

UNIVERSIDAD NACIONAL
FACULTAD DE LA TIERRA Y EL MAR
ESCUELA DE CIENCIAS AMBIENTALES

**Propuesta para una iluminación eficiente en el edificio de Ciencias
Forenses y Medicina Legal de San Joaquín de Flores, Heredia**

Modalidad proyecto de graduación para optar por el título de Licenciatura en Gestión Ambiental

Presentado por:
Paola Reyes Pérez

Heredia, Costa Rica

10 de Noviembre de 2016

ACTA DE APROBACIÓN

PROPUESTA PARA UNA ILUMINACIÓN EFICIENTE EN EL EDIFICIO DE CIENCIAS FORENSE Y MEDICINA LEGAL DE SAN JOAQUÍN DE FLORES, HEREDIA

TRIBUNAL EXAMINADOR

M.Sc. Tomás Marino Herrera
Decano Facultad de Tierra y Mar

M.Sc. Víctor Valverde Espinoza
Representante de la Escuela de Ciencias Ambientales

Ing. Juan Ramón Rodríguez Solera
Tutor

Ing. Mainor Rojas Hidalgo
Lector

Lic. José Félix Rojas Marín
Lector

Bach. Paola Reyes Pérez
Sustentante

RESUMEN

Se realizó un estudio de iluminación en las luminarias del edificio de Ciencias Forense y Medicina Legal del OIJ, donde se determinó la capacidad luminosa bajo la norma INTE 31-08-06 2014, donde se diagnosticó el nivel de iluminación en el edificio según la actividad de labor que se realiza. En el inventario de lámparas, se encontró la mayor parte fluorescentes tubulares de tipo T12 y T8 de la marca Sylvania y Philips.

La etapa de medición se inició en diciembre del 2013 y concluyó en julio del 2014, en este lapso se realizó el inventario de lámparas del edificio para poder determinar el consumo energético en iluminación en el edificio, la calidad energética de las luminarias de algunas habitaciones, así como los niveles de iluminación de los espacios estudiados en la edificación. Todas estas mediciones se tomaron en cuenta las distintas áreas de la infraestructura, a excepción de las bodegas de indicios y archivos de casos especiales debido al reglamento de la institución.

Los resultados más relevantes durante el estudio fueron, los departamentos de Clínica Médico Forense de Medicina Forense y Bioquímica de Ciencias Forense del OIJ. Estos departamentos tienen un consumo energético correspondiente en iluminación, de un valor aproximado 30,000.00 kWh/año en la Clínica y valor 25,000.00 kWh/año en Bioquímica de un consumo anual aproximado 80,000.00 kWh/año. Esto presentan un 37.5% del consumo anual para la Clínica y un 31.3% de consumo anual para Bioquímica, significando que requieren el uso de la iluminación artificial durante sus tareas.

De igual manera, estos dos departamentos emiten CO₂ equivalente por año con un valor aproximado a un 39% en Clínica Médico Forense y de un 32% en Bioquímica, debido al uso constante de la iluminación representan el mayor porcentaje en el edificio. El mismo caso, con el ocurre con la emisiones potenciales de mercurio, donde los dos departamentos tienen un valor aproximado de 5000 mg de Hg.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a la gracia y misericordia de Dios, que siempre me brindó la guía, la fuerza, la perseverancia y el apoyo en cada paso de mi vida guiándome siempre en los caminos correctos para alcanzar los sueños y anhelos de mi corazón; porque solo Tú mi Dios, eres capaz de ver mis necesidades y sabes en qué momento indicado dárme las.

A mis padres René y Emma; por todo el apoyo en mis distintas etapas de la vida, especialmente a mi madre; que con su amor y consejos, logré aprender de una inmensa sabiduría y es mi ángel para seguir el camino. A mis hermanos, Leonardo y Migde por todo el apoyo que han brindado desde pequeña, especialmente a mi hermano mayor, por ofrecerme su ayuda en los momentos que más necesité para culminar mi tesis.

“No está el discípulo por encima del maestro ni el sirviente por encima del señor.

Al discípulo le basta ser como su maestro y al sirviente como su señor.”

Mateo 10, 24-25

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de Costa Rica, por permitirme estudiar en esta institución tan humanista y desarrollarme como futura profesional.

Al Poder Judicial y el Organismos de Investigación Judicial, por confiar en mis habilidades y aptitudes para permitirme realizar este trabajo.

Al ex-magistrado Óscar González Camacho, por brindarme su apoyo en el inicio de este proyecto.

A mi grupo asesor de proyecto; que con sus conocimientos y observaciones, logró sacar lo mejor de mí, fomentando siempre la perfección en cada paso que tomé.

Al Ing. Juan Ramón Rodríguez Solares, quien me brindó y me dedicó tiempo para lograr la realización de este documento y mejorarlo y con su enseñanza de vida y perfil profesional, a pulir este proyecto. A él las gracias de todo corazón.

A la Arq. Jessy Abarca, por dedicarme su conocimiento en el uso y manejo del software Dialux

Y por último, a todas aquellas personas que me han brindado su consejo y apoyo esta etapa ya culminada.

TABLA DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del Problema	1
1.2. Justificación	3
1.3. Objetivo General	5
1.4. Objetivos Específicos	5
1.5. Descripción del área de estudio.	5
1.5.1. Estructura Organizativa del Organismo de Investigación Judicial.	5
1.5.2. Descripción de las secciones ubicadas en el edificio	6
1.6. Glosario	7
CAPÍTULO II: MARCO JURÍDICO	10
2. Políticas y Normativas Energéticas	10
2.1. Convenio de Minamata sobre el Mercurio	10
2.2. Estrategia Nacional de Cambio Climático	11
2.3. Política Energética Nacional	11
2.4. Ley de regulación del uso racional de Energía (Ley 7447)	13
2.5. Reglamento para la Regulación del Uso Racional de la Energía (DE-225584)	13
2.6. Directriz 20, 2010 Uso Racional de la Iluminación	14
2.7. Reglamento de Seguridad e Higiene del Trabajo	14
2.8. Norma INTE 31-08-06-2014: Niveles y Condiciones de Iluminación que deben tener los Centros de Trabajos.	15
CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO	16
3.1. Reseña del proceso de la Luz Artificial	16
3.1.1. Historia de la Luz Eléctrica	16
3.1.2. Visión e Iluminación	17
3.1.3. Magnitudes y Unidades	18
3.2. Clasificación de las luminarias según su distribución luminosa	19
3.2.1. Distribuciones simétricas y asimétricas	20
3.2.2. Simetría Longitudinal	22
3.3. Clasificación de la distribución luminosa según la Comisión Internacional del Alumbrado (CIE)	22
3.3.1. Distribución Directa e Indirecta	22
3.4. Sistema de iluminación Artificial	24
3.5. Iluminación Artificial	26

3.5.1.	Lámparas Fluorescentes	27
3.5.2.	Efectos en la Salud y el medio ambiente de las lámparas fluorescentes	28
3.5.3.	Ciclo del Mercurio	29
3.5.4.	LED	30
3.6.	Eficiencia Energética	32
3.7.	Valor de la Eficiencia Energética de la instalación	32
3.8.	Importancia de las Lámparas Eficientes	33
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA		35
4.	Descripción de la metodología	35
4.1.	Descripción de las variables de estudio	36
4.2.	Técnicas e instrumentos seleccionados para el cumplimiento de los objetivos	36
4.3.	Fases metodologías para los cálculos de la iluminarias	39
4.3.1.	Fase I: Diagnóstico e inventario de iluminarias del Edificio	39
4.3.2.	Fase II: Cálculo para determinar las emisiones de CO ₂ y de Mercurio	43
4.3.3.	Fase III: Análisis de Resultado del diagnóstico sobre el inventario de luminarias.	44
4.4.	Problemas de las iluminarias en el edificio	49
4.5.	Consumo y demanda del promedio mensual	49
4.5.1.	Ahorro estimado	50
CAPÍTULO V: RESULTADOS		51
5.	Análisis de los resultados obtenidos en la etapa de diagnóstico.	51
5.1.	Medición de calidad de la energía de las luminarias del Edificio del Ciencias Forense y Medicina Legal del OIJ	52
5.2.	Consumo Anual de las luminarias actuales que tiene el Edificio de Medicina Legal y los Laboratorios Forense del OIJ	57
5.3.	Análisis ambiental del sistema de iluminación actual en el edificio de Ciencias Forense y Medicina Legal del OIJ.	62
5.3.1.	Emisiones de Dióxido de Carbono para el sistema de iluminación actual en el edificio de los Laboratorio de Ciencias Forense y Medicina Legal del OIJ.	63
5.3.2.	Emisiones de Mercurio para el sistema de iluminación actual para en el edificio de los Laboratorio de Ciencias Forense y Medicina Legal del OIJ.	67
CAPÍTULO VI: PROPUESTA		74
6.	Proyección de la propuesta de luminarias en LED en el edificio de Medicina Legal y Ciencias Forense.	74
6.1.	Propuesta de nuevas luminarias y corrección de los niveles de iluminación en el edificio del OIJ	75

6.2. Niveles de iluminación relacionados con la salud ocupacional de acuerdo con los resultados	94
6.3. Proyección de inversión en la tecnología LED en el edificio de Ciencias Forense y Medicina Legal.	94
6.4. Consumo Energético de la tecnología en LED para el edificio de Medicina Legal y Ciencias Forense del OIJ	100
6.5. Proyección del impacto ambiental en LED para el edificio de Medicina Legal y Ciencias Forense del OIJ	102
6.6. Ejemplos de la propuesta en LED para algunas áreas de los departamentos del edificio de Ciencias Forense y Medicina Legal del OIJ	103
CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES	108
CAPITULO VIII: RECOMENDACIONES	110
BIBLIOGRAFÍA	111
ANEXOS	114
ANEXO I: Organigrama del OIJ	114
ANEXO II: Organigrama de la Jefatura de Ciencias Forense del OIJ	115
ANEXO III: Valores límites de electricidad energética de la Instalación	116
ANEXO IV: Promedio medio de distribución en colones de la empresa Compañía Nacional de Fuerza y Luz para el año 2013	117
ANEXO V: Promedio medio de distribución en colones de la empresa Compañía Nacional de Fuerza y Luz para el año 2014	118
ANEXO VI: Protocolo para la recolección, rotulación y entrega de lámparas en desuso	119
ANEXO VII: Instrumento para el inventario de lámparas	121
ANEXO VIII: Instrumento para el muestreo de Iluminación en el edificio de Laboratorios Forense y Medicina Legal	122
ANEXO IX: Resultados del inventario de lámparas en el edificio de Ciencias Forense y Medicina Legal	123
ANEXO X: Resultados de los niveles de iluminación en el edificio de Ciencias Forense y Medicina Legal	132

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Definición de las magnitudes y sus principales características correspondientes a cada unidad.	18
Cuadro 2. Relación de potencia entre las lámparas incandescentes y las lámparas fluorescente compactas en (W).....	33
Cuadro 3. Conceptualización de las variables con la técnica, instrumentos e indicadores para el estudio.	37
Cuadro 4. Datos obtenidos para la primera planta del edificio de los laboratorios forense del OIJ	80
Cuadro 5. Datos obtenidos para la segunda planta del edificio de los laboratorios forense del OIJ	86
Cuadro 6. Datos obtenidos para la tercera planta del edificio de los laboratorios forense del OIJ	92
Cuadro 7. Consumo energético y costo de la factura eléctrica para las luminarias en fluorescentes y LED en el primer nivel del edificio.	95
Cuadro 8. Inversión y tiempo de recuperación para las luminarias LED en el primer nivel del edificio.	96
Cuadro 9. Consumo energético y costo de la factura eléctrica para las luminarias en fluorescentes y LED en el segundo nivel del edificio.	97
Cuadro 10. Inversión y tiempo de recuperación para las luminarias LED en el segundo nivel del edificio.	97
Cuadro 11. Consumo energético y costo de la factura eléctrica para las luminarias en fluorescentes y LED en el tercer nivel del Edificio de Ciencias Forense y Medicina Legal	99
Cuadro 12. Inversión y tiempo de recuperación para las luminarias LED en el tercer nivel del edificio de Ciencias Forense y Medicina Legal.....	99

