera indeseable, ya que representa subidas y bajadas de tensión, siendo el tipo de perturbación más perjudicial. Existen dos tipos:

1. **Impulsivo.**- son eventos repentinos donde se produce una elevación de corriente y tensión, pueden ser eventos que se distinguen por la velocidad con la que se presentan (alta, media o baja). Son causados por rayos, cargas inductivas, deficiente conexión a tierra, lo que puede ocasionar pérdida o daños de equipos.

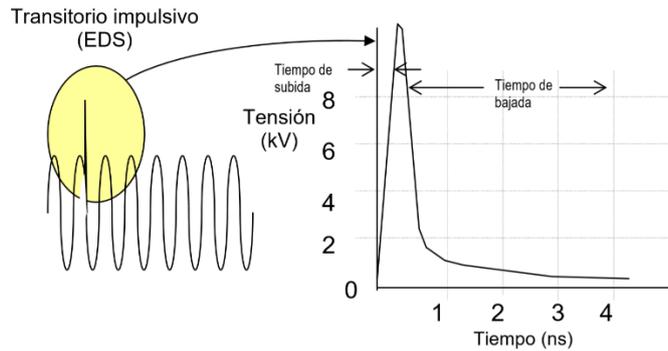


Fig. 3. Transitorio impulsivo.

Fuente: [11]

2. **Oscilatorio.**-este tipo de transitorio es un cambio de la condición de estado estable de tensión o corriente que están en frecuencia natural del sistema, es decir produce subidas y bajadas de tensión muy rápidos. Ocurren cuando se conmuta una carga inductiva o capacitiva. Este tipo de fenómenos pueden causar severos daños en sistemas electrónicos.

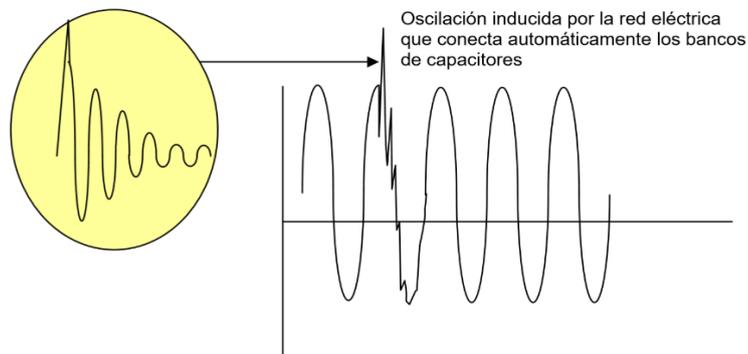


Fig. 4. Transitorio oscilatorio.

Fuente: [11]

2.3.6.3. VARIACIONES DE VOLTAJE

1. Variaciones de corta duración: estas se generan por fallas del sistema eléctrico.
2. Variaciones de larga duración: se consideran fenómenos o perturbaciones permanentes.

2.3.6.4. DESEQUILIBRIO DE TENSIÓN.

La principal causa que produce desequilibrio de tensión es la conexión que se realiza de cargas monofásicas a circuitos trifásicos, produciendo fallas en los capacitores,

2.3.6.5. DISTORSIÓN DE FORMA DE ONDA

2.3.6.5.1. DESPLAZAMIENTO DE CC²

La CC puede transponer el sistema de suministro de CA³ agregando corriente indeseada en equipos o sistemas que funcionan de forma nominal, se puede producir sobrecalentamiento por medio de la circulación de corriente continua impidiendo a los sistemas entregar su máximo de capacidad.

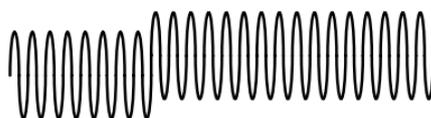


Fig. 5. Desplazamiento por corriente continua.

Fuente: [11]

2.3.6.5.2. ARMÓNICOS

Es una distorsión de onda que diferencia de una onda sinusoidal original, es un tipo de onda que consiste en un número finito de ondas de diferentes frecuencias, en si se considera una forma de ruido eléctrico. Representa un problema serio para equipos informáticos, transformadores, conductores neutros, etc.



Fig. 6. Distorsión de onda armónica.

Fuente: [11]

² CC: Corriente Continua

³ CA: Corriente Alterna.

2.3.6.5.3. CORTE

Ese es una perturbación periódica de la tensión en estado normal en equipos con circuitos de potencia, su característica principal es que se produce un corto circuito producido por los convertidores de redes trifásicas, como consecuencia de este tipo de perturbación se puede producir el paro total de un sistema, pérdida de datos etc.

2.3.6.5.4. RUIDO

Es una falla que se considera indeseable que se origina por trabajos defectuosos como instalaciones defectuosas, soldadores por arco, transmisiones radiales, etc. Las deficientes conexiones a tierra se tornan en una causa mayor para producir ruido causando problemas de datos en equipos y sistemas.

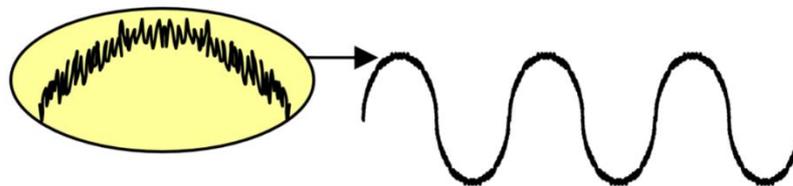


Fig. 7. Distorsión por ruido.

Fuente: [11]

2.3.6.6. FLUCTUACIONES DE TENSIÓN

Este tipo de anomalía es una variación sistemática de la forma de onda o cambios de tensión donde el 95% y 105 % del valor de la frecuencia disminuye por debajo de los 25 Hz. [11] Como síntomas se pueden presentar parpadeos de luces incandescentes.

2.3.6.7. VARIACIONES DE FRECUENCIA

Es poco común en sistemas estables, este tipo de anomalía se presenta con frecuencia cuando un generador está demasiado cargado. La solución que se realiza es analizar y reemplazar los generadores y fuentes de alimentación donde se presente este fenómeno.

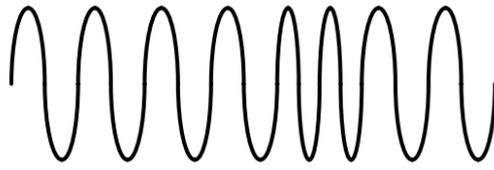


Fig. 8. Variaciones de frecuencia.

Fuente: [11]

2.3.7. FACTOR DE POTENCIA (FP)

Es un indicador de calidad de energía eléctrica y de eficiencia con la que se usa la electricidad por parte de un sistema o equipo. Es la relación que existe entre la potencia activa (kW) y la potencia aparente (kVA), su valor varía entre 0 y 1.

Todo sistema o equipo electromecánico como los transformadores, que poseen bobinas o devanados requieren de una corriente reactiva misma que produce un desfase entre las ondas de corriente y tensión, de no ser por la existencia de este tipo de corriente el factor de potencia resultante sería 1 por el hecho que la corriente y la tensión se encontrarían en fase. [12]

Los problemas en el factor de potencia que se generan por la corriente reactiva se reducen y/o eliminan por medio de condensadores, lo que permite al sistema o equipo requerir menos cantidad de corriente siendo más eficaz llamándole a esto compensación o corrección del factor de potencia.

La energía que se suministra a los sistemas eléctricos se clasifica o divide de la siguiente manera:

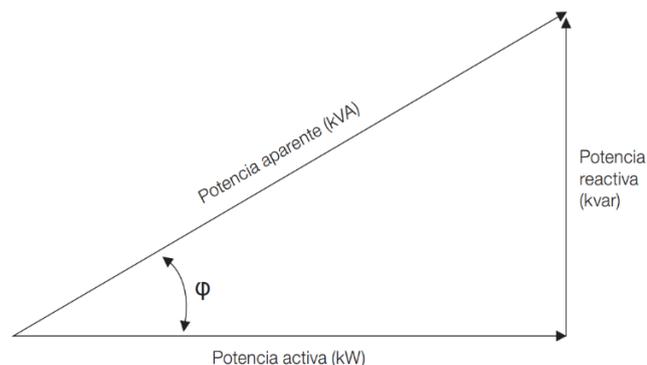


Fig. 9. Triángulo de potencias

Fuente: [13]

Potencia Activa.- su unidad es el (kW), es la que se encarga de realizar el trabajo donde se genera luz, movimiento, etc.

$$P = V * I * \cos \varphi \quad (2)$$

Potencia Reactiva.- su unidad es el (kVar), esta potencia se encarga de la creación y de mantener los campos electromagnéticos de una carga inductiva.

$$Q = V * I * \sen \varphi \quad (3)$$

Potencia Aparente.- su unidad es el (kVA), es la potencia total que se obtiene de la fuente de energía o la total consumida por un sistema.

$$S = V * I = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (4)$$

Donde:

P: Potencia activa (w)

Q: Potencia Reactiva (kVar)

S: Potencia aparente (kVA)

V: Voltaje (V)

I: Intensidad (A)

En la fig. 9 del triángulo de potencias el Cos φ o Factor de potencia (fp) es igual: [14]

$$fp = \frac{\text{Potencia Activa (P)}}{\text{Potencia Aparente (S)}} = \cos \varphi \quad (5)$$

2.3.7.1. BAJO FACTOR DE POTENCIA, CAUSAS Y CONSECUENCIAS

El bajo factor de potencia se debe a la alta demanda de potencia reactiva por un sistema, la potencia reactiva está encargada de producir el funcionamiento de los equipos y su elevado uso es una consecuencia de un bajo factor de potencia. [14]

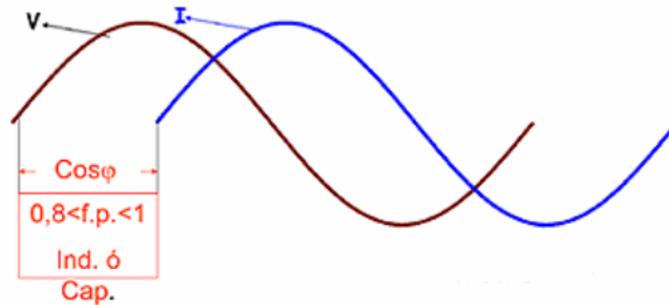


Fig. 10. Representación del Factor de potencia

Fuente: [14]

Causas Principales. [13]

- Transformadores que se encuentren trabajando con poca carga.
- Hornos de Inducción o a arco.
- Máquinas de tratamiento térmico.
- Soldadoras.
- El nivel de tensión sobre el valor nominal, incrementando el uso de la potencia reactiva.
- Los motores que se encuentran trabajando a vacío.
- Los reactores de un sistema de iluminación se encuentren trabajando con un bajo factor de potencia.

Consecuencias principales. [13]

- Variación de la tensión en sistema de distribución.
- Se limita la vida útil de los equipos por sobrecargas.
- Se eleva la cuenta de energía.
- Se limita la capacidad que poseen los transformadores.
- Incremento en pérdidas eléctricas por efecto Joule.
- Se producen sobrecargas en líneas de distribución así como en los transformadores.

2.3.7.2. VENTAJAS DE LA CORRECCION DEL FACTOR DE POTENCIA.

[12]

- El costo por energía eléctrica requerida es menor, así mismo no se deben pagar penalizaciones por el hecho de trabajar con un bajo factor de potencia.
- El sistema aumenta la capacidad y trabaja de manera más óptima.
- Mejor calidad de voltaje.
- Se eleva la vida útil de los equipos y sistemas que hacen uso de la energía eléctrica.

2.3.8. SISTEMA DE GESTIÓN ENERGÉTICA (SGE)

Es un compendio de aspectos que son parte de una organización que interactúan para establecer políticas energéticas, basados en mejoras continuas enfocándose en la gestión de equipos productos y actividades donde se vea implicado el uso de energía.⁴

Un SGE se torna una metodología que conlleva a un beneficio continuo en el desempeño de uso de la energía, tomando como importante por parte de los sistemas de gestión los resultados obtenidos para una organización.

El correcto funcionamiento de un SGE depende directamente de los principales representantes de cada organización donde se aplique, gestionando y regulando el consumo y costo de la energía mediante herramientas necesarias para mayor facilidad.

[15]

Beneficios de un SGE:

- Permite reconocer acciones para mejorar el uso de energía.
- Se reducen costos, aprovechando los recursos en su totalidad.
- Se gestiona mejoras progresivas.
- Mejora la productividad de una organización.
- Se reproduce la cultura hacia la gestión energética.

⁴ Asociación Española para la Calidad (AEC), Sistemas de Gestión Energética.

2.3.9. SIMULACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS [16]

Una simulación energética en la actualidad es una herramienta muy práctica para aquellos que deseen construir edificios sustentables o para modificar edificios ya en funcionamiento, la función principal de esta herramienta es permitir un ahorro de energía obteniendo instalaciones más eficaces.

El objetivo que se persigue por medio de una simulación energética, es innovar en opciones de construcción y diseño nuevos, tomando en cuenta medidas de conservación y cumplimiento de especificaciones técnicas.

Esta herramienta indispensable para anteproyectos, como lo dicho anteriormente se puede aplicar a instalaciones existentes donde se analiza el uso de la energía, dando como resultado el paso a cambios necesarios e indispensables para tener un edificio más eficiente energéticamente.

2.3.9.1. SOFTWARE DE SIMULACIÓN ENERGÉTICA PARA EDIFICIOS

Existen varias plataformas de simulación energética para edificios, cada uno con diferentes características, herramientas y aplicaciones todos con el mismo objetivo representar una construcción bajo condiciones específicas de uso, ambiente, materiales, etc. como los siguientes

2.3.9.1.1. ENERGY PLUS

Este simulador es un motor de cálculo orientado al dimensionamiento de instalaciones de climatización y ventilación, así como la optimización de uso de la energía.

Este es un programa para realizar análisis térmicos y simulaciones de carga, calcula el consumo producido por equipos y las cargas que se deberían usar para un control térmico de calefacción y de refrigeración. [17]

2.3.9.1.2. OPEN STUDIO

Para la simulación energética de un edificio se utiliza el plugin del programa OpenStudio en el programa de diseño 3D Google SketchUp, esta herramienta agiliza realizar y mejorar una geometría de una construcción.

Además de permitir simular y ver los resultados de EnergyPlus sin la necesidad de cerrar SketchUp. [17]

2.3.9.1.3. GOOGLE SKETCHUP

Es un programa netamente de diseño de construcciones en 3D, donde se dispone de herramientas necesarias para la representación de un edificio y permite hacer uso de plugins o extensiones como un solo conjunto para facilitar el proceso de simulación energética. [17]

Google SketchUp trabaja en conjunto con el Plugin de OpenStudio y el motor de cálculo para realizar la representación y simulación de una edificación.

CAPÍTULO III

3. DISEÑO DEL PROYECTO

3.1. SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

3.1.1. MÉTODO ORDINAL CORREGIDO DE CRITERIOS PONDERADOS. [18]

Es un método que permite determinar un orden de preferencias de una evaluación de alternativas globales, sin evaluar aspectos de cada propiedad teniendo resultados concretos e importantes.

Se debe establecer a más de las alternativas que se van a avaluar, los criterios de selección.

Este método se caracteriza por el uso de tablas de ponderación en las que cada criterio se confronta con los restantes, tomando en cuenta los siguientes valores:

- 1 Si el criterio de las filas es mayor que el de las columnas.
- 0,5 criterios semejantes entre filas y columnas.
- 0 El criterio de las filas es menor en comparación al de las columnas.

Después para cada uno de los criterios, se suman los valores predispuestos en relación a los demás criterios al que se le suma una unidad para evitar valores nulos, luego se calculan los valores ponderados de cada uno de los criterios.

En fin la prueba global para cada solución resulta de la suma de los productos de los pesos específicos de cada solución por el peso específico del respectivo criterio. [18]

3.1.1.1. ALTERNATIVAS.

De las auditorías energéticas descritas en el capítulo anterior se evalúa dos posibilidades para seleccionar la alternativa con mejores resultados, de tal manera se descarta la auditoría energética especial por el tiempo y su tipo de intervención.

- **Alternativa #1:** auditoría energética preliminar
- **Alternativa #2:** auditoría energética detallada

3.1.1.2. CRITERIOS DE VALORACIÓN

Alcance, este criterio se toma a consideración porque trata acerca de la profundidad que tiene en este caso el tipo de auditoría energética que se va a seleccionar, donde el alcance nos permitirá evaluar y obtener una mejor visión del estado actual de las instalaciones auditadas identificando puntos críticos.

Calidad, este criterio se toma a consideración porque es importante la calidad de trabajar y de resultados que se deben obtener siendo un parámetro que inspira confianza y seguridad al momento de auditar una instalación.

Mediciones, es una parámetro que se toma en cuenta para garantizar que los datos que se obtienen sean claros y brinde la oportunidad de identificar puntos críticos y se medir la calidad de los servicios energéticos-

Oportunidades de mejoras, este parámetro se lo toma en cuenta porque en conjunto con los anteriores, en base a datos e identificación de irregularidades se pueden plantear posibles cambios con el fin de aumentar la calidad energética.

Descripción de instalaciones, se toma en cuenta a la hora de identificar las características de un inmueble, siendo el punto de partida siendo esta una inspección visual, entrevistas, etc.

Tiempo, tiene mucho que ver con la profundidad con la que se realiza la auditoría energética, es de vital importancia contar con el tiempo y aprovecharlo de la mejor manera posible.

Facilidad, aspecto a como se va realizando la auditoría durante el tiempo estipulado, teniendo presente que pueden existir cambios en la planificación.

3.1.1.3. PONDERACIÓN

Alcance>calidad>mediciones> Oportunidades de mejoras = Descripción de instalaciones >Tiempo=Facilidad

Tabla 3. Evaluación del peso específico de cada criterio

Criterio	Alcance	Calidad	Mediciones	Oportunidad de mejoras	Descripción completa de	Tiempo	Facilidad	$\Sigma+1$	Ponderado
Alcance		1	1	1	1	1	1	7	0,26
Calidad	0		1	1	1	1	1	6	0,23
Mediciones	0	0		1	1	1	1	5	0,19
Oportunidad de mejoras	0	0	0		0,5	1	1	3,5	0,13
Descripción completa de las instalaciones	0	0	0	0,5		1	1	3,5	0,13
Tiempo	0	0	0	0	0		0,5	1,5	0,06
Facilidad	0	0	0	0	0	0,5		1,5	0,06
								Suma	26,5
									1

Fuente: Autor

Alternativa 2 > Alternativa 1

Tabla 4. Evaluación del peso específico del alcance

Alcance	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderado
Alternativa 1		0	1	0,33
Alternativa 2	1		2	0,67
			3	1

Fuente: Autor

Alternativa 2 > Alternativa 1

Tabla 5. Evaluación del peso específico de la calidad

Calidad	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderado
Alternativa 1		0	1	0,33
Alternativa 2	1		2	0,67
			3	1

Fuente: Autor

Alternativa 2 > Alternativa 1

Tabla 6. Evaluación del peso específico de mediciones

Mediciones	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderado
Alternativa 1		0	1	0,33
Alternativa 2	1		2	0,67
			3	1

Fuente: Autor

Alternativa 2 > Alternativa 1

Tabla 7. Evaluación del peso específico de oportunidades de mejora

Oportunidades de mejora	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderado
Alternativa 1		0	1	0,33
Alternativa 2	1		2	0,67
			3	1

Fuente: Autor

Alternativa 2 > Alternativa 1

Tabla 8. Evaluación del peso específico de descripción de instalaciones

Descripción de instalaciones	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderado
Alternativa 1		0,5	1,5	0,5
Alternativa 2	0,5		1,5	0,5
			3	1

Fuente: Autor

Alternativa 1 > Alternativa 2

Tabla 9. Evaluación del peso específico del tiempo

Tiempo	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderado
Alternativa 1		1	2	0,67
Alternativa 2	0		1	0,33
			3	1

Fuente: Autor

Alternativa 1 > Alternativa 2

Tabla 10. Evaluación del peso específico de la facilidad

Facilidad	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderado
Alternativa 1		1	2	0,67
Alternativa 2	0		1	0,33
			3	1

Fuente: Autor

3.1.1.4. CONCLUSIONES

Tabla 11. Tabla de conclusiones

Conclusión	Alcance	Calidad	Mediciones	Oportunidad de mejoras	Descripción de instalaciones	Tiempo	Facilidad	Σ	Prioridad
Alternativa 1	0,09	0,08	0,06	0,04	0,07	0,04	0,04	0,41	2
Alternativa 2	0,18	0,15	0,13	0,09	0,07	0,02	0,02	0,64	1

Fuente: Autor

De la tabla de conclusiones se toma como prioridad la alternativa número 2 siendo ésta la que adoptaremos para realizar la auditoría energética de los laboratorios de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

3.2. CÁLCULOS O MODELO OPERATIVO

3.2.1. PLANIFICACIÓN

Dentro de una auditoría energética siempre es importante planificar con anterioridad las actividades a realizarse, manteniendo un orden y especificando que se realiza y que tipo de equipos o instrumentos se van utilizando.

Para realizar la auditoría energética de los laboratorios de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad técnica de Ambato, realizaron las siguientes actividades:

Inspección visual de los laboratorios, se realizó visitas periódicas a las instalaciones de los laboratorios donde el objetivo fue tomar notas sobre el estado actual de las instalaciones, con la ayuda de encargados y técnico de los laboratorios y de encargados del mantenimiento eléctrico, se tomó información acerca de planos constructivos y eléctricos, sobre las acometidas, inventarios de equipos, instalaciones eléctricas, facturación acerca de los servicios de energía, a manera de entrevista, donde dicha

información es importante para tener una idea de cómo se encuentra el lugar y determinar puntos de partida.

Recolección de información, Luego de las visitas previas lo que se realizó es registrar cada dispositivo que hace uso de energía eléctrica, clasificando sistemas de iluminación, equipos de oficina y equipos de operación en prácticas de laboratorio. Se registró detalladamente un levantamiento de cargas instaladas de cada dispositivo, tomando en cuenta su potencia ideal.

Mediciones, para realizar las mediciones se hizo uso de un analizador de redes eléctricas, permitiendo realizar un análisis de la calidad de energía eléctrica y como se va dando su comportamiento, también se hizo uso de un luxómetro para medir niveles de luminancia dentro de los laboratorios para diagnosticar los valores de eficiencia energética de las instalaciones.

Análisis de los resultados, en este punto se realizó el análisis de la calidad de la energía como se da su comportamiento y los niveles de iluminancia, verificando sus valores de eficiencia energética en iluminación, además de identificar puntos en donde se da un consumo de energía eléctrica y de posibles cambios que se puedan realizar en post de mejora de los laboratorios en términos energéticos.

3.2.2. INSPECCIÓN VISUAL E INFORMACIÓN PRELIMINAR

La finalidad es obtener la previa información de las instalaciones de los laboratorios, estado de equipos, luminarias, revisar cómo están distribuidas las instalaciones eléctricas y el estado en que se encuentran.

Se realizaron las siguientes actividades:

- Entrevistas a Técnico Analista de los laboratorios de Mecánica y encargados del mantenimiento periódico de las instalaciones.
- Revisión de inventarios, planos constructivos y eléctricos, facturación electrónica.
- Revisión de instalaciones eléctricas, equipos con los que se cuenta y vista del estructural de los laboratorios.

3.2.2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EDIFICIO DE LABORATORIOS

Tabla 12. Descripciones de Laboratorios de Ingeniería Mecánica

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	
	Ubicación:	
	Campus Huachi Chico UTA Ambato-Tungurahua-Ecuador	
	Dirección:	
	Av. Los Chasquis, Río Guayllabamba y Río Payamino.	
Descripciones		
Edificio de laboratorios de Ingeniería Mecánica donde constan luminarias, equipos de oficina y equipo para práctica de laboratorio, consta de 5 laboratorios, dos oficinas, dos baños, área de administración de bienes, área de compresor y cisterna y Aérea de mecanizado.		

Fuente: Autor

3.2.2.2. ZONIFICACIÓN DE LABORATORIOS



Fig. 11. Esquema de zonificación de los laboratorios primera planta

Fuente: Autor



Fig. 12. Esquema de zonificación de los laboratorios segunda planta

Fuente: Autor

Tabla 13. Zonificación de laboratorios

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 	
Zonas y equipos de laboratorio	
Área de mecanizado	Laboratorio Metalografía
Torno Torno CNC Fresa CNC	Durómetro 2 Máquina Jominy Horno de sales 2 Horno de tratamientos térmicos Pulidora de paño 2 Prensa hidráulica para probetas metalográficas Máquina cortadora de disco Balanza digital
Área espectrómetro	Baño Hombres
Microscopio de barrido Espectrómetro	Baño Mujeres
	Oficina Técnico Analista
	Oficina Ayudantes

Fuente: Autor

Tabla 14. Descripción de zonas y equipos de laboratorio

 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</p> <p style="text-align: center;">FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</p> <p style="text-align: center;">CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</p> 	
Zonas y equipos de laboratorio	
Laboratorio Electrónica	Laboratorio Neumática
<p>Tesis transportador de frutas Tesis Elevador de canjilones</p>	<p>Aparato de Osborne Reynolds Bomba de vacío Compresor 2 HP Compresor 5 HP</p>
Laboratorio Energías	Laboratorio Automatización
<p>Turbina Michell Banki Equipo de calorimetría Calderín de 2HP Banco de pruebas de refrigeración Biodigestor Sistema de adquisición de datos Generador de imanes permanentes de Neodimio Brazo neumático Banco de pruebas de bombas centrífugas Freno hidráulico Banco de pruebas de aire acondicionado Torre de enfriamiento</p>	<p>Mini torno CNC Mini fresa CNC</p>

Fuente: Autor

Tabla 15. Descripciones del transformador

<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA </p>	
	<p>Descripción: El edificio de laboratorios de Ingeniería Mecánica es alimentado por el servicio de energía eléctrica de la empresa EEASA de Ambato.</p> <p>Cuenta con transformador con los siguientes datos:</p> <p>Código: 185 Serie: 34695 Voltaje de salida: 110V/220V Fases: Trifásico Potencia: 185 KVA</p>
	<p>Descripción: Tableros de control de electricidad de los laboratorios que se manejan a 110V y 220V. Existen 4 tableros de control en la parte baja y alta del edificio de laboratorios.</p>

Fuente: Autor

Tabla 16. Reporte de inspección visual laboratorios de mecánica

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 					
Realizado por:	Christian Velastegui	Fecha:	4/1/2016	Implementos:	Cámara fotográfica
Revisado por:	Ing. Mayra Paucar	Inicio:	8:00	Reporte Número:	1
Ubicación:	Laboratorios de Mecánica	Final:	13:00	Investigación:	Inspección visual instalaciones.
Inspección de instalaciones eléctricas					
					

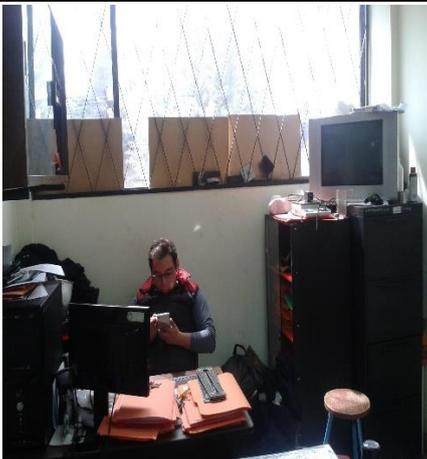
Fuente: Autor

Tabla 17. Reporte de inspección visual laboratorios de mecánica continuación

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 					
Realizado por:	Christian Velastegui	Fecha:	8/1/2016	Implementos:	Libreta
Revisado por:	Ing. Mayra Paucar	Inicio:	8:00	Ficha Número:	2
Ubicación:	Laboratorios de Mecánica	Final:	13:00	Investigación:	Inspección visual instalaciones.
Inspección de instalaciones eléctricas					
					
					

Fuente: Autor

Tabla 18. Reporte de inspección visual laboratorios de mecánica continuación

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 					
Realizado por:	Christian Velastegui	Fecha:	8/1/2016	Implementos:	Libreta
Revisado por:	Ing. Mayra Paucar	Inicio:	8:00	Ficha Número:	3
Ubicación:	Laboratorios de Mecánica	Final:	13:00	Investigación:	Inspección visual instalaciones.
Inspección de instalaciones eléctricas					
					
					

Fuente: Autor

Observaciones:

Una vez realizada la inspección visual y recolectada la información preliminar se determinó lo siguiente:

- Los laboratorios no cuentan con planos constructivos ni planos de distribución eléctrica y de luminarias.
- El edificio no cuenta con un medidor de electricidad individual, lo que no permite conocer cuál es el consumo real que presentan mensualmente los laboratorios.
- Al no existir un medidor individual no se cuenta con la facturación eléctrica ya que el consumo y facturación de la universidad en los predios de Huachi Chico son globales.
- Varias instalaciones eléctricas como tomas de electricidad a 110V y a 220V se encuentran en mal estado, sin el debido mantenimiento.
- En los laboratorios existe desorden en las instalaciones, maquinaria y equipos que son parte de tesis de grado no cuentan con el debido orden de circuitos eléctricos.
- Dentro del área de cisterna no existe el debido mantenimiento eléctrico ni de limpieza manteniéndose en condiciones poco óptimas.
- En varias instalaciones de los laboratorios donde se cuenta con ventanales lo suficientemente amplios y sin cortinas, las luminarias pasan encendidas durante el día permitiendo un consumo de energía innecesario.
- Existen equipos de oficina y de prácticas de laboratorio encendidos innecesariamente.
- No se cuenta con equipos de climatización.
- Los tableros de control se encuentran al alcance de los usuarios de laboratorios permitiéndoles la manipulación inadecuada de los mismos.

3.2.2.3. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

La finalidad es levantar información de relevancia con la que se necesite contar para posteriormente realizar mediciones que se encuentren al alcance de las necesidades, dentro del levantamiento de información se tendrá en cuenta lo siguiente:

- Número de luminarias.
- Tipo de luminarias instaladas
- Número de interruptores

- Número y distribución de luminarias por cada laboratorio y área pertenecientes a los laboratorios
- Estado de luminarias
- Disponibilidad de ventanales
- Señalización de tomas eléctricas
- Tipos de accionamiento de luminarias
- Levantamiento de cargas por luminarias
- Levantamiento de cargas por equipos de oficina
- Levantamiento de cargas por equipos de laboratorio
- Determinar carga total instalada en los laboratorios.

Se hace uso de fichas técnicas para la recolección de la información clasificando el número de luminarias por cada laboratorio, equipos de oficina y equipos de prácticas de laboratorio más relevantes.

Con la disponibilidad de inventarios y planes de mantenimiento de los laboratorios se obtuvo con mayor facilidad la cantidad de equipos y su información necesaria.