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Gráficos ilustrativos de los conceptos: a) flujo luminoso, b) intensidad luminosa, c) iluminancia y d) luminancia.	19
Figura 2. Representación gráfica de una distribución de luz asimétrica en: a) coordenadas rectangulares, b) coordenadas polares.	20
Figura 3. a) luminaria con distribución de luz simétrica de la revolución de la curva. b) curva de distribución de la luz de esa luminaria.	21
Figura 4. a) Luminaria con simetría de dos planos para una lámpara fluorescente compacta, b) curvas de distribución de luz de esta luminaria según los ejes normales, c) ejemplo de la utilización de esta luminaria en una sala de conferencia.	21
Figura 5. Luminaria asimétrica en un plano para fluorescente lineal, ejemplo del uso y curvas de distribución de la luz de esa luminaria en ejes normales.	22
Figura 6. Clasificación de las luminarias de acuerdo con la CIE.	23
Figura 7. Dispositivos que integran un sistema de iluminación.	26
Figura 8. Ciclo del mercurio en el medio ambiente	29
Figura 9. Esquema del procedimiento de los datos para una eficiencia energética en alumbrado.	48
Figura 10. Medición en kW para el pasillo de emergencia en el Departamento de Audiovisuales de los Laboratorios Forense del OIJ	53
Figura 11. Medición en kW para los cubículos del departamento de Pericias Físicas de los Laboratorios Forense de OIJ	54
Figura 12. Medición en kW para los cubículos (conjunto al Departamento de Biología Forense) del Departamento de Bioquímica de los Laboratorios Forense de OIJ	55
Figura 13. Medición en kW para los cubículos del Departamento de Toxicología de los Laboratorios Forense de OIJ	56
Figura 14. Consumo anual del primer nivel del Edificio de Ciencias Forense y Medicina Legal del OIJ.	58
Figura 15. Consumo anual del segundo nivel del Edificio de Ciencias Forense y Medicina Legal del OIJ.	59
Figura 16. Consumo anual del tercer nivel del Edificio de Ciencias Forense y Medicina Legal del OIJ.	61
Figura 17. Emisiones de CO ₂ e anual para el primer nivel del Edificio de Ciencias Forense y Medicina Legal del OIJ.	64

Figura 18. Emisiones de CO ₂ e anuales para el del segundo nivel del Edificio de Ciencias Forense y Medicina Legal del OIJ.....	65
Figura 19. Emisiones de CO ₂ e anual en el tercer nivel del Edificio de Ciencias Forense y Medicina Legal del OIJ	66
Figura 20. Cantidad de mercurio que tiene las luminarias en los niveles del edificio Ciencias Forense y Medicina Legal	68
Figura 21. Emisiones potencial de mercurio por total de las lámpara fluorescente ubicada en cada área del I nivel de edificio del Ciencias Forense y Medicina Legal.....	70
Figura22. Emisiones potencial de mercurio por total de las lámpara fluorescente ubicada en cada área del II nivel de edificio del Ciencias Forense y Medicina Legal	71
Figura 23. Emisiones potencial de mercurio por total de las lámpara fluorescente ubicada en cada área del III nivel de edificio del Ciencias Forense y Medicina Legal.	72
Figura 24. Listado de luminarias que se implementa en el diseño de iluminación en el edificio.	76
Figura 25. Diagrama y resumen de los cálculos en iluminación para la primera planta del edificio.	77
Figura 26. Ubicación de las luminarias propuestas para la primera planta del edificio de Medicatura Forense y Ciencias Forense del OIJ	78
Figura 27. Mapa de color en falso de la primera planta del edificio de Ciencias Forense y Medicina Legal.....	79
Figura 28. Listado de luminarias que se implementa en el diseño de iluminación en el edificio.	82
Figura 29. Diagrama y resumen de los cálculos en iluminación para la segunda planta del edificio.	83
Figura 30. Ubicación y distribución de las luminarias del segundo piso del edificio de Ciencias Forense y Medicina Legal.	84
Figura 31. Mapa de color en falso de la segunda planta del edificio de Ciencias Forense y Medicina Legal.....	85
Figura 32. Listado de luminarias que se implementa en el diseño de iluminación en el edificio.	88
Figura 33. Diagrama y resumen de los cálculos en iluminación para la tercera planta del edificio..	89
Figura 34. Ubicación y distribución de las luminarias del tercer piso del edificio de Ciencias Forense y Medicina Legal.	90
Figura 35. Mapa de color en falso de la tercera planta del edificio de Ciencias Forense y Medicina Legal.....	91
Figura 36. Comparación de consumo anual de las LFL y LED para el edificio de Medicina Legal y Ciencia Forense del OIJ	101

Figura 37. Comparación de las emisiones de carbono de las LED vrs fluorescentes en el edificio del Ciencias Forense y Medicina Legal	102
Figura 38. Resumen e isolíneas del laboratorio del EP-LAB.....	104
Figura 39. Comparación de las luminarias actuales y la propuesta para el laboratorio del EP. (a) Fluorescentes encendidas durante el día. (b) Propuesta en 3D del Dialux para LED.	105
Figura 40. Mapa de colores en falso del laboratorio de Pólvara y Explosivos	106
Figura 41.Comparación de las luminarias actuales y la propuesta para la sala UCII-BF.(a) Fluorescentes encendidas durante el día. (b) Propuesta en 3D del Dialux para LED.	106
Figura 42. Mapa de color en falso de la Sala UCII del Departamento de Biología Forense.....	107

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del Problema

El tema energético en Costa Rica se encuentra influenciado por el cambiante contexto internacional. Esto da como resultado un esquema caracterizado por los siguientes factores: crecimiento acelerado en la demanda energética para el uso industrial, edificios generales (oficinas, comercios, entre otros) y transporte, aumento exagerado del costo y en el precio de la electricidad, cambio climático y por último, la escases para invertir energías limpias y lograr alcanzar el carbono neutralidad (Portilla 2013)¹.

En la actualidad, el país es rico en recursos naturales los cuales son utilizados con fines energéticos; sin embargo mucho de su desarrollo fue proporcionado por los derivados del petróleo antes del 2013. El cambio al uso de energías renovables, ocurre para el año 2014, donde ocurre un aumento del uso de esta energía, logrando su auge para el mes julio (ARESEP 2016b)².

Para los años 2013 y 2014, la empresa de Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL), institución que brinda los servicios en la zona donde se ubica el edificio en estudio, tiene una tarifa eléctrica general que oscila 100 y 120 ¢/kWh para el año 2013, donde para el mes de mayo, obtiene su valor más alto de 125 ¢/kWh (ver anexo IV). Al incorporar el uso de la energía limpia para el 2014, se observa que el mes de septiembre la demanda baja de 119 ¢/kWh hasta casi un 110 ¢/kWh (ver anexo V).

Ante estos cambios, el Poder Judicial (PJ) y Organismo de Investigación Judicial (OIJ) incursionan medidas energéticas, con base en el Plan de Gestión Ambiental Institucional para el I Circuito Judicial ubicado en el centro de San José. No obstante, la institución se

¹ Rolando Portilla. Ingeniero civil especialista de manejo de cuencas hidrográficas. Funcionario del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE)

² Autoridad Reguladora de Servicios Públicos. Datos de Generación Costa Rica

ha proyectado a otros edificios que requieren mejorar los niveles de iluminación y a su vez, disminuir el consumo de las iluminarias, como es el caso del Edificio de los Laboratorios Forenses y Medicina Legal del OIJ.

Este edificio, ubicado en la Ciudad Judicial de San Joaquín de Flores de Heredia, se encarga de analizar diferentes indicios como un organismo auxiliar, asesor y de consulta de los Tribunales de Justicia y el Ministerio Público de Costa Rica, en cuanto a la investigación, verificación y descubrimiento científicos de los delitos y de los presuntos responsables (Poder Judicial 2012)³

Dicha infraestructura cuenta con tres niveles, de los cuales dos de ellos son para el Departamento de Laboratorios Forense y en un nivel se encuentra parte de las secciones Medicinal legal, donde se ubican: Clínica Médico Forense, Consejo Médico Forense, Medicina del Trabajo y Rayos X.

En cuanto a la materia energética que tiene el edificio de Laboratorios de Ciencias Forense y Medicina Legal de la Ciudad Judicial, se ha diagnosticado una creciente demanda eléctrica que ha ido mermando la calidad y la continuidad del consumo eléctrico. Esto ha provocado, el calentamiento de los cables de corriente y el disparo de las protecciones de sobrecorriente (Barrantes 2013)⁴. Tal situación ha sucedido en parte, por un cálculo moderado o conservador en la proyección del crecimiento de la demanda interna del edificio, y además, por la incursión de los equipos que consumen mucha electricidad interna no premedita por el edificio.

Por lo anterior, se opta por mejorar el sistema de iluminación, que considere: el tipo de iluminaria y su distribución, la eficiencia luminosa y la composición espectral de la luz. Si se optimiza estos aspectos anteriores, se contribuye a aumentar la productividad, reducir los accidentes, entre otros (Mancera *et al* 2012)⁵.

³ Poder Judicial. Página oficial del Organismo de Investigación Judicial (OIJ)

⁴ Óscar Barrantes. Ingeniero Electromecánico del Poder Judicial. Entrevista de la situación energética del edificio de Ciencias Forense y Medicina Forense.

⁵ Mancera, Juan Ricardo; Macera, Mario Ramón; Macera, María Teresa; Macera, Mario José. Seguridad e Higiene industrial

Las lámparas utilizadas en el edificio son fluorescentes de T12 y T8, por tener un precio razonable y acorde a la accesibilidad económica de la institución y una composición espectral de luz adecuada para realizar diversos tipos de tareas. Sin embargo, la luz ultravioleta que proyecta, puede afectar a la salud según la organización *Council of Citizens with Low Visión International* puede causar problemas a nivel celular, para aquellas personas que han que sufrido algún daño ocular (Lacoma 2012)⁶.

1.2. Justificación

Actualmente, el Poder Judicial ha venido trabajando en el tema de ahorro energético por medio de la Comisión de Asuntos Ambientales.

Hace un par años se observó que el edificio compartido de Ciencias Forenses y Medicina Legal presenta problemas eléctricos, debido a la salida de operación temporal de algunos circuitos por el disparo de las protecciones de sobrecorriente asociado a los mismos. Esto se debe al aumento de la corriente circulante en los circuitos por encima de los límites establecidos por medio de la protección, probablemente por el aumento de la demanda eléctrica en el edificio, especialmente durante la jornada diurna.

Consultando con el ingeniero electromecánico, a cargo de la Ciudad Judicial San Joaquín de Flores, se determinó que una de las soluciones propuestas por la institución para resolver el problema de la demanda eléctrica del edificio, es la compra de un tablero para equilibrar la demanda energética necesaria para los equipos (Barrantes 2013).

Sin embargo, la institución no tiene actualmente los recursos económicos para adquirir el tablero extra, de modo, que busca mecanismos para reducir la demanda eléctrica del lugar. Es así que se detectó la iluminación como un elemento por optimizar dentro del consumo eléctrico interno, debido a que es uno de los componentes que exige más energía (FENERCOM 2010)⁷.

⁶ Tyler Lacoma. Los peligros de los rallo ultravioletas en los bombillos fluorescentes.

⁷ FENERCOM (Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid). Guía del ahorro y eficiencia energética en hospitales.

Al incursionar en una iluminación eficiente en el edificio, no solo se vincula a un ahorro económico, si no, a un mejoramiento en los niveles de iluminación para evitar riesgos en la salud del trabajador (Mancera *et al* 2012). Entre los peligros que sufre el personal están: el cansancio, las alteraciones visuales, el bajo rendimiento, entre otros.

El proyecto tiene como propósito el diagnosticar la situación actual en iluminación que tiene el edificio, para proponer un sistema de iluminación más eficiente y disminuir el consumo energético de las iluminarias, tomando en cuenta los niveles de iluminación aptos para las tareas a realizar.

Estos cambios benefician a diferentes actores como el PJ, en función de aspectos económicos implícitos en la inclusión de nuevas y apropiadas prácticas de consumo energético. En un segundo lugar a los funcionarios del edificio, al obtener una iluminación uniforme, ausencia de brillo deslumbrante, condiciones adecuadas de contraste, entre otros, y por último el pueblo costarricense, así como la compañía eléctrica, debido a la disminución de la huella de carbono y una menor demanda de explotación de recursos naturales (principalmente en época seca, ya que el caudal de las represas hidroeléctricas disminuye considerablemente).

Por lo anterior, es importante tomar medidas y directrices ambientales; por ejemplo: la construcción sostenible dentro de las edificaciones del Poder Judicial, debido a que la mayoría de edificaciones cuenta con modelos de poca proyección al uso de luz natural y tiene escaso acceso a la ventilación natural, lo cual genera el uso de iluminación artificial durante el día, y el estrés térmico en los funcionarios, los cuales recurren al uso de aires acondicionados o ventiladores para solucionar un problema de infraestructura.

Con la aplicación de la propuesta, la institución promoverá una estrategia que contemple el desarrollo de una visión y misión ambiental dentro de las directrices en materia de salud ocupacional y eficiencia energética. Esta relación conlleva a condiciones confortables para

los usuarios en el edificio, y así generar un balance entre las actividades, el confort visual, la energía y el medio ambiente.

1.3. Objetivo General

Proponer un sistema de iluminación eficiente para el edificio compartido de Laboratorios de Ciencia Forense y Medicina Forense de la Ciudad Judicial San Joaquín de Flores, que mejore los niveles de iluminación y reduzca el consumo eléctrico.

1.4. Objetivos Específicos

- Evaluar los niveles de iluminación en el edificio de Laboratorios de Ciencias Forenses y Medicina Legal de la Ciudad Judicial San Joaquín de Flores.
- Estimar el consumo eléctrico anual que tienen las luminarias en el edificio de Laboratorios Ciencias Forenses y Medicina Legal de la Ciudad Judicial San Joaquín de Flores.
- Proponer un diseño de iluminación eficiente para el ahorro y la eficiencia en el uso de la energía en el edificio de Laboratorios de la Ciudad Judicial y Medicina Legal de San Joaquín de Flores.

1.5. Descripción del área de estudio.

1.5.1. Estructura Organizativa del Organismo de Investigación Judicial.

El Poder Judicial (PJ) está dividido en varias áreas, entre las que se encuentran: la Dirección General, la Secretaría General y el Comité Asesor, como altas direcciones de las funciones de la Institución.

En el caso del el Organismo de Investigación Judicial (OIJ), este se encuentra como una ente apoyador del PJ, que tiene como misión “brindar asesoramiento y consultas a los Tribunales de Justicia y del Ministerio Público de Costa Rica ajustado a la investigación, descubrimiento y verificación científica de los delitos y de sus presuntos responsables, contando con los recursos humanos calificados, teniendo una vocación de servicio, objetivo e imparcialidad” (Poder Judicial 2012).

Otras secciones que brindan apoyo a la institución son: Oficinas de Planes Operacionales, Departamento de Investigaciones Criminales, Departamento de Laboratorios de Ciencias Forenses, Departamento de Medicina Legal.

En el caso del Departamento de Laboratorios de Ciencias Forenses, este se encarga de realizar las pesquisas físicas en cada sección, de acuerdo con el ámbito de trabajo, según los indicios que son recolectados en el lugar del suceso en coordinación con el Departamento de Investigación de Criminales, El Departamento de Medicina Legal y el Ministerio Público (Poder Judicial 2012).

El Departamento de Medicina Legal, es el encargado de realizar la valoración física de los individuos, con la finalidad de rendir un dictamen médico legal en relación con los hechos investigativos (Poder Judicial 2012).

El Laboratorio de Ciencias Forense está conformado por ocho secciones, mientras que el Departamento de Medicina Legal por diez secciones, de las cuales se observa su distribución en el Anexo 1, donde se presenta el organigrama de la estructura organizativa del OIJ, así como sus diferentes departamentos.

1.5.2. Descripción de las secciones ubicadas en el edificio

Dicha infraestructura cuenta con 3 niveles, de los cuales dos de ellos son para el Departamento de Laboratorios de Ciencias Forense y en un nivel se encuentra parte de las secciones Medicinal legal.

En el Departamento de Laboratorios de Ciencias Forense, se pueden ubicar las secciones de: Jefatura, Biología Forense, Bioquímica, Toxicología, Química Analítica, Pericias Físicas, Análisis de Escrituras y Documentos Dudosos, Fotografía y Audiovisuales e Ingeniería Forense. Cada Sección del Departamento de Laboratorios Forense consta de distintas unidades para gestionar las debidas pericias, en Anexo 2, se ubican en un organigrama la distribución de trabajo que tiene cada sección, según el ámbito especializado.

En el caso del Departamento de Medicina legal, se pueden encontrar las siguientes Unidades ubicadas en el edificio de estudio: Jefatura, Clínica Médico Forense, Consejo Médico Forense, Medicina del Trabajo y Rayos X.

1.6. Glosario

Altura de montaje: característica de una luminaria que indica la extensión que alcanza la luz en la dirección longitudinal del camino. Las luminarias se clasifican en: alcance corto, mediano o largo.

Bombillo o lámpara: término genérico para denominar una fuente luz fabricada por el hombre. También es un término denotado para fuentes que emiten radiación en regiones del espectro adyacente a la zona visible.

Cambio climático: es un cambio de clima atribuido directo o indirecto de la actividad humana que altera la composición de la atmosfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observado durante periodos de tiempo comparables.

Coeficiente de Utilización (CU o K): relación entre el flujo luminoso que llega a la superficie a iluminar (flujo útil) y el flujo total emitido por una luminaria.

Flujo luminoso (Φ): cantidad de luz emitida por una fuente luminosa en todas las direcciones por una unidad de tiempo. Su unidad es el Lumen (lm)

Illuminancia (E): densidad del flujo luminoso que incide sobre la superficie. La unidad de iluminancia es el Lux

Plano de trabajo: es la superficie horizontal, vertical u oblicua en la cual es usualmente realizado, y cuyos niveles de iluminación deben ser medidos y específicos.

Balasto: unidad insertada en la red y una o más bombillas de descarga, el cual, por medio de la inductancia o capacitancia, sirve para limitar la corriente de la(s) bombilla(s) hasta el valor requerido. El balastro puede constar de uno o más componentes.

Depreciación lumínica: disminución gradual de la emisión luminosa durante el transcurso de la vida útil de una fuente luminosa.

Deslumbramiento: sensación producida por la luminancia dentro del campo visual que es insipientemente mayor que la iluminancia en la cual los ojos están adaptados y que es causa de molestias e incomodidad, hasta incluso pérdida de la capacidad visual y de la visibilidad.

Diagrama polar: Gráfica que representa en coordenadas polares la distribución de las intensidades luminosas en planos definidos. Generalmente se representan los planos $C = 0^\circ - 180^\circ$, $C = 90^\circ - 270^\circ$ y plano de intensidad máxima.

Eficacia luminosa de una fuente: Relación entre el flujo luminoso total emitido por una fuente luminosa (lámpara o bombillo) y la potencia de la misma. La eficacia de una fuente se expresa en lumen/watt (lm/W).

Eficiencia de una luminaria: Relación de flujo luminoso, en lúmenes, emitido por una luminaria y el emitido por la bombilla o bombillas usadas en su interior.

Eficiencia energética: es el desarrollo sustentable para el desarrollo y el uso del sistema energético. Conllevan a consumir menos energía eléctrica, disminuyendo los recursos con el menor impacto posible al medio ambiente.

Factor de utilización de la luminaria (k): Relación entre el flujo luminoso que llega a la calzada (flujo útil) y el flujo total emitido por la luminaria. Usualmente se aplica este término cuando se refiere a luminarias de alumbrado público. También se conoce como Coeficiente de Utilización (CU).

Lumen (lm): Unidad de medida del flujo luminoso en el Sistema Internacional (SI). Radiométricamente, se determina de la potencia radiante; fotométricamente, es el flujo luminoso emitido dentro de una unidad de ángulo sólido (un estereorradián) por una fuente puntual el cual tiene una intensidad luminosa uniforme de una candela.

Luminancia (L): En un punto de una superficie, en una dirección, se interpreta como la relación entre la intensidad luminosa en la dirección dada producida por un elemento de la superficie que rodea el punto, con el área de la proyección ortogonal del elemento de superficie sobre un plano perpendicular en la dirección dada. La unidad de luminancia es candela por metro cuadrado. (Cd/m²).

Luminaria: Aparato de iluminación que distribuye, filtra o transforma la luz emitida por una o más bombillas o fuentes luminosas las cuales incluyen todas las partes necesarias para soporte, fijación y protección de las bombillas, pero no las bombillas mismas y, donde sea necesario, los circuitos auxiliares con los medios para conectarlos a la fuente de alimentación.

Valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI): valor que mide la eficiencia energética de una instalación de iluminación de una zona de actividad diferenciada, cuya unidad de medida es W/ m² por cada 100 lux.

CAPÍTULO II: MARCO JURÍDICO

2. Políticas y Normativas Energéticas

2.1. Convenio de Minamata sobre el Mercurio

El convenio de Minamata fue firmado por Costa Rica el 10 de octubre del 2013, en Kumamoto Oranjestd, Japón, el cuál precede lo siguiente: *“Reconociendo que el mercurio es un producto químico de preocupación mundial debido a su transporte a larga distancia en la atmosfera, sus persistencia en el medio ambiente tras su introducción antropogénica, su capacidad de bioacumulación en los ecosistemas y sus importantes efectos adversos para la salud humana y medio ambiente.”* Conlleva como objetivo, la protección de la salud humana y del medio ambiente de las emisiones y liberaciones antropogénicas o naturales del mercurio (Minamata Convetionon Mercury 2015)⁸.

Las medidas pertinentes en la fabricación prohíben la importancia y la exportación con productos con mercurio añadido, como es el caso de las lámparas fluorescentes, según el artículo 4, el Anexo A del convenio designa las lámparas fluorescentes lineales (LFL) para uso generales de la iluminación: para fósforo de halofosfato ≤ 40 vatios con un contenido de mercurio superior de 10 mg. (Minamata Convetionon Mercury 2015). Este proyecto en estudio se determina que las lámparas fluorescentes son de 92 V y además tienen un contenido de mercurio de 2 mg cumpliendo con la cantidad establecida por el convenio.

Según datos de la United Nations Enviroment Programme (UNEP) en el informe Esfera de productos asociados al contenido de mercurio, la demanda de mercurio para productos o actividades para el año 2005, mostró la iluminación 120-150 toneladas de la demanda global de mercurio, mientras que para el escenario en el 2015 se pronostica que para este sector la demanda de mercurio sería de 108-135 toneladas (PNUMA 2014)⁹. Buscando con el convenio, bajar la cantidad de emisiones de mercurio.