Tabla 19. Inspección de luminarias, climatización y disposición de ventanales por cada zona

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 									
Realizado por:	Christian Velastegui	Fecha:	5/1/2016	Implementos:	Cámara fotográfica				
Revisado por:	Ing. Mayra Paucar	Inicio:	8:00	Ficha Número:	4				
Ubicación:	Laboratorios de Mecánica	Final:	13:00	Investigación:	Luminarias				
Tipo de Luminaria	3 tubos del tipo fluorescentes (1)			Un Foco Incandescentes (2)					
Tipo de Accionamiento	Manual (A)			Automático (C)					
Estado de luminarias	Bueno (B)			Malo (M)					
N°	Descripción	Número de luminarias	Tipo de Luminaria	Tipo de accionamiento	Estado de Luminaria	Número de Interruptores	Climatizado	Ventanas	Señalización
1	Laboratorio Electrónica	12	1	A	B	2	No	Si	Si
2	Laboratorio Energías	12	1	A	B	2	No	Si	Si
3	Laboratorio Neumática	12	1	A	B	2	No	Si	Si
4	Laboratorio Automatización	8	1	A	B	2	No	Si	Si
5	Laboratorio Metalografía	20	1	A	B	2	No	Si	Si
6	Área de Mecanizado	10	1	A	B	2	No	Si	Si
7	Pasillo	2	1	A	B	2	No	Si	Si
8	Baño Hombres	1	1	A	B	1	No	Si	Si
9	Baño Mujeres	1	1	A	B	1	No	Si	Si
10	Oficina Técnico Analista	1	1	A	B	1	No	Si	Si
11	Oficina Ayudantes	2	1	A	B	1	No	Si	Si
12	Área espectrómetro	2	1	A	B	1	No	Si	Si
13	Área cisterna	1	2	A	B	1	No	Si	No
14	Exteriores	13	2	A	B	2	N/A	N/A	NA

Fuente: Autor

Tabla 20. Levantamiento de carga (w) instalada por luminarias

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 					
Realizado por:	Christian Velastegui	Fecha:	6/1/2016	Implementos:	Libreta
Revisado por:	Ing. Mayra Paucar	Inicio:	8:00	Ficha Número:	5
Ubicación:	Laboratorios de Mecánica	Final:	13:00	Investigación:	Cargas por luminaria
N°	Descripción	Número de luminarias	Tipo de Luminaria	Carga por luminaria (W)	
1	Laboratorio Electrónica	12	3 Tubos Fluorescentes de 32W	1152	
2	Laboratorio Energías	12	3 Tubos Fluorescentes de 32W	1152	
3	Laboratorio Neumática	12	3 Tubos Fluorescentes de 32W	1152	
4	Laboratorio Automatización	8	3 Tubos Fluorescentes de 32W	768	
5	Laboratorio Metalografía	20	3 Tubos Fluorescentes de 32W	1920	
6	Área de Mecanizado	10	3 Tubos Fluorescentes de 32W	960	
7	Pasillo	2	3 Tubos Fluorescentes de 32W	192	
8	Baño Hombres	1	3 Tubos Fluorescentes de 32W	96	
9	Baño Mujeres	1	3 Tubos Fluorescentes de 32W	96	
10	Oficina Técnico Analista	1	3 Tubos Fluorescentes de 32W	96	
11	Oficina Ayudantes	2	3 Tubos Fluorescentes de 32W	192	
12	Área espectrómetro	2	3 Tubos Fluorescentes de 32W	192	
13	Área cisterna	1	Incandescente	48	
14	Exteriores	13	Incandescente	624	

Fuente: Autor

Observaciones de luminarias:

Tabla 21. Total de luminarias y cargas instaladas en los laboratorios de Ingeniería Mecánica

Número de luminarias total	Total carga instalada por luminarias W
97	8640 W

Fuente: Autor

Tabla 22. Levantamiento de carga (w) por equipos de oficina

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 					
Realizado por:	Christian Velastegui	Fecha:	7/1/2016	Implementos:	Libreta
Revisado por:	Ing. Mayra Paucar	Inicio:	8:00	Ficha Número:	5
Ubicación:	Laboratorios de Mecánica	Final:	13:00	Investigación:	Cargas por equipos de oficina
N°	Equipo	Cantidad	Valor de carga por unidad (w)	Valor de carga total (W)	
1	Computadores	34	250	8500	
2	Proyector	1	270	270	
3	Televisor	2	180	360	
4	Copiadora	1	250	250	
5	Impresora	2	250	500	
Observaciones equipos de oficina					
Número de equipos de oficina:			Total carga instalada por equipos de oficina en (W)		
40			9880 W		

Fuente: Autor

Tabla 23. Levantamiento de cargas por equipos de laboratorio parte 1

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 					
Realizado por:	Christian Velastegui	Fecha:	8/1/2016	Implementos:	Libreta
Revisado por:	Ing. Mayra Paucar	Inicio:	8:00	Ficha Número:	6
Ubicación:	Laboratorios de Mecánica	Final:	13:00	Investigación:	Cargas por equipos de laboratorio
N°	Equipo	Cantidad	Voltaje	Valor de carga (KW)	Valor de carga total (W)
1	Aparato de Osborne Reynolds	1	110V	0,373	373
2	Bomba de vacío	1	110V	0,373	373
3	Compresor 2 HP	1	110V	1,49	1490
4	Compresor 5 HP	1	220V	3,73	3730
5	Mini torno CNC	1	110V	0,373	373
6	Mini fresa CNC	1	110V	0,746	746
7	Torno CNC	1	220V	11,19	11190
8	Fresa CNC	1	220V	11,75	11750
9	Microscopio de barrido	1	220V	0,25	250
10	Espectrómetro	1	220V	0,85	850
11	Turbina Michell Banki	1	110V	2,24	2240
12	Equipo de calorimetría	1	110V	1,5	1500
13	Calderín de 2HP	1	110V	1,49	1490
14	Banco de pruebas de refrigeración	1	110V	0,373	373
15	Biodigestor	1	110V	0,03	30

Fuente: Autor

Tabla 24. Levantamiento de cargas por equipos de laboratorio continuación

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 					
Realizado por:	Christian Velastegui	Fecha:	8/1/2016	Implementos:	Libreta
Revisado por:	Ing. Mayra Paucar	Inicio:	8:00	Ficha Número:	7
Ubicación:	Laboratorios de Mecánica	Final:	13:00	Investigación:	Cargas por equipos de laboratorio
N°	Equipo	Cantidad	Voltaje	Valor de carga (KW)	Valor de carga total (W)
1	Banco de pruebas de bombas centrífugas	1	110V	1,12	1120
2	Freno hidráulico	1	110V	5,97	5970
3	Banco de pruebas de aire acondicionado	1	110V	0,3	300
4	Torre de enfriamiento	1	110V	0,373	373
5	Durómetro	1	110 V	0,125	125
6	Máquina Jominy	2	110 V	0,373	373
7	Horno de sales	1	110 V	0,373	373
8	Horno de tratamientos térmicos	2	220V bifásico	0,250	250
9	Pulidora de paño	1	220V	0,746	746
10	Prensa hidráulica para probetas metalográficas	2	110 V	0,125	125
11	Máquina cortadora de disco	1	220V	0,746	746
13	Tesis transportador de frutas	1	220V	0,375	375
14	Tesis elevador de cangilones	1	220V	0,350	350
15	Tesis roscadora de tapas	1	220V	0,355	355
16	Tesis llenadora de botellas	1	220V	0,13313	133,13
17	Tesis lavadora de botellas	1	220V	0,525	525
18	Tesis etiquetadora	1	220V	0,375	375
19	Tesis empaquetadora	1	220V	0,375	375

Fuente: Autor

Observaciones de equipos de laboratorio:

Tabla 25: Total de carga instalada por equipos de laboratorio de Ingeniería Mecánica

Total carga instalada por equipos de laboratorio W
49374,13 W

Fuente: Autor

Tabla 26: Total de carga instalada en los laboratorios de Ingeniería Mecánica

Descripción	Total carga instalada por luminarias W
Total carga instalada por equipos de laboratorio W	49374,13
Total carga instalada por equipos de oficina W	9880
Total carga instalada por luminarias W	8640
Total de carga instalada	67894,13

Fuente: Autor

3.2.3. MEDICIONES DE CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA

El proceso de análisis de calidad de energía eléctrica requiere de la inspección del transformador, acometidas y tablero de distribución principal, con el afán de identificar el sitio idóneo de instalación del equipo analizador de redes eléctricas.

Durante este proceso tomamos la siguiente secuencia de trabajo:

- Situar un lugar idóneo de instalación.
- Instalar y programar el equipo valorando indicaciones de normativa nacional para la calidad de energía eléctrica.
- Retirar el equipo y analizar sus resultados obtenidos

Identificación del lugar para la instalación de los equipos

En este punto se debe tomar en cuenta:

- Facilidad de instalación.

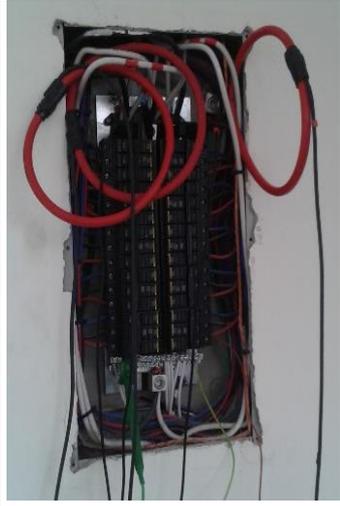
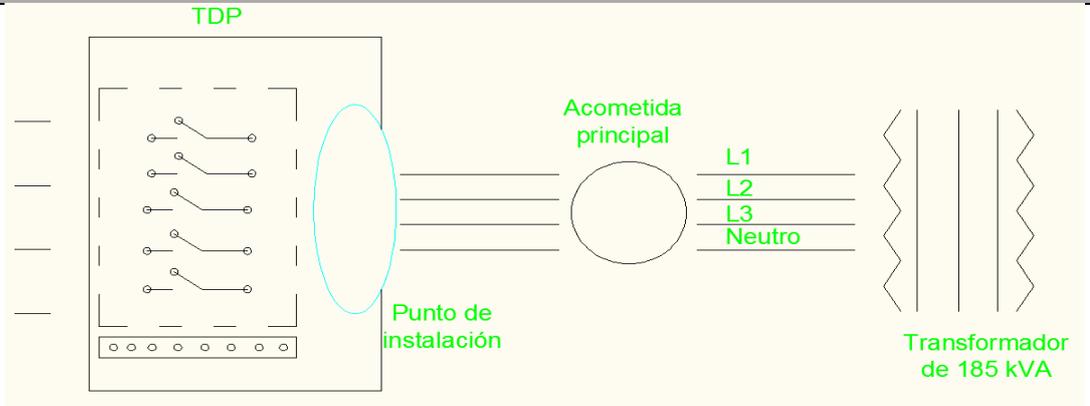
- Seguridad a la intemperie.
- Facilidad de inspección y manejo.

Tabla 27. Datos de instalación del equipo

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 			
Datos principales de instalación			
Fecha de instalación:	15/02/2016	Duración:	5:23:55:00 (d:h:min:s)
Fecha de finalización:	22/02/2016	Equipo:	Analizador de redes eléctricas AEMC Model 8335 - 1763 2.8
Configuración del equipo:	Conexión trifásica	Tiempo de mediciones:	Intervalos de 5 min.
			

Fuente: Autor

Tabla 28. Punto de instalación del equipo analizador de redes

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 		
		
Descripción		
<p>Dentro del proceso de revisión del punto de instalación se inspeccionaron puntos como transformador, acometida principal y tableros de distribución, optando por instalar el equipo analizador de redes eléctricas en el tablero de distribución principal (TDP).</p>		
Punto de instalación del analizador de redes eléctricas		
 <p>The diagram illustrates the electrical connection for the network analyzer. On the left is the TDP (Main Distribution Panel). In the center is the 'Punto de instalación' (installation point) where the analyzer is connected. On the right is the 'Transformador de 185 kVA' (185 kVA transformer) connected to the 'Acometida principal' (main supply) with phases L1, L2, L3, and Neutro.</p>		
Fuente: Autor		

3.2.3.1. FRECUENCIA

En las mediciones y análisis de valores de frecuencia que registran los laboratorios tomamos en cuenta el valor nominal en Ecuador que es de 60 Hz.

Tabla 29. Registro de datos de frecuencia (Hz)

Registro de Frecuencia (Hz)			
Registrados	Promedio	Mínimo	Máximo
	59,989	59,940	60,030
Permitidos	Mínimo		Máximo
	59,95		60,05

Fuente: Autor

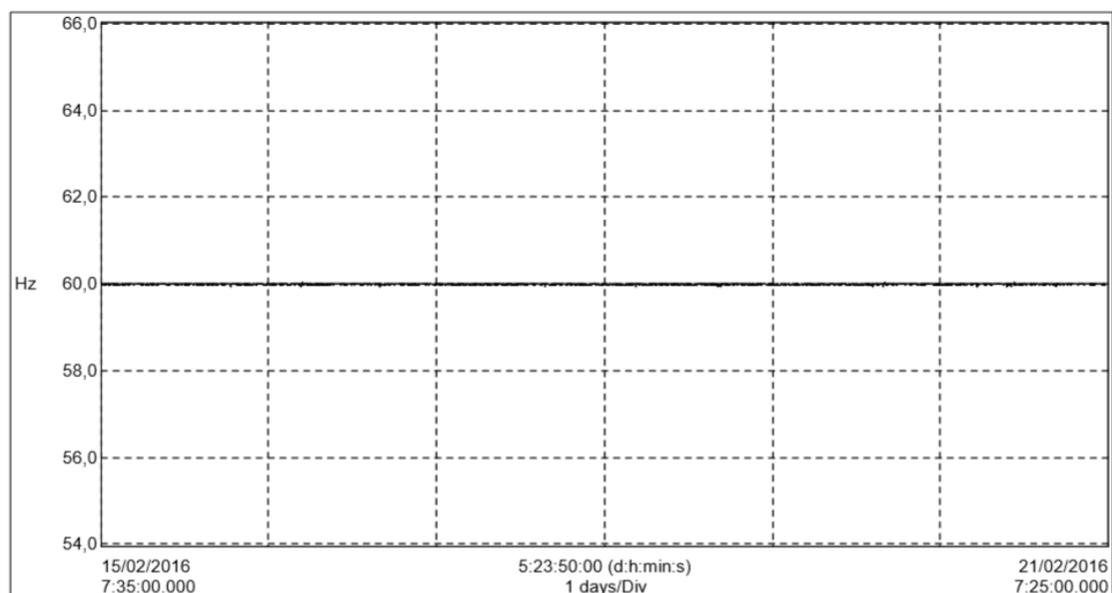


Fig. 13. Diagrama de frecuencia (Hz) de los laboratorios de Ingeniería Mecánica (Hz vs tiempo)

Fuente: Autor

3.2.3.1.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE FRECUENCIA

- El dato de frecuencia mínimo es de 59,940 Hz que está fuera del rango permisible, pero no representa una cantidad a considerar ya que del total de mediciones no representa ni el 1% de ellas.
- El dato de frecuencia máximo es de 60,030 Hz encontrándose dentro del rango permisible.
- La frecuencia promedio global es de 59,989 Hz, valor que se encuentra dentro de lo permisible, cuyo valor demuestra la calidad de suministro de frecuencia a la red de los laboratorios de Ingeniería Mecánica.

3.2.3.2. VOLTAJES

En la medición y análisis de voltajes tomamos valores estipulados por la regulación del CONELEC 004/01 para la comprobación de la calidad de suministro.

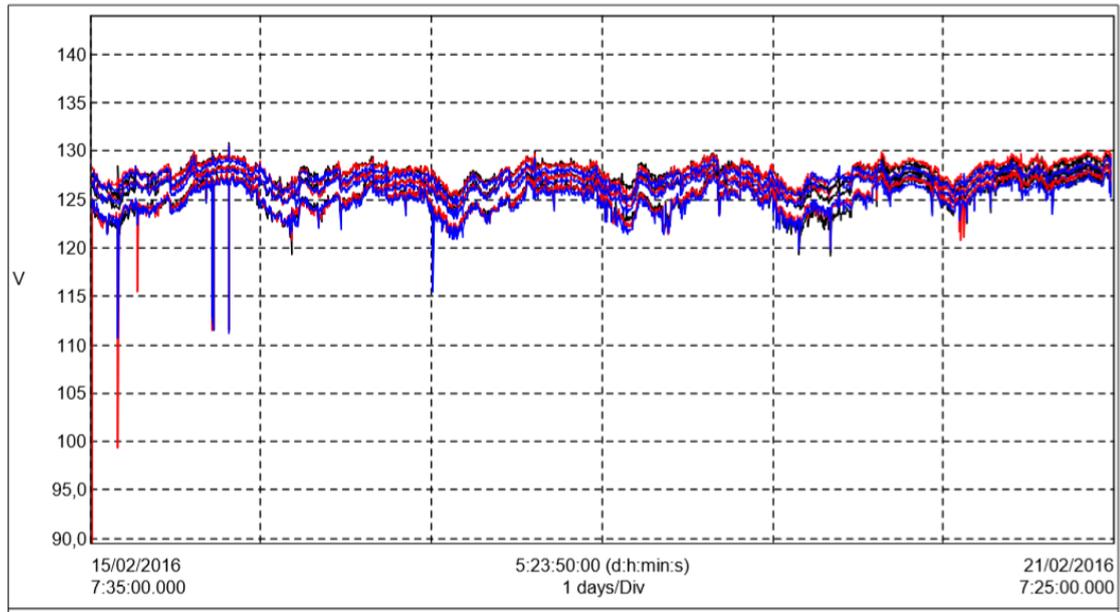


Fig. 14. Registro de voltaje Fase – Neutro en función del tiempo.

Fuente: Autor

Tabla 30. Valores de voltaje registrados

Valores de Voltajes				
Voltajes		Máximo (V)	Promedio (V)	Mínimo (V)
V1 RMS	—	129,000	126,748	123,900
V2 RMS	—	129,100	126,891	124,100
V3 RMS	—	128,500	126,428	123,000
V1 RMS MAX	—	130,900	127,856	125,100
V2 RMS MAX	—	130,500	127,954	125,300
V3 RMS MAX	—	130,500	127,433	124,500
V1 RMS MIN	—	128,100	125,094	111,500
V2 RMS MIN	—	128,400	125,163	0,000
V3 RMS MIN	—	127,700	124,872	110,800

Fuente: Autor

3.2.3.2.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE VOLTAJE

Tabla 31. Análisis de registro de voltajes

Regulación CONELEC 004/01 para calidad de voltaje
<ul style="list-style-type: none">- Valor nominal de voltaje es de 127 (V).- Las variaciones de voltaje admisibles deben representar como límite el $\pm 8\%$ del valor de voltaje nominal en zonas urbanas.- De los valores de voltajes registrados no se debe exceder del 5% en valores que no se encuentren dentro de los límites permitidos respecto al total de registro de voltajes.
Análisis de registro de voltajes
<ul style="list-style-type: none">- Para cumplir con los límites estipulados por la regulación el valor máximo debe ser de 137.16 (V) y un mínimo de 116.84 (V) que representarían el $\pm 8\%$ del voltaje nominal que es de 127 (V).- Existen valores mínimos por bajo del voltaje nominal pero que se encuentran dentro de los límites permitidos como se observa en la figura 14.- Si se analizan los datos en conjunto con la figura 14 se puede ver que existen anomalías en ciertos picos de voltaje que sobresalen de los valores mínimos permitidos.- Se registró un valor mínimo 110,800 (V) en la línea 3 que puede haberse producido por el arranque de un equipo o sistema de alta demanda de potencia.- Se registró un valor mínimo de 111,500 (V) en la línea 1 como consecuencia del arranque de equipos, más no debiéndose por anomalías en la red de distribución ya que se produjo durante el tiempo de jornadas laborales.- Dentro del análisis de valores máximos de voltaje registrados existen valores sobre el valor nominal, pero que se encuentran dentro de los límites estipulados no existiendo ninguna clase de anomalía.- Los valores promedios que se obtienen para las tres líneas se encuentra dentro del límite permitido, no existe ninguna clase de anomalía a considerar.- De la totalidad de registros obtenidos los picos de voltaje no presentan algún problema de consideración, además los valores que se encuentran fuera de lo permitido solo representan el 0,17% del total de mediciones realizadas cumpliendo con lo estipulado en el reglamento.

Fuente: Autor

3.2.3.3. FLICKERS DE CORTA DURACIÓN

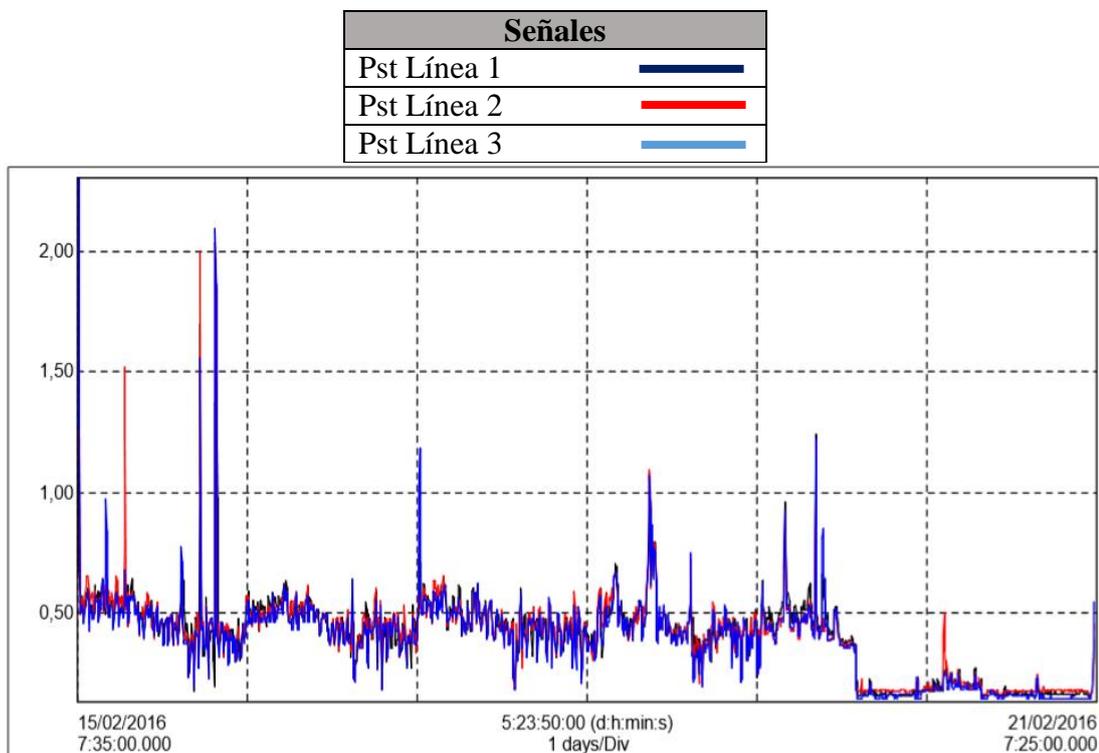


Fig. 15. Gráfica de señal de Flickers (Pst) Vs. Tiempo (t)

Fuente: Autor

Tabla 32. Registros de Flickers (Pst)

Registro de Flickers (Pst)			
Voltajes	Máximo	Promedio	Mínimo
Pst Línea 1	1,700	0,398	0,150
Pst Línea 2	2,410	0,400	0,160
Pst Línea 3	3,150	0,387	0,140

Fuente: Autor

3.2.3.3.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE SEÑALES DE FLICKERS DE CORTA DURACIÓN

Tabla 33. Análisis de Flickers

Regulación CONELEC 004/01 Flickers de corta duración
<ul style="list-style-type: none">- Para la evaluación de Flickers Pst a regulación adopta como límite la unidad $Pst = 1$, no se debe superar este valor considerado como el tope de fluctuación máxima sin producir molestias perceptibles por el ojo humano causadas por los parpadeos de luminancia.- No se permite que se exceda el máximo del 5% de datos que sobrepasen la unidad $Pst = 1$ del total de datos registrados.
Análisis de Flickers de corta duración.
<ul style="list-style-type: none">- Durante el día lunes 15/02/16 se registraron valores superiores a la unidad que afectaron a las tres líneas a las 07:40h como se puede ver en la figura 15.- Se presenta un valor crítico en la línea tres de 3,150 tomándolo como el valor máximo del total de datos que registro al momento de la instalación del equipo analizador de redes.- Tomando en cuenta los valores promedio de la tabla 32 se puede verificar que los datos en las tres líneas se encuentran dentro del rango permitido.- Existen 13 datos de perturbaciones como se aprecia en la figura 15, que representan el 0,75% del total de datos registrados, es decir se encuentra dentro del límite de porcentaje máximo estipulado en la regulación del CONELEC.

Fuente: Autor

3.2.3.4. ARMÓNICOS DE VOLTAJE

Se realiza un análisis del factor distorsión armónica individual (V_i)⁵

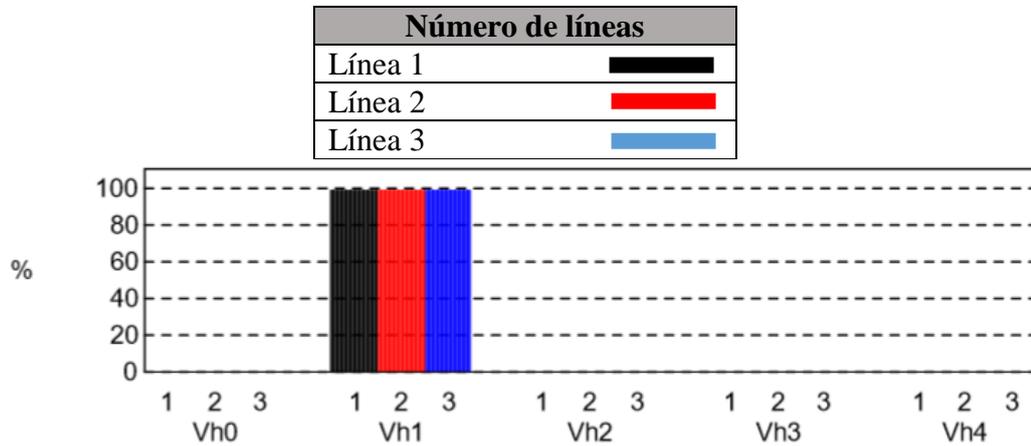


Fig. 16. Gráfica de distorsión armónica Vh (1er a 4to orden) en función del porcentaje para las tres líneas

Fuente: Autor

Tabla 34. Valores registrados de distorsión armónica para cada línea en porcentaje (%) del 1er a 4to orden

Línea/Armónicos (Vh en %)					
Línea	Vh0	Vh1	Vh2	Vh3	Vh4
■	0,000	100,000	0,000	0,000	0,000
■	0,000	100,000	0,000	0,000	0,000
■	0,000	100,000	0,000	0,000	0,000

Fuente: Autor

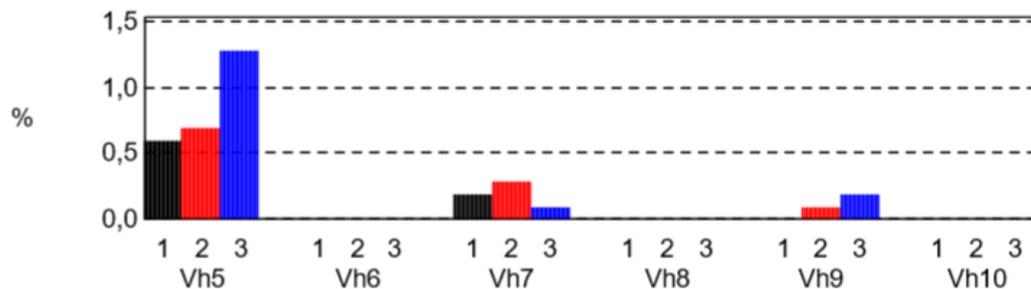


Fig. 17. Gráfica de distorsión armónica Vh (5to a 10mo orden) en función del porcentaje para las tres líneas

Fuente: Autor

⁵ V_i : Factor de distorsión armónica individual

Tabla 35. Valores registrados de distorsión armónica para cada línea en porcentaje (%) del 5to a 10mo orden

Línea/Armónicos (Vh en %)						
Línea	Vh5	Vh6	Vh7	Vh8	Vh9	Vh10
■	0,600	0,000	0,200	0,000	0,100	0,000
■	0,700	0,000	0,300	0,000	0,200	0,000
■	1,300	0,000	0,100	0,000	0,000	0,000

Fuente: Autor

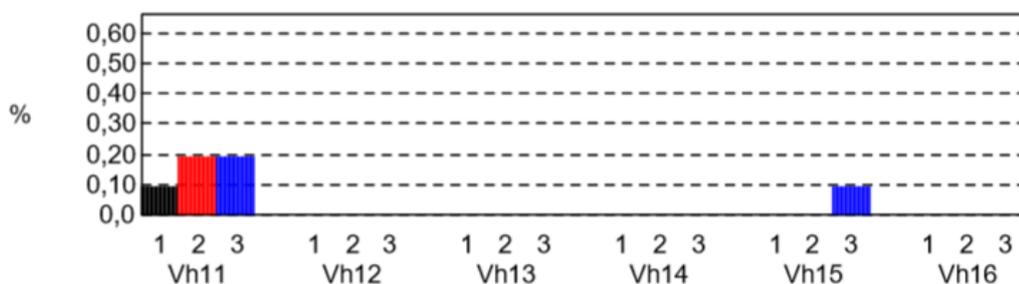


Fig. 18. Gráfica de distorsión armónica Vh (11vo a 16vo orden) en función del porcentaje para las tres líneas

Fuente: Autor

Tabla 36. Valores registrados de distorsión armónica para cada línea en porcentaje (%) del 11vo a 16vo orden

Línea/Armónicos (Vh en %)						
Línea	Vh11	Vh12	Vh13	Vh14	Vh15	Vh16
■	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
■	0,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
■	0,300	0,000	0,000	0,000	0,100	0,000

Fuente: Autor

A partir de Vh (17vo a 50vo orden) no se registran valores de distorsión en voltaje.

De todos los valores registrados se obtuvieron valores y la gráfica de distorsión armónica total (TDH) en las 3 líneas, ponderando valores máximos, mínimos y promedios como se citan a continuación:

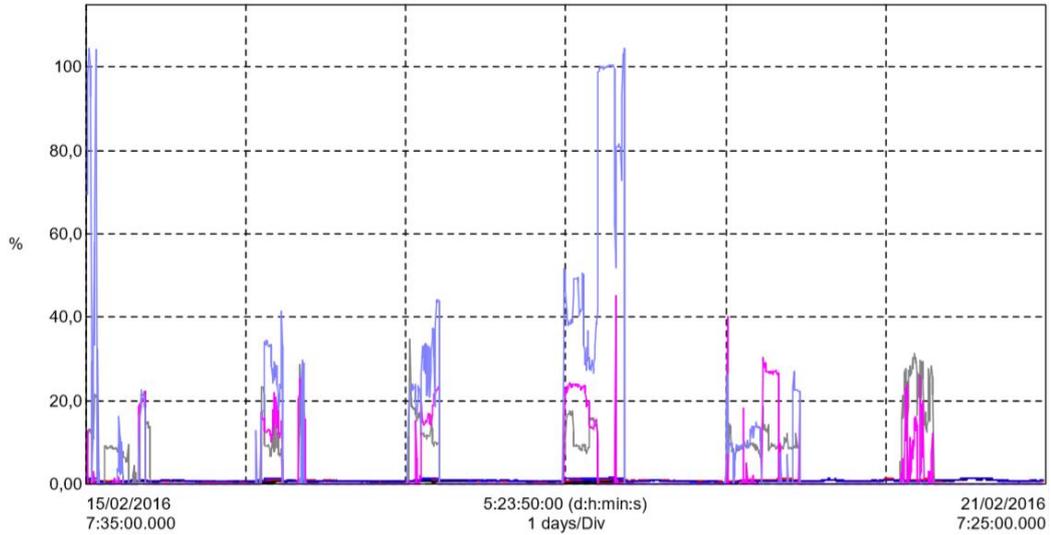


Fig. 19. Gráfica de señal armónica total TDH (%) Vs. Tiempo (t).