⁸ Convenio de Minamata sobre el Mercurio.

⁹ PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Ambiente). Informe: Convenio de Minamata sobre el mercurio y su implementación en la región de América Latina y el Caribe.

2.2. Estrategia Nacional de Cambio Climático

Nace con la iniciativa presidencial Paz con la Naturaleza y un acuerdo del Consejo de Gobierno para acciones concretas del Estado para la intervención ante el cambio climático, el que se plasma en la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC). En este, el país se compromete a ser carbono neutral para el 2021 y es vinculante con el artículo 50 de la Constitución Política.

El objetivo general aplicado a esta estrategia contempla reducir los impactos sociales, ambientales y económicos del cambio climático y tomar ventaja de las oportunidades, promoviendo el desarrollo sostenible.

Esta estrategia dentro de su plan de mitigación se implementará por medio de tres sub-ejes estratégicos: reducción de emisiones de gases por fuentes, captura y almacenamiento de dióxido de carbono (CO₂) y desarrollo de un mercado de carbono nacional efectivo con la participación activa en los mercados internacionales.

Se analiza la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero por fuente, donde promueve el uso de prácticas, adaptación y desarrollo de transferencia de la tecnología y otras iniciativas adecuadas para cada sector. Se impulsa el uso eficiente de energía en sectores estratégicos en áreas vinculantes como iluminación, aire acondicionado, refrigeración, calderas u otros en el sector turístico, comercial, industrial, o del estado para consolidar los diseños de PGAI (Programa de Gestión Ambiental Integrado) en Costa Rica.

2.3. Política Energética Nacional

Esta política nace del modelo de desarrollo país generado en estos últimos años, debido al crecimiento acelerado en la demanda eléctrica nacional.

Ante este panorama, el gobierno de Costa Rica promueve una política energética nacional, que expone los requerimientos internos y externos del país; por lo tanto, brinda las

estrategias para desarrollar los objetivos propuestos en un tiempo determinado (Dirección Sectorial de Energía 2011)¹⁰.

Los principios básicos de esta política son los siguientes: conservación; desarrollo sostenible, universalidad, solidaridad, eficiencia, competitividad, innovación, viabilidad ambiental, social y económica, y participación pública o privada (Dirección Sectorial de Energía 2011).

Dentro de los valores anteriores se pueden resaltar los siguientes (Dirección Sectorial de Energía 2011):

- Conservación: Es evidente que la conservación de la energía es un fundamento importante para la sostenibilidad; por lo tanto, este factor va a ser de ayuda para el uso racional de la energía y requerirá de recursos y tiempo para desarrollar una cultura conservacionista en el país.
- Desarrollo sostenible: Es la utilización de los recursos necesarios sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para la satisfacción de las necesidades, por consiguiente busca el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes disponiendo de las fuentes energéticas accesibles, con el menor impacto ambiental.
- Eficiencia: La energía es un insumo fundamental para el desarrollo de las actividades del país, esta requiere contar con medidas necesarias para que los procesos de producción, transformación, distribución y consumo se realicen de forma eficiente.

Por consiguiente, la política propone diversos medios para disminuir el impacto ambiental de los recursos energéticos y busca generar un sistema eficiente, sustentado por varias directrices, políticas, técnicas, económicas y sociales.

¹⁰ Dirección Sectorial de la Energía. VI Plan Nacional de la Energía 2012-2030

2.4. Ley de regulación del uso racional de Energía (Ley 7447)

Esta ley impulsa una propuesta para el uso eficiente de la energía en el país y, consecuentemente, para la protección ambiental.

Se basa en tres mecanismos: la obligación de ejecutar proyectos de uso racional de la energía en empresas de alto consumo; el control de los equipos y las instalaciones; y la utilización de un sistema de plaqueo que informe a los usuarios sobre el consumo energético.

Es por esta razón que, a nivel nacional, se promociona el apoyo del Sistema Nacional de Ciencias y Tecnología para crear investigaciones científicas, tecnologías, técnicas y sociales que implementen el uso racional de la energía.

Lo anterior, se desarrolla mediante una serie de directrices, entre las que se encuentran las siguientes:

- Directriz 014 Generación a pequeña escala
- Directriz 017 Planes de Eficiencia Energética
- Directriz 017 Planes de ahorro y uso eficiente de consumo de energía eléctrica
- Directriz 20 Uso Racional de la Iluminación
- DE-23616 Uso de la electricidad en edificios públicos

En la Directriz 017, se especifican ciertos parámetros en los balastos y tubos de descarga, que deberán cumplir con los niveles permitidos según sus características energéticas indicadas en esta ley. Asimismo, las lámparas que no utilicen balasto incorporado, deberán cumplir con los niveles permitidos que determine este apartado.

2.5. Reglamento para la Regulación del Uso Racional de la Energía (DE-225584)

El contenido de este reglamento, establece las disposiciones, requisitos y procedimientos para el uso racional de la energía, el cual es el amparo dispuesto para la ley N° 7447.

Este reglamento incluye los métodos de cálculo del consumo total de energía que genera una empresa o institución, dependiendo de los índices mostrados por el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE). De este modo, las empresas estarán obligadas a realizar un programa de uso racional de la energía.

2.6. Directriz 20, 2010 Uso Racional de la Iluminación

Esta directriz está dirigida a los jefes de órganos, entes o instituciones y empresas del sector público para que logren establecer normas de uso racional de la iluminación en las edificaciones, principalmente en horas de la noche.

Promueve prácticas de ahorro fuera de la jornada laboral en los edificios e instalaciones públicos del Estado, como apagar las luces internas y externas en horas de la noche, salvo que por razones de seguridad o por jornada nocturna esto no sea posible.

A su vez, incentiva a los trabajadores a realizar un uso racional y eficiente de los recursos públicos que se administran para contribuir a la disminución del consumo eléctrico. Así, se establecerán campañas internas de sensibilización a los funcionarios sobre estos aspectos.

2.7. Reglamento de Seguridad e Higiene del Trabajo

Regula la seguridad e higiene mediante un conjunto de normas que regularizan distintos factores como la integridad física, mental y moral del trabajador.

El artículo 24 de este reglamento indica que los centros de trabajos deberán contar con la iluminación adecuada, ya sea natural o artificial, según la actividad que realicen los trabajadores, previniendo cualquier peligro de incendio.

2.8. Norma INTE 31-08-06-2014: Niveles y Condiciones de Iluminación que deben tener los Centros de Trabajos.

Esta norma INTECO tiene como objetivo establecer los niveles y requerimientos de iluminación para los centros de trabajo, de tal forma que no sea un factor de riesgo para la salud de los trabajadores al realizar sus actividades.

La norma establece la cantidad de iluminación artificial para los distintos tipos de locales, tanto en función del destino del local como del nivel de dificultad visual que la labor presente.

CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO

3.1. Reseña del proceso de la Luz Artificial

3.1.1. Historia de la Luz Eléctrica

Antes de la llegada de la luz eléctrica, las fábricas y las oficinas basaban sus actividades apoyadas por la luz natural del día, por lo cual los edificios eran diseñados de acuerdo con esta situación. Hasta la década 1880, las empresas pudieron estar adecuadamente iluminadas independientemente de sus diseños o dimensiones físicas (Mondelo *et al* 2002)¹¹. Con el tiempo, el aumento industrial impulsó la construcción de edificaciones verticales, con poca proyección de la luz natural y, consecuentemente, el incremento de las lámparas en los centros de trabajo.

Según Shultz y Simmons, para los años de la década de 1930, la utilización de la luz eléctrica pasó a ser habitual en las oficinas de Estados Unidos, lo cual produjo una serie de campañas relacionadas con la importancia de la iluminación para las correctas condiciones de trabajo. Fue entonces, que los expertos estuvieron de acuerdo en que la iluminación debería tener 55 lx.: lo suficiente para poder leer en una oficina en Estados Unidos (citado por Mondelo *et al* 2002); sin embargo, poco tiempo después esta medida llegó a los 250 lx. o más.

Desde entonces, la investigación en la iluminación se ha enfatizado en la intensidad o brillo de la luz, así como en la visibilidad de los pequeños detalles. Los estudios sobre la calidad y la distribución de la luz están dirigidos al problema del reflejo y la confortabilidad, relacionado con la iluminación y el rendimiento en las áreas de desempeño común de las oficinas (Mondelo *et al* 2002).

¹¹ Mondelo, Pedro R.; Torada, Enrique Gregori; González, Óscar de Pedro; Gómez Fernández, Miguel A. Ergonomía 4: El trabajo en oficinas.

3.1.2. Visión e Iluminación

La visión considera muchos aspectos fisiológicos, los cuales cobran una gran importancia en el contexto de iluminación y la salud ocupacional, entre ellos: (Mancera *et al* 2012):

1. Acomodación visual: es la capacidad que tiene el ojo para enfocar nítidamente objetos a diferentes distancias. Esta facultad se va perdiendo conforme pasan los años, debido a que se reduce la elasticidad muscular conocida como *presbicia* o *vista cansada*, que implica el aumento de la distancia focal y de la cantidad de luz necesaria para que se forme una imagen adecuada.
2. Adaptación visual: es la capacidad que tiene el ojo para adaptarse automáticamente a variaciones de luminosidad. En este proceso el iris, actúa muy semejante a al diafragma de una cámara fotográfica, la cual regula la abertura de la pupila, y los cambios fotoquímicas en la retina.
3. Agudeza visual: es la forma de percibir y discriminar visualmente los objetos o de distinguir dos puntos muy próximos entre sí. Es la medida del detalle más pequeño que se puede diferenciar y está muy influenciada por el nivel de iluminación.
4. Contraste: es la diferencia relativa de intensidad entre una imagen y sus alrededores. Se produce por desigualdades entre colores o brillos.
5. Brillos: son las variaciones de iluminación que generan las sombras, y ellas contribuyen a mejorar la percepción del relieve. No obstante, si aparecen grandes diferencias de iluminación, se pueden crear zonas en sombras que impiden el buen despliegue de la capacidad visual.
6. Ambiente cromático: se determina por medio del calor, el cual es un atributo de la luz que interviene de manera radical en la conformación de un ambiente y en el desempeño de la capacidad visual.

7. Atributos de color: el color produce efectos y sensaciones como lo son: mayor o menor visibilidad, sensación de calor o de frío, sensación de amplitud o de estrechez, entre otros.

3.1.3. Magnitudes y Unidades

La iluminación es producto de la relación entre una fuente de luz y un objeto por iluminar, este presenta una serie de magnitudes que se describen en la cuadro 1, en el que se puede observar la definición de la unidad y los símbolos correspondientes en cada una de las magnitudes:

Cuadro 1. Definición de las magnitudes y sus principales características correspondientes a cada unidad.

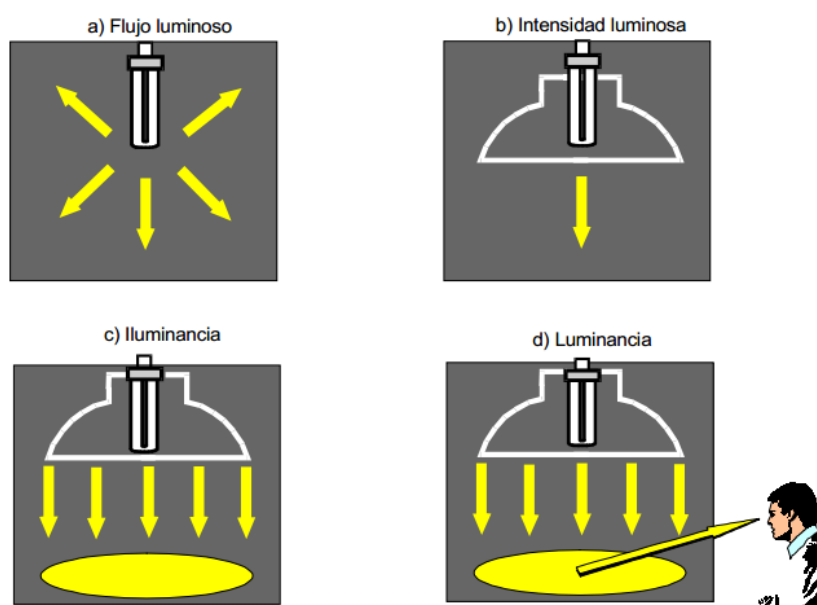
Denominación	Símbolo	Unidad	Definición de la unidad	Simbología
Flujo luminoso	Φ	Lumen (lm)	Es la cantidad de luz que emite una fuente de luz por unidad de tiempo. Con una frecuencia de 540 x 1042 Hz. y un flujo de energía radiante de 1/683 vatios.	$= \omega$
Rendimiento o eficiencia luminoso	H	Lumen por vatio (lm/W)	Es el cociente entre el flujo emitido en lúmenes y la potencia absorbida en vatios. Representa el rendimiento lumínico de una lámpara.	$\eta = \text{—}$
Intensidad Luminosa	I	Candela (cd)	Intensidad luminosa de una fuente puntual que irradia un flujo luminoso de un lumen en un ángulo sólido unitario (1 estereorradián)	$I = x / \phi$
Iluminancia	E	Lux (lx)	Densidad del flujo luminoso sobre una superficie de un m2	$E = \text{—}$
Luminancia	L	Candela por m ²	Intensidad luminosa de una candela por unidad de superficie (1 m ²)	$L = \text{—}$

Elaboración propia. Fuente: Floch 2002¹².

El Flujo luminoso se caracteriza por la cantidad de luz emitida por una fuente luminosa en todas las direcciones. Sin embargo, para aplicaciones prácticas se cuantifica el flujo

¹² José Flock. Tecnología Eléctrica

luminoso emitido en una sola dirección, para lo cual se define la Intensidad Luminosa (I), en la figura 1, el flujo emitido por unidad de ángulo sólido en una dirección específica. La misma deriva la magnitud radiométrica fotométrica denominada *Intensidad de Radiación*. La candela (unidad de medida de la intensidad luminosa), se usa para describir la distribución de la luz proveniente de una fuente o una luminaria. El modo en que se distribuye la intensidad luminosa, de una lámpara o una luminaria se indica mediante gráficas de isocandelas, es decir curvas de igual valor de intensidad luminosa. Estos diagramas representados en coordenadas polares o cartesianas, permiten elegir una luminaria de acuerdo con las cuales necesidades del lugar. (Assaf *et al* 2012)¹³



Fuente: Assaf *et al* 2012

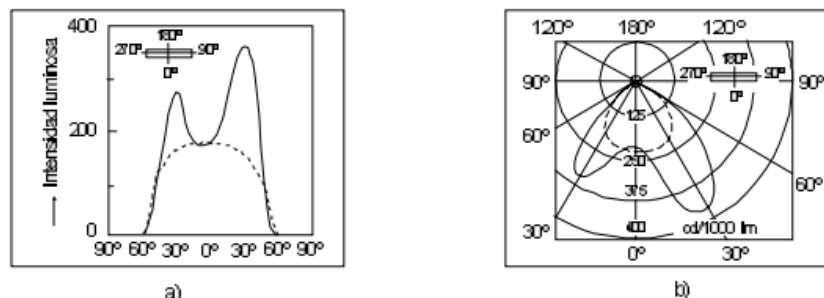
Figura 1. Gráficos ilustrativos de los conceptos: a) flujo luminoso, b) intensidad luminosa, c) iluminancia y d) luminancia.

3.2. Clasificación de las luminarias según su distribución luminosa

Desde el punto de vista fotométrico una luminaria se puede caracterizar por la distribución de luz o cuerpo fotométrico, esta es la forma en que se distribuye el flujo luminoso radiado en las diferentes elecciones del espacio. Existen varias formas de representarlas

¹³ Leonardo Assaf; Elisa Colombo; Beatriz O'Donell. Luminarias para la iluminación de Interiores

gráficamente, la distribución de la luz por una iluminaria, esto se puede observar en la figura 2, donde la izquierda representa la distribución gráfica de luz en forma rectangular y la de la derecha la representación gráfica en forma de coordenadas de polares (Assaf2002)



Fuente: Assaf *et al* 2012

Figura 2. Representación gráfica de una distribución de luz asimétrica en: a) coordenadas rectangulares, b) coordenadas polares.

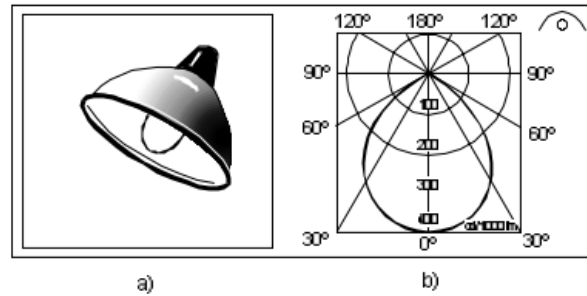
La distribución de la luz puede ser asimétrica, directa o indirecta, dependiendo del ángulo de corte.

3.2.1. Distribuciones simétricas y asimétricas

Los cuerpos fotométricos pueden conocer según su simetría de curvas en la distribución lumínica.

La simétrica de revolución o rotacional, es aquella por la cual la curva de distribución puede ser obtenida por la rotación de un semiplano alrededor de un eje de revolución y por tanto el cuerpo fotométrico puede ser representado en un solo plano (Assaf *et al* 2012).

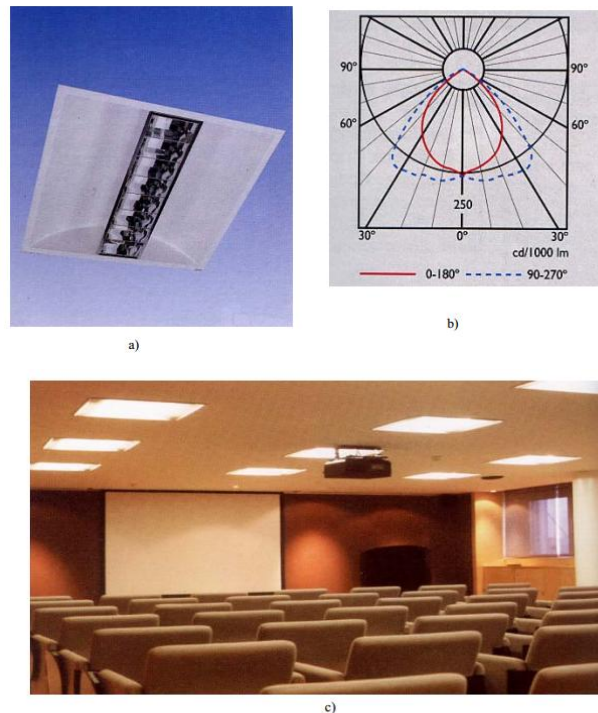
Una iluminaria la cual se encuentra representada en la Figura 3, tiene una distribución de luz simétrica con respecto al eje que atraviesa el punto de luz. Esta luz de la iluminaria es semiesférica, es evidenciada por el trazo sobre un plano que pasa el centro de la iluminaria será idéntica a la traza sobre cualquier plano que cumpla con la misma condición (Assaf *et al* 2012).



Fuente: Assaf *et al* 2012

Figura 3. a) luminaria con distribución de luz simétrica de la revolución de la curva. b) curva de distribución de la luz de esa luminaria.

Cuando se habla de bi-simetría o simetría plana es cuando la simetría se presenta en dos planos ortogonales. Un ejemplo es una iluminaria de una lámpara fluorescente, como la figura 4, tiene una distribución de luz asimétrica, pero la simetría queda limitada en dos planos verticales, uno de ellos perpendicular al eje de la lámpara y el otro paralelo al mismo (Assaf *et al* 2012).

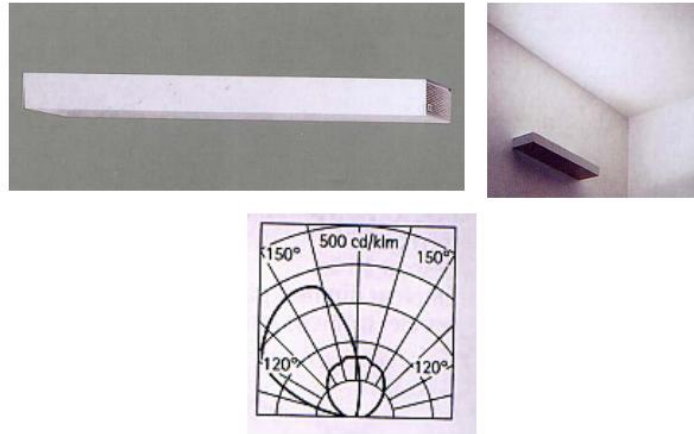


Fuente: Assaf *et al* 2012

Figura 4. a) Luminaria con simetría de dos planos para una lámpara fluorescente compacta, b) curvas de distribución de luz de esta luminaria según los ejes normales, c) ejemplo de la utilización de esta luminaria en una sala de conferencia.

3.2.2. Simetría Longitudinal

Se representa en un solo plano, ya sea perpendicular al eje de lámpara o al eje paralelo a sí mismo. Una iluminaria con reflector aritmético para dar luz a áreas superficiales verticales, en la figura 5 se puede observar como los bañadores de pared presentan este tipo de distribución. (Assaf *et al* 2012)



Fuente: Assaf *et al* 2012

Figura 5. Luminaria asimétrica en un plano para fluorescente lineal, ejemplo del uso y curvas de distribución de la luz de esa luminaria en ejes normales.

3.3. Clasificación de la distribución luminosa según la Comisión Internacional del Alumbrado (CIE)

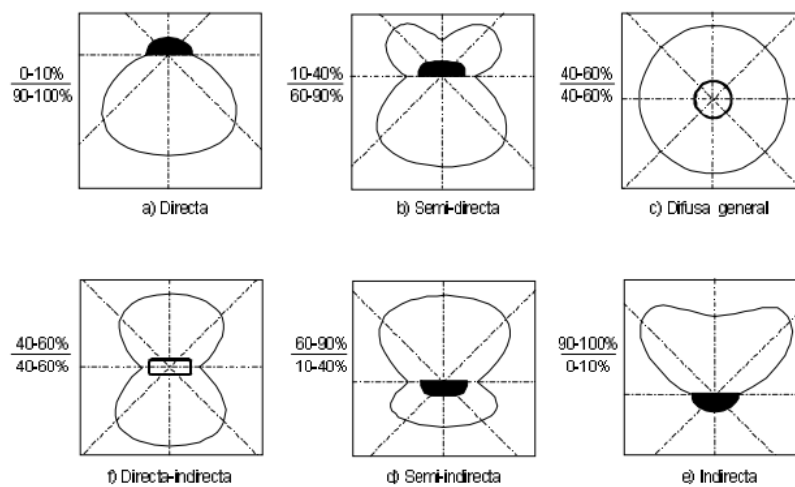
3.3.1. Distribución Directa e Indirecta

Esta clasificación se encuentra basada en el flujo luminoso emitido por encima o por debajo del plano horizontal cuando atraviesa una lámpara. La institución reconoce seis tipos de distribuciones de la intensidad luminosa en artefactos de alumbrado interior, en la figura 6, se puede observar la iluminación total directa o total indirecta, dependiendo del tipo (Assaf *et al* 2012).