Fuente: Autor

Tabla 37. Valores de distorsión armónica total (TDH) en % para las tres líneas.

Valores de distorsión armónica total (TDH) en %			
Líneas	Máximo	Promedio	Mínimo
V1 TDH L1 	1,300	0,655	0,300
V2 TDH L2 	1,400	0,861	0,400
V3 TDH L3 	1,600	0,843	0,400

Fuente: Autor

3.2.3.4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE REGISTRO DE ARMÓNICOS

Para el análisis de distorsión armónica la regulación del CONELEC 004/01 presenta lo siguiente:

- Los registros de valores eficaces (rms) de voltajes armónicos individuales V_i' y TDH que se expresan en porcentaje no deben sobrepasar valores límite establecidos por la regulación donde se cita la siguiente tabla:

Tabla 38. Límites de armónicos en voltaje

Orden (n) de la Armónica y TDH	TOLERANCIA $ V_i $ o $ THD $ (% respecto al voltaje nominal del punto de medición)	
	V > 40 kV (otros puntos)	V ≤ 40 kV (tramos de distribución)
Impares no múltiplos de 3		
5	2,0	6,0
7	2,0	5,0
11	1,5	3,5
13	1,5	3,0
17	1,0	2,0
19	1,0	1,5
23	0,7	1,5
25	0,7	1,5
>25	$0,1 + 0,6*25/n$	$0,2 + 1,3*25/n$
Impares múltiplos de tres		
3	1,5	5,0
9	1,0	1,5
15	0,3	0,3
21	0,2	0,2
Mayores de 21	0,2	0,2
Pares		
2	1,5	2,0
4	1,0	1,0
6	0,5	0,5
8	0,2	0,5
10	0,2	0,5
12	0,2	0,2
Mayores a 12	0,2	0,2
TDH	3,0	8,0

Fuente: Regulación No. CONELEC 004/01, armónicos.

Tabla 39. Comparación de registros de armónicos Vs. límites dispuestos por la regulación del CONELEC para la línea 1

Regulación No. CONELEC 004/01		Datos Registrados por el analizador de redes eléctricas		
Orden (n) de la Armónica y TDH	V ≤ 40 kV (tramos de distribución)	Registros línea 1	Registros línea 2	Registros línea 3
Impares no múltiplos de tres				
5	6,0	0,60	0,70	1,30
7	5,0	0,20	0,30	0,10
11	3,5	0,10	0,20	0,30
13	3,0	0,00	0,00	0,00
17	2,0	0,00	0,00	0,00
19	1,5	0,00	0,00	0,00
23	1,5	0,00	0,00	0,00
25	1,5	0,00	0,00	0,00
29	1,321	0,00	0,00	0,00
31	1,248	0,00	0,00	0,00
35	1,129	0,00	0,00	0,00
37	1,078	0,00	0,00	0,00
41	0,993	0,00	0,00	0,00
43	0,956	0,00	0,00	0,00
47	0,891	0,00	0,00	0,00
49	0,863	0,00	0,00	0,00
Impares múltiplos de tres				
3	5,0	0,00	0,00	0,00
9	1,5	0,10	0,20	0,00
15	0,3	0,00	0,00	0,10
21	0,2	0,00	0,00	0,00
27	0,2	0,00	0,00	0,00
33	0,2	0,00	0,00	0,00
39	0,2	0,00	0,00	0,00
45	0,2	0,00	0,00	0,00
Pares				
2	2,0	0,00	0,00	0,00
4	1,0	0,00	0,00	0,00
6	0,5	0,00	0,00	0,00
8	0,5	0,00	0,00	0,00
10	0,5	0,00	0,00	0,00
12	0,2	0,00	0,00	0,00
14	0,2	0,00	0,00	0,00
16	0,2	0,00	0,00	0,00

18	0,2	0,00	0,00	0,00
20	0,2	0,00	0,00	0,00
22	0,2	0,00	0,00	0,00
24	0,2	0,00	0,00	0,00
26	0,2	0,00	0,00	0,00
28	0,2	0,00	0,00	0,00
30	0,2	0,00	0,00	0,00
32	0,2	0,00	0,00	0,00
34	0,2	0,00	0,00	0,00
36	0,2	0,00	0,00	0,00
38	0,2	0,00	0,00	0,00
40	0,2	0,00	0,00	0,00
42	0,2	0,00	0,00	0,00
44	0,2	0,00	0,00	0,00
46	0,2	0,00	0,00	0,00
48	0,2	0,00	0,00	0,00
50	0,2	0,00	0,00	0,00
Valor Límite		Valores registrados		
TDH	8,0	1,30	1,40	1,80

Fuente: Autor

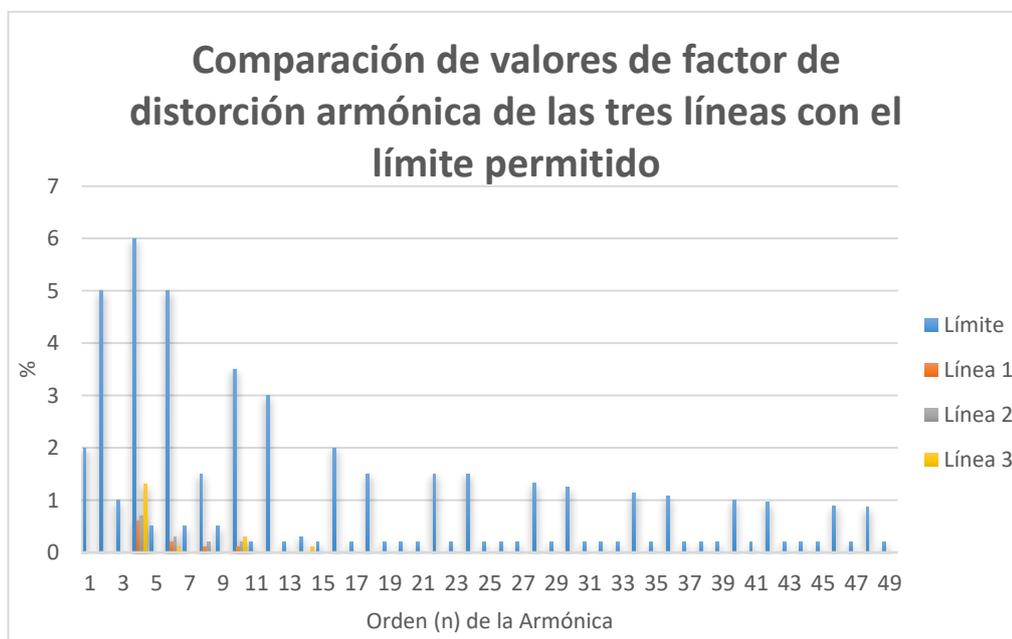


Fig. 20. Comparación de factor de distorsión armónica en las tres líneas con el límite establecido

Fuente: Autor

- En la Figura 20 se muestra una comparación de los factores de distorsión armónica en las tres líneas con el límite establecido por el CONELEC para la calidad del producto, se puede observar que los factores de las tres líneas en cada Orden (n) de la armónica se encuentran dentro del rango permitido ya que sus valores son relativamente pequeños o no presentan variación alguna.
- En la línea donde se presenta mayor factor de distorsión armónico es en la línea tres.
- Los factores de distorsión armónica en las líneas 1, 2 y 3 en conclusión se encuentran dentro del rango permitido y establecido por el CONELEC.

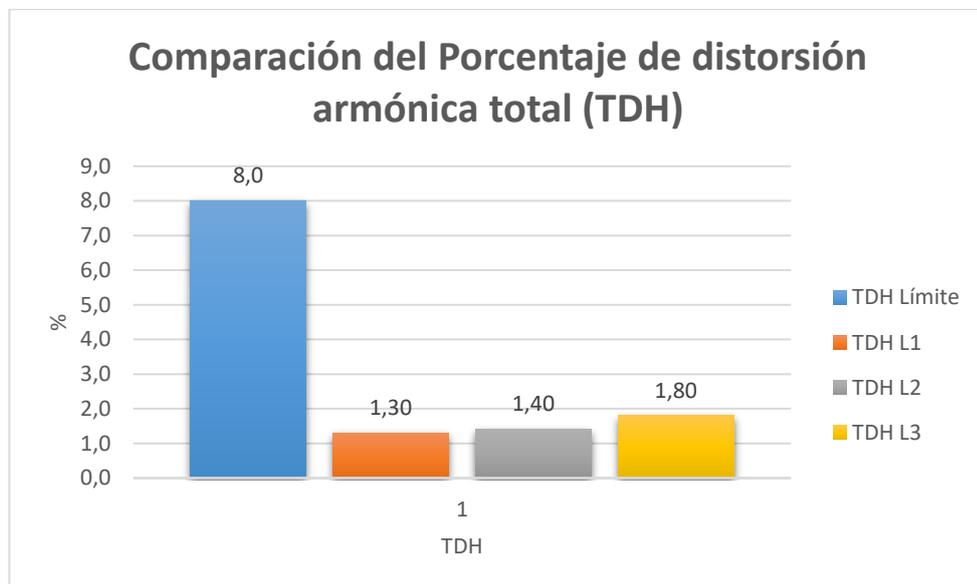


Fig. 21. Comparación del porcentaje de distorsión armónica total en las tres líneas con el límite establecido.

Fuente: Autor

En la Figura 21 se muestra la comparación del porcentaje de distorsión armónica total (TDH) de las tres líneas con el valor límite establecido por el CONELEC, donde el máximo permitido es del 8% teniendo como resultado lo siguiente:

- La línea 1 presenta un valor del 1,30 % (TDH) como valor máximo, encontrándose dentro del rango permitido, cumpliéndose con lo establecido para la calidad del producto la línea 1 cumple con los límites para el registro de armónicos.

- La línea 2 presenta un valor del 1,40% (TDH) como valor máximo, encontrándose dentro del rango permitido, que a su vez cumple con los límites para el registro de armónicos.
- La línea 3 de la misma manera presenta un valor máximo de 1,80% (TDH), siendo la línea donde se presentó mayor porcentaje de distorsión armónica pero que se encuentra dentro de los límites para registro de armónicos.

3.2.3.5. FACTOR DE POTENCIA

Para el análisis del factor de potencia registrado en los laboratorios de Ingeniería Mecánica, es oportuno aplicar las disposiciones establecidas por el reglamento No. CONELEC 004/01 para la calidad del producto, analizando lo siguiente:

- Gráfica de registro de factor de potencia
- Valores máximos mínimos y promedios registrados por el analizador de redes.
- Análisis de los resultados

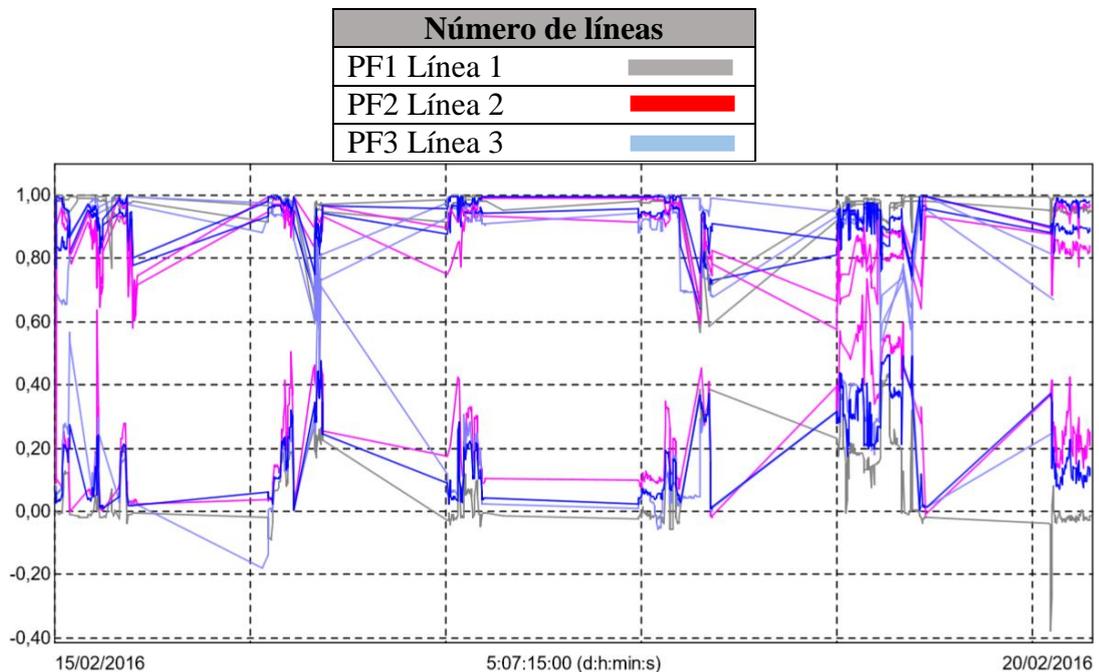


Fig. 22. Registro de factor de potencia vs tiempo (t).

Fuente: Autor

Tabla 40. Registros de factor de potencia en las tres líneas

Registros de factor de carga FP			
Líneas	Máximo	Promedio	Mínimo
PF1 Línea 1	0,991	0,961	0,567
PF2 Línea 2	0,974	0,863	0,090
PF3 Línea 3	0,980	0,876	0,539

Fuente: Autor

3.2.3.5.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE REGISTRO DE FACTOR DE POTENCIA

Tabla 41. Análisis de Factor de potencia

Regulación CONELEC 004/01 para Factor de potencia
<ul style="list-style-type: none"> - No se debe exceder el máximo de 5% en valores de factor de potencia inferiores a los límites dispuestos por la regulación, ya que de esa manera se incumple con la calidad de producto. - El valor mínimo de factor de potencia es de 0,92
Análisis de registro del Factor de potencia
<ul style="list-style-type: none"> - Los factores de carga máximos en las tres líneas se encuentran en valores admisibles no existiendo problema alguno. - Se llegó a registrar un valor mínimo en la línea 2 de 0,09 que realmente crítico ya que según el reglamento el valor de factor de carga mínimo debe ser de 0,92. - Por otro lado se registraron valores mínimos en la línea 1 y 3 con valores de 0,567 y 0,539 respectivamente, que comparándolos con el mínimo permitido son valores muy bajos, dichos valores se presentan durante la utilización de equipos como CNC y equipos que demanden una carga considerable, además en la Figura 28 se pueden evidenciar varios valores que se encuentran muy por debajo de lo permitido. - Los valores promedios de la línea 2 y 3 se encuentran debajo del límite permitido con valores de 0,863 y 0,876 respectivamente, no cumpliendo con lo expuesto en el reglamento del CONELEC. - El factor de promedio total considerando los valores de las tres líneas es de 0,9 que sigue siendo un valor debajo de lo permitido. - Debido al bajo factor de potencia hay que buscar la solución más óptima.

Fuente: Autor

3.2.3.6. POTENCIAS ACTIVA, REACTIVA Y APARENTE

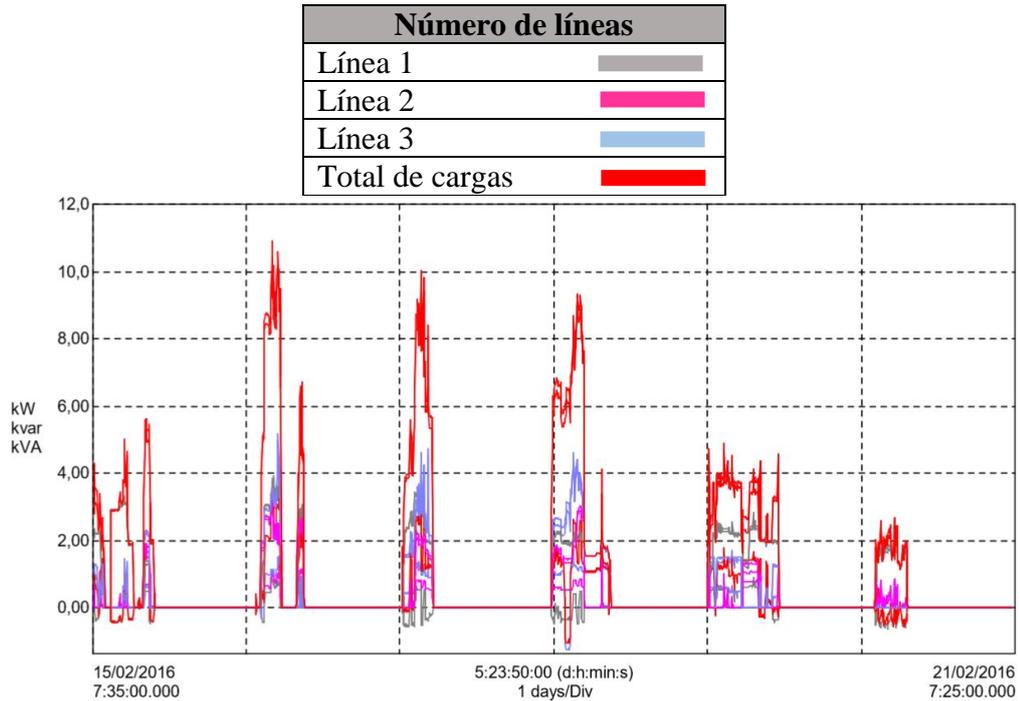


Fig. 23. Gráfica de registro de potencias del laboratorio de Ingeniería Mecánica

Fuente: Autor

Tabla 42. Valores registrados de potencia aparente

Potencia Aparente				
Tipo de carga	Máximo	Promedio	Mínimo	Unidades
VA Total	10,908	1,190	0,000	k VA
VA 1	3,948	0,560	0,000	k VA
VA 2	3,502	0,228	0,000	k VA
VA 3	5,185	0,401	0,000	k VA

Fuente: Autor

Tabla 43. Valores registrados de potencia reactiva

Potencia Reactiva				
Tipo de carga	Máximo	Promedio	Mínimo	Unidades
var Total	3,441	0,245	-1,038	k var
var 1	939,170	19,034	-616,080	k var
var 2	1,317	0,086	-0,261	k var
var 3	1,537	0,139	-1,232	k var

Fuente: Autor

Tabla 44. Valores registrados de potencia activa

Potencia Activa				
Tipo de carga	Máximo	Promedio	Mínimo	Unidades
W Total	10,437	1,115	0,000	k W
W1	3,852	0,544	0,000	k W
W2	3,327	0,209	0,000	k W
W3	4,963	0,362	0,000	k W

Fuente: Autor

3.2.3.6.1. ANÁLISIS DE POTENCIAS

Tabla 45. Análisis de potencias

Análisis de valores máximos para los tres tipos de potencia.
- Según la figura 23 y la tabla 42 la potencia aparente máxima registrada es de 10,908 k VA, esto durante el tiempo total de mediciones.
- De la misma manera la potencia reactiva máxima total fue de 3,441 k var, tomando en cuenta el total de mediciones.
- La potencia reactiva máxima fue de 10,437 Kw durante la medición realizada.

Fuente: Autor

3.2.3.7. ENERGÍA

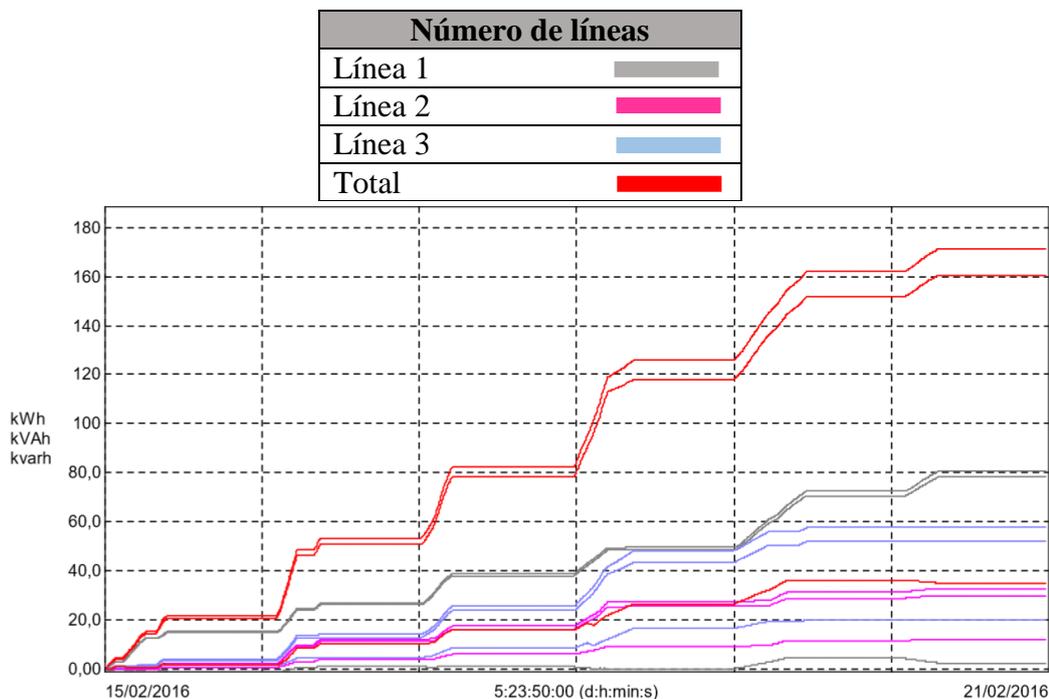


Fig. 24. Gráfica de registro de energía Vs. Tiempo (t).

Fuente: Autor

Tabla 46. Valores registrados de energía

Registros de energía		
Tipo de carga	Máximo	Unidades
Wh Total	160,460	k Wh
Wh1	78,340	k Wh
Wh2	30,020	k Wh
Wh3	52,100	k Wh
VAh Total	171,194	k VAh
VAh 1	80,663	k VAh
VAh 2	32,827	k VAh
VAh 3	57,704	k VAh
varh Total	36,488	k varh
varh 1	4,883	k varh
varh 2	12,446	k varh
varh 3	20,075	k varh

Fuente: Autor

- El valor que nos indica el consumo que se realizó durante el periodo de mediciones es el de potencia activa que viene en unidades de kWh.
- El valor a tomar en cuenta es la demanda de potencia activa máxima que se registró durante los días de medición que es de 160,460 kWh.
- Por medio del análisis de la demanda de potencia activa se puede determinar el consumo que se realiza y el costo aproximado.

Tabla 47. Registro histórico de consumo mensual de la UTA entre el año 2015 y 2016.

Histórico de consumo de UTA	
Mes de consumo	Consumo en kWh
Marzo 2015	80220
Abril 2015	102480
Mayo 2015	170100
Junio 2015	167580
Julio 2015	175560
Agosto 2015	162540
Septiembre 2015	113400
Octubre 2015	162960

Noviembre 2015	154980
Diciembre 2015	160860
Enero 2016	160860
Febrero 2016	161700
Total	1773240

Fuente: EEASA ⁶

El promedio de consumo mensual es de 147770 kWh por parte de la Universidad Técnica de Ambato esto dentro del año 2015 e inicios del año 2016.

Una comparación entre los meses pertenecientes al año 2014 y los citados en la tabla 47, como forma de análisis:

Tabla 48. Registro histórico de consumo mensual de la UTA entre el año 2015 y 2015.

Registro de consumo eléctrico mensual período 2014-2015 UTA. (kWh)						
Mes/Año	Feb./2014	Mar./2014	Ab./2014	May./2014	Jun./2014	Jul./2014
Consumo	120960	95640	133140	102900	103740	112980
Mes/Año	Ag./2014	Sept./2014	Oct./2014	Nov./2014	Dic./2014	En./2015
Consumo	102060	67620	102060	97020	104580	114240
CONSUMO MENSUAL PROMEDIO						
104720kWh/mes						

Fuente: [19]

La tabla 47 son datos que representan un consumo mensual entre el año 2014 e inicios del año 2015, se puede denotar que durante el año 2015 el consumo fue mucho mayor, obteniendo un valor promedio de consumo mensual de kWh del 29,13%.

Consumo eléctrico

El análisis del consumo eléctrico de parte de las instalaciones de los laboratorios de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato se lo realizó por medio del registro de energía consumida durante el periodo de medición por parte del analizador de redes eléctricas, de la siguiente manera:

⁶ EEASA: Empresa Eléctrica Ambato S.A.

Tabla 49. Análisis de consumo eléctrico

Descripción	Valor	Unidades
Consumo total registrado	160,46	kWh/durante 7 días
Consumo promedio al día	32,092	kWh/ día
Consumo mensual promedio	962,76	kWh/mes
Consumo por semestre promedio	5776,56	kWh/semestre

Fuente: Autor

El total por consumo de mensual y al semestre se lo realizó por medio de datos actualizados tomados del pliego y cargos tarifados para el año 2016 por parte de la Agencia de Regulación y Control de Electricidad para la Empresa Eléctrica Ambato, donde la Universidad Técnica de Ambato hace uso de la tarifa Beneficio Público con demanda donde el valor por consumo de energía es de: **0,065 (USD/kWh)**.

Tabla 50. Consumo eléctrico

Descripción	Valor	Unidades
Consumo mensual promedio	962,76	kWh/mes
Costo	0,065	USD/kWh
Total promedio mensual	62,58	USD
Consumo por semestre promedio	5776,56	kWh/semestre
Total promedio semestral	375,48	USD

Fuente: Autor

Tomando en cuenta valores de la auditoria energética realizada a los edificios administrativo y docente de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, se comparó datos para ver el porcentaje de representación del consumo de energía eléctrica por parte de los laboratorios de ingeniería mecánica.

- La facultad de Ingeniería Civil y Mecánica reporta un consumo promedio mensual de 8387,10 (kWh/mes) [19].
- Los laboratorios de Ingeniería Mecánica reportan un consumo promedio mensual 962,76 (kWh/mes).
- El consumo promedio de los laboratorios representa el 11,48% de lo que consume las instalaciones de la Facultad.

- Considerando el valor promedio mensual de 147770 kWh de consumo por parte de la Universidad Técnica de Ambato entre el 2015 e inicios del 2016 como el 100%, se compara cuanto representa cada valor.

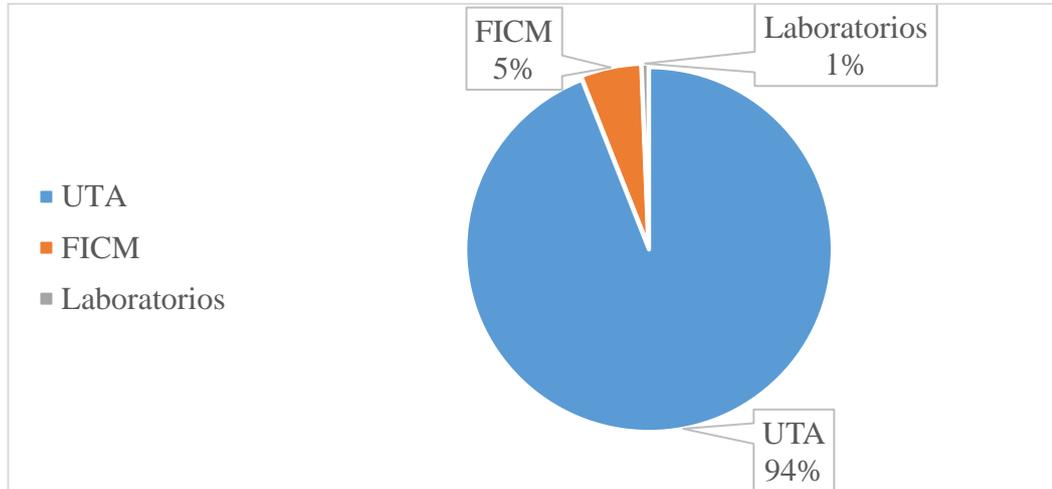


Fig. 25. Representación en porcentaje de los valores de consumo por parte de la UTA, FICM y los laboratorios de Mecánica.

Fuente: Autor

3.2.4. ANÁLISIS DE ILUMINACIÓN

El análisis de iluminación se lo realizó siguiendo el siguiente procedimiento con la especificación de normativa y reglamentos existentes.

- Identificación de los puntos necesarios para las mediciones de niveles de iluminación.
- Mediciones de niveles de iluminación.
- Análisis de la dosis de iluminación.
- Análisis de la eficiencia energética de las instalaciones.

3.2.4.1. IDENTIFICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN

Para la identificación del total de puntos de medición es necesario el uso de la norma Mexicana NOM-025-STPS-2008, para condiciones de iluminación en los centros de trabajo donde:

Tabla 51. Relación de índice de área con el número mínimo de zonas de evaluar

Índice de área	Número mínimo de zonas a evaluar	Número de zonas a considerar por la limitación
$IC < 1$	4	6
$1 \leq IC < 2$	9	12
$2 \leq IC < 3$	16	20
$IC \geq 3$	25	30

Fuente. Norma Mexicana NOM-025-STPS-2008, para condiciones de iluminación en los centros de trabajo.

La Ecuación (2) representa el cálculo del índice de área:

$$IC = \frac{x * y}{h(x + y)} \quad (6)$$

Donde:

IC: índice de área

x, y: Dimensiones en metros

h: altura de la luminaria con respecto al plano de trabajo en metros

Se determinó el número mínimo de mediciones para cada laboratorio haciendo uso de la ecuación (2) y la tabla 51 descritos anteriormente, obtenido los siguientes datos:

Tabla 52. Identificación del número de puntos de evaluación de niveles de iluminación

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 				
Análisis del índice de área e identificación del número de puntos de medición				
Laboratorio	Longitud (m)	Altura (m)	$IC = \frac{x * y}{h(x + y)}$	Nº de mediciones
Energías	x:6; y:10	h:5,55	0,80	4
Electrónica	x:6; y:8,35	h:2,68	1,91	9
Neumática	x:6; y:10	h:2,68	2,05	16
Automatización	x:6; y:10	h:2,59	2,16	16
Área de mecanizado	x:12; y:10	h:5,55	1,16	9
Área durómetro	x:6; y:3,15	h:2,68	1,13	9
Metalografía	x1:6; y1:10; x2:4,53; y2: 9	h:2,59	IC1: 2,16; IC2: 1,73	25
Oficina ayudantes	x:3; y:3,15	h:2,68	0,84	4
Oficina técnico analista	x:3; y:3,15	h:2,59	0,88	4

Fuente. Autor

Se identificó el número de puntos mínimos de medición de niveles de iluminación:

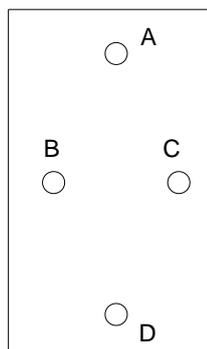


Fig. 26. Esquema puntos de medición de niveles de iluminación - Energías

Fuente. Autor

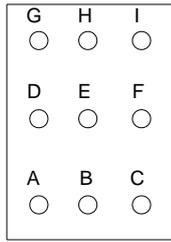


Fig. 27. Esquema puntos de medición de niveles de iluminación – Electrónica

Fuente. Autor

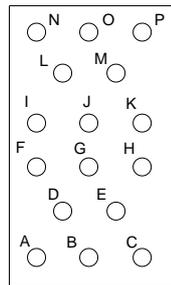


Fig. 28. Esquema puntos de medición de niveles de iluminación – Neumática

Fuente. Autor

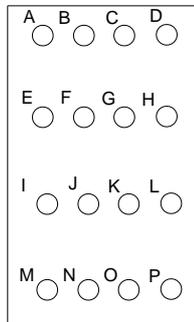


Fig. 29. Esquema puntos de medición de niveles de iluminación – Automatización

Fuente. Autor

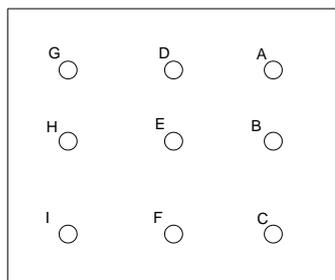


Fig. 30. Esquema puntos de medición de niveles de iluminación – Área de mecanizado

Fuente. Autor

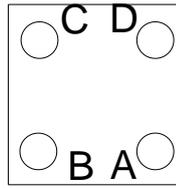


Fig. 31. Esquema puntos de medición de niveles de iluminación – Oficina ayudantes

Fuente. Autor

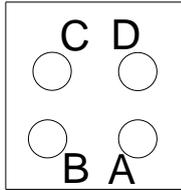


Fig. 32. Esquema puntos de medición de niveles de iluminación – Oficina técnico analista

Fuente. Autor

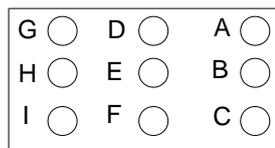


Fig. 33. Esquema puntos de medición de niveles de iluminación – Área durómetro

Fuente. Autor

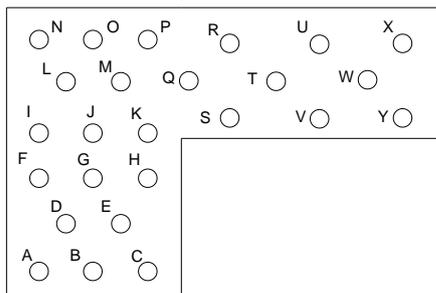


Fig. 34. Esquema puntos de medición de niveles de iluminación – Metalografía

Fuente. Autor

3.2.4.2.MEDICIÓN DE NIVELES DE ILUMINACIÓN

Tabla 53. Niveles mínimos de iluminación para actividades específicas y similares.

Niveles mínimos de iluminación.	Observaciones y actividades
20 luxes	Pasillo, patios y lugares de paso
50 luxes	Trabajos donde la distinción no sea primordial como manipulación de desechos, embalaje, servicios higiénicos.
100 luxes	Actividades donde una ligera distinción sea vital como por ejemplo fabricación de productos de acero y hierro, salas de máquinas y calderos y asesores.
200 luxes	Actividades donde sea necesario una distinción moderada para detalles en talleres de mecánica, costura imprentas, industria de conservas.
300 luxes	Para actividades donde sea esencial una distinción media de detalles en trabajos de montaje, tipografía, contabilidad, taquigrafía.
500 luxes	Para actividades donde se necesita notablemente de una fina distinción de detalles en condiciones de contraste como corrección de pruebas, fresado y torneado, etc.
1000 luxes	Para actividades donde se exija la distinción extremadamente fina o en condiciones de contraste difíciles como trabajos artísticos, inspección dedicada, montajes de precisión electrónicos, relojería.

Fuente. Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo (decreto ejecutivo 2393)

Se tomó en cuenta especificación del decreto ejecutivo 2393 “Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo”, donde se especifica los niveles mínimos de iluminación para dependencias específicas y sus similares, dichos valores se citan a continuación en la tabla 53 y los que haremos referencia para la evaluación.

Tabla 54. Registro de niveles de iluminación laboratorio de energías

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 				
Datos Generales				
Realizado por:	Christian Velastegui	Revisado por:	Ing. Mayra Paucar	
Lugar:	Laboratorios de Mecánica	Fecha:	07/03/2016	
Hora:	08:00 a 10:00	Ficha N°:	1	
Implementos:	Luxómetro y libreta.	Laboratorio:	Energías	
Actividades en la instalación:	Exclusivo para prácticas de laboratorio y Tesis			
Datos de Luminaria				
Tipo de luminarias:	3 tubos del tipo fluorescentes			
Número de Luminarias:	12	Total de lámparas:	36	
Características:	FO 32W/54 -765- T8 (15000 hrs; 2500 lumen; 6500K)			
Carga instalada por luminaria en kW:	1,152			
Datos Específicos				
Características del lugar:	Paredes crema; Techo blanco; Piso crema			
Mediciones:	4	Condiciones del día:	Nublado	
Dimensiones:	x:6; y:10; h:5,55	Área:	60 m ²	
Fuentes de luz:	Luz artificial y luz natural de parte de 10 ventanales			
Condiciones de luminarias:	3 luminarias dañadas			
Disposición 1:	Luces apagadas	Disposición 2:	Luces encendidas	
Registro de datos (Lux)				
Item	Disposición 1		Disposición 2	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
A	510	512	890	892
B	640	642	726	728
C	422	423	745	746
D	339	340	719	720
Resultados				
Eprom disposición 1= 477,75				
Eprom disposición 2 = 770				

Fuente. Autor

Tabla 55. Registro de niveles de iluminación área de mecanizado

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 				
Datos Generales				
Realizado por:	Christian Velastegui	Revisado por:	Ing. Mayra Paucar	
Lugar:	Laboratorios de Mecánica	Fecha:	07/03/2016	
Hora:	08:00 a 10:00	Ficha N°:	2	
Implementos:	Luxómetro y libreta.	Laboratorio:	Mecanizado	
Actividades en la instalación:	Exclusivo para prácticas de laboratorio y Tesis			
Datos de Luminaria				
Tipo de luminarias:	3 tubos del tipo fluorescentes			
Número de Luminarias:	10	Total de lámparas:	30	
Características:	FO 32W/54 -765- T8 (15000 hrs; 2500 lumen; 6500K)			
Carga instalada por luminaria en kW:	0,96			
Datos Específicos				
Características del lugar:	Paredes crema; Techo blanco; Piso crema			
Mediciones:	9	Condiciones del día:	Nublado	
Dimensiones:	x:12; y:10; h:5,55	Área:	120 m ²	
Fuentes de luz:	Luz artificial y luz natural de parte de 5 ventanales			
Condiciones de luminarias:	2 luminarias dañadas			
Disposición 1:	Luces apagadas	Disposición 2:	Luces encendidas	
Registro de datos (Lux)				
N°	Disposición 1		Disposición 2	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
A	526	528	763	764
B	603	604	855	857
C	677	679	900	902
D	461	462	790	791
E	750	752	923	925
F	955	957	1133	1138
G	485	486	789	791
H	835	837	1030	1035
I	1350	1355	1490	1500
Resultados				
Eprom disposición 1= 738				
Eprom disposición 2 = 963,67				

Fuente. Autor

Tabla 56. Registro de niveles de iluminación laboratorio de electrónica

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 				
Datos Generales				
Realizado por:	Christian Velastegui	Revisado por:	Ing. Mayra Paucar	
Lugar:	Laboratorios de Mecánica	Fecha:	07/03/2016	
Hora:	08:00 a 10:00	Ficha N°:	3	
Implementos:	Luxómetro y libreta.	Laboratorio:	Electrónica	
Actividades en la instalación:	Exclusivo para prácticas de laboratorio y Tesis			
Datos de Luminaria				
Tipo de luminarias:	3 tubos del tipo fluorescentes			
Número de Luminarias:	12	Total de lámparas:	36	
Características:	FO 32W/54 -765- T8 (15000 hrs; 2500 lumen; 6500K)			
Carga instalada por luminaria en kW:	1,152			
Datos Específicos				
Características del lugar:	Paredes crema; Techo blanco; Piso crema			
Mediciones:	9	Condiciones del día:	Nublado	
Dimensiones:	x:6; y:8,35; h:2,68	Área:	50,1 m ²	
Fuentes de luz:	Luz artificial y luz natural de parte de 2 ventanales			
Condiciones de luminarias:	3 luminarias dañadas			
Disposición 1:	Luces apagadas	Disposición 2:	Luces encendidas	
Registro de datos (Lux)				
N°	Disposición 1		Disposición 2	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
A	121	123	877	879
B	136	137	800	802
C	125	126	880	882
D	300	302	890	893
E	400	402	1210	1215
F	280	283	940	945
G	1130	1135	1250	1255
H	1400	1405	1519	1524
I	1430	1435	1574	1580
Resultados				
Eprom disposición 1= 591,33				
Eprom disposición 2 = 1104,44				

Fuente. Autor

Tabla 57. Registro de niveles de iluminación laboratorio de neumática

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 				
Datos Generales				
Realizado por:	Christian Velastegui		Revisado por:	Ing. Mayra Paucar
Lugar:	Laboratorios de Mecánica		Fecha:	08/03/2016
Hora:	08:00 a 10:00		Ficha N°:	4
Implementos:	Luxómetro y libreta.		Laboratorio:	Neumática
Actividades en la instalación:	Exclusivo para prácticas de laboratorio y Tesis			
Datos de Luminaria				
Tipo de luminarias:	3 tubos del tipo fluorescentes			
Número de Luminarias:	12	Total de lámparas:	36	
Características:	FO 32W/54 -765- T8 (15000 hrs; 2500 lumen; 6500K)			
Carga instalada por luminaria en kW:	1,152			
Datos Específicos				
Características del lugar:	Paredes crema; Techo blanco; Piso crema			
Mediciones:	16	Condiciones del día:	Nublado	
Dimensiones:	x:6; y:10; h:2,68		Área:	60 m ²
Fuentes de luz:	Luz artificial y luz natural de parte de 5 ventanales			
Condiciones de luminarias:	Luminarias en buen estado			
Disposición 1:	Luces apagadas		Disposición 2:	Luces encendidas
Registro de datos				
N°	Disposición 1		Disposición 2	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
A	599	601	1740	1750
B	548	553	1649	1659
C	579	584	1620	1630
D	435	437	1470	1480
E	648	654	1963	2000
F	425	427	1456	1465
G	453	455	1460	1470
H	1488	1495	2550	2565
I	447	448	1180	1185
J	462	463	1205	1210
K	1479	1489	2205	2210
L	645	647	1457	1467
M	654	656	1550	1560
N	1192	1197	2400	2410
O	1559	1565	3090	3100
P	1069	1073	2290	2300
Resultados				
Eprom disposición 1= 792,63 - Eprom disposición 2 = 1830,31				

Fuente. Autor

Tabla 58. Registro de niveles de iluminación laboratorio de automatización

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 				
Datos Generales				
Realizado por:	Christian Velastegui		Revisado por:	Ing. Mayra Paucar
Lugar:	Laboratorios de Mecánica		Fecha:	08/03/2016
Hora:	08:00 a 10:00		Ficha N°:	5
Implementos:	Luxómetro y libreta.		Laboratorio:	Automatización
Actividades en la instalación:	Exclusivo para prácticas de laboratorio y Tesis			
Datos de Luminaria				
Tipo de luminarias:	3 tubos del tipo fluorescentes			
Número de Luminarias:	8	Total de lámparas:	24	
Características:	FO 32W/54 -765- T8 (15000 hrs; 2500 lumen; 6500K)			
Carga instalada por luminaria en kW:	0,768			
Datos Específicos				
Características del lugar:	Paredes crema; Techo blanco; Piso crema			
Mediciones:	16	Condiciones del día:	Nublado	
Dimensiones:	x:6; y:10; h:2,59		Área:	60 m ²
Fuentes de luz:	Luz artificial y luz natural de parte de 5 ventanas			
Condiciones de luminarias:	Buenas condiciones			
Disposición 1:	Luces apagadas		Disposición 2:	Luces encendidas
Registro de datos (Lux)				
N°	Disposición 1		Disposición 2	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
A	565	563	995	996
B	535	534	876	877
C	551	554	885	888
D	445	447	795	796
E	550	551	997	989
F	655	656	990	995
G	674	677	987	990
H	1450	1460	1567	1575
I	425	426	878	880
J	333	334	798	801
K	547	549	856	857
L	1467	1475	1570	1575
M	890	895	1015	1020
N	830	833	1005	1010
O	895	898	1020	1030
P	880	883	1017	1025
Resultados				
Eprom disposición 1= 730,75 - Eprom disposición 2 = 1015,69				

Fuente. Autor

Tabla 59. Registro de niveles de iluminación laboratorio de metalografía

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 				
Datos Generales				
Realizado por:	Christian Velastegui	Revisado por:	Ing. Mayra Paucar	
Lugar:	Laboratorios de Mecánica	Fecha:	08/03/2016	
Hora:	08:00 a 10:00	Ficha N°:	6	
Implementos:	Luxómetro y libreta.	Laboratorio:	Metalografía	
Actividades en la instalación:	Exclusivo para prácticas de laboratorio y Tesis			
Datos de Luminaria				
Tipo de luminarias:	3 tubos del tipo fluorescentes			
Número de Luminarias:	20	Total de lámparas:	60	
Características:	FO 32W/54 -765- T8 (15000 hrs; 2500 lumen; 6500K)			
Carga instalada por luminaria en kW:	1,920			
Datos Específicos				
Características del lugar:	Paredes crema; Techo blanco; Piso crema			
Mediciones:	25	Condiciones del día:	Nublado	
Dimensiones:	x1:6; y1:10; x2:4,53; y2: 9; h:2,59	Área:	100,77 m ²	
Fuentes de luz:	Luz artificial y luz natural de parte de 12 ventanas			
Condiciones de luminarias:	1 luminaria dañada			
Disposición 1:	Luces apagadas	Disposición 2:	Luces encendidas	
Registro de datos (Lux)				
N°	Disposición 1		Disposición 2	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
A	555	556	895	900
B	560	562	905	907
C	320	321	635	637
D	430	432	745	748
E	341	343	705	708
F	442	443	767	770
G	320	321	813	815
H	431	433	827	829
I	525	527	933	935
J	495	496	950	955
K	497	400	978	980
L	767	770	1095	1100
M	789	792	1167	1172
N	1100	1105	1643	1648
O	1115	1117	1685	1690
P	1121	1125	1505	1510
Q	980	985	1440	1450

R	1457	1465	1995	2000
S	985	987	1540	1550
T	1057	1065	1595	1605
U	1500	1510	1997	2010
V	980	985	1568	1575
W	1045	1050	1850	1855
X	1420	1427	1990	1995
Y	995	1000	1430	1445
Resultados				
Eprom disposición 1 = 809,08 - Eprom disposición 2 = 1266,12				

Fuente. Autor

Tabla 60. Registro de niveles de iluminación área durómetro

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 				
Datos Generales				
Realizado por:	Christian Velastegui	Revisado por:	Ing. Mayra Paucar	
Lugar:	Laboratorios de Mecánica	Fecha:	09/03/2016	
Hora:	08:00 a 10:00	Ficha N°:	7	
Implementos :	Luxómetro y libreta.	Laboratorio:	Área espectrómetro	
Actividades en la instalación:	Exclusivo para prácticas de laboratorio y Tesis			
Datos de Luminaria				
Tipo de luminarias:	3 tubos del tipo fluorescentes			
Número de Luminarias:	2	Total de lámparas:	6	
Características:	FO 32W/54 -765- T8 (15000 hrs; 2500 lumen; 6500K)			
Carga instalada por luminaria en kW:	0,192			
Datos Específicos				
Características del lugar:	Paredes crema; Techo blanco; Piso crema			
Mediciones:	9	Condiciones del día:	Nublado	
Dimensiones :	x:6; y:3,15; h:2,68	Área de Dependencia:	18,9 m ²	
Fuentes de luz:	Luz artificial y luz natural de parte de 2 ventanales			
Condiciones de luminarias:	Buen estado			
Disposición 1:	Luces apagadas	Disposición 2:	Luces encendidas	
Registro de datos (Lux)				
N°	Disposición 1		Disposición 2	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
A	990	995	1130	1135
B	1030	1035	1450	1455
C	1355	1360	1719	1725
D	1020	1025	1545	1551
E	1250	1255	1810	1815
F	1125	1227	1800	1813
G	1454	1458	1895	1910
H	1230	1235	1785	1789
I	1180	1183	1750	1755
Resultados				
Eprom disposición 1 = 1181,56				
Eprom disposición 2 = 1653,78				

Fuente. Autor

Tabla 61. Registro de niveles de iluminación oficina ayudantes

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 				
Datos Generales				
Realizado por:	Christian Velastegui		Revisado por:	Ing. Mayra Paucar
Lugar:	Laboratorios de Mecánica		Fecha:	09/03/2016
Hora:	08:00 a 10:00		Ficha N°:	8
Implementos:	Luxómetro y libreta.		Laboratorio:	Oficina ayudantes
Actividades en la instalación:	Exclusivo para prácticas de laboratorio y Tesis			
Datos de Luminaria				
Tipo de luminarias:	3 tubos del tipo fluorescentes			
Número de Luminarias:	2	Total de lámparas:	6	
Características:	FO 32W/54 -765- T8 (15000 hrs; 2500 lumen; 6500K)			
Carga instalada por luminaria en kW:	0,192			
Datos Específicos				
Características del lugar:	Paredes crema; Techo blanco; Piso crema			
Mediciones:	4	Condiciones del día:	Nublado	
Dimensiones:	x:3; y:3,15; h:2,68	Área de Dependencia:	9,45 m ²	
Fuentes de luz:	Luz artificial y luz natural de parte de 1 ventana			
Condiciones de luminarias:	Buen estado			
Disposición 1:	Luces apagadas		Disposición 2:	Luces encendidas
Registro de datos (Lux)				
N°	Disposición 1		Disposición 2	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
A	430	431	824	827
B	422	423	802	804
C	550	551	935	937
D	515	516	927	930
Resultados				
Eprom disposición 1= 479,25				
Eprom disposición 2 = 872				

Fuente. Autor

Tabla 62. Registro de niveles de iluminación oficina técnico analista

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 				
Datos Generales				
Realizado por:	Christian Velastegui	Revisado por:	Ing. Mayra Paucar	
Lugar:	Laboratorios de Mecánica	Fecha:	09/03/2016	
Hora:	08:00 a 10:00	Ficha N°:	9	
Implementos:	Luxómetro y libreta.	Laboratorio:	Oficina Técnico Analista	
Actividades en la instalación:	Exclusivo para prácticas de laboratorio y Tesis			
Datos de Luminaria				
Tipo de luminarias:	3 tubos del tipo fluorescentes			
Número de Luminarias:	1	Total de lámparas:	3	
Características:	FO 32W/54 -765- T8 (15000 hrs; 2500 lumen; 6500K)			
Carga instalada por luminaria en kW:	0,096			
Datos Específicos				
Características del lugar:	Paredes crema; Techo blanco; Piso crema			
Mediciones:	4	Condiciones del día:	Nublado	
Dimensiones:	x:3; y:3,15; h:2,59	Área de Dependencia:	9,45 m ²	
Fuentes de luz:	Luz artificial y luz natural de parte de un ventanal			
Condiciones de luminarias:	Buen estado			
Disposición 1:	Luces apagadas	Disposición 2:	Luces encendidas	
Registro de datos (Lux)				
N°	Disposición 1		Disposición 2	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
A	353	355	694	695
B	360	362	742	743
C	379	380	745	746
D	355	356	712	713
Resultados				
Eprom disposición 1= 361,75				
Eprom disposición 2 = 723,25				

Fuente. Autor

3.2.4.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE ILUMINACIÓN

3.2.4.3.1. ANÁLISIS DOSIS DE ILUMINACIÓN

Se determina la dosis de iluminación por medio de los valores medios de iluminancia obtenidos, divididos para los valores de iluminancia establecidos o recomendados por el Decreto Ejecutivo 2393⁷, teniendo la siguiente ecuación para el cálculo de la dosis de iluminación:

$$DI = \frac{NIM}{NIR} \quad (7)$$

Dónde:

DI: dosis de iluminación

NIM: Nivel de iluminación media (Lux)

NIR: Nivel de iluminación recomendada (lux)

Tabla 63. Interpretación de los valores de dosis de iluminación.

Interpretación	
Intervalos	Observaciones
$0 < DI < 0,8$	Bajo
$0,8 < DI < 1,5$	Óptimo
$DI > 1,5$	Deslumbrante

Fuente. [19]

Con la ecuación (3) en conjunto con la tabla 63 se calculó la dosis de iluminación de cada laboratorio y oficina, obteniendo resultados por cada nivel de iluminación media registrada.

⁷ Decreto ejecutivos 2393 “Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo”

Tabla 64. Interpretación de la dosis de iluminación en los laboratorios de Ingeniería Mecánica

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 					
Datos Generales					
Realizado por:		Christian Velastegui		Revisado por:	
				Ing. Mayra Paucar	
Disposición 1:		Luces apagadas		Disposición 2:	
				Luces encendidas	
Interpretación de los niveles y dosis de iluminación					
Laboratorios	Disposición	E Mínimo.	E Promedio	DI	Observaciones
Energías	1	500	477,75	0,96	Óptimo
	2	500	770	1,54	Óptimo
Área mecanizado	1	500	738	1,48	Óptimo
	2	500	963,67	1,93	Deslumbrante
Electrónica	1	500	591,33	1,18	Óptimo
	2	500	1104,44	2,21	Deslumbrante
Neumática	1	500	792,63	1,59	Óptimo
	2	500	1830,31	3,66	Deslumbrante
Automatización	1	500	730,75	1,46	Óptimo
	2	500	1015,69	2,03	Deslumbrante
Metalografía	1	500	809,08	1,62	Deslumbrante
	2	500	1266,12	2,53	Deslumbrante
Área Espectrómetro	1	500	1181,56	2,36	Deslumbrante
	2	500	1653,78	3,31	Deslumbrante
Oficina ayudantes	1	500	479,25	0,96	Óptimo
	2	500	872	1,74	Deslumbrante
Oficina técnico analista	1	300	361,75	1,21	Óptimo
	2	300	723,25	2,41	Deslumbrante
Se puede apreciar que la mayor parte de laboratorios presenta problemas de deslumbramiento como el caso de los laboratorios de Neumática, Área durómetro, Metalografía, Oficina técnico analista.					

Fuente. Autor

Acorde a la tabla 63 existen valores de deslumbramiento altos que se registran en la tabla 64.

3.2.4.3.2. ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LAS INSTALACIONES (VEEI).

Tabla 65. VEEI máximo permitido en zonas de no representación.

Grupo	Zonas de actividad diferenciada	VEEI límite
Zonas de no representación	Administración General	3,5
	Andenes de estaciones	3,5
	Ferias, exposiciones	3,5
	Aulas y laboratorios	4,0
	Salas de diagnóstico	4,5
	Habitaciones de hospital	4,5
	Zonas comunes	4,5
	Almacenes, salas técnicas	5,0
	Aparcamientos	5,0
	Recintos similares descritos anteriormente	4,5
	Espacios deportivos	5,0

Fuente. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 506:2009 [9]

Tabla 66. VEEI máximo permitido en zonas de representación.

Grupo	Zonas de actividad diferenciada	VEEI límite
Zonas de no representación	Administración General	6,0
	Andenes de estaciones	6,0
	Supermercados, hipermercados y almacenes	6,0
	Bibliotecas, museos y galerías de arte	6,0
	Zonas comunes en edificios residenciales	7,5
	Centros comerciales	8,0
	Hostelería y restauración	10,0
	Religioso en General	10,0
	Salones de acto, auditorios	10,0
	Tiendas y pequeño comercio	10,0
	Zonas comunes	10,0
	Habitaciones de hoteles, Hostales.	12,0

Fuente. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 506:2009 [9]

$$VEEI = \frac{P * 100}{S_i * E_m} \quad (8)$$

Donde:

VEEI: Valor de eficiencia energética en instalaciones. (W/m^2)

P: Representa la potencia total instalada en lámparas y los equipos auxiliares en (W).

S_i : representa la superficie iluminada en (m^2)

E_m : Representa la iluminancia media horizontal en (lux)

Se tomó en cuenta las tablas 65 y 66 y la ecuación (4) para el cálculo de valores de eficiencia energética en las instalaciones de los laboratorios de Ingeniería Mecánica, descritos en la tabla 67.

Tabla 67. Valores de eficiencia energética en las instalaciones de los laboratorios de Ingeniería Mecánica

 <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA </div> 						
Datos Generales						
Realizado por:	Christian Velastegui		Revisado por:	Ing. Mayra Paucar		
Disposición 1:	Luces apagadas		Disposición 2:	Luces encendidas		
Interpretación de valores de eficiencia energética						
Laboratorios	P	Em	Si	VEEI máximo	VEEI	Observaciones
Energías	1155	770	60	4	2,50	Óptimo
Área mecanizado	960	963,67	120	4	0,83	Óptimo
Electrónica	1152	1104,44	50,1	4	2,08	Óptimo
Neumática	1152	1830,31	60	4	1,05	Óptimo
Automatización	768	1015,69	60	4	1,26	Óptimo
Metalografía	1920	1266,12	100,77	4	1,50	Óptimo
Área durómetro	192	1653,78	18,9	4	0,61	Óptimo
Oficina ayudantes	192	872	9,45	4	2,33	Óptimo
Oficina técnico analista	96	723,25	9,45	6	1,40	Óptimo

Fuente. Autor

3.2.5. SIMULACIÓN ENERGY PLUS

La simulación energética de los laboratorios de Ingeniería Mecánica, se realizó mediante el motor de cálculo de Energy plus además de hacer uso de softwares libres (SketchUp y OpenStudio), los tres programas son un complemento para la modelización, plantillas con valores predeterminados de construcciones, luminarias, etc. y el motor de cálculo energético.

Energy Plus.- es el motor de cálculo para la simulación energética.

SketchUp.- se enfoca en la modelización de los edificios en este caso los laboratorios.

OpenStudio.- se basa en la construcción de una plantilla base donde contiene parámetros constructivos sean estos materiales de construcción, luminarias, número de personas, calendarios de uso.

3.2.5.1. PRIMERA FASE DE SIMULACIÓN

SketchUp

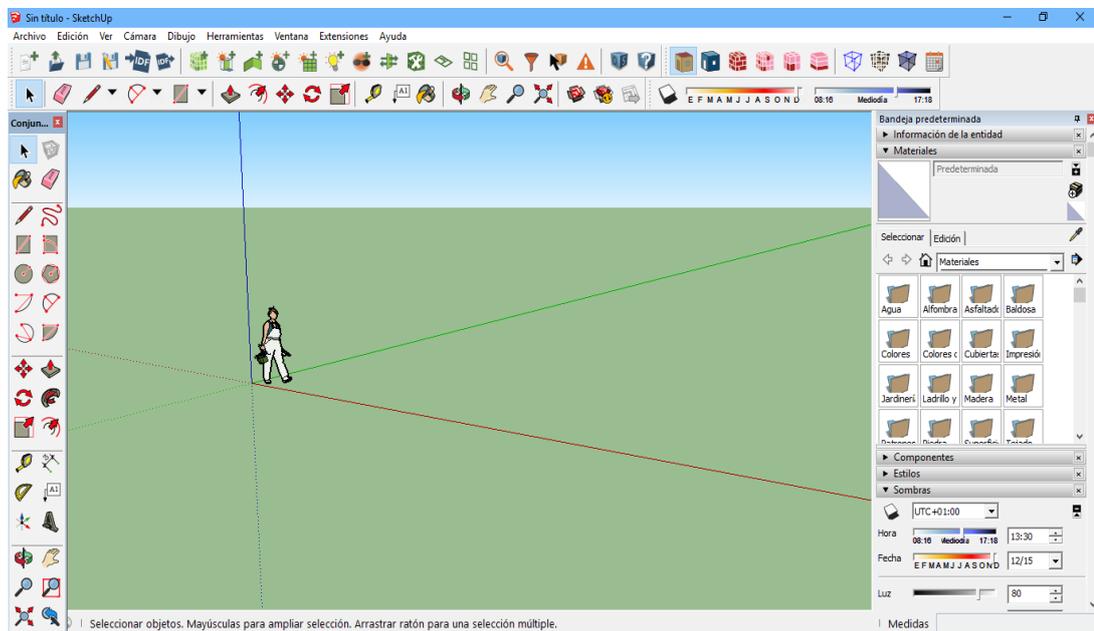


Fig. 35. Entorno SketchUp.

Fuente. Autor

OpenStudio

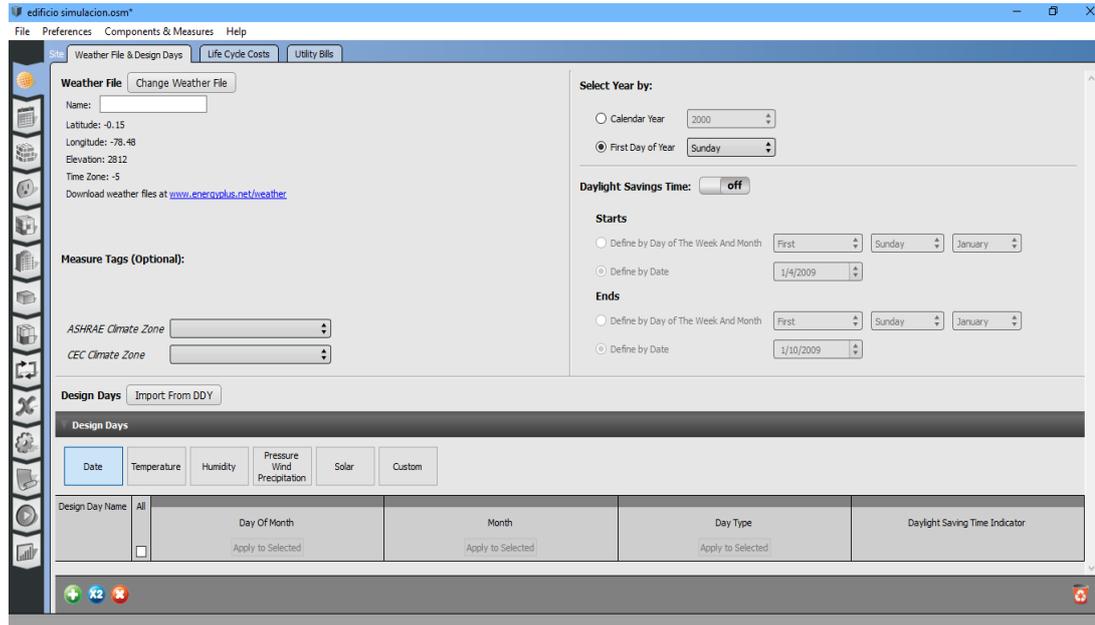


Fig. 36. Entorno OpenStudio.

Fuente. Autor

Energy Plus

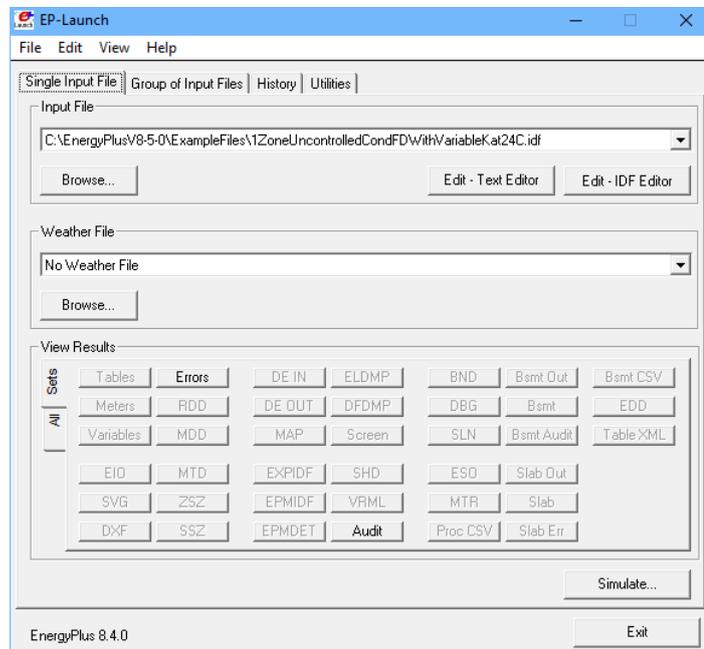


Fig. 37. Entorno Energy Plus.