- a) Iluminación Directa: cuando el porcentaje de luz emitida hacia abajo de los 90 al 100%. La distribución puede variar para las que son de haz abierto o haz estrecho,

dependiendo del material reflector, terminación, contorno, apantallamiento y controles óptimos que se emplearon.

- b) Iluminación semi-directa: se encuentra entre 60 y 90% de flujo luminoso, es emitido hacia abajo o hacia el techo o paredes superiores.
- c) Iluminación general difusa: esta tiene un porcentaje del flujo luminoso del 40 al 60%, es emitido en igual cantidad hacia arriba como abajo.
- d) Iluminación semi-indirecta: cuando el sistema emite un 60 a 90% de flujo luminoso hacia arriba.
- e) Iluminación indirecta: es en el caso cuando está entre 90 al 100% del flujo luminoso emitido hacia arriba sobre todo el techo paredes superiores.



Fuente: Assaf *et al* 2012

Figura 6. Clasificación de las luminarias de acuerdo con la CIE.

La distribución directa, son luminarias con gran eficiencia, pero tiene la desventaja de que pueden provocar deslumbramiento. Se distinguen las que tienen haz estrecho y haz ancho, su característica depende de la óptica, terminación y forma del apantallado, entre otros. Las que son de haz estrecho proveen de poca iluminancia vertical. Son muy utilizadas en la iluminación obligatoria en locales de bajo nivel del techo.

La distribución semi-directa predomina hacia abajo, pero permite que parte del haz de luz luminoso sea dirigido hacia el techo. Son luminarias suspendidas. Se suspende a poca distancia del techo y pueden producir manchas luminosas.

En el caso de la luminaria con distribución difusa general, tiene bajo rendimiento, es menor que la luminaria de iluminación directa o semi-directa, aunque es apropiada para locales con reflectancia altas. En ocasiones puede provocar deslumbramiento, por lo que es necesario ubicarlas a una altura mayor o bien elegir iluminarias de menor potencia, si fuera posible.

En el caso de la distribución semi-indirecta es muy similar al indirecto, pero en este caso el haz de luz se dirige hacia el hemisferio inferior, en una proporción tal que la luminancia de la propia luminaria y la de cielo raso son equivalentes. Por lo tanto, la iluminaria debe estar ubicada a una altura correcta y controlar el deslumbramiento.

La distribución indirecta se logra con luminarias las cuales aprovechan el cielo raso como amplio difusor, por lo tanto el local tiene que ser lo más claro posible para su mayor rendimiento. El haz se dirige hacia arriba por lo que se debe tener cuidado que las iluminarias no provoquen manchas de luz en cielo raso, regulando la altura del montaje. Esta favorece la uniformidad de la iluminación con pocos puntos de luz, lo que es apropiado para locales en donde se requiere limitar los reflejos, como los son salas de computadoras o donde hay empleados mayores con problemas visuales en cuanto a deslumbramientos, por tanto, es de menor eficacia en los sistemas anteriores.

3.4. Sistema de iluminación Artificial

Según Floch (2002) los sistemas de iluminación artificial comprenden una serie de dispositivos (ver figura 1), cada uno de ellos, se describe a continuación:

- 1.** La lámpara: Es la fuente de luz. Esta puede ser el bombillo incandescente, el fluorescente lineal o lámpara fluorescente (LFC), la lámpara de mercurio de alta tensión, entre otros.
- 2.** Equipos auxiliares: son dispositivos que ayudan a las lámparas a descargar la energía, se pueden mencionar los siguientes:
 - a.** Reactancia: Es un elemento que compensa las variaciones de tensión de la red e interviene en el proceso de encendido de la lámpara.
 - b.** Cebadores o arrancadores: Tienen como función producir una tensión inicial muy elevada, inicia con la aparición en el arco eléctrico. Para esto utiliza un efecto inductivo en la reactancia, que hace circular intensidad a través de esta.
 - c.** Condensador: Es utilizado para compensar el factor de potencia, que toma un valor muy reducido como consecuencia de la introducción de la reactancia.
- 3.** Luminarias: Es un elemento que contiene la lámpara y también un equipo auxiliar. Pretende conseguir un reparto adecuado de la luz emitida por la lámpara. Existen tres tipos:
 - a.** Reflectores: Se componen de una superficie brillante (de aluminio anodizado, chapa esmaltada o un material similar), cuenta con una forma adecuada para emitir la luz y el flujo.
 - b.** Refractores: Están constituidos con cubetas, globos o pantallas de vidrio o materiales plásticos, con estrías, para que la luz experimente cambios de dirección por refracción, pudiendo aumentarse la intensidad luminosa en las direcciones que se deseen.
 - c.** Difusores: Se encargan de disminuir la luminancia de la lámpara para evitar el deslumbramiento.

- d. Control: Es el dispositivo que opera el encendido o pagado de la lámpara, ya sea en forma manual o automática.



Fuente: Fundación Red de Energía- BUN-CA 2010 y Afinidad Eléctrica 2007¹⁴

Figura 7. Dispositivos que integran un sistema de iluminación

Este conjunto de dispositivos trabaja armónicamente para producir el efecto luminoso deseado, proporcionando características como: un nivel de iluminación necesario, evitar deslumbramiento indeseable, producir los colores correctos sobre el objeto, resaltar sus formas y texturas (Fundación Red de Energía- BUN-CA 2010)¹⁵.

3.5. Iluminación Artificial

Es necesario que la iluminación artificial sea un complemento de la luz natural, para equilibrar y proporcionar una iluminación suficiente de forma cómoda y conveniente en un recinto. No obstante, en muchos casos, este tipo de iluminación es la única disponible, por lo que su diseño, implica un análisis detallado para crear un ambiente placentero y seguro, a un costo razonable (Fundación Red de Energía- BUN-CA 2009)¹⁶

Existe distintas lámparas de emisión de luz, como son: las de espectro completo, las incandescentes, las de descarga, Las LED's (diodos de emisores de luz), los fluorescentes,

¹⁴ Afinidad Eléctrica. Así funcionan las lámparas fluorescentes.

¹⁵ Fundación Red de Energía-BUN-CA. 2010. Iluminación: buenas prácticas en eficiencia energética.

¹⁶ Fundación Red de Energía-BUN-CA. 2009. Manual técnico de iluminación.

los de vapor de aditivos metálicos, los de vapor de sodio de alta presión, los de vapor de sodio de baja de presión, las HID, entre otros (Fundación Red de Energía- BUN-CA 2009)

3.5.1. Lámparas Fluorescentes

Estas lámparas forman parte de la familia de lámparas de descarga de gas y para su función se requiere de un balasto para evitar que la corriente se dispare y la lámpara se destruya (Fundación Red de Energía- BUN-CA 2009).

Se encuentra constituida de un tubo cerrado de vidrio, dos cátodos (uno en cada extremo), un gas noble o una mezcla de ellos, un recubrimiento interior de halofosfatos o tierras raras y una pequeña cantidad de mercurio (Fundación Red de Energía- BUN-CA 2009).

Su función se basa, cuando uno de los cátodos se calienta y empieza a emitir electrones a lo largo del tubo, en dirección al otro cátodo establecido por el flujo de corriente. Esta corriente incrementa la temperatura interior y a un volumen constante aumenta la presión, gracias a estas condiciones las gotas de mercurio empiezan a “sudar” y luego a vaporizarse. Cuando el ambiente de vapor de mercurio empieza a ser bombardeado por electrones emitidos por los cátodos se ioniza, y al desprenderse el exceso de energía emite un fotón de radiación ultravioleta, esta es invisible, pero al pasar por la capa de recubrimiento interior “fluorece” es decir cambia la longitud de onda volviéndose luz (radiación visible) de donde se toma el nombre de fluorescente (Fundación Red de Energía- BUN-CA 2009).

Dentro de las ventajas que tiene esta tecnología se puede mencionar: es económica con respecto a otras lámparas e incluso tiene bajo consumo como son la línea T8 y T5 de los fluorescentes tubulares, además es fácilmente reemplazable en caso que una lámpara se dañadora, genera poco calor en los recintos cerrados, tiene gran cantidad por lm/W en un metro cuadrado y por último existe gran cantidad de marcas en el mercado en el cual se puede escoger las de mejor condición (Quintero 2009)¹⁷.

¹⁷ David Gerardo Quintero Miranda. Ingeniero Mecánico. Diseño de una luminaria de bajo consumo de potencia en con tecnología LED

No obstante, dentro de las desventajas se encuentra: mayor contaminación lumínica por la cantidad de lm/ W, tienen un menor tiempo de vida comparada la tecnología LED, utilizan un balasto para poder direccionar la corriente eléctrica y que la misma lámpara no explote, mayor consumo en la potencia debido al utilizar el balasto y por último se requiere de un mantenimiento periódico de al menos una vez al año como máximo (Quintero 2009).

3.5.2. Efectos en la Salud y el medio ambiente de las lámparas fluorescentes

Los efectos a la salud que provoca este elemento en el medio ambiente y al ser humano conllevan lo siguiente (SCHER; *et al*, 2010)¹⁸:

- Efectos a corto plazo: cuando el mercurio es acumulado a corto plazo, pero con alta duración y alta concentración, produce problemas pulmonares, daño renal y gastroenteritis; además se ha reportado síntomas neurotóxico como temblor y aumento de la sensibilidad a los estímulos.
- Efectos a largo plazo: después de inhalar el mercurio a largo plazo, afecta el sistema nervioso central y el riñón. También se puede observar una variedad en la personalidad cognitiva, sensorial y funciones motoras. Aunque muchos de estos síntomas desaparecen con el retiro de la exposición, muchos de estos persisten como es el temblor y el déficit cognitivos. Se han observado en sujetos laboralmente expuestos de 10 a 30 años después de la exposición.

En cuanto a las emisiones de CO₂, la Agencia Internacional de Energía prevé un aumento del consumo mundial de un 60% de CO₂ y un 62% de las emisiones de CO₂ para el año 2030, siempre y cuando que los hidrocarburos sean el principal suministro de energía (Sosa *et al* 2007)¹⁹. Aunque no es el caso para Costa Rica, donde la mayoría de energía proviene de los recursos naturales, esto no la exonera de tener efectos ambientales como esos.

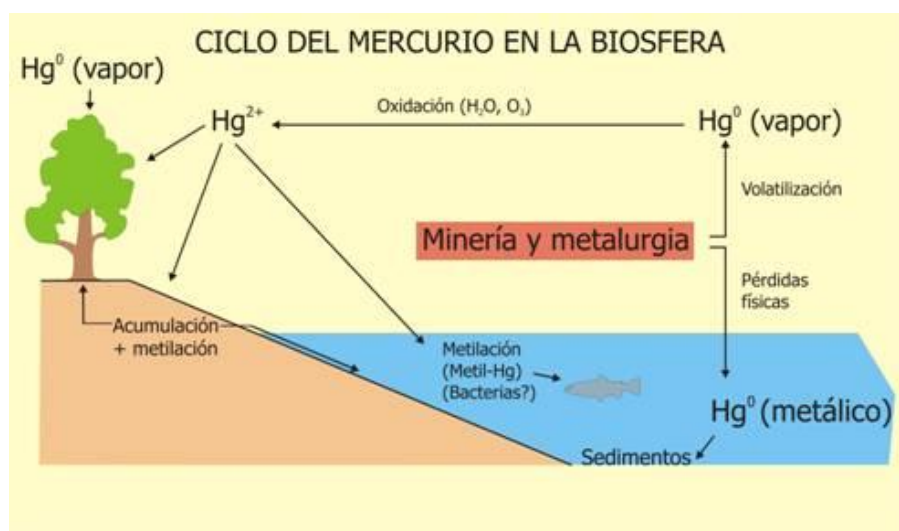
¹⁸ SCHER (Scientific Committee on Health and Environmental Risks). Opinion on Mercury in Certain Energy-Saving Light Bulbs

¹⁹ Sosa, S.M. Cotalero, P. Fernández, F. Lorente, A. Marcos, F. Martínez, L. Oberhuber, T. Rois, C. Saintavit. L. Recomendaciones para la mejora el comportamiento ambiental de las Administraciones públicas: Propuesta sobre ahorro y contratación.