Fuente. Autor

3.2.5.2. CREACIÓN DE PLANTILLA

La plantilla para la simulación energética contiene es un conjunto de parámetros sean estos:

- Materiales de construcción
- Tipos de construcciones (combinaciones de materiales de construcción)
- Cargas por (luminarias, equipos de oficinas y equipos de laboratorios entre otros)
- Número de personas
- Contienen una base de calendarios de ocupación de cada espacio en un tiempo determinado.
- Una vez realizados los requerimientos anteriores conforman tipos de espacios cada uno con su tipo de construcción, cargas y calendarios de uso.

3.2.5.2.1. INTRODUCCIÓN DE MATERIALES CONSTRUCTIVOS

Dentro de este paso se ingresan datos de materiales de construcción característicos del edificio: Arena, graba, baldosa, yeso, etc.

Dichos materiales poseen características y propiedades distintas, los que se deben ingresar al momento de crear el material en la plantilla.

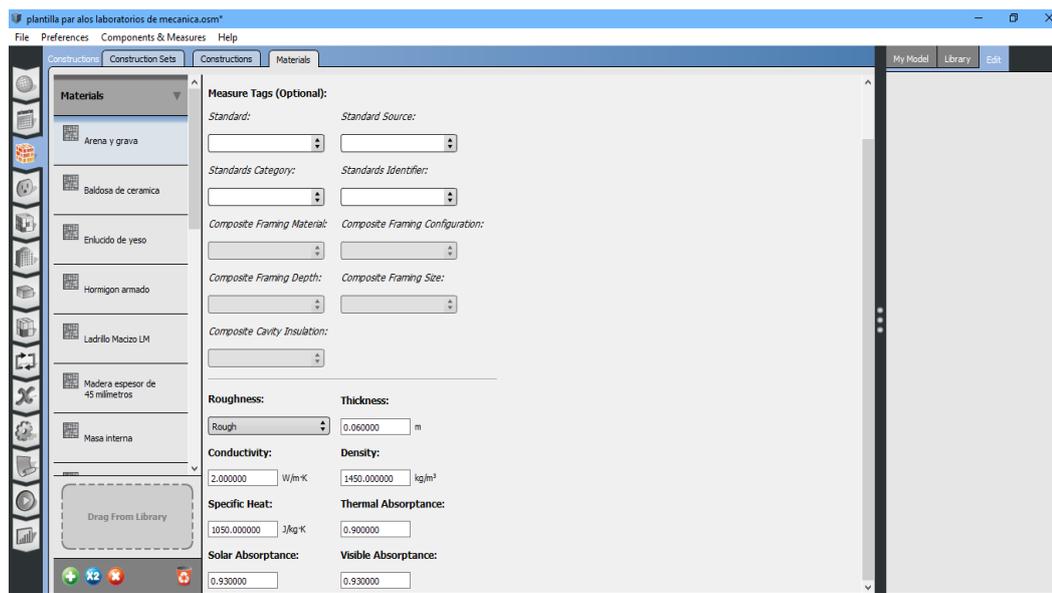


Fig. 38. Creación de materiales e introducción de propiedades.

Fuente. Autor

3.2.5.2.2. INTRODUCCIÓN DE CARGAS

Dentro de la introducción de cargas se incluyen:

- Número de personas
- Cargas por luminarias de cada dependencia
- Cargas por equipos eléctricos

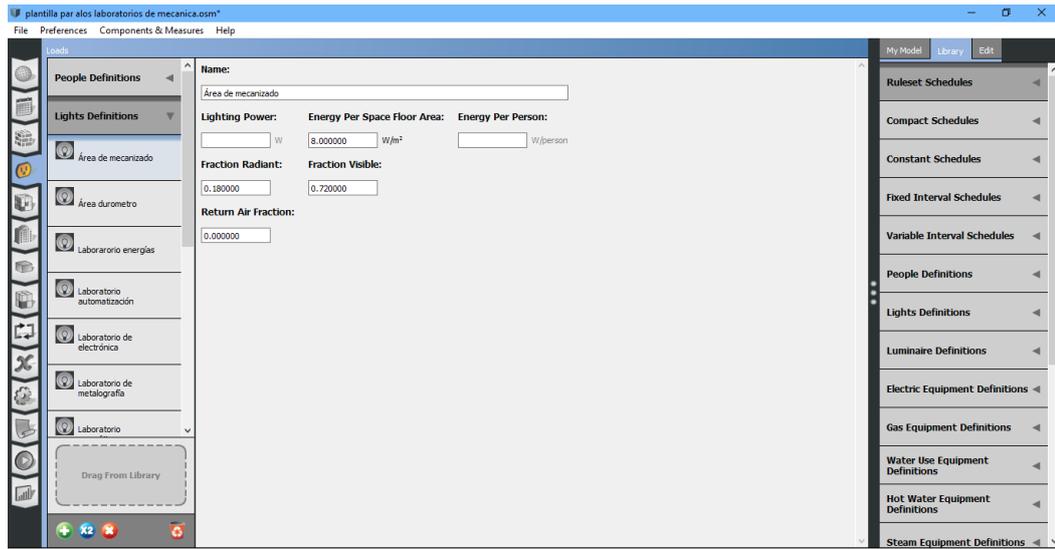


Fig. 39. Introducción de cargas de los laboratorios de Ingeniería Mecánica

Fuente. Autor

3.2.5.2.3. INTRODUCCIÓN DE CALENDARIOS DE USO

Se crean horarios de uso por determinado tiempo para cada dependencia de los laboratorios esto para cargas, número de personas.

Se van creando prioridades por días laborables y días no laborables de todo el edificio, se debe tomar en cuenta todas las actividades que se realizan en cada laboratorio.

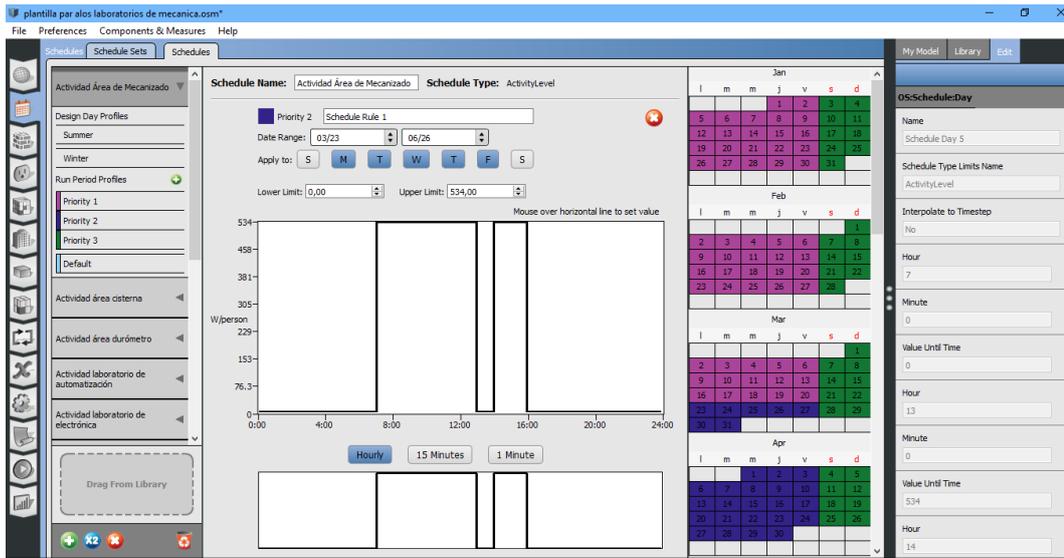


Fig. 40. Introducción de datos para los calendarios de uso

Fuente. Autor

3.2.5.2.4. CREACIÓN DE TIPOS DE SUPERFICIES

En ese paso se crean tipos de superficies en este caso para cada laboratorio con sus respectivas características constructivas, horas de uso, y cargas instaladas en los mismos.

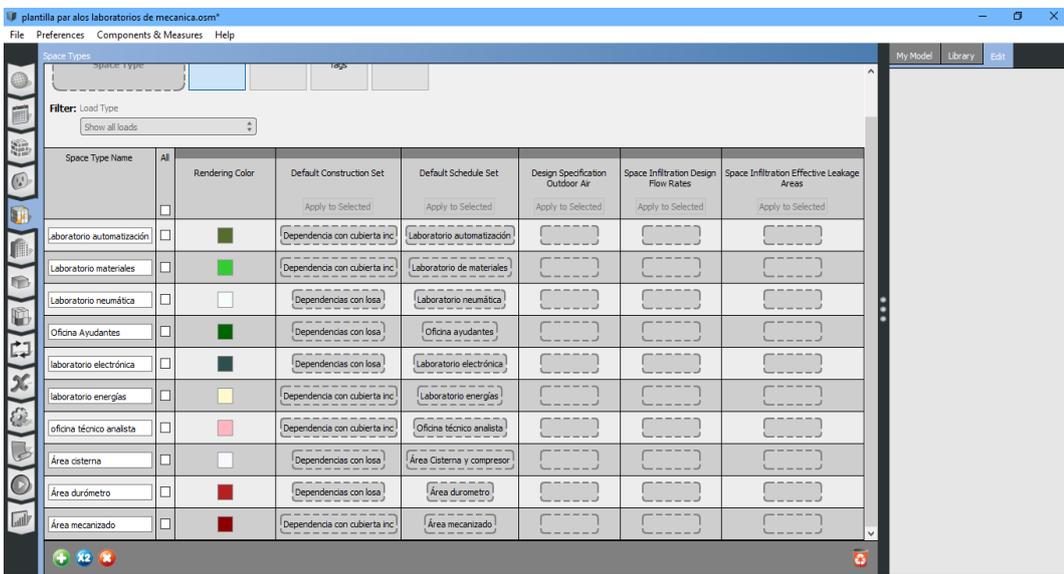


Fig. 41. Creación de tipos de superficies de los laboratorios de Ingeniería Mecánica

Fuente. Autor

3.2.5.3. MODELIZACIÓN DE LOS LABORATORIOS

Por medio SketchUp y las extensiones de OpenStudio podemos cargar la plantilla realizada con anterioridad y modelizar el edificio de laboratorios de Ingeniería mecánica, con las medidas de ventanales puertas y medidas de cada dependencia.

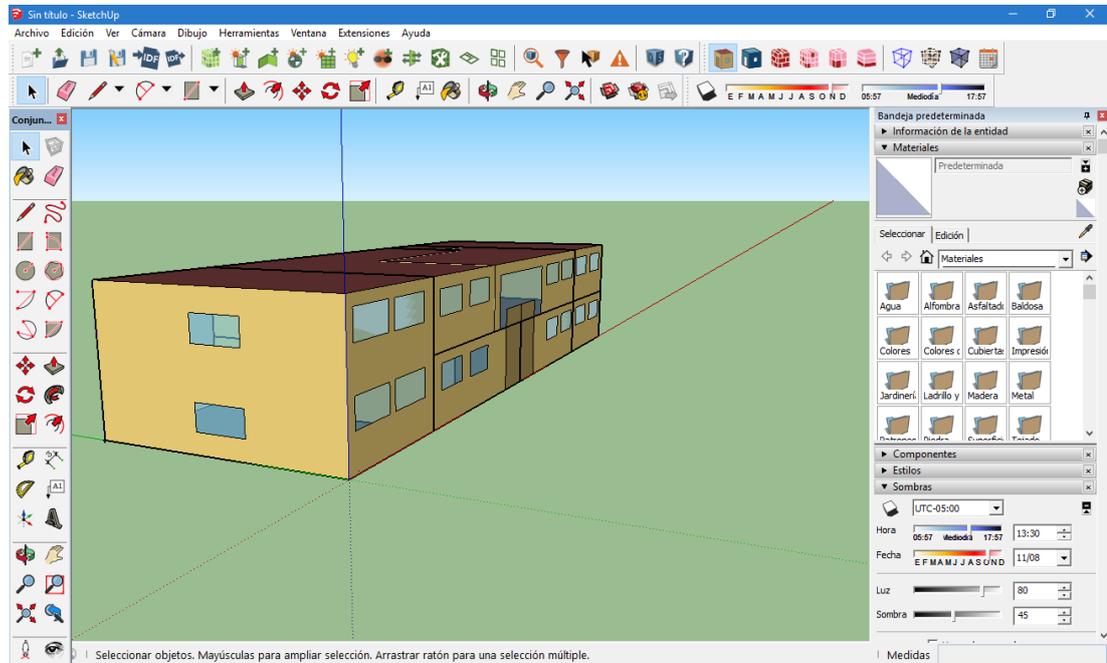


Fig. 42. Modelización laboratorios de Ingeniería Mecánica

Fuente. Autor

3.2.5.4. CÁLCULO DE LA SIMULACIÓN ENERGÉTICA

Una vez terminado la modelización procedemos a realizar los cálculos y simulación correspondientes:

- Debes disponer de un fichero climático que se lo puede encontrar en la página oficial de EnergyPlus.
- Durante el modelizado se debieron especificar los tipos de espacios para cada laboratorio.
- Y asignar zonas térmicas.

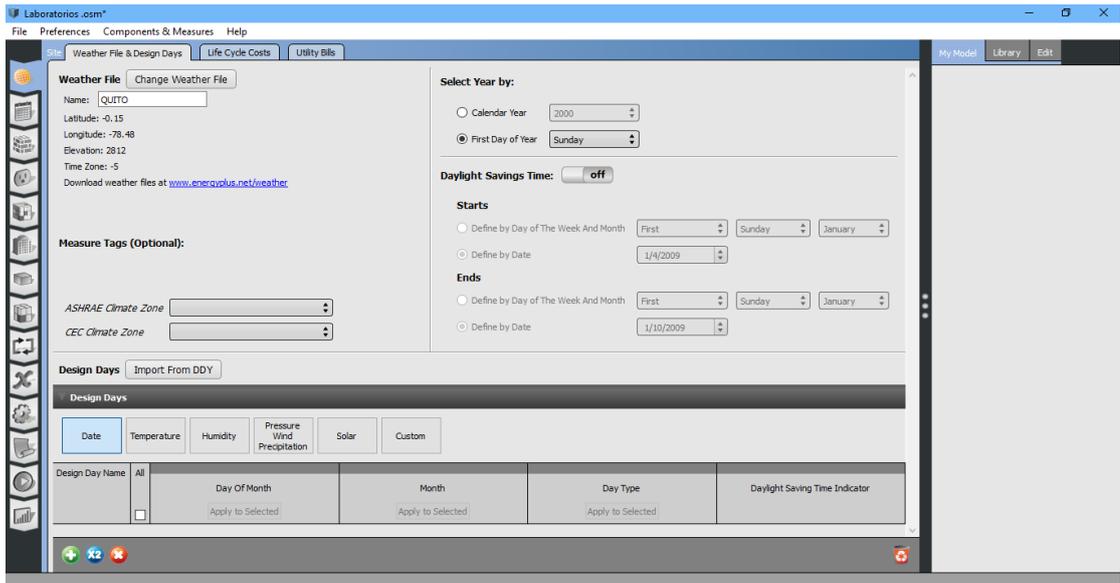


Fig. 43. Fichero climático en OpenStudio

Fuente. Autor

- Se debe verificar que el cálculo se produce sin errores

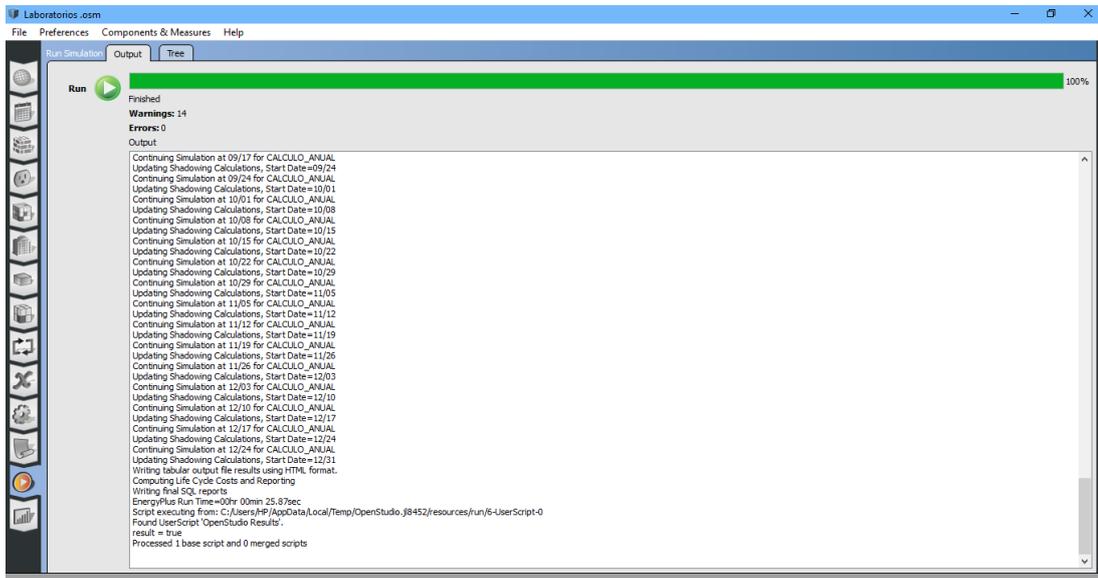


Fig. 44. Cálculo sin errores

Fuente. Autor

- Visualizamos los resultados del cálculo y en sí de la simulación energética.

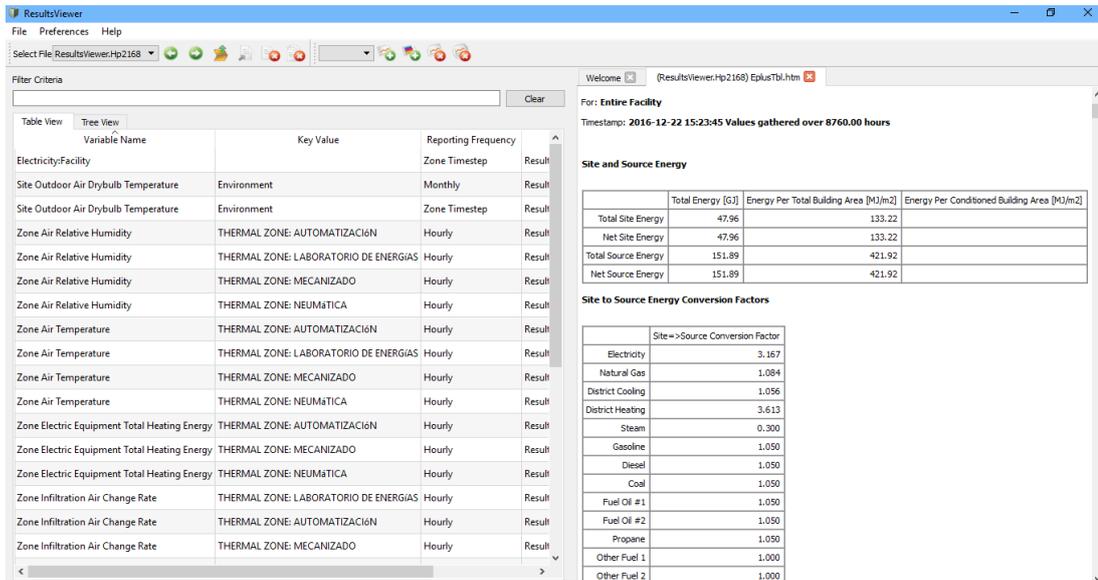


Fig. 45. Visualización de resultados

Fuente. Autor

- En la figura 46 se puede vizualizar la tendecia de consumo de energía durante un año

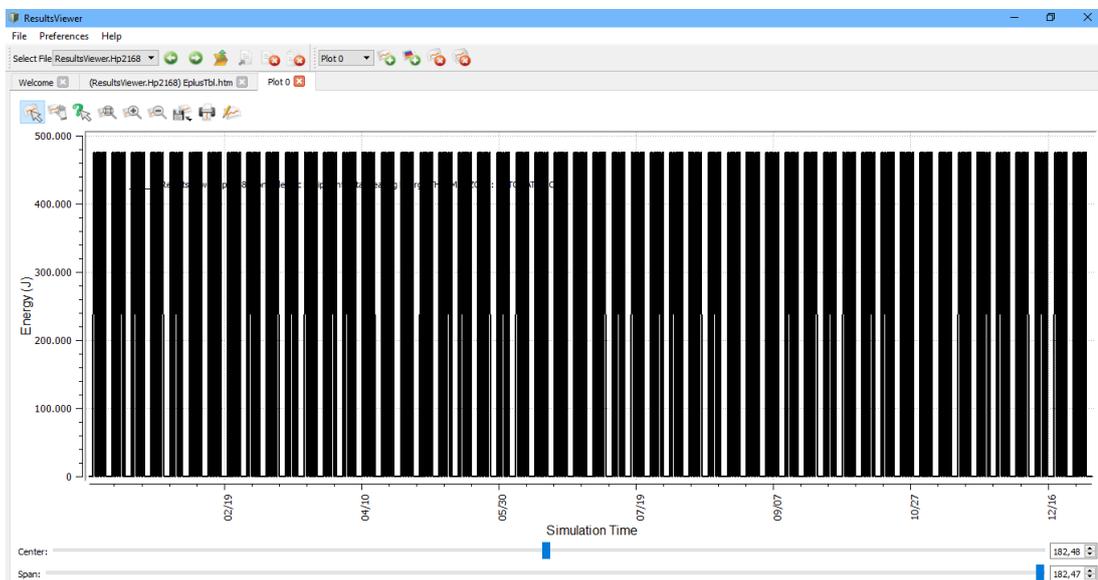


Fig. 46. Grafica de consumo de energía por el tiempo de simulación

Fuente. Autor

- En la figura 47 se observan las tendencias de uso en cuanto a luminarias y equipos eléctricos durante un año.

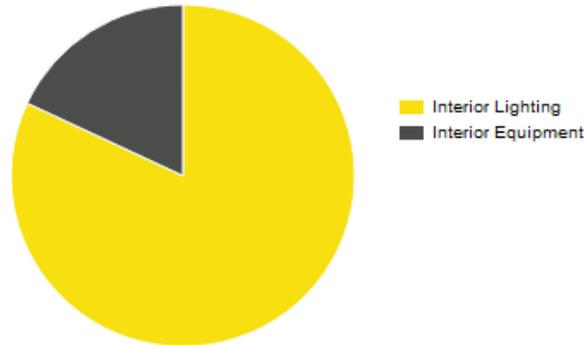


Fig. 47. Esquema de tendencia de uso de cargas eléctricas instaladas en los laboratorios.

Fuente. Autor

- En la figura 48 se muestra un diagrama de barras, donde se identifica el consumo en kWh al año para los elementos eléctricos instalados en las dependencias de laboratorios.

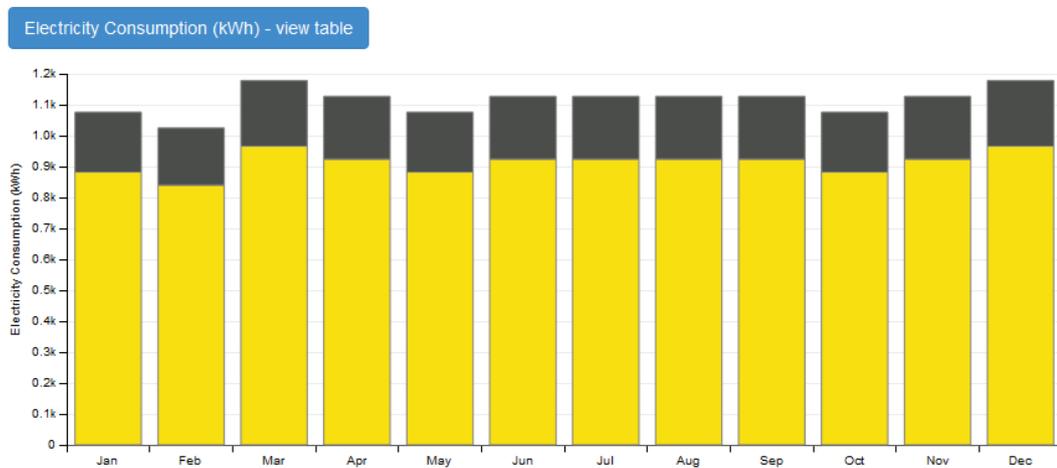


Fig. 48. Diagrama de barras del consumo de electricidad (kWh) al año

Fuente. Autor

En la figura 49 el diagrama de barras muestra la demanda de energía en kW, para los 12 meses del año para cada elemento eléctrico instalado en los laboratorios.

Electricity Peak Demand (kW) - view table

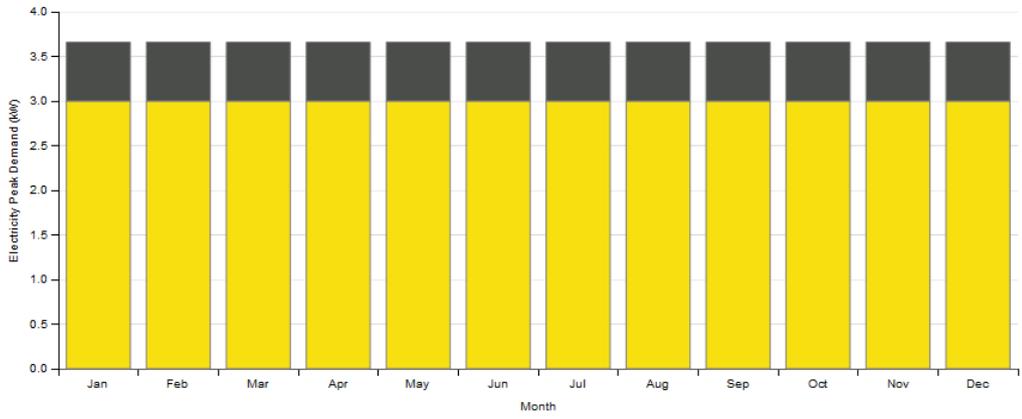


Fig. 49. Diagrama de barras de la demanda de electricidad de los laboratorios.

Fuente. Autor

3.2.6. MEJORAS

Del análisis realizado a los resultados de mediciones de calidad de energía e iluminación en los laboratorios de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, se propone realizar las siguientes acciones correctivas como método de reducción del consumo de energía eléctrica.

Tabla 68. Descripción de mejoras

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 			
Datos Generales			
Realizado por:	Christian Velastegui	Revisado por:	Ing. Mayra Paucar
Descripciones			
<ul style="list-style-type: none"> - Corrección del factor de potencia - Redistribución de las luminarias - Optar por tecnología Led para las instalaciones de los laboratorios - Mantenimiento de las instalaciones eléctricas. - Aislamientos en el tablero de distribución principal (Tierra – Neutro) y sensores de proximidad para los servicios higiénicos. - Implementar sistemas alternativos de iluminación con Energías Renovables no Convencionales. 			
Observaciones			
Las recomendaciones y sugerencias para optimizar el consumo de energía eléctrica deben estar coordinados por el DIRINF – Dirección de la infraestructura en conjunto con la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.			

Fuente. Autor

3.2.6.1. CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA

El corregir el factor de potencia en el suministro de energía eléctrica a un nivel recomendado permite dentro de las instalaciones evitar el consumo innecesario de energía eléctrica.

Lo común es utilizar un banco de capacitores fijo o automático, para compensar las necesidades adaptándose a las condiciones de uso de la potencia reactiva, donde se debe evitar que el sistema por momentos se encuentre sobrecompensado o subcompensado.

3.2.6.1.1. SELECCIÓN DEL BANCO DE CAPACITORES

Del análisis y resultados expuestos en la tabla 43 y figura 23 se mostró que la potencia reactiva es variable y en conjunto con los valores de factor de potencia promedios de la tabla 40 y la figura 22 obtenidos en las mediciones por medio del analizador de redes eléctricas, se procede a seleccionar el banco de capacitores para realizar la corrección del factor de potencia.

Análisis

Existen dos tipos de compensación fija o automática a seleccionar:

Compensación fija

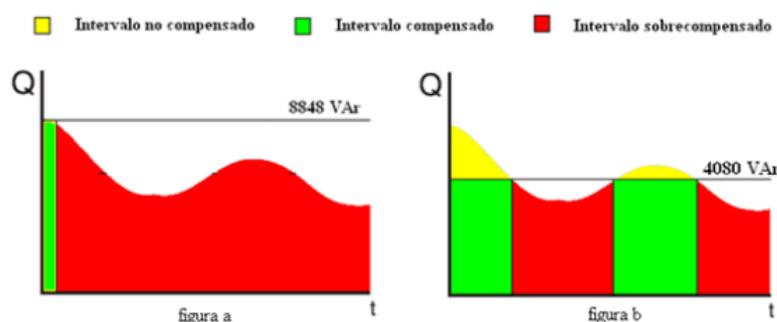


Fig. 50. Compensación Fija

Fuente. [20]

Si se usa este tipo de compensación como solución se adaptará a la demanda de potencia reactiva promedio que existe en los laboratorios de Ingeniería Mecánica pero

se obtendrán sobrecompensaciones y subcompensaciones por la razón que la potencia reactiva es variable como se muestra en la figura 50.

Compensación automática

Este tipo de compensación es ideal para condiciones donde la potencia reactiva que se quiere compensar posee varias fluctuaciones.

La compensación automática se puede realizar por pasos a manera de ajustar y refinar la corrección del factor de potencia donde cada paso representa una parte del total requerido de compensación.

Como en la figura 51 donde se puede ver una compensación automática en 3 pasos donde cada paso tiene el valor de 3 kVAr teniendo un total de 9 kVAr que es el valor requerido, evitando una sobrecompensación o subcompensación, refinando la corrección de factor de potencia.

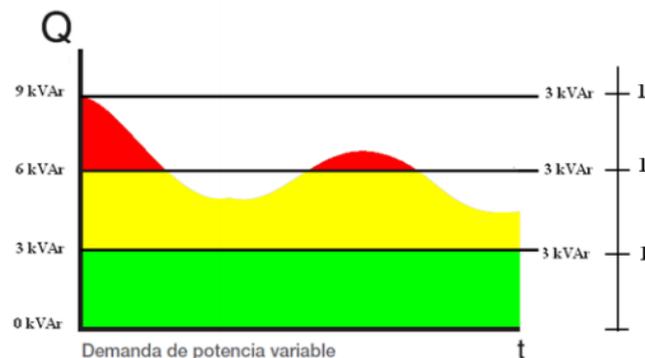


Fig. 51. Compensación automática (3 pasos)

Fuente. [20]

Del análisis obtenido del factor de potencia registrado en los laboratorios de Ingeniería Mecánica y la demanda de potencia reactiva se optó por un banco de capacitores automático para evitar problemas de compensación ya que las instalaciones tienen uso en jornadas de la mañana y tarde de lunes a viernes donde realmente se necesitan compensaciones en el factor de potencia.

3.2.6.1.2. CAPACIDAD DEL BANCO DE CAPACITORES

La capacidad del banco de capacitores se rige bajo la ecuación (5) y tabla 69 de compensaciones de factor K de compensación reactiva.

$$Q_c = \text{Potencia Activa} * \text{Factor K} \quad (9)$$

Donde:

Q_c: Potencia del banco de Capacitores

Factor K: Se obtiene de la tabla 69

Tabla 69. Factor K para la compensación del factor de potencia

Valor antes de la compensación	Tan Φ o Cos Φ - Compensado (deseado)									
	Tan Φ	0,75	0,59	0,46	0,43	0,36	0,33	0,25	0,20	0,00
	Cos Φ	0,80	0,86	0,91	0,92	0,94	0,95	0,97	0,98	1,00
0,88	0,75	0,132	0,282	0,426	0,453	0,519	0,553	0,631	0,673	0,882
0,86	0,76	0,105	0,225	0,399	0,426	0,492	0,526	0,604	0,652	0,855
0,83	0,77	0,079	0,229	0,373	0,400	0,466	0,500	0,578	0,620	0,829
0,80	0,78	0,053	0,202	0,347	0,374	0,440	0,474	0,552	0,594	0,803
0,78	0,79	0,026	0,176	0,320	0,347	0,413	0,447	0,525	0,567	0,776
0,75	0,80		0,150	0,294	0,321	0,387	0,421	0,499	0,541	0,750
0,72	0,81		0,124	0,268	0,295	0,361	0,395	0,473	0,515	0,724
0,70	0,82		0,098	0,242	0,269	0,335	0,369	0,447	0,489	0,698
0,67	0,83		0,072	0,216	0,243	0,309	0,343	0,421	0,463	0,672
0,65	0,84		0,046	0,190	0,217	0,283	0,317	0,395	0,437	0,645
0,62	0,85		0,020	0,164	0,191	0,257	0,291	0,369	0,417	0,620
0,59	0,86			0,140	0,167	0,230	0,264	0,343	0,390	0,593
0,57	0,87			0,114	0,141	0,204	0,238	0,317	0,164	0,567
0,54	0,88			0,085	0,112	0,175	0,209	0,288	0,335	0,538
0,51	0,89			0,059	0,086	0,149	0,183	0,262	0,309	0,512
0,48	0,90			0,031	0,058	0,121	0,155	0,234	0,281	0,484

Fuente. [12]

Tabla 70. Calculo de la potencia de los Capacitores

Registros de factor de potencia	
Líneas	Promedio
Cos Φ Línea 1	0,961
Cos Φ Línea 2	0,863
Cos Φ Línea 3	0,876
Descripción	Valor
Factor de potencia medio	0,9
Factor de potencia deseado	0,98
Demanda de potencia activa	10,437 kW
FACTOR K	0,281
$Q_c = 10,437 * 0,281$ $Q_c = 2,93 \text{ kVar}$	

Fuente. Autor

Del cálculo de potencia del banco de capacitores se obtuvo un Q_c de 2,3 kVar por lo que tomaremos el valor más cercano que se encuentra en el mercado que es un banco de capacitores de 3 kVar.

Se procede a calcular la capacitancia que debe poseer el capacitor

$$C = \frac{Q_c}{2\pi * f * V^2} \quad (10)$$

Donde:

f: Frecuencia

V: Voltaje

$$C = \frac{3000}{2\pi * 60 * 220^2}$$

$$C = 1,64 \times 10^{-4} \text{ Faradios}$$

3.2.6.1.3. ELEMENTOS BÁSICOS DEL BANCO DE CAPACITORES AUTOMÁTICO

- Controlador automático de factor de potencia
- Elementos externos
- Condensadores
- Contactores

Tabla 71. Controlador automático

Elementos del banco de capacitores automático
Controlador automático del factor de potencia
 <p>- Controlador automático para un banco de capacitores</p>
Punto de instalación: Acometida de los laboratorios de Ingeniería Mecánica
Observaciones
Las instalaciones del banco de capacitores automático deben ser coordinadas y supervisadas por el DIRINF – Dirección de la infraestructura.

Fuente. Lovatoelectric

Tabla 72. Elementos externos

Elementos del banco de capacitores automático
Elementos externos
 <p>- Interruptores Magneto térmicos y diferenciales</p>
Punto de instalación: Acometida de los laboratorios de Ingeniería Mecánica
Observaciones
Las instalaciones del banco de capacitores automático deben ser coordinadas y supervisadas por el DIRINF – Dirección de la infraestructura.

Fuente. Lovatoelectric

Tabla 73. Contactores

Elementos del banco de capacitores automático	
Contactores	
	
-	Contactos
Punto de instalación: Acometida de los laboratorios de Ingeniería Mecánica	
Observaciones	
Las instalaciones del banco de capacitores automático deben ser coordinadas y supervisadas por el DIRINF – Dirección de la infraestructura.	

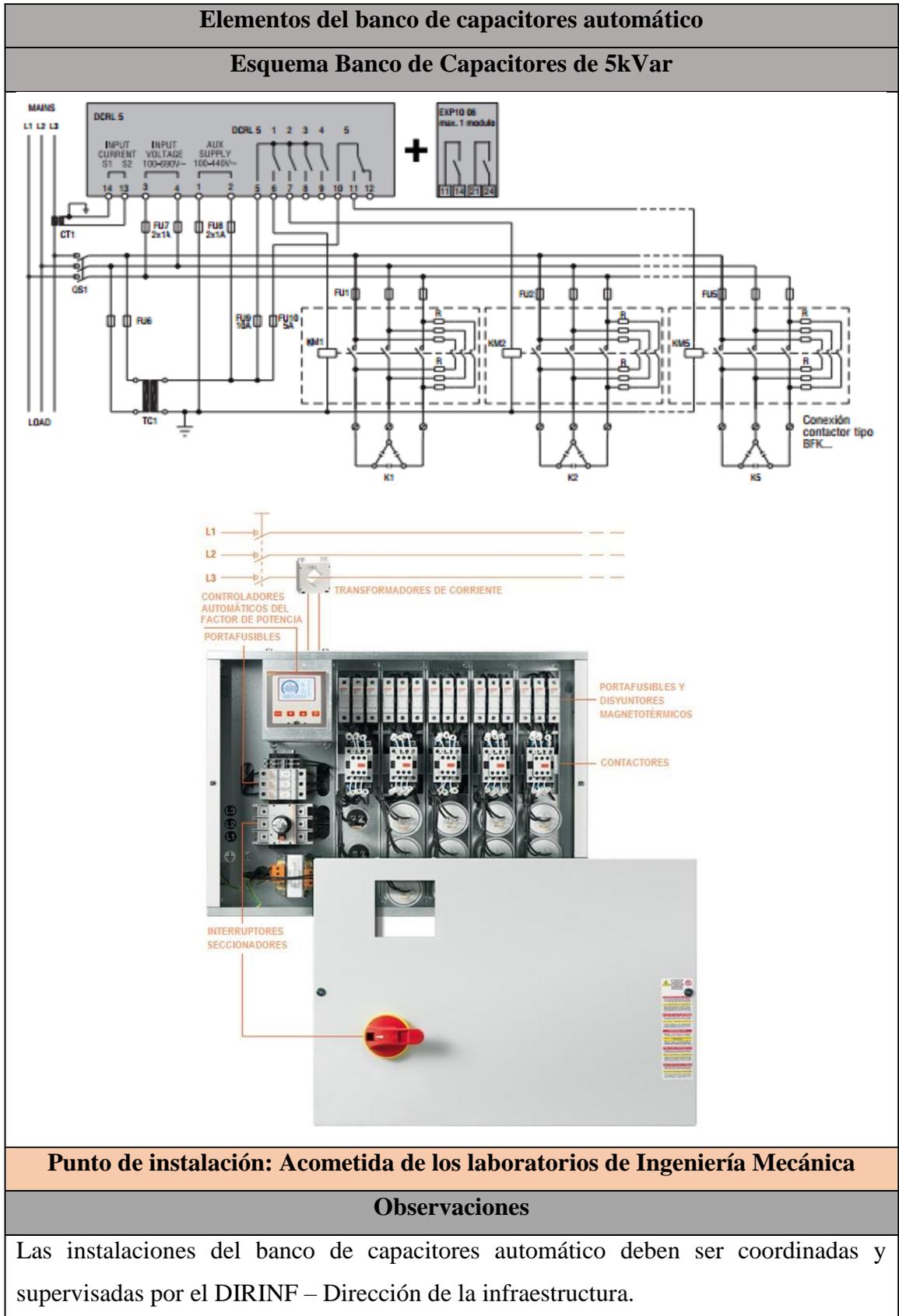
Fuente. Lovatoelectric

Tabla 74. Capacitores trifásicos

Elementos del banco de capacitores automático	
Capacitores trifásicos	
	
-	Capacitores Trifásicos
Punto de instalación: Acometida de los laboratorios de Ingeniería Mecánica	
Observaciones	
Las instalaciones del banco de capacitores automático deben ser coordinadas y supervisadas por el DIRINF – Dirección de la infraestructura.	

Fuente. Weg [13]

Tabla 75. Esquema Banco de capacitores



3.2.6.2. REDISTRIBUCIÓN DE LUMINARIAS

Tabla 76. Redistribución de Luminarias

Redistribución de luminarias
<ul style="list-style-type: none">- La redistribución de luminarias de las instalaciones de laboratorios de Ingeniería Mecánica se realizó acorde a las mediciones con el luxómetro teniendo en cuenta que algunas dependencias existía deslumbramiento crítico y las luminarias se mantienen encendidas en ocasiones innecesarias.- Los laboratorios no cuentan con elementos que generen sombra sean elementos de sombra fija o móvil tales como cortinas aprovechando la Luz del día.- La redistribución de luminarias se representa en el Plano 02 de 02 de los anexos.- Por medio de la redistribución del sistema de iluminación se redujo un total de 87 Lámparas internas, 13 focos incandescentes estremos y un foco incandescente de la cisterna a un total de 64 lámparas internas, 2 focos externos y se continuó con el foco del área de cisterna reduciendo considerablemente el consumo de energía por iluminación.- Con la redistribución de obtuvo una carga instalada por luminarias de 6288 (W) comparado a los 8640 (W) instalados actualmente.
Observaciones
La Redistribución de luminarias debe ser coordinada y supervisada por el DIRINF – Dirección de la infraestructura.

Fuente. Autor

3.2.6.3. TECNOLOGÍA LED

Tabla 77. Tecnología LED

Tecnología LED
Optar por iluminaria con tecnología LED
<ul style="list-style-type: none">- Optar por tecnología LED para reemplazar las lámparas fluorescentes representa una reducción considerable por carga instalada en los laboratorios.- Con la redistribución de luminarias que se presentan en el Plano 02 de 02 de los anexos y el reemplazo de tecnologías de iluminación constituyen un factor importante de reducción de consumo de energía eléctrica.- Con la redistribución de obtuvo una carga instalada por luminarias de 6288 (W) comparado a los 8640 (W) instalados actualmente, a esto se le suma que la equivalencia de lámparas fluorescentes a LED es casi el 50% menos.- Tanto es así que se opta por sustituir las Lámparas fluorescentes T8 de 32(W) por su equivalente en LED que es un T8 de 16(W), manteniendo los 3 focos incandescentes.- Se reduce de 6288(W) a 3216(W) de carga instalada por luminaria.
Observaciones
La sustitución de la tecnología de iluminación debe ser coordinada y supervisada por el DIRINF – Dirección de la infraestructura.

Fuente. Autor

Ahorro por consumo anual: 1694,616 kWh/año representando un costo de 110,15 USD.

Si se necesita recuperar la inversión, se representa como = Costo de inversión/ahorro al año. Representando un valor de **7,9 años**.

- Los responsables de las adecuaciones necesarias de las instalaciones dentro de la Universidad son únicamente del DIRINF- Dirección de la infraestructura.

Observaciones

DIRINF – Dirección de la infraestructura, está encargado de la asignación de responsables para trabajos de readecuación.

Fuente. Autor

En la tabla 79 se realiza el análisis del cambio de tecnología y readecuación de luminarias para los laboratorios de Ingeniería Mecánica.

Tabla 79. Análisis del cambio de tecnología y readecuación de luminarias.

Luminarias															
Análisis															
<ul style="list-style-type: none"> - Con la redistribución de obtuvo una carga instalada por luminarias de 6288 (W) comparado a los 8640 (W) instalados actualmente, a esto se le suma que la equivalencia de lámparas fluorescentes a LED es casi el 50% menos. - Tanto es así que se opta por sustituir las Lámparas fluorescentes T8 de 32(W) por su equivalente en LED que es un T8 de 16(W), manteniendo los 3 focos incandescentes. - Se reduce de 6288(W) a 3216(W) de carga instalada por luminaria. <p>Mediante el cambio de tecnología y redistribución de luminarias se obtiene un ahorro en carga instalada de 3072 (W).</p> <p>Análisis de costo por adquisición de tecnología Led</p> <ul style="list-style-type: none"> - Siendo 64 lámparas de 3 tubos LED y una carga instalada de 3072 (W), el costo sería de 833,92 USD ver dato en el Anexo A6. - Si consideramos que la carga instalada internamente actualmente tiene uso en el ciclo de la mañana a partir de las 07:00 horas hasta las 12:00 horas aproximadamente, sería 5 horas de funcionamiento. El consumo diario que se estima sería de 30,72 kWh con un costo de 1,99 USD. - Ahora si consideramos los cambios por tecnología LED en las mismas horas de uso tendríamos una carga instalada internamente de 3072 (W), dando un consumo diario estimado de 15,36 kWh con un costo de 0,99 USD. - El ahorro que se obtendría sería del 50% diario que se produce actualmente. <p>Teniendo:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Descripción</th> <th style="text-align: center;">Valor</th> <th style="text-align: center;">Unidades</th> <th style="text-align: center;">Costo (USD)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ahorro promedio al mes</td> <td style="text-align: right;">337,92</td> <td style="text-align: center;">kWh/ mes</td> <td style="text-align: right;">21,96</td> </tr> <tr> <td>Ahorro promedio al año</td> <td style="text-align: right;">4055,04</td> <td style="text-align: center;">kWh/año</td> <td style="text-align: right;">263,57</td> </tr> </tbody> </table>				Descripción	Valor	Unidades	Costo (USD)	Ahorro promedio al mes	337,92	kWh/ mes	21,96	Ahorro promedio al año	4055,04	kWh/año	263,57
Descripción	Valor	Unidades	Costo (USD)												
Ahorro promedio al mes	337,92	kWh/ mes	21,96												
Ahorro promedio al año	4055,04	kWh/año	263,57												

<p>El retorno inversión sería de: 3,16 años</p> <p>De la misma manera el DIRINF es el departamento encargado de asignar el personal para la readecuación de las instalaciones.</p>
Observaciones
<p>La sustitución de la tecnología de iluminación debe ser coordinada y supervisada por el DIRINF – Dirección de la infraestructura.</p>

Fuente. Autor

En la tabla 80 se realiza el análisis de la readecuación de instalaciones eléctricas de los laboratorios de Ingeniería Mecánica.

Tabla 80. Análisis de la readecuación de las instalaciones eléctricas.

Readecuaciones en instalaciones eléctricas
Análisis
<p>Dentro de las readecuaciones eléctricas se plantea realizar varios cambios como:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mantenimiento de tomas de electricidad a 110V y 220V. - Mantenimiento y limpieza periódico en el área de cisterna y compresor de 5HP. - Orden y limpieza dentro de las instalaciones, organización y reagrupación de los equipos, maquinaria y tesis de grado para simplificar los espacios y optimizar el uso de tomas de electricidad. - Mantenimiento y limpieza de la acometida principal de la red eléctrica de los laboratorios. - Los tableros de distribución deben tener mayor seguridad para no permitir la libre manipulación a personas que ingresan a los laboratorios. - Se deben colocar aislamientos en los tableros de distribución primordialmente en el principal en la fase (Tierra-Neutro). <p>Dentro de las readecuaciones eléctricas se encuentra el colocar sensores de movimiento para optimizar el uso de luminarias y no pasen encendidas en horas que son innecesarias.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se colocarían 13 sensores de movimiento en cada dependencia de los laboratorios el costo sería de 92,43 USD. Ver Anexo A6

- Además se considera el costo por cables sólidos para la instalación de los sensores de movimiento siendo igual a: **25,44 USD** ver Anexo A6 teniendo un total de inversión de **117,87 USD**.
- El colocar los sensores de movimiento nos permite ahorrar energía por uso de luminarias, en horas y momentos inadecuados e innecesarios.
- Además de que las luminarias se encenderían automáticamente por medio del sensor de movimiento y cuando los laboratorios no se utilicen se apagarían automáticamente.
- Es una buena práctica de optimización de recursos, que nos ayuda a implementar término eficiencia energética.
- Estos debe estar a cargo del DIRINF.

Observaciones

La sustitución de la tecnología de iluminación debe ser coordinada y supervisada por el DIRINF – Dirección de la infraestructura.

Fuente. Autor

En la tabla 81 se realiza el análisis de optar por la implementación de sistemas alternativos para iluminación con energías renovables

Tabla 81. Análisis de optar por implementar sistemas alternativos de iluminación con energías renovables

Implementar sistemas alternativos de iluminación con energías renovables
Análisis
<ul style="list-style-type: none"> - Se debería realizar un estudio relacionado con las energías renovables y sistemas por los que se pueden optar para reemplazar el uso de la red eléctrica para uso exclusivo de las luminarias. - Si optamos por una tecnología LED que representa el 50% menos de consumo se podría optar por sistemas de energía alternativa no tan complicados ya que el uso sería solo para luminarias y se racionaría el uso mediante la instalación de sensores de movimiento en cada dependencia de los laboratorios.
Observaciones
La sustitución de la tecnología de iluminación debe ser coordinada y supervisada por el DIRINF – Dirección de la infraestructura.

Fuente. Autor

3.3. PRESUPUESTO

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 			
Realizado por:	Christian Velastegui	Contenido:	Presupuesto
ITEM	DESCRIPCIÓN	VALOR (\$)	
1	Alquiler Equipo Analizador de redes eléctricas (AEMC Power Pad Model 8335)	600	
2	Alquiler Luxómetro	50	
3	Recopilación de información	70	
4	Internet	70	
5	Copias	15	
6	Transporte	20	
7	Impresiones	60	
8	Costos varios	50	
TOTAL COSTOS		935	

3.4. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

De la Regulación No. CONELEC – 004/01 Tomamos los siguientes extractos para analizar la calidad del servicio eléctrico:

Frecuencia

- En las mediciones y análisis de valores de frecuencia que registran los laboratorios tomamos en cuenta el valor nominal en Ecuador que es de 60 Hz.

Calidad de voltaje

- Valor nominal de voltaje es de 127 (V).
- Las variaciones de voltaje admisibles deben representar como límite el $\pm 8\%$ del valor de voltaje nominal en zonas urbanas.
- De los valores de voltajes registrados no se debe exceder del 5% en valores que no se encuentren dentro de los límites permitidos respecto al total de registro de voltajes.

Señales de Flickers de corta duración

- Para la evaluación de Flickers Pst a regulación adopta como límite la unidad $Pst = 1$, no se debe superar este valor considerado como el tope de fluctuación máxima sin producir molestias perceptibles por el ojo humano causadas por los parpadeos de luminancia.
- No se permite que se exceda el máximo del 5% de datos que sobrepasen la unidad $Pst = 1$ del total de datos registrados.

Armónicos

- Los registros de valores eficaces (rms) de voltajes armónicos individuales V_i' y TDH que se expresan en porcentaje no deben sobrepasar valores límite establecidos por la regulación donde se cita la siguiente tabla:

Límites de armónicos en voltaje

Orden (n) de la Armónica y TDH	TOLERANCIA Vi' o THD' (% respecto al voltaje nominal del punto de medición)	
	V > 40 kV (otros puntos)	V ≤ 40 kV (tramos de distribución)
Impares no múltiplos de 3		
5	2,0	6,0
7	2,0	5,0
11	1,5	3,5
13	1,5	3,0
17	1,0	2,0
19	1,0	1,5
23	0,7	1,5
25	0,7	1,5
>25	$0,1 + 0,6*25/n$	$0,2 + 1,3*25/n$
Impares múltiplos de tres		
3	1,5	5,0
9	1,0	1,5
15	0,3	0,3
21	0,2	0,2
Mayores de 21	0,2	0,2
Pares		
2	1,5	2,0
4	1,0	1,0
6	0,5	0,5
8	0,2	0,5
10	0,2	0,5
12	0,2	0,2
Mayores a 12	0,2	0,2
TDH	3,0	8,0

Fuente: Regulación No. CONELEC 004/01, armónicos.

Factor de potencia

- No se debe exceder el máximo de 5% en valores de factor de potencia inferiores a los límites dispuestos por la regulación, ya que de esa manera se incumple con la calidad de producto.
- El valor mínimo de factor de potencia es de 0,92

CAPÍTULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- Los laboratorios de Ingeniería Mecánica no cuentan con un medidor de energía eléctrica individual, el consumo y pago son globales por parte de la Universidad Técnica de Ambato lo que dificulta manejar un presupuesto adecuado para cada Facultad dentro del Campus Huachi Chico.
- No existe planos de distribución eléctrica y diagramas unifilares que permitan la identificación de los equipos eléctricos, sistema iluminación, tendido eléctrico y tableros principales de distribución de los laboratorios.
- Existe una distribución de tomacorrientes deficiente sean estos monofásicos o trifásicos por cada instalación de los laboratorios.
- No existe trabajos de mantenimiento y limpieza periódicos tanto en las instalaciones eléctricas, acometidas, área de cisterna y compresor de 5HP y tableros principales.
- En los tableros de distribución principales no existe el aislamiento ente (Tierra – Neutro).
- Los laboratorios cuentan con el área de mecanizado donde constan máquinas CNC (torno y Fresa) siendo los equipos de mayor carga instalada y por ende de mayor consumo de energía eléctrica.
- El Factor de potencia (fp) promedio registrado es de 0,9, valor que se encuentra fuera del rango permitido fp: 0,92 estipulado por la Regulación del CONELEC, produciendo irregularidades en el Consumo de Energía eléctrica.
- Los valores de factor de potencia registrados durante el periodo de medición presentan varios valores fuera del rango permitido existiendo demasiadas variaciones.
- Los laboratorios cuentan con varios ventanales pero no cuentan con cortinas o persianas aprovechando la luz artificial, sin embargo se realiza el uso indebido

de la iluminación artificial en horas donde su uso no es necesario además de que se producen algunos deslumbramientos críticos en algunas zonas de cada dependencia.

- En varias dependencias existen circuitos eléctricos para iluminación deficientes, permitiendo el exceso de luminarias por área de trabajo y por ende una gran cantidad de carga (W) instalada.
- Se producen deslumbramientos en la oficina de ayudantes al momento de trabajar en los computadores en días que hay excesiva luz artificial.
- Con la determinación de la potencia activa reactiva y aparente promedio de las instalaciones se determinó que el consumo promedio al día es de 32,092 kWh durante el periodo de trabajo de lunes a viernes de 07:00 a 17:00 horas de lunes a viernes, el resto de la semana no se realiza el uso de las instalaciones.
- Los valores de consumo promedios estudiados de la Universidad Técnica de Ambato y la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica indican que los laboratorios de Ingeniería Mecánica promedian un consumo del 1% en relación al 5% valores expuestos en la figura 25.
- Con la aplicación del concepto de eficiencia energética se puede lograr una reducción del 10% al 20% en cuanto a consumo.
- Con el uso de la tecnología LED que representan el 50% menos de consumo en (W) se reduce de 6288(W) a 3216(W) de carga instalada por luminarias.
- El costo por inversión para la corrección del factor de potencia, es de 871,21 USD, sabiendo que se puede reducir el consumo hasta un 20% aproximadamente, el ahorro estimado anual sería de 1694,616 kWh/año a un costo de 110.15 USD.
- El tiempo de recuperación de la inversión en cuanto a corrección de factor de potencia se refiere es de 7,9 años.
- El costo por inversión de cambio de tecnología en luminarias es de 833,92 USD, con un ahorro estimado anual de 4055,04 kWh/año a un costo de 263,57 USD.
- Se puede optar por el cambio de suministro de energía para luminarias, siendo el caso necesario realizar estudios para la implementación de energías renovables para uso exclusivo de iluminación de los laboratorios.

- Con la simulación energética podemos calcular el consumo energético ya sea, de energía eléctrica, climatización, Gas, entre otras fuentes de energía lo que conlleva a verificar que un edificio es eficiente energéticamente, siendo una gran aplicación para las auditorías energéticas y para la construcción de edificios y/o remodelación.

4.2. RECOMENDACIONES

- Distribuir de manera apropiada los tomacorrientes monofásicos y trifásicos dentro de las instalaciones.
- Se recomienda realizar mantenimiento periódico a las acometidas tableros de distribución e instalaciones eléctricas.
- Realizar mantenimiento y limpieza del área de Cisterna y compresor de 5HP.
- Se recomienda realizar el aislamiento de (Tierra-Neutro) en los tableros de distribución eléctrica.
- Se puede instalar sensores de proximidad en los servicios higiénicos de los laboratorios.
- Se recomienda realizar la distribución del sistema de iluminación en puntos donde hay demasiadas luminarias equilibrándola con las entradas de luz artificial.
- Se recomienda el uso de tecnología LED para la iluminación artificial, reduciendo la carga (W) instalada y por ende el consumo de energía eléctrica.
- Control adecuado de uso de equipos e iluminación en horas de uso exclusivo y necesario por parte de encargados de los laboratorios.
- Se recomienda equilibrar las cargas instaladas en el sistema eléctrico.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] F. GARCÍA y L. MELLADO, EFICIENCIA ENERGÉTICA Y DERECHO, Madrid: DYKINSON, 2013.
- [2] INER, «Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables,» [En línea]. Available: <http://www.iner.gob.ec/edificaciones/>.
- [3] M. C. d. S. Estratégicos, «Balance Energético Nacional,» Comunicación integral y Producción editorial, Quito, 2013.
- [4] JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN, «Manual de Procedimiento para la realización de Auditorías Energéticas en Edificios,» Ente Regional de la Energía de Castilla y León (EREN), España, Castilla, 2009.
- [5] R. GÓMEZ GIRINI, «METODOLOGÍAS PARA AUDITORÍAS ENERGÉTICAS EN EDIFICIOS,» Universidad Tecnológica Nacional, Argentina, 2012.
- [6] S. Ernesto, «Modelo de auditoría Energética en el Sector Industrial,» Universidad Carlos III de Madrid, Madrid.
- [7] A. INSTRUMENTS, «Manual Analizador de calidad de energía trifásico PowerPad».
- [8] C. -. E. INSTRUMENTS, «Manual del usuario Luxómetro,» Abril 2004.
- [9] INEN, «Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 506, 2009.».
- [10] J. MELÉNDES , S. HERRAIZ y J. COLOMER, «Calidad de onda en el servicio eléctrico,» Girona, 2005.
- [11] J. SEYMOUR, «Los siete tipos de problemas en el suministro eléctrico,» 2005.
- [12] Unidad de Planeación Minero Energética de Colombia (UPME); Colciencias, «Corrección del Factor de Potencia y Control de la Demanda,» Colombia .
- [13] G. W. U. Automatización, «Automatización Corrección del Factor de Potencia,» Brasil.
- [14] M. & M. A. L. G. Metas, «Que es el factor de potencia,» Jalisco Ciudad de México, 2010.

- [15] A. HERNÁNDEZ PINEDA, G. E. CARMONA VÁZQUEZ, L. FLORES DÍAZ y R. D. SOSA GRANADOS, «Manual para la Implementación de un Sistema de Gestión de la Energía,» Conuee/ Giz, México, 2014.
- [16] G. Group, «Green Group Sustainability Consulting,» [En línea]. Available: <http://www.greengroup.com.ar/detalle.php?a=simulacion-energetica-de-edificios&t=15&d=119>.
- [17] A. M. ALCALDE, «Estudio y Simulación de un Edificio con Energy Plus,» Lleida, 2010.
- [18] C. RIBA R., Diseño concurrente, Barcelona: Edicions UPC , 2002, p. 59.
- [19] E. A. FIGUEROA BARRIONUEVO, «Auditoría Energética de los Edificios Administrativo y Docente de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, Para Disminuir el Consumo de Energía Eléctrica,» Amabto, 2015.
- [20] F. S. LLUMIQUINGA L., «Diseño de un Banco de Condensadores para la Corrección del Factor de Potencia de la Empresa BANCHISFOOD S.A,» Quito, 2012.
- [21] Agencia Chilena de Eficiencia Energética, «AChEE,» [En línea]. Available: <http://www.acee.cl/content/eficiencia-energ-tica>. [Último acceso: 1 diciembre 2015].
- [22] CAMARA TENERIFE, «Camaratenerife,» [En línea]. Available: <https://www.camaratenerife.com/descargas/GestorEficiencia%20Energ%C3%A9tica.pdf>. [Último acceso: 29 Octubre 2015].
- [23] Virtual Group, «Direct Industry,» [En línea]. Available: <http://www.directindustry.es/prod/ht/product-18971-842161.html>. [Último acceso: 4 Octubre 2015].
- [24] J. BALTER, C. GANEM y C. DISCOLI, «AUDITORÍA Y SIMULACIÓN TERMO-ENERGÉTICA COMO INSTRUMENTOS DE VALIDACIÓN PARA EL ESTUDIO Y MEJORAMIENTO DE EDIFICIOS EN ALTURA EN "CIUDADES OASIS", EJEMPLO DE APLICACIÓN SOBRE UNA UNIDAD DE VIVIENDA EN LA CIUDAD DE MENDOZA.,» Buenos Aires, 2012.
- [25] M. CRESPO, L. SÁNCHEZ y C. VÁSQUEZ, «Guía para el Manejo de Instrumentos de Medición utilizados en las Auditorías Energéticas,» Venezuela, 2015.

- [26] J. Evans y S. d. Schiller, «PROCEDIMIENTO DE AUDITORÍAS Y EVALUACIÓN DE SERVICIO ENERGÉTICO: DESARROLLO, APLICACIÓN Y TRANSFERENCIA,» Universidad de Buenos Aires, Argentina, 2007.
- [27] MEER, «Ministerio de Electricidad y Energías Renovables,» [En línea]. Available: <http://www.energia.gob.ec/eficiencia-energetica-sector-industrial/>.

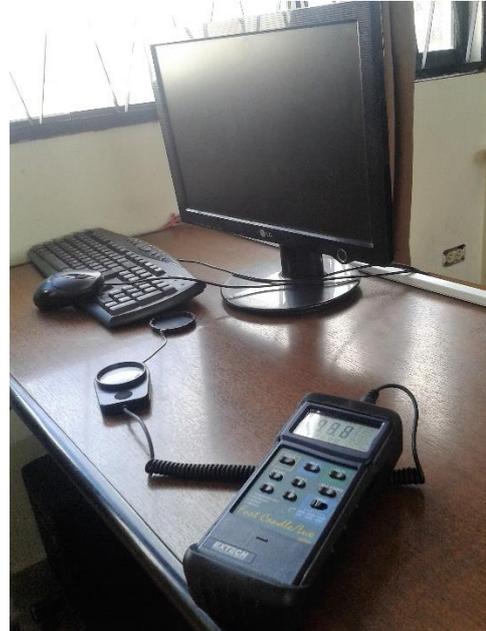
ANEXOS

ANEXO A1 NIVELES DE ILUMINACIÓN

Especificaciones Luxómetro	
EXTECH(Instruments) Modelo 407026	
	
Características	
➤ Mediciones	➤ 0 a 50000 Lux
➤ Tipo de Luz	➤ Fluorescente, Tungsteno, Sodio.
➤ Pantalla	➤ LCD de 0,5” o 13mm
➤ Sensor	➤ Coseno/Fotodiodo
➤ Tasa de muestreo	➤ 0,4 sec. aproximadamente
➤ Puesta a cero	➤ Botón pulsador
➤ Apagado	➤ Automático pasado 10 minutos
➤ Salida de datos	➤ Interfaz serial RS 232 PC
➤ Condiciones para operación	➤ (0-50)°C <80% RH
➤ Fuente de energía	➤ Batería 006P 9V CD
➤ Consumo de energía	➤ 5mA aproximadamente, y 200hr de vida de la batería
➤ Peso	➤ 320 g o 0,71lbs.
➤ Dimensiones	➤ Sensor:3,3x2,2x0,7” ➤ Equipo: 7,1x2,8x1,3”
➤ Precisión	➤ ±(4% + 2d) de escala total
➤ Memoria	➤ Graba y recupera lecturas Max/Min/Promedio

Mediciones de niveles de luz (Lux)

- Con el luxómetro se toman medidas de puntos necesarios en cada dependencia de los laboratorios para el análisis de niveles de iluminación.