3.5.3. Ciclo del Mercurio

El mercurio puede lograr entrar en suelo, agua y aire. Se encuentra presente en la corteza terrestre en un 0.05 mg/Kg promedio, con variaciones locales significativas y los océanos son los mayores reservorios de mercurio (Cerro *et al* 2012)²⁰. Puede entrar por distintos medios, tanto en procesos naturales (actividad volcánica o erosión natural de las rocas) o por actividad antropogénica (minería primaria de metales, combustión fósiles como el carbón, entre otros).

El ciclo del mercurio se puede ver ejemplificado en la figura 8, donde el proceso inicia en el momento en que se expone al medio ambiente puede encontrarse en forma de mercurio elemental, en alguna de sus formas oxidadas o como compuestos inorgánicos u orgánicos, variando la capacidad de evaporarse, depositarse y tener un tiempo de residencia o solubilidad. Las formas más naturales de encontrar el mercurio son: mercurio elemental o metálico, sulfuro de mercurio, cloruro de mercurio y metil-mercurio (Cerro *et al* 2012)



Fuente: Higuera y Oyarzun s.f.²¹

Figura 8. Ciclo del mercurio en el medio ambiente

²⁰ Cerro Martín, G; Barnuevo Villanueva, J.R.; Milagros Vega, M; Ramos Pino, M; Carrasco Milara, J; Conde Masilla, A. Buscando Soluciones para la Gestión Medio Ambiental del Mercurio

²¹ Pablo Higuera; Roberto Oyarzun. Contaminación, reales decretos y el legado minero en España.

El mercurio elemental tiene un estado líquido, si se encuentra a temperatura ambiente se puede evaporar y pasar a la atmosfera, donde podría tener un tiempo de residencia de uno a dos años. Esta característica permite que se fije en la troposfera transportándose en una escala hemisférica y lugares alejados de la fuente de emisión (Cerro *et al* 2012)

Caso contrario con el mercurio oxidado [Hg(II)], resultado de la oxidación del mercurio elemental, este se puede depositar rápidamente en las superficie terrestre al poseer tiempos de resistencias que van desde horas hasta meses. El mercurio oxidado depositado en el suelo, puede formar compuestos inorgánicos como consecuencias de reacciones químicas y biológicas, dichos compuestos suelen formar complejos con arcillas o materia orgánica, limitando la movilidad del mercurio en el suelo. Cuando se encuentra unido al humus o suelo en suspensión, puede ser lixiviado por la escorrentía. Gracias a esto, el mercurio tiene un largo tiempo de residencia en el suelo y se puede seguir liberando a las aguas superficiales y otros medios durante largos periodos, posiblemente cientos de años (Pirrone 2001 citado por Cerro *et al* 2012)

Según Cerro 2012, el mercurio presente en la atmósfera también se deposita en aguas (superficiales, costeras y oceánicas), donde puede volver a la atmosfera con evaporación, sufrir procesos de metilación y formar metil-mercurio o bien sedimentar a partir del mercurio particulado.

3.5.4. LED

El LED (Diodo de emisor de Luz) es un tipo de semiconductor que pertenece a la familia de los diodos encargados de conducir la corriente eléctrica más fácilmente de una dirección.

Básicamente es un semiconductor unido a dos terminales (ánodo y cátodo) que cuando circula corriente eléctrica produce un efecto llamado electroluminiscencia, fenómeno que transforma la energía eléctrica en radiación visible (Pomatta 2015)²²

Un diodo está compuesto por varias capas de material semiconductor, cuando se aplica corriente eléctrica al conductor se origina una fuerte corriente, generándose luz en una fina capa, llamada capa activa. El LED emite luz casi monocromáticamente, que depende del material utilizado, los cuales son InGaAIP y InGaNg son empleados para producir el LED de alta luminosidad en todos los colores (Pomatta 2015)

Dentro de algunas características se pueden mencionar: eficacia luminosa cuya evolución lo sitúa de 100 lm/W y la tendencia es seguir subiendo hasta unos 200-300 lm/W, alta eficiencia de color con buena reproducción cromática de $R_a=80$, tiene una vida útil que dura entre 50.000 y 100.000 horas lo que significa que su funcionamiento es altamente fiable, resistencia a golpes o vibraciones debido a ser tan compacto y reducido, tiene un bajo consumo ahorrando energía por la poca potencia que demanda (Pomatta 2015)

Sin embargo, este tipo de tecnología tiene sus limitaciones de los cuales atribuye: sensibilidad en temperaturas que sean mayor a 65° , donde la mayoría de los LED se estropean y su electrónica también, además se requiere de una elevada disipación térmica, aunque estos genere menos calor que las lámparas convencionales, es importante disiparlo, por lo que los disipadores sean de aluminio y con mucha superficie de disipación; no obstante esto no garantiza mayor tiempo de vida de la lámpara y finalmente, el precio de la lámpara es bastante más elevado en comparación con los demás (Quintero 2009).

Pero dentro de sus virtudes se encuentran: menor consumo de potencia, debido a que no utiliza otros accesorios para direccionar la energía, larga vida de operación, es la lámpara que cuanta con más tiempo de vida en comparación a cualquier otra lámpara del mercado,

²² D. Ricardo Pomatta (Director Técnico de ANFALUM); José Ignacio Urraca Piñero (Asesor técnico de ANFALUM); D. Manuel Almazán García. (Técnico de apoyo de la Fundación de la Energía). Guía sobre la tecnología LED en el alumbrado.

no contiene mercurio en comparación con las lámparas fluorescentes, además no produce contaminación lumínica aunque tenga un mayor cantidad de lm/W (Quintero 2009)

3.6. Eficiencia Energética

La eficiencia energética (EE) tiene como objetivo brindar un conjunto de acciones para reducir el consumo de la energía y alcanzar mayores beneficios finales, tales como un menor consumo de los recursos naturales y un menor impacto sobre el medio ambiente (Farrer s.f.)²³. Además, disminuye el gasto monetario, pues no utiliza petróleo como fuente de energía y fomenta las prácticas ambientales en el edificio.

Para poder desarrollar la EE es importante contar con el apoyo de las tecnologías limpias (Farrer s.f.), que brindarán un aporte significativo para lograr que las prácticas ambientales sean eficaces.

3.7. Valor de la Eficiencia Energética de la instalación

La eficiencia energética de una instalación de iluminación se mide según la zona y se realiza mediante al mediante el valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI) es el resultado de watt por metro cuadrado (W/m^2) por cada 100 lux (Boletín Oficial del Estado. 2013).

Esta medición se debe tomar las siguientes variables: la potencia de la lámpara más el equipo auxiliar en watt, la superficie para ser iluminada en m^2 , la iluminación media horizontal mantenida que es en lux.

Según la norma española en el Código Técnico de la Edificación, en la Sección H3: Eficiencia Energética de las Instalaciones de Iluminación, es aplicable para edificios nuevos como ya existentes que se renueve el 25% de la superficie iluminada (BOE 2013)²⁴

²³ Monica Farrer. Arquitecta. Exposición de Eficiencia Energética. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Chile

²⁴ BOE (Boletín Oficial del Estado) España. Documento Básico DB-HE “Ahorro de Energía”.

3.8. Importancia de las Lámparas Eficientes

Para determinar la eficiencia energética en el alumbrado, es necesario identificar la cantidad y la calidad de iluminación necesaria para cada ambiente.

Las zonas que tienen exceso de iluminación de forma natural ofrecen mayores oportunidades de ahorro, mientras que las áreas con niveles bajos deben ser rediseñadas, para buscar el balance entre los niveles de iluminación y el consumo energético (Fundación Red de Energía- BUN-CA 2010). Las prácticas que busca dicho balance son: utilizar lámparas con eficiencia baja, como son las incandescentes convencionales y fluorescentes T12 y evitar el uso de balastos electromagnéticos y luminarias que hayan cumplido su vida útil o que estén en mal estado.

La lámparas fluorescentes compactas tienen un costo inicial mayor, en comparación con las incandescentes, pero el ahorro de energía es sustancial y los períodos para recuperar la inversión suelen ser de 1 a 3 años, dependiendo de las horas de uso y la tarifa eléctrica (Fundación Red de Energía- BUN-CA 2010). Para seleccionar algún tipo de fluorescente compacto en lugar de algún tipo de incandescente, se debe considerar el flujo luminoso que se observa en el cuadro 2.

Cuadro 2. Relación de potencia entre las lámparas incandescentes y las lámparas fluorescente compactas en (W)

Bombillos incandescentes	Fluorescentes compactos
25	5-7
40	8-11
60	13-15
70	18-20
100	23-25

Fuente: Fundación Red de Energía-BUN-CA 2009

Según Mancera (2012), sustituir las lámparas y equipos eficientes conlleva una serie de ventajas tales como:

- Proporción del mismo flujo luminoso, pero mejora la calidad de la luz.
- Ahorro en la factura eléctrica.

- Mejora el bienestar de las personas cumpliendo con la normativa.
- Son más duraderas y reducen los costos de mantenimiento e interrupciones.
- Sustitución de lámparas con menor frecuencia.
- Puede llegar a ahorrar el 80% del gasto destinado a la iluminación
- Reducción de las emisiones de calor de las luminarias, con el consiguiente ahorro en climatización.

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA

En este apartado se detalla el conjunto de procedimientos utilizados para alcanzar los objetivos propuestos, basados en la identificación para la eficiencia en la iluminación, tanto en la calidad luminosa así como en el consumo eléctrico.

4. Descripción de la metodología

La metodología por utilizar es de carácter cuantitativo. Según Sampieri (2010)²⁵, pues el diagnóstico se basará en la medición de la iluminación en el edificio de Laboratorios Ciencias Forense y parte de Medicina Legal en la Ciudad Judicial San Joaquín de Flores, donde se observará y se medirá la eficiencia lumínica, además los factores que influyen en su aumento.

Dentro del aspecto más determinante para la recolección de datos cuantitativos, se encuentran la medición de las luminarias, por medio de un luxómetro se determinará los lux que tiene cada área, dependiendo de la actividad que se realice, de acuerdo con la normativa correspondiente. A su vez se investigará el tipo de luminarias que ahorre el consumo energético y brinde las características necesarias para las tareas en los edificios.

En lo que corresponde al componente cualitativo del proyecto, se utilizará la teoría fundamentada (teoría sustantiva con datos empíricos) y la descriptiva (busca especificar las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis) (Dankhe citado por Sampiere *et al* 2010), pues las prácticas ambientales que realizan los funcionarios en el edificio arrojan hipótesis de la eficiencia energética y cuánto puede afectar si no es aplicada en forma rigurosa.

Para determinar las prácticas ambientales que tienen los usuarios en los edificios por estudiar, se utilizará la observación, que estudiará las secciones de los laboratorios de

²⁵ Roberto Hernández Sampiere. Carlos Fernandez Callado. Pilar Batista Lucio. Metodología de la Investigación. Quinta edición

Ciencia Forense al azar para determinar los hábitos de ahorro de iluminación que realizan los usuarios.