- Se determinan anomalías como deslumbramientos y uso indebido de las luminarias en horas no laborables.



ANEXO A2 CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Especificaciones Analizador de redes eléctricas

AEMC PowerPad Modelo 8335



Cuatro entradas de tensión y cuatro de corriente

ESPECIFICACIONES	
MODELO	8335
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS	
Tasa de muestreo	256 muestras/ciclo
Almacenamiento de datos	Tarjeta SD de 2 GB
Tensión (TRMS)	Fase - Fase: 1000 V; Fase - Neutro: 1000 V
Corriente (TRMS)	Pinza MN: 0 a 6 A/120 A o 0 a 240 A Pinza SR: 0 a 1200 A Pinza MR: 0 a 1000 Aca, 0 a 1400 Acc MiniFlex™: 10 a 1000 A AmpFlex®: 10 a 6500 A ⁽¹⁾
Frecuencia (Hz)	40 a 69 Hz
Otras mediciones	kW, kVAR, kVA, FP, FPD, kWh, kVARh, kVAh, factor K, flicker
Armónicos	1º a 50º, dirección, secuencia
Fuente de alimentación	Conjunto de baterías de NiMH de 9,6 V recargables (incluido) Fuente de CA externa: 110/230 V CA ±10% (50/60 Hz)
Autonomía de la batería	≥8 horas con la pantalla encendida; ≤35 horas con la pantalla apagada (modo de registro)
CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS	
Puerto de comunicaciones	USB con aislamiento óptico
Pantalla	LCD a color ¼ VGA (320 x 240)
Dimensiones	250 x 200 x 67 mm (9,8 x 7,8 x 2,6 pulg.)
Peso	1,95 kg (4,3 lbs)
Clasificación de seguridad	EN 61010-1, 600 V CAT IV ² , Grado de contaminación ambiental 2

Instalación del Analizador de redes eléctricas

- Identificación del punto idóneo para la instalación



- Instalación de pinzas tanto de corriente como de voltaje y ubicación del equipo.



- Estabilización del equipo y parámetros de medida



- Toma de datos una vez realizadas las mediciones.

ANEXO A3 PLIEGO TARIFARIO DE SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA


Agencia de Regulación y Control de Electricidad
PERIODO: ENERO - DICIEMBRE
EMPRESAS ELÉCTRICAS: AMBATO-AZOGUES-CNEL BOLÍVAR-CENTROSUR-COTOPAXI-NORTE-RIOBAMBA-SUR
CARGOS TARIFARIOS ÚNICOS
ENERO - DICIEMBRE

RANGO DE CONSUMO	DEMANDA (USD/MO)	ENERGÍA (USD/KWH)	COMERCIALIZACIÓN (USD/consumidor)
RESIDENCIAL			
BAJA Y MEDIA TENSIÓN			
NIVEL TENSIÓN			
0-63		0,091	
61-100		0,093	
101-150		0,095	
151-200		0,097	
201-250		0,099	
251-300		0,101	
301-350		0,103	
351-400		0,105	1,414
401-700		0,1288	
701-1000		0,1450	
1001-1500		0,1709	
1501-2000		0,2752	
2001-3500		0,4380	
Superior		0,6912	
RESIDENCIAL TEMPORAL			
		0,1288	1,414
GENERAL			
GENERAL BAJA TENSIÓN			
BAJA TENSIÓN SIN DEMANDA			
COMERCIAL			
0-300		0,092	1,414
Superior		0,103	
E. OFICIALES, ESC. DEPORTIVOS, SERVICIO COMUNITARIO			
0-300		0,082	1,414
Superior		0,093	
BOMBEO AGUA			
0-300		0,072	1,414
Superior		0,083	
BOMBEO AGUA SERVICIO PÚBLICO DE AGUA POTABLE			
0-300		0,088	1,414
Superior		0,099	
INDUSTRIAL ARTESANAL			
0-300		0,083	1,414
Superior		0,088	
ASISTENCIA SOCIAL, BENEFICIO PÚBLICO Y CULTO RELIGIOSO			
0 - 100		0,034	
101-200		0,036	
201-300		0,038	1,414
Superior		0,063	
BAJA TENSIÓN CON DEMANDA			
COMERCIALES E INDUSTRIALES			
	4,790	0,090	1,414
ENTIDADES OFICIALES, ESCENARIOS DEPORTIVOS			
SERVICIO COMUNITARIO, AUTOCONSUMOS Y ABONADOS ESPECIALES			
	4,790	0,080	1,414
BOMBEO AGUA			
	4,790	0,070	1,414
BAJA TENSIÓN CON DEMANDA HORARIA			
COMERCIALES E INDUSTRIALES			
	4,790	0,090	1,414
		0,072	
E. OFICIALES, ESC. DEPORTIVOS			
	4,790	0,080	1,414
		0,066	
BOMBEO AGUA			
	4,790	0,070	1,414
		0,058	
BOMBEO AGUA SERVICIO PÚBLICO DE AGUA POTABLE			
	2,620	0,086	1,414
VEHICULOS ELÉCTRICOS			
L-V: 08h00 hasta 18h00		0,080	1,414
L-V: 18h00 hasta 22h00		0,100	
L-D: 22h00 hasta 08h00		0,050	
SyD: 08h00 hasta 18h00			
GENERAL BAJA Y MEDIA TENSIÓN			
BOMBEO AGUA - COMUNIDADES CAMPESINAS DE ESCASOS RECURSOS ECONÓMICOS SIN FINES DE LUCRO			
0-300		0,040	0,700
Superior		0,040	
ASISTENCIA SOCIAL, BENEFICIO PÚBLICO Y CULTO RELIGIOSO CON DEMANDA			
	3,000	0,066	1,414
ASISTENCIA SOCIAL Y BENEFICIO PÚBLICO CON DEMANDA HORARIA			
	3,000	0,066	1,414
		0,054	

ANEXO A4 PLANILLA DE CONSUMO ELÉCTRICO DE LA UTA

30/3/2018

Consultar Planilla de Luz de Ambato EEASA - Foros Ecuador

[Imprimir](#)

Planilla de consumo

[Regresar](#)

Datos de Cliente

No.- de cuenta: **81656** Tipo Identif: **RUC** Nombres: Apellidos: **UNIVERSIDAD TECNICA AMBATO** Dirección: **RIO PAYAMINO Y RI TALATAG** No.- Medidor: **5148575** Tarifa: **BENEFICIO PUBLICO CON DEMANDA** Cédula/Ruc: **1860001450001** Agencia: **AMBAT** Zona: **4** Sector:

Datos de planilla(s)

Serie	No.-DOc	Autoriza/Cad...	F. Emisión	L.Anterior	L.Actual	Cons	Total Pg
001012	2452106	03012018070...	03-JAN-18	29313	29696	180880	13370.35
001012	2853214	01022018190...	01-FEB-18	29696	30079	180880	13255.28
001012	2853997	02032018032...	02-MAR-18	30079	30464	181700	13370.22
						TOTAL	39995.85

Detalle

Cod	Rubro	Valor

Historial

Mes Consumo	Consumo kWh
03-2015	80220
04-2015	102480
05-2015	170100
06-2015	167580
07-2015	175580
08-2015	162540
09-2015	113400
10-2015	162980
11-2015	154980
12-2015	160880
01-2016	160880
02-2016	161700

ANEXO A5 REGULACIÓN DEL CONELEC

ANEXO 3:

REGULACION No. CONELEC – 004/01

CALIDAD DEL SERVICIO ELÉCTRICO DE DISTRIBUCIÓN

EL DIRECTORIO DEL CONSEJO NACIONAL DE ELECTRICIDAD CONELEC

Considerando:

Que, es necesario asegurar un nivel satisfactorio de la prestación de los servicios eléctricos a que se refieren las disposiciones legales establecidas en la Ley de Régimen del Sector Eléctrico y sus reformas, el Reglamento Sustitutivo del Reglamento General de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico, el Reglamento de Concesiones, Permisos y Licencias para la Prestación del Servicio de Energía Eléctrica, el Reglamento de Suministro del Servicio de Electricidad y el Reglamento de Tarifas.

Que, el Art. 1, inciso segundo del Reglamento de Suministro del Servicio de Electricidad, establece que las disposiciones de dicho instrumento serán complementadas con regulaciones aprobadas por el CONELEC y por instructivos y procedimientos dictados por los distribuidores de conformidad con este Reglamento.

Que, para garantizar a los Consumidores un suministro eléctrico continuo y confiable, es necesario dictar las Regulaciones relacionadas con los estándares mínimos de calidad y procedimientos técnicos de medición y evaluación a los que deben someterse las Empresas Distribuidoras del Servicio Eléctrico.

Que, el regular las materias previstas en el considerando precedente, se convierte en una garantía de la prestación del servicio por parte de los Distribuidores, y en una defensa de los derechos de los Consumidores.

En ejercicio de las facultades otorgadas por el literal e) del artículo 13 de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico.

Resuelve:

Expedir la siguiente Regulación sobre la Calidad del Servicio Eléctrico de Distribución.

1. DISPOSICIONES GENERALES

1.1 Objetivo

El objetivo de la presente Regulación es establecer los niveles de calidad de la prestación del servicio eléctrico de distribución y los procedimientos de evaluación a ser observados por parte de las Empresas Distribuidoras.

1.2 Definiciones

Armónicas: Son ondas sinusoidales de frecuencia igual a un múltiplo entero de la frecuencia fundamental de 60 Hz.

Barras de salida: Corresponde a las barras de Alto Voltaje en las subestaciones de elevación y a las barras de Bajo Voltaje de subestaciones de reducción.

Centro de transformación: Constituye el conjunto de elementos de transformación, protección y seccionamiento utilizados para la distribución de energía eléctrica.

Factor de potencia: Es la relación entre la potencia activa y la potencia aparente.

Fluctuaciones de Voltaje (o Variaciones de): Son perturbaciones en las cuales el valor eficaz del voltaje de suministro cambia con respecto al valor nominal.

Frecuencia de las interrupciones: Es el número de veces, en un periodo determinado, que se interrumpe el suministro a un Consumidor.

Interrupción: Es el corte parcial o total del suministro de electricidad a los Consumidores del área de concesión del Distribuidor.

Niveles de voltaje: Se refiere a los niveles de alto voltaje (AV), medio voltaje (MV) y bajo voltaje (BV) definidos en el Reglamento de Suministro del Servicio.

Periodo de medición: A efectos del control de la Calidad del Producto, se entenderá al lapso en el que se efectuarán las mediciones de Nivel de Voltaje, Perturbaciones y Factor de Potencia, mismo que será de siete (7) días continuos.

Perturbación rápida de voltaje (flicker): Es aquel fenómeno en el cual el voltaje cambia en una amplitud moderada, generalmente menos del 10% del voltaje nominal, pero que pueden repetirse varias veces por segundo. Este fenómeno conocido como efecto "Flicker" (parpadeo) causa una fluctuación en la luminosidad de las lámparas a una frecuencia detectable por el ojo humano.

Voltaje Armónico: Es un voltaje sinusoidal de frecuencia igual a un múltiplo entero de la frecuencia fundamental de 60 Hz del voltaje de suministro.

Voltaje nominal (Vn): Es el valor del voltaje utilizado para identificar el voltaje de referencia de una red eléctrica.

Voltaje de suministro (Vs): Es el valor del voltaje del servicio que el Distribuidor suministra en el punto de entrega al Consumidor en un instante dado.

Todos aquellos términos que no se encuentran definidos en forma expresa en esta Regulación, tendrán el mismo significado que los establecidos en los demás Reglamentos y Regulaciones vigentes.

1.3 Responsabilidad y Alcance

Las Empresas Distribuidoras tienen la responsabilidad de prestar el servicio eléctrico a los Consumidores ubicados en su zona de Concesión, dentro de los niveles de calidad establecidos, en virtud de lo que señala la Ley de Régimen del Sector Eléctrico, los Reglamentos aplicables, el Contrato de Concesión y las Regulaciones correspondientes.

1.4 Organismo Competente

El cumplimiento de los niveles de Calidad de Servicio será supervisado y controlado por el Consejo Nacional de Electricidad CONELEC, a través de los índices que se establecen en la presente Regulación.

1.5 Aspectos de Calidad

La Calidad de Servicio se medirá considerando los aspectos siguientes:

Calidad del Producto:

- a) Nivel de voltaje
- b) Perturbaciones de voltaje
- c) Factor de Potencia

Calidad del Servicio Técnico:

- a) Frecuencia de Interrupciones
- b) Duración de Interrupciones

Calidad del Servicio Comercial:

- a) Atención de Solicitudes

- b) Atención de Reclamos
- c) Errores en Medición y Facturación

1.6 Información

El Distribuidor debe implementar y mantener una base de datos con la información sobre los componentes de la red asociados a la alimentación eléctrica de cada Consumidor, esto es:

- Red de AV.
- Subestación de distribución AV/MV.
- Circuito de MV.
- Centros de transformación MV/BV
- Circuito de bajo voltaje y ramal al que está conectado.
- Identificación del cliente (número de suministro).

La tarea del levantamiento de la información necesaria para la determinación de los índices de calidad en las diversas etapas de control, será responsabilidad del Distribuidor. La información recopilada, deberá ser suficiente para permitir al CONELEC controlar el cumplimiento de las disposiciones establecidas en el Reglamento de Suministro del Servicio de Electricidad, en la presente Regulación y en el Contrato de Concesión.

El levantamiento de la información, su procesamiento y análisis, comprenderá:

- a) Las mediciones y/o registros de cada uno de los aspectos identificados en 1.5, realizados en la forma señalada mas adelante en los numerales 2 a 4;
- b) La organización de una base de datos auditable que constituya el soporte de la información anterior;

- c) El cálculo de los índices de calidad para cada uno de los parámetros; y
- d) La información relacionada con los desvíos a los límites señalados en los numerales 2 a 4.

Toda la información sobre mediciones, pruebas y su procesamiento, deberá almacenar el Distribuidor por un período no inferior a tres años y estar a disposición del CONELEC.

La totalidad de la información levantada en las diversas etapas, referente a los controles de la calidad del servicio, deberá remitirse al CONELEC en forma impresa con su respectivo respaldo en medio magnético y en los formatos que éste determine.

1.7 Definición de las Etapas de Aplicación

A fin de permitir a los Distribuidores adecuarse a las exigencias de calidad del servicio, la aplicación de la presente Regulación se ajustará a lo previsto en la Segunda Disposición Transitoria del Reglamento de Suministro del Servicio de Electricidad.

Para la Etapa Final, se definen las siguientes Subetapas:

Subetapa 1: de 24 meses de duración.

Subetapa 2: tendrá su inicio a la finalización de la Subetapa 1, con una duración indefinida.

Con anterioridad al inicio de la Etapa Final no se aplicarán penalizaciones por los incumplimientos a las exigencias establecidas en la presente Regulación. El detalle de los incumplimientos y las penalizaciones correspondientes se incorporarán en los respectivos contratos de concesión.

2 CALIDAD DEL PRODUCTO

Los aspectos de calidad del producto técnico que se controlarán son el nivel de voltaje, las perturbaciones y el factor de potencia, siendo el Distribuidor responsable de efectuar las mediciones correspondientes, el procesamiento de los datos levantados, la determinación de las compensaciones que pudieran corresponder a los consumidores afectados y su pago a los mismos. Toda la información deberá estar a disposición del CONELEC al momento que se le requiera.

2.1 Nivel de Voltaje

2.1.1 Índice de Calidad

$$\Delta V_k (\%) = \frac{V_k - V_n}{V_n} \times 100$$

Dónde:

ΔV_k : variación de voltaje, en el punto de medición, en el intervalo k de 10 minutos.

V_k : voltaje eficaz (rms) medido en cada intervalo de medición k de 10 minutos.

V_n : voltaje nominal en el punto de medición.

2.1.2 Mediciones

La calidad de voltaje se determina como las variaciones de los valores eficaces (rms) medidos cada 10 minutos, con relación al voltaje nominal en los diferentes niveles.

El Distribuidor deberá realizar mensualmente lo siguiente:

1. Un registro de voltaje en cada uno de los siguientes puntos de medición:
 - a) 20% de las barras de salida de subestaciones de distribución AV/MV, no menos de 3.
 - b) 0,15% de los transformadores de distribución, no menos de 5.
 - c) 0,01 % de los Consumidores de Bajo Voltaje del área de concesión, no menos de 10.
2. Para la selección de los puntos se considerarán los niveles de voltaje, el tipo de zona (urbana, rural), y la topología de la red, a fin de que las mediciones sean representativas de todo el sistema. Una vez realizada la selección de los puntos, la Empresa Distribuidora debe notificar al CONELEC, por lo menos 2 meses antes de efectuar las mediciones.
3. Simultáneamente con el registro del voltaje se deberá medir la energía entregada a efectos de conocer la que resulta suministrada en malas condiciones de calidad.
4. Para cada mes, el registro en cada punto de medición se efectuará durante un período no inferior a 7 días continuos, en intervalos de medición de 10 minutos.

2.1.3 Límites

El Distribuidor no cumple con el nivel de voltaje en el punto de medición respectivo, cuando durante un 5% o más del período de medición de 7 días continuos, en cada mes, el servicio lo suministra incumpliendo los límites de voltaje.

Las variaciones de voltaje admitidas con respecto al valor del voltaje nominal se señalan a continuación:

	Subetapa 1	Subetapa 2
Alto Voltaje	± 7,0 %	± 5,0 %
Medio Voltaje	± 10,0 %	± 8,0 %
Bajo Voltaje. Urbanas	± 10,0 %	± 8,0 %
Bajo Voltaje. Rurales	± 13,0 %	± 10,0 %

2.2 Perturbaciones

2.2.1 Parpadeo (Flicker)

2.2.1.1 Índice de Calidad

Para efectos de la evaluación de la calidad, en cuanto al flicker, se considerará el Índice de Severidad por Flicker de Corta Duración (P_{st}), en intervalos de medición de 10 minutos, definido de acuerdo a las normas IEC; mismo que es determinado mediante la siguiente expresión:

$$P_{st} = \sqrt{0.0314P_{0.1} + 0.0525P_1 + 0.0657P_3 + 0.28P_{10} + 0.08P_{50}}$$

Dónde:

P_{st} : Índice de severidad de flicker de corta duración.

$P_{0.1}, P_1, P_3, P_{10}, P_{50}$: Niveles de efecto "flicker" que se sobrepasan durante el 0.1%, 1%, 3%, 10%, 50% del tiempo total del periodo de observación.

2.2.1.2 Mediciones

El Distribuidor deberá realizar mensualmente lo siguiente:

1. Un registro en cada uno de los puntos de medición, en un número equivalente al 0,15% de los transformadores de distribución, en los bornes de bajo voltaje, no menos de 5.
2. Para la selección de los puntos se considerarán los niveles de voltaje, el tipo de zona (urbana, rural), y la topología de la red, a fin de que las mediciones sean representativas de todo el sistema. Una vez realizada la selección de los puntos, la Empresa Distribuidora debe notificar al CONELEC, por lo menos 2 meses antes de efectuar las mediciones.
3. Simultáneamente con este registro se deberá medir la energía entregada a efectos de conocer la que resulta suministrada en malas condiciones de calidad.
4. Para cada mes, el registro en cada punto de medición se efectuará durante un período no inferior a 7 días continuos, en intervalos de medición de 10 minutos.

Las mediciones se deben realizar con un medidor de efecto "Flicker" para intervalos de 10 minutos y de acuerdo a los procedimientos especificados en la norma IEC 60868.

Con la finalidad de ubicar de una manera más eficiente los medidores de flicker, se efectuarán mediciones de monitoreo de flicker, de manera simultánea con las mediciones de voltaje indicadas anteriormente; por lo que los medidores de voltaje deberán estar equipados para realizar tales mediciones de monitoreo.

2.2.1.3 Límites

El índice de severidad del Flicker P_{st} en el punto de medición respectivo, no debe superar la unidad. Se considera el límite $P_{st} = 1$ como el tope de irritabilidad asociado a la fluctuación máxima de luminancia que puede soportar sin molestia el ojo humano en una muestra específica de población.

Se considerará que el suministro de electricidad no cumple con el límite admisible arriba señalado, en cada punto de medición, si las perturbaciones se encuentran fuera del rango de tolerancia establecido en este numeral, por un tiempo superior al 5 % del período de medición de 7 días continuos.

2.2.2 Armónicos

2.2.2.1 Índices de Calidad

$$V_i' = \left(\frac{V_i}{V_n} \right) + 100$$

$$\text{THD} = \left(\frac{\sqrt{\sum_{i=2}^{40} (V_i)^2}}{V_n} \right) + 100$$

Dónde:

V_i' : factor de distorsión armónica individual de voltaje.

THD: factor de distorsión total por armónicos, expresado en porcentaje

V_i : valor eficaz (rms) del voltaje armónico "i" (para $i = 2 \dots 40$) expresado en voltios.

V_n : voltaje nominal del punto de medición expresado en voltios.

2.2.2.2 Mediciones

El Distribuidor deberá realizar mensualmente lo siguiente:

1. Un registro en cada uno de los puntos de medición, en un número equivalente al 0,15% de los transformadores de distribución, en los bornes de bajo voltaje, no menos de 5.
2. Para la selección de los puntos se considerarán los niveles de voltaje, el tipo de zona (urbana, rural), y la topología de la red, a fin de que las mediciones sean representativas de todo el sistema. Una vez realizada la selección de los puntos, la Empresa Distribuidora debe notificar al CONELEC, por lo menos 2 meses antes de efectuar las mediciones.
3. Simultáneamente con este registro se deberá medir la energía entregada a efectos de conocer la que resulta suministrada en malas condiciones de calidad.
4. En cada punto de medición, para cada mes, el registro se efectuará durante un período no inferior a 7 días continuos, en intervalos de medición de 10 minutos.

Las mediciones se deben realizar con un medidor de distorsiones armónicas de voltaje de acuerdo a los procedimientos especificados en la norma IEC 61000-4-7.

Con la finalidad de ubicar de una manera más eficiente los medidores de distorsiones armónicas, se efectuarán mediciones de monitoreo de armónicas, de manera simultánea con las mediciones de voltaje indicadas anteriormente; por lo que los medidores de voltaje deberán estar equipados para realizar tales mediciones de monitoreo.

2.2.2.3 Límites

Los valores eficaces (rms) de los voltajes armónicos individuales (V_i') y los THD, expresados como porcentaje del voltaje nominal del punto de medición respectivo, no deben superar los valores límite (V_i' y THD') señalados a continuación. Para efectos de esta regulación se consideran los armónicos comprendidos entre la segunda y la cuadragésima, ambas inclusive.

ORDEN (n) DE LA ARMONICA Y THD	TOLERANCIA (V _r ' o THD' (% respecto al voltaje nominal del punto de medición)	
	V > 40 kV (otros puntos)	V ≤ 40 kV (trafos de distribución)
Impares no múltiplos de 3		
5	2.0	6.0
7	2.0	5.0
11	1.5	3.5
13	1.5	3.0
17	1.0	2.0
19	1.0	1.5
23	0.7	1.5
25	0.7	1.5
> 25	0.1 + 0.6*25/n	0.2 + 1.3*25/n
Impares múltiplos de tres		
3	1.5	5.0
9	1.0	1.5
15	0.3	0.3
21	0.2	0.2
Mayores de 21	0.2	0.2
Pares		
2	1.5	2.0
4	1.0	1.0
6	0.5	0.5
8	0.2	0.5
10	0.2	0.5
12	0.2	0.2
Mayores a 12	0.2	0.5
THD	3	8

2.3 Factor de Potencia

2.3.1 Índice de Calidad

Para efectos de la evaluación de la calidad, en cuanto al factor de potencia, si en el 5% o más del período evaluado el valor del factor de potencia es inferior a los límites, el Consumidor está incumpliendo con el índice de calidad.

2.3.2 Medición

Adicionalmente a las disposiciones que constan en el artículo 12 del Reglamento de Suministro del Servicio de Electricidad, el Distribuidor efectuará registros del factor de potencia en cada mes, en el 2% del número de Consumidores servidos en AV y MV. Las mediciones se harán mediante registros en períodos de 10 minutos, con régimen de funcionamiento y cargas normales, por un tiempo no menor a siete (7) días continuos.

2.3.3 Límite

El valor mínimo es de 0,92.

3 CALIDAD DEL SERVICIO TECNICO

3.1 Aspectos Generales

3.1.1 Control

La calidad del servicio técnico prestado se evaluará sobre la base de la frecuencia y la duración total de Interrupción.

Durante la Subetapa 1 se efectuarán controles en función a Índices Globales para el Distribuidor discriminando por empresa y por alimentador de MV. El levantamiento de información y cálculo se efectuará de forma tal que los indicadores determinados representen en la mejor forma posible la cantidad y el tiempo total de las interrupciones que afecten a los consumidores. Para los consumidores con suministros en MV o en AV, se determinarán índices individuales.

En la Subetapa 2 los indicadores se calcularán a nivel de consumidor, de forma tal de determinar la cantidad de interrupciones y la duración total de cada una de ellas que afecten a cada consumidor.

El período de control será anual, por tanto, los Distribuidores presentarán informes anuales al CONELEC, especificando las interrupciones y los índices de control resultantes.

Sin embargo de lo anterior, los cálculos de los índices de calidad se efectuarán para cada mes del año considerado y para el año completo.

3.1.2 Identificación de las Interrupciones

La información relacionada con cada una de las interrupciones que ocurran en la red eléctrica se identificará de la siguiente manera:

- Fecha y hora de inicio de cada interrupción.
- Identificación del origen de las interrupciones: internas o externas
- Ubicación e identificación de la parte del sistema eléctrico afectado por cada interrupción: circuito de bajo voltaje (BV), centro de transformación de medio voltaje a bajo voltaje (MV/BV), circuito de medio voltaje (MV), subestación de distribución (AV/MV), red de alto voltaje (AV).
- Identificación de la causa de cada interrupción.
- Relación de equipos que han quedado fuera de servicio por cada interrupción, señalando su respectiva potencia nominal.
- Número de Consumidores afectados por cada interrupción.
- Número total de Consumidores de la parte del sistema en análisis.
- Energía no suministrada.
- Fecha y hora de finalización de cada interrupción.

Esta información debe tener interrelación con las bases de datos, de tal manera que se permitirá identificar claramente a todos los Consumidores afectados por cada interrupción que ocurra en el sistema eléctrico.

3.1.3 Registro y Clasificación de las Interrupciones

El Distribuidor debe llevar, mediante un sistema informático, el registro histórico de las interrupciones correspondientes, por lo menos de los tres últimos años.

El registro de las interrupciones se deberá efectuar mediante un sistema informático, el cual deberá ser desarrollado previamente a fin de asegurar su utilización durante la Subetapa 1.

En el registro, las interrupciones se pueden clasificar de acuerdo a los parámetros que se indican a continuación, los que deberán tener un código para efectos de agrupamiento y de cálculos:

a) Por su duración

- Breves, las de duración igual o menor a tres minutos.
- Largas, las de duración mayor a tres minutos.

b) Por su origen

- Externas al sistema de distribución.
 - Otro Distribuidor
 - Transmisor
 - Generador
 - Restricción de carga
 - Baja frecuencia
 - Otras

- Internas al sistema de distribución.

- Programadas
- No Programadas

c) Por su causa

- Programadas.

- Mantenimiento
- Ampliaciones
- Maniobras
- Otras

- No programadas (intempestivas, aleatorias o forzadas).

- Climáticas
- Ambientales
- Terceros
- Red de alto voltaje (AV)
- Red de medio voltaje (MV)
- Red de bajo voltaje (BV)
- Otras

d) Por el voltaje nominal

- Bajo voltaje
- Medio voltaje
- Alto voltaje

3.1.4 Interrupciones a ser Consideradas

Para el cálculo de los índices de calidad que se indican en detalle más adelante, se considerarán todas las interrupciones del sistema con duración mayor a tres (3) minutos, incluyendo las de origen externo, debidas a fallas en transmisión. No serán consideradas las interrupciones con duración igual o menor a tres (3) minutos.

No se considerarán las interrupciones de un Consumidor en particular, causadas por falla de sus instalaciones, siempre que ellas no afecten a otros Consumidores.

Tampoco se considerarán para el cálculo de los índices, pero sí se registrarán, las interrupciones debidas a suspensiones generales del servicio, racionamientos, desconexiones de carga por baja frecuencia establecidas por el CENACE; y, otras causadas por eventos de fuerza mayor o caso fortuito, que deberán ser notificadas al CONELEC, conforme lo establecido en el Art. 36 del Reglamento de Suministro del Servicio de Electricidad.

En el caso en que las suspensiones generales del servicio sean producidas por la Empresa Distribuidora, estos si serán registrados.

3.2 Control del Servicio Técnico en la Subetapa 1

Durante la Subetapa 1, y para los consumidores cuyo suministro sea en Bajo Voltaje, se controlará la calidad del servicio técnico sobre la base de índices que reflejen la frecuencia y el tiempo total que queda sin servicio la red de distribución.

Durante esta Subetapa 1 no se computarán las interrupciones originadas en la red de Bajo Voltaje que queden circunscritas en la misma, es decir aquéllas que no produzcan la salida de servicio del Centro de Transformación MV/BV al que pertenezcan.

Los límites de la red sobre la cual se calcularán los índices son, por un lado el terminal del alimentador MV en la subestación AV/MV, y por el otro, los bornes BV del transformador MV/BV.

3.2.1 Índices

Los índices de calidad se calcularán para toda la red de distribución (R_i) y para cada alimentador primario de medio voltaje (A_j), de acuerdo a las siguientes expresiones:

a) Frecuencia Media de Interrupción por kVA nominal Instalado (FMIK)

En un período determinado, representa la cantidad de veces que el kVA promedio sufrió una interrupción de servicio.

$$FMIK_{red} = \frac{\sum_i kVAfs_i}{kVA_{inst}}$$

$$FMIK_{A_j} = \frac{\sum_i kVAfs_{i,A_j}}{kVA_{instA_j}}$$

b) Tiempo Total de interrupción por kVA nominal Instalado (TTIK)

En un período determinado, representa el tiempo medio en que el kVA promedio no tuvo servicio.

$$TTIK_{red} = \frac{\sum_i kVAfs_i + Tfs_i}{kVA_{inst}}$$

$$TTIK_{A_j} = \frac{\sum_i kVAfs_{i,A_j} + Tfs_{i,A_j}}{kVA_{instA_j}}$$

Dónde:

FMIK: Frecuencia Media de Interrupción por kVA nominal instalado, expresada en fallas por kVA.

TTIK: Tiempo Total de Interrupción por kVA nominal instalado, expresado en horas por kVA.

\sum_i : Sumatoria de todas las interrupciones del servicio "i" con duración mayor a tres minutos, para el tipo de causa considerada en el período en análisis.

$\sum_i^{A_j}$: Sumatoria de todas las interrupciones de servicio en el alimentador "A_j" en el período en análisis.

kVAf_i: Cantidad de kVA nominales fuera de servicio en cada una de las interrupciones "i".

KVAinst: Cantidad de kVA nominales instalados.

Tf_i : Tiempo de fuera de servicio, para la interrupción "i"

R_d: Red de distribución global

A_j : Alimentador primario de medio voltaje "j"

c) Índices para consumidores en AV y MV

Para el caso de consumidores en áreas urbanas cuyo suministro sea realizado en el nivel de Alto y Medio Voltaje no se aplicarán los índices descritos anteriormente, sino que se controlará la calidad de servicio en función de índices individuales de acuerdo a lo establecido para la Subetapa 2.

3.2.2 Registro

Será responsabilidad del Distribuidor efectuar el levantamiento y registro de las interrupciones y la determinación de los correspondientes índices.

Para la determinación de los índices se computarán todas las interrupciones que afecten la Red de Medio Voltaje de Distribución, es decir a nivel de alimentadores primarios.

El Distribuidor entregará informes anuales al CONELEC con los resultados de su gestión en el año inmediato anterior, especificando las interrupciones y los indicadores de control resultantes por toda la empresa y por alimentador de MV, y el monto de las Compensaciones en caso de corresponder. El CONELEC podrá auditar cualquier etapa del proceso de determinación de índices, así como exigir informes de los registros de interrupciones, con una periodicidad menor a la anual.

A los efectos del control, el Distribuidor entregará informes mensuales al CONELEC con:

- a) los registros de las interrupciones ocurridas.
- b) la cantidad y potencia de los transformadores de MV/BV que cada alimentador de MV tiene instalado, para una configuración de red normal.
- c) el valor de los índices obtenidos.

3.2.3 Límites

Los valores límites admisibles, para los índices de calidad del servicio técnico, aplicables durante la Subetapa 1 son los siguientes:

Indice	Lim FMIK	Lim TTIK
Red	4.0	8.0
Alimentador Urbano	5.0	10.0
Alimentador Rural	6.0	18.0

Las definiciones y fórmulas de cálculo para los índices FAIc y DAIc se detallan en el numeral 3.3.1., sin embargo, los valores límites admisibles para los consumidores en AV y MV durante la Subetapa 1 son los siguientes:

Consumidor	Indice	Valor
Suministro En AV	Lim FAIc	6,0
	Lim DAIc	4,0
Suministro En MV	Lim FAIc	10,0
	Lim DAIc	24,0

3.2.4 Cálculo de la Energía No Suministrada

En caso de haberse excedido los valores límites admisibles de los Índices de Calidad de Servicio, aplicables durante la Subetapa 1, se calculará la Energía No Suministrada (ENS), mediante la aplicación de las siguientes fórmulas:

a) Si: $FMIK > \text{Lím}FMIK$ y $TTIK < \text{Lím}TTIK$

$$ENS = (FMIK - \text{Lím}FMIK) * \frac{TTIK}{FMIK} * \frac{ETF}{THPA}$$

b) Si: $FMIK < \text{Lím}FMIK$ y $TTIK > \text{Lím}TTIK$

$$ENS = (TTIK - \text{Lím}TTIK) * \frac{ETF}{THPA}$$

c) Si: $FMIK > \text{Lím}FMIK$ y $TTIK > \text{Lím}TTIK$; y, si $\frac{TTIK}{FMIK} < \frac{\text{Lím}TTIK}{\text{Lím}FMIK}$

$$ENS = (FMIK - \text{Lím}FMIK) * \frac{TTIK}{FMIK} * \frac{ETF}{THPA}$$

d) Si: $FMIK > \text{Lím}FMIK$ y $TTIK > \text{Lím}TTIK$; y, si $\frac{TTIK}{FMIK} \geq \frac{\text{Lím}TTIK}{\text{Lím}FMIK}$

$$ENS = (TTIK - \text{Lím}TTIK) * \frac{ETF}{THPA}$$

Dónde:

ENS: Energía No Suministrada por Causas Internas o Externas, en kWh.

ETF: Energía Total Facturada a los consumidores en bajo voltaje (BV) conectados a la Red de Distribución Global; o, al alimentador primario considerado, en kWh, en el periodo en análisis.

THPA: Tiempo en horas del periodo en análisis.

FMIK: Índice de Frecuencia media de interrupción por kVA.

TTIK: Índice de Tiempo total de interrupción por kVA.

LimFMIK: Límite Admisible de FMIK.

LimTTIK: Límite Admisible de TTIK

La Energía No Suministrada se calculará para toda la red de distribución y para cada alimentador primario de medio voltaje (MV).

3.3 Control del Servicio Técnico en la Subetapa 2

Durante la Subetapa 2, la calidad del servicio técnico se controlará al nivel de suministro a cada consumidor, debiendo disponer el Distribuidor de los sistemas que posibiliten la gestión de la totalidad de la red, y la adquisición y procesamiento de información de forma tal de asegurar los niveles de calidad, y la realización de controles previstos para la presente etapa.

3.3.1 Índices

Los índices de calidad antes indicados, serán calculados mediante las siguientes fórmulas:

a) Frecuencia de Interrupciones por número de Consumidores (FAIc)

Representa el número de interrupciones, con duración mayor a tres (3) minutos, que han afectado al Consumidor "c", durante el período de análisis.

$$FAIc = Nc$$

Dónde:

FAIc: Frecuencia de las interrupciones que afectaron a cada Consumidor "c", durante el período considerado.

Nc: Número de interrupciones, con duración mayor a tres minutos, que afectaron al Consumidor "c", durante el período de análisis.

b) Duración de las Interrupciones por Consumidor (DAIc)

Es la sumatoria de las duraciones individuales ponderadas de todas las interrupciones en el suministro de electricidad al Consumidor "c", durante el período de control.

$$DAIc = \sum_i (K_i * dic)$$

Dónde:

dic : Duración individual de la interrupción "i" al Consumidor "c" en horas

K_i : Factor de ponderación de las interrupciones

K_i = 1.0 para interrupciones no programadas

K_i = 0.5 para interrupciones programadas por el Distribuidor, para el mantenimiento o ampliación de las redes; siempre que hayan sido notificadas a los Consumidores con una anticipación mínima de 48 horas, con horas precisas de inicio y culminación de trabajos.

3.3.2 Registro

El sistema de gestión de red a implementar por el Distribuidor, que permita el control de la calidad del servicio técnico a nivel del suministro al consumidor, deberá como mínimo almacenar la siguiente información:

- Datos de las interrupciones, indicando inicio y fin de la mismas, equipos afectados, y equipos operados a consecuencia de la interrupción a fin de reponer el suministro (identificación de las modificaciones transitorias al esquema operativo de la red).
- Esquema de alimentación de cada consumidor, de forma tal que permita identificar el número de consumidores afectados ante cada interrupción en cualquier punto de la red. La información deberá

contemplar las instalaciones que abastecen a cada consumidor con el siguiente grado de detalle.

- circuito o ramal de BV
- centro de transformación MV/BV
- alimentador MV
- transformador AV/MV
- subestación AV/MV
- red AV

El sistema deberá permitir el intercambio de información con los archivos de facturación, de forma tal de posibilitar el cálculo de la energía no suministrada a cada uno de los consumidores.

3.3.3 Límites

Los valores límites admisibles, para los índices de calidad del servicio técnico, aplicables durante la Subetapa 2 son los siguientes:

Indice	Lim FAIc	Lim DAIc
Consumidores en AV	6.0	4.0
Consumidores en MV Urbano	8.0	12.0
Consumidores en MV Rural	10.0	24.0
Consumidores en BV Urbano	10.0	16.0
Consumidores en BV Rural	12.0	36.0

3.3.4 Cálculo de la Energía No Suministrada

En caso de haberse excedido los valores límites admisibles de los Índices de Calidad de Servicio, aplicables durante la Subetapa 2, se calculará la Energía No Suministrada (ENS), mediante la aplicación de las siguientes fórmulas:

a) Si: $FAIc > LimFAIc$ y $DAIc < LimDAIc$

$$ENS = (FAIc - LimFAIc) * \frac{DAIc}{FAIc} + \frac{ETF}{THPA}$$

b) Si: $FAIc < LimFAIc$ y $DAIc > LimDAIc$

$$ENS = (DAIc - LimDAIc) * \frac{ETF}{THPA}$$

c) Si: $FAIc > LimFAIc$ y $DAIc > LimDAIc$; y, si $\frac{DAIc}{FAIc} < \frac{LimDAIc}{LimFAIc}$

$$ENS = (FAIc - LimFAIc) * \frac{DAIc}{FAIc} + \frac{ETF}{THPA}$$

d) Si: $FAIc > LimFAIc$ y $DAIc > LimDAIc$; y, si $\frac{DAIc}{FAIc} \geq \frac{LimDAIc}{LimFAIc}$

$$ENS = (DAIc - LimDAIc) * \frac{ETF}{THPA}$$

Dónde:

ENS: Energía No Suministrada por Causas Internas o Externas, en kWh.

ETF: Energía Total Facturada a los Consumidores del nivel de voltaje que se esté considerando, en kWh, en el periodo en análisis.

THPA: Tiempo en horas del periodo en análisis.

FAIc: Índice de Frecuencia anual de interrupción por consumidor "c".

DAIc: Índice de Duración anual de interrupción por Consumidor "c".

Lim FAIc: Límite Admisible de FAIc.

Lim DAiC: Límite Admisible de DAiC

4 CALIDAD DEL SERVICIO COMERCIAL

El Distribuidor tiene la obligación de proveer, además del suministro de la energía eléctrica, un conjunto de servicios comerciales relacionados, necesarios para mantener un nivel adecuado de satisfacción a los consumidores.

4.1 Aspectos Generales

4.1.1 Parámetros a considerar

La calidad del servicio comercial al consumidor, que debe ser cumplida por el Distribuidor, responderá a los siguientes parámetros:

a) Niveles Individuales de Calidad Comercial

Son aquellos vinculados a las prestaciones garantizadas a cada Consumidor.

b) Niveles Globales de Calidad Comercial

Se corresponden con metas de calidad para todo el Distribuidor.

4.1.2 Registro de la Información

Será responsabilidad del Distribuidor efectuar el levantamiento y registro de la totalidad de eventos relacionados con el cálculo de los índices globales e individuales y la determinación de los correspondientes índices.

El registro se deberá efectuar directamente en los sistemas informáticos que utilice el Distribuidor para su gestión comercial; y, los reportes e informes que reciba el CONELEC, deberán ser extraídos en forma automática desde los citados sistemas,

los que deberán ser desarrollados previo al inicio de la Etapa Final y sometidos a conocimiento del CONELEC.

4.1.3 Clasificación por Densidad Demográfica

A efectos de la determinación de niveles admisibles de los índices de Calidad del Servicio Comercial, se considerará la siguiente clasificación referida a la Densidad Demográfica, dentro del área geográfica que corresponde a la prestación del servicio:

- a) Densidad Demográfica Alta: mayor o igual a 15 consumidores/km²
- b) Densidad Demográfica Media: desde 5 hasta 15 consumidores/km²
- c) Densidad Demográfica Baja: menor a 5 consumidores/km²

4.2 Índices y Límites Individuales

Se consideran como índices de Calidad del Servicio Comercial al Consumidor, a los asociados con:

- La Conexión del Servicio Eléctrico y del Medidor
- Estimaciones en la Facturación
- Resolución de Reclamos Comerciales
- Restablecimiento del Servicio Suspendido por Falta de Pago
- Plazo de Respuesta a las Consultas de los Consumidores.
- Información previa a los Consumidores acerca de Interrupciones Programadas
- Reposición del suministro después de una interrupción individual

4.2.1 Conexión del Servicio Eléctrico y del Medidor

Se consideran los tiempos máximos en que el Distribuidor debe proveer la conexión del servicio eléctrico y el medidor a cada Consumidor, a partir de la fecha de pago del depósito en garantía por consumo de energía y por el buen uso de la acometida y el equipo de medición. Los referidos plazos serán los siguientes:

a) Sin modificación de red:

AREA GEOGRAFICA	Subetapa 1	Subetapa 2
Densidad Demográfica Alta y/o Zonas Urbanas	8 días	4 días
Densidad Demográfica Media	10 días	5 días
Densidad Demográfica Baja y/o Zonas Rurales	15 días	7 días

b) Con modificación de red dentro de la franja de servicio de 200 m:

AREA GEOGRAFICA	Subetapa 1	Subetapa 2
Densidad Demográfica Alta y/o Zonas Urbanas	15 días	10 días
Densidad Demográfica Media	17 días	12 días
Densidad Demográfica Baja y/o Zonas Rurales	20 días	15 días

c) Instalaciones a Medio Voltaje, con instalación a cargo del consumidor:

Subetapa 1: 10 días

Subetapa 2: 5 días

d) Instalaciones a Medio Voltaje, con instalación a cargo del distribuidor:

Plazo a convenir entre las partes con los siguientes máximos.

Subetapa 1: 20 días

Subetapa 2: 15 días

4.2.2 Estimaciones en la Facturación

La facturación a los Consumidores de las zonas urbanas o de densidad demográfica alta y media se efectuarán obligatoriamente en función de lecturas directas de los medidores. Solo serán admisibles facturaciones basadas en estimaciones, para los casos del sector rural que no disponga de medidores y los de excepciones determinadas en la Ley Orgánica de Defensa del Consumidor, para los cuales el Distribuidor se sujetará a lo establecido en dicha Ley.

4.2.3 Resolución de Reclamos Comerciales

Toma en consideración el plazo máximo en que el Distribuidor debe atender y resolver los reclamos de los Consumidores por cuestiones comerciales, contados a partir del momento en que sean recibidos.

Este plazo, de acuerdo al Art. 24 del Reglamento de Suministro del Servicio de Electricidad, será como máximo de 4 días.

4.2.4 Restablecimiento del Servicio Suspendido por Falta de Pago

Mide el tiempo, en horas, en que el Distribuidor debe restablecer el servicio suspendido por falta de pago, a partir que el Consumidor haya cancelado su deuda.

AREA GEOGRAFICA	Subetapa 1	Subetapa 2
Densidad Demográfica Alta	24 h	10 h
Densidad Demográfica Media	30 h	15 h
Densidad Demográfica Baja	36 h	24 h

4.2.5 Plazo de Respuesta a las Consultas de los Consumidores

Los plazos máximos en que el Distribuidor debe dar respuesta escrita a las consultas de los Consumidores, desde el momento en que las recibe, son los siguientes:

Subetapa 1: 10 días

Subetapa 2: 5 días

4.2.6 Información previa a los Consumidores sobre Interrupciones Programadas

El Distribuidor debe informar a los consumidores acerca de las interrupciones programadas del suministro, con una anticipación no inferior a cuarenta y ocho horas (48).

4.2.7 Reposición del suministro después de una interrupción individual

Independientemente de las exigencias indicadas en el punto referido a la calidad de Servicio Técnico, en los casos en que un usuario sufra una interrupción prolongada, el Distribuidor debe reponer el suministro en los tiempos máximos que se indican a continuación, los que se miden en horas desde el momento de la interrupción:

AREA GEOGRAFICA	Subetapa 1	Subetapa 2
Densidad Demográfica Alta	5 h	3 h
Densidad Demográfica Media	7 h	4 h
Densidad Demográfica Baja	15 h	8 h

4.3 Índices y Límites Globales

Corresponden a las metas de calidad para todo el Distribuidor; y comprende los siguientes factores:

- Conexiones de Servicio
- Calidad de la Facturación
- Tratamiento de Reclamos
- Rehabilitaciones de Suministro
- Respuesta a las Consultas de los Consumidores
- Consumidores reconectados después de una interrupción

4.3.1 Conexiones de Servicio

Se considera los porcentajes mínimos de conexiones de servicio que deben realizarse dentro de los plazos máximos establecidos como índices individuales para cada consumidor, para aquellos consumidores que no requieran de ampliación o modificación de la red de distribución.

AREA GEOGRAFICA	Subetapa 1	Subetapa 2
Densidad Demográfica Alta	95 %	98 %
Densidad Demográfica Media y Baja	95 %	98 %

4.3.2 Calidad de la Facturación

La medición del desempeño del Distribuidor en lo que se refiere a la calidad de la facturación a los consumidores se evaluará conforme al siguiente índice:

Porcentaje de Errores en la Facturación (PEF)

Se considera, mensualmente y por categoría tarifaria, el porcentaje máximo de refacturaciones de facturas emitidas.

$$PEF = \frac{Fa}{Ne} * 100$$

Dónde:

Fa: Número de facturas ajustadas con motivo de corregir un error de lectura o facturación.

Ne: Número total de facturas emitidas

Los límites establecidos son los siguientes:

Subetapa 1: 4%

Subetapa 2: 2%

4.3.3 Tratamiento de Reclamos

La medición del desempeño del Distribuidor, en lo que respecta al número y tratamiento de los Reclamos de los Consumidores y sus quejas, se verificará mensualmente, de acuerdo a los siguientes parámetros:

a) Porcentaje de reclamos (PRU):

$$PRU = \frac{Ra}{Nu} * 100$$

Dónde:

Ra: Número total de reclamos o quejas procedentes recibidas

Nu: Número total de consumidores servidos

Los límites establecidos son los siguientes:

	Subetapa 1	Subetapa 2
PRUi	10 %	8 %
PRUt	8 %	6 %
PRUc	5 %	3 %

Dónde:

PRUi: Porcentaje de Reclamos por interrupciones de servicio

PRUt: Porcentaje de Reclamos por variaciones en los niveles de Voltaje

PRUc: Porcentaje de Reclamos por problemas comerciales

b) Tiempo promedio de procesamiento de los Reclamos Comerciales (TPR):

$$TPR = \frac{\sum T_{a_i}}{R_a}$$

Dónde:

Ta: tiempo en días para resolver cada reclamo o queja

Ra: número total de reclamos o quejas recibidas

Los límites establecidos son los siguientes:

Subetapa 1: 8 días

Subetapa 2: 4 días

c) Porcentaje de resolución (PRR):

$$PRR = \frac{N_r}{R_a} * 100$$

Dónde:

Nr = Número de casos de reclamos y quejas resueltas

Ra = número total de reclamos o quejas recibidas

Los límites establecidos son los siguientes:

Subetapa 1: 95%

Subetapa 2: 98%

4.3.4 Rehabilitaciones de Suministro

Se considera el porcentaje de rehabilitaciones de suministros suspendidos por falta de pago que, como mínimo, deben ser realizados por el Distribuidor dentro de los plazos establecidos como índices individuales para cada consumidor.

AREA GEOGRAFICA	Subetapa 1	Subetapa 2
Densidad Demográfica Alta	95 %	97 %
Densidad Demográfica Media	95 %	97 %
Densidad Demográfica Baja	92 %	95 %

4.3.5 Respuesta a las Consultas de los Consumidores

Se considera el porcentaje de consultas de consumidores que, como mínimo, deben ser respondidas por escrito por el Distribuidor dentro de los plazos establecidos como índices individuales para cada consumidor.

	Subetapa 1	Subetapa 2
Respuestas en Plazo	95 %	98 %

4.3.6 Consumidores reconectados después de una interrupción

Para este índice se considera el porcentaje de Consumidores que, como mínimo, deben ser reconectados por el Distribuidor, dentro de los plazos máximos garantizados a cada usuario.

AREA GEOGRAFICA	Subetapa 1	Subetapa 2
Densidad Demográfica Alta	95 %	97 %
Densidad Demográfica Media	95 %	97 %
Densidad Demográfica Baja	93 %	95%

4.4 Satisfacción de Consumidores

4.4.1 Índice

Para evaluar la satisfacción de los Consumidores en relación con el suministro del servicio, se utilizará la siguiente expresión:

$$ISC = \frac{Com.S}{Com.T} * 100$$

Dónde:

ISC: Índice de satisfacción de los Consumidores en porcentaje.

Com.S: Número de Consumidores, de los encuestados, que se encuentran satisfechos con el servicio prestado por el Distribuidor.

Com.T: Número de Consumidores encuestados.

4.4.2 Encuestas

Para el cálculo del índice señalado, el Distribuidor deberá efectuar a su costo, cuando el CONELEC lo determine y al menos anualmente, una encuesta entre los Consumidores ubicados en su área de concesión.

El número de Consumidores a ser encuestados, será seleccionado en tal forma que la muestra sea estadísticamente representativa; considerando los diferentes tipos de Consumidores, los niveles de voltaje y las zonas geográficas. La encuesta considerará los siguientes aspectos:

1. Variaciones del voltaje
2. Flicker o parpadeo
3. Frecuencia de interrupciones
4. Duración de las interrupciones
5. Atención a solicitudes de servicio
6. Atención a reclamos
7. Facturación
8. Facilidades de pago de facturas
9. Imagen institucional

Se calculará el índice de satisfacción a los Consumidores para cada uno de los aspectos indicados.

La muestra a ser encuestada, así como el formato y contenido de la encuesta serán sometidos a consideración del CONELEC, por lo menos treinta (30) días antes de la fecha de inicio de las encuestas.

4.4.3 Límite

Se considerará que el Distribuidor cumple satisfactoriamente con este Índice, cuando los valores obtenidos de las encuestas, para el ISC, son iguales o mayores al 90%.

Certifico que esta Regulación fue aprobada por el Directorio del CONELEC, mediante Resolución No. 0116/01, en sesión de 23 de mayo de 2001.

Lcdo. Carlos Calero Merizalde

Secretario General del CONELEC

ANEXO A6 COSTOS



PROFORMA # 0000014291

Unidad Nacional 0832 y Cevallos

TLF1: 032-820-727 032-820-076 032-823-875

Ambato, 21 de Diciembre del 2016

VENCIMIENTO: 21/12/2016

SEÑORES: CHRISTIAN VELASTEGI
 RUC: 1804243820
 DIRECCION: HUACHI CHICO
 TELEFONO: 0983887416

VENDEDOR: DANILO PEREZ

CODIGO	PRODUCTO	CANT.	PRECIO	DESC	TOTAL
LAMF100	LUM. SOBREPUESTA. LED RECTA 3X18W (SIN TUBOS) 100-240V DISIP	1.00	32.1053	10.00	28.8900
7702048	TUBO LED ECO T8 18W 6500K SILVANIA	3.00	4.8246	10.00	13.0300
SEMV04	SENSOR DE MOVIM. P/TECHO 360° MAVIJU /ELECTRUM LX-PR-29A	1.00	7.8947	10.00	7.1100
CATHHNT	CABLE SOLIDO N.12 AWG CABLEC	100.00	0.2544	0.00	25.4400
CATHHNT	CABLE SOLIDO N.14 AWG CABLEC	100.00	0.1750	0.00	17.5000

NOTA: Entrega Inmediata
 La Proforma tiene una duración de 8 Días
 Cabe señalar que los precios tienen un descuento especial

En espera de sus gratas órdenes, reiteramos nuestro permanente afán de servirle
 Atentamente,

Sra. Diana Córdova
 Gerente General

SUBTOTAL	97.4100
DESCUENTO	5.4500
SUBTOTAL NETO	91.9600
IVA 14%	12.8800
TOTAL	104.8400



PROFORMA # 0000014290

Unidad Nacional 0832 y Cevallos

TLF1: 032-820-727 032-820-076 032-823-875

Ambato, 21 de Diciembre del 2016

VENCIMIENTO: 31/12/2016

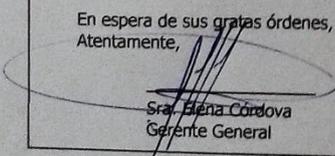
SEÑORES: CHRISTIAN VELASTEGI
 RUC: 1804243820
 DIRECCION: HUACHI CHICO
 TELEFONO: 0983887416

VENDEDOR: DANILO PEREZ

CODIGO	PRODUCTO	CANT.	PRECIO	DESC	TOTAL
I-0313	GABINETE METALICO DOBLE FONDO PESADO 30X30X20 BEAUCOUP	1.00	25.0877	10.00	22.5800
B-6823	BREAKER 3X32 LS RIEL DIN	1.00	18.1250	10.00	16.3100
FUNH14	FUSIBLE NH00-32AMP CAMSCO V-0531	3.00	2.3731	10.00	6.4100
V-0520	BASE FUSIBLE NH00 160A B-00 CAMSCO	3.00	4.9107	10.00	13.2600
B-20021	CONTACTOR GMC32 10HP 110/220V LS	1.00	27.7632	10.00	24.9900

NOTA: Entrega Inmediata
 La Proforma tiene una duración de 8 Días
 Cabe señalar que los precios tienen un descuento especial

En espera de sus gratas órdenes, reiteramos nuestro permanente afán de servirle
 Atentamente,


 Srta. Elena Cordova
 Gerente General

SUBTOTAL	92.8300
DESCUENTO	9.2800
SUBTOTAL NETO	83.5500
IVA 14%	11.7000
TOTAL	95.2500



PROFORMA # 0000014287

Unidad Nacional 0832 y Cevallos

TLF1: 032-820-727 032-820-076 032-823-875

Ambato, 21 de Diciembre del 2016

VENCIMIENTO: 21/12/2016

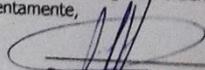
SEÑORES: CHRISTIAN VELASTEGI
 RUC: 1804243820
 DIRECCION: HUACHI CHICO
 TELEFONO: 0983887416

VENDEDOR: DANILO PEREZ

CODIGO	PRODUCTO	CANT.	PRECIO	DESC	TOTAL
I-0320	GABINETE METALICO PESADO 80X60X25 BEAUCOUP	1.00	93.5526	10.00	84.2000
7894607	CAPACITOR EPCOS 3KVAR 230V B32344-C2022-A530	3.00	70.7116	10.00	190.9200
B-6823	BREAKER 3X32 LS RIEL DIN	3.00	18.1250	10.00	48.9400
FUNH14	FUSIBLE NH00-32AMP CAMSCO V-0531	9.00	2.3731	10.00	19.2200
V-0520	BASE FUSIBLE NH00 160A B-00 CAMSCO	9.00	4.9107	10.00	39.7800
B-2001	CONTACTOR GMC22. 7.5HP. 5.5KW. 220V. LS.	3.00	21.8421	10.00	58.9700
S70736	CONTROL FACTOR DE POTENCIA 6 PASOS Q70736	1.00	358.0000	10.00	322.2000

NOTA: Entrega Inmediata
 La Proforma tiene una duración de 8 Días
 Cabe señalar que los precios tienen un descuento especial

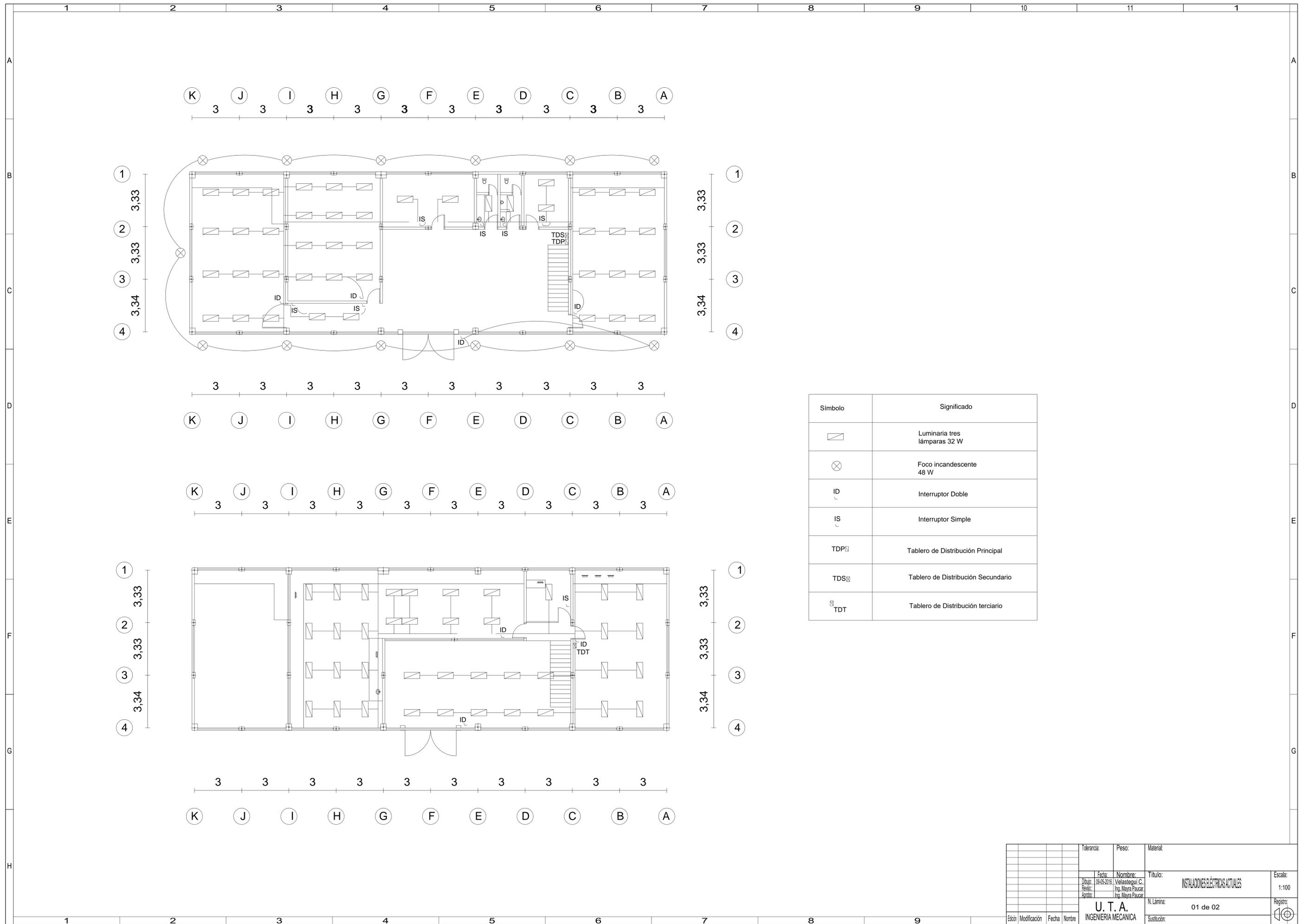
En espera de sus gratas órdenes, reiteramos nuestro permanente afán de servirle
 Atentamente,


 Sra. Elena Córdova
 Gerente General

SUBTOTAL	849.1300
DESCUENTO	84.9100
SUBTOTAL NETO	764.2200
IVA 14%	106.9900
TOTAL	871.2100

ANEXO A7 PLANOS DE DISTRIBUCIÓN DE LUMINÁRIAS

- Plano Instalaciones Actuales
- Plano Instalaciones Modificadas



Símbolo	Significado
	Luminaria tres lámparas 32 W
	Foco incandescente 48 W
	Interruptor Doble
	Interruptor Simple
	Tablero de Distribución Principal
	Tablero de Distribución Secundario
	Tablero de Distribución terciario

Edición		Modificación		Fecha		Nombre		Tolerancia:	Peso:	Material:
Dibujo:		Revisó:		Aprobó:		Fecha:	Nombre:	Título:		Escala:
						08-05-2016	Ing. Mayra Paucar	INSTALACIONES ELÉCTRICAS ACTUALES		1:100
							Ing. Mayra Paucar	N. Lámina:		Registro:
							U. T. A.	01 de 02		
							INGENIERIA MECANICA	Sustitución:		