4.1. Descripción de las variables de estudio

Según Sampieri (2010), una variable es aquello que puede tener una variación susceptible y a su vez puede ser medible u observable. Por consiguiente, el estudio analizará la variable de la iluminación artificial del edificio de Laboratorios de Ciencias Forense y Medicina Legal, a partir del sistema de iluminación actual, para diagnosticar los niveles de iluminación, la eficiencia eléctrica de las luminarias, la cantidad de lámparas, así como sus hábitos de consumo.

Una vez determinado el estado actual del sistema de iluminación del edificio, por medio del análisis de resultados del inventario y el diagnóstico del consumo eléctrico, se procede a realizar una propuesta de mejora en el lugar de estudio.

4.2. Técnicas e instrumentos seleccionados para el cumplimiento de los objetivos

Para desarrollar la metodología de la investigación, se implementarán varias técnicas e instrumentos para la recolección de los datos, dependiendo de la variable y el carácter mixto de la investigación. En el cuadro 3, se describen los métodos por utilizar y la recolección de los datos, dependiendo de los objetivos.

Cuadro 3. Conceptualización de las variables con la técnica, instrumentos e indicadores para el estudio.

Objetivo	Variable	Conceptualización	Técnica	Indicador
Evaluar los niveles de iluminación en el edificio de Laboratorios de Ciencias Forenses y Medicina Legal de la Ciudad Judicial San Joaquín de Flores.	Niveles de iluminación en los Cantidad de luminarias	Niveles de iluminación: es la cantidad del flujo luminoso que debe tener el plano de trabajo dependiendo de la tarea que se realice. Cantidad de luminarias: es el número de lámparas que debe tener el techo para lograr una iluminación adecuada en un plano de trabajo.	Utilización de equipos de medición: •Luxómetro •Medidor de laser a distancia. •Mapeo de iluminación •Planos eléctricos	Lux m ² % de Áreas de trabajo que cumplen con los niveles.
Estimar el consumo eléctrico anual que requieren las iluminarias en el edificio de Laboratorios Ciencias Forenses y Medicina Legal de la Ciudad Judicial San Joaquín de Flores.	Valor de eficiencia energética de la instalación Inventario de lámparas Cálculo del emisiones de CO ₂ y de mercurio	Valor de eficiencia energética de la instalación: es un factor que mide la eficiencia energética de la instalación del alumbrado. Inventario de lámpara: conteo de lámparas en el lugar de estudio.	Utilización de equipos de medición: •Luxómetro •Medidor de laser a distancia. •Mapeo de iluminación •Consumo energético •Factor de emisión de emisiones de gases de efecto invernadero del IMN •Especificaciones técnicas de las lámparas actuales	Lux m ² W Número total de lámparas en kW

Fuente: Elaboración propia

Continuación del cuadro 3.

Objetivo	Variable	Conceptualización	Técnica	Indicador
Proponer un diseño de iluminación eficiente para el ahorro y la eficiencia en el uso de la energía en el edificio de Laboratorios de la Ciudad Judicial y Medicina Legal de San Joaquín de Flores.	Propuesta de un cambio de tecnología de iluminación	Eficacia luminosa: relación entre el flujo luminoso de una fuente de luz y la potencia consumida en ella.	Cálculo de ahorro energético	Demanda energética kW
	Diseño de Iluminación general en el edificio.	LED: lámpara con estado sólido que utiliza leds (diodos emisores de luz). Están compuestas en agrupaciones de led's, en mayor o menor número, según la intensidad luminosa deseada.	Método de cavidades Utilización del Autocat y el DIALux como software de cálculos y proyección	Lum/w Número de iluminarias % uso de iluminaria.
	Eficacia luminosa	CFL: Son lámparas de descarga de gas y requieren de un balasto, ahorran energía y reduce la carga conectada	Especificaciones técnicas de la lámparas propuestas	
		Fluorescente T8-T5: son lámparas de descarga de gas, requieren de un balasto para evitar que la corriente se dispare, tienen una pequeña cantidad de mercurio, son muy eficientes.		

Fuente: Elaboración propia

4.3. Fases metodológicas para los cálculos de la iluminarias

A continuación se describen y se desarrollan las fases para lograr el ahorro energético en iluminación en el edificio de Laboratorios Ciencia Forense y Medicina Legal en la Ciudad Judicial San Joaquín de Flores.

4.3.1. Fase I: Diagnóstico e inventario de iluminarias del Edificio

En esta sección se darán los pasos para conocer y medir el sitio de estudio. Se recolectará la información necesaria para realizar el muestro con los datos necesarios para el estudio.

4.3.1.1. Método de muestreo y mapeo de iluminación

Este método se utiliza dividiendo el área en cuadrantes iguales y ajustables al plano de trabajo. Cada plano de trabajo debe estar dentro de un cuadrante para que la medición no se vea afectada; la cual va depender de la ubicación de las lámparas y del área del trabajo.

Se debe medir el número mínimo de puntos se calcula a partir del índice local aplicable al interior analizado como se muestra en la siguiente ecuación:

Ecuación 4.1. Cálculo para el índice local

$$\text{Índice local} = \frac{\text{largo} \times \text{ancho}}{\text{altura del montaje} \times (\text{largo} + \text{ancho})} \quad (1)$$

El ancho y largo se refiere a las dimensiones del recinto y la altura del montaje es la fuente vertical entre el centro de la fuente de luz y el plano del trabajo. La relación mencionada se expresa de la siguiente forma:

Ecuación 4.2. Cálculo para el número de dimensiones

$$\text{Número de puntos mínimos de medición} = (x + 2)^2 \quad (2)$$

Donde “X” es el número del valor del índice redondeado al entero superior para todos los valores del “índice local” iguales o mayores que 3, el valor de “X” es 4, debido a que la

cantidad de puntos de medición sería muy alta. A partir de la ecuación se obtiene el número mínimo de puntos de medición (SRT 2010)²⁶.

Datos de entrada del local

Para hacer la medición son necesarios dos instrumentos: el luxómetro y el medidor de láser a distancia. En esta etapa se realiza las siguientes mediciones:

- Luxes
- Altura sobre el plano
- Plano (horizontal, vertical o inclinado)

4.3.1.2. Análisis de la dimensiones del local o zona a iluminar

Se mide el ancho (a), largo (b) y alto (H) de la zona donde se realizará la medición

4.3.1.3. Fijar la altura del plano del trabajo

Las mediciones se efectúan sobre los planos de trabajo y se considera la inclinación existente. Si no se cuenta con el plano de trabajo, se mide sobre un plano imaginario.

Para medir la iluminancia general en un salón regular, se divide el área en cuadrados imaginarios y se realizan mediciones en el centro de cada cuadrado, a la altura de los planos de trabajo (0.75 metros para trabajo sedentario y 0,85 m. para trabajo de pie). El promedio de las mediciones individuales equivale a la iluminancia promedio del salón. Las mediciones se deben realizar en todas las estaciones de trabajo, debido a que las condiciones de iluminación, difícilmente son idénticas (Mondelo *et al* 2010).

En caso de contar con un plano de trabajo, se deben tomar en cuenta la cavidad y el tipo de actividad a realizar. Para realizar el cálculo de la cavidad local se determinará lo siguiente:

Cálculo de la cavidad local

En cuanto al índice de las cavidades, existen tres cavidades, las cuales son: la cavidad local (espacio entre la lámpara y la superficie), la cavidad del techo (espacio arriba de las lámparas) y la cavidad del piso (el espacio arriba de la lámpara). Para obtener el valor de cada cavidad se debe utilizar, donde se obtiene el coeficiente de utilización. Una vez

²⁶ SRT (Super Intendencia de Riesgo del Trabajo. Iluminación en el ambiente laboral.

conocida la reflectancia de las superficies del techo y del piso. Estos cálculos lo realiza el Dialux

Ecuación 4.3. 1. Cálculo de la cavidad

$$K = \frac{5 \times hm(l+a)}{l \times a} \quad (3)$$

Donde:

hm: Distancia que hay entre el plano o la altura del trabajo

l: Longitud del local

a: Ancho del local

K: Cavidad

4.3.1.4. Determinación de la iluminancia media

Este valor va a depender del tipo de la actividad del local en estudio.

Se realizará por medio de la Norma INTECO 31-08-06 2014, la cual define los parámetros recomendados para los distintos tipos de áreas, tareas y actividades, para un alumbrado que contribuye a alumbrar en cantidad y calidad los sistemas de iluminación para crear una comodidad visual a los usuarios.

4.3.1.5. Identificar el tipo e iluminaria utilizada

Se debe investigar el tipo de lámpara y la luminaria, para determinar los lúmenes (lm).

4.3.1.6. Determinación del coeficiente de utilización y factor de mantenimiento

Para determinar el coeficiente de utilización (CU) de acuerdo con la lámpara y la fuente luminosa, se tiene que tomar en cuenta la cavidad local y las reflexiones (techo y piso), de acuerdo con la lámpara. Sin embargo, este cuadro tiene una reflexión de cavidad de piso diferente a la verdadera, por lo que se corrige por medio del factor de corrección para el dato CU.

En el caso del factor de manteamiento, se relaciona la iluminancia promedio del trabajo después de un periodo determinado de uso de instalación y la iluminancia promedio obtenida al empezar a funcionar esta. Se determina por medio de la siguiente ecuación:

Ecuación 4.3. 2. Cálculo para el factor de mantenimiento

$$FM = FE \times DLB \times Fb \quad (4)$$

Donde:

Fm: factor de mantenimiento de instalación

Fe: depreciación de la luminaria por ensuciamiento

DLB: depreciación por disminución del flujo luminoso de la bombilla

Fb: factor del balastro.

EL programa Dialux realiza estos cálculos para efectos del coeficiente de utilización y el factor de manteamiento.

4.3.1.7. Inventarios de luminarias

Teniendo el plano arquitectónico del edificio, se ubica cada laboratorio para realizar los siguientes:

- Ubicar las luminarias
- Tipo de lámpara
- Distribución o ubicación de la luminaria
- Determinar el consumo en Kw de la luminaria
- Determinar las horas aproximadas de utilización

Una vez estando en las diferentes áreas del edificio, se investiga la forma de distribución que tienen las iluminarias en el área, para determinar el tipo de lámpara y la cantidad total que existe en cada sección del edificio. Se lleva a cabo por medio de la revisión individual de cada una las luminarias que se distribuye en el área.

Para determinar la calidad de energía que tiene el edificio se dispondrá de medir algunos tableros serán medidos por lo menos durante una semana para determinar el consumo usual

que se estaría dando en el edificio. El instrumento mide el consumo eléctrico en la luminaria en watts según el área donde indica el tablero.

A su vez, se investigará a través del personal, las horas de uso que tienen las luminarias y así determinar el tiempo de uso de las luminarias y los hábitos de consumo que tiene el edificio.

4.3.1.8. Estudio de la facturación eléctrica

Actualmente el edificio utiliza los servicios eléctricos de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL). Cuenta con una facturación de servicio general, del cual se solicitó el histórico de la facturación eléctrica que ha tenido dicha edificación a lo largo de un año. Así, se analizará el consumo en kWh y los cobros anteriores del ente estatal.

4.3.2. Fase II: Cálculo para determinar las emisiones de CO₂ y de Mercurio

4.3.2.1. Cálculo de emisiones de CO₂ Anual

Para el cálculo de emisiones de CO₂ se utilizó el factor de emisión del Instituto De Meteorología Nacional de Costa Rica, del cual para el año 2104 se obtiene un factor de emisión de 0,1170 Kg CO₂e/kWh.

La fórmula para determinar la cantidad de emisiones en CO₂ se precisa con la siguiente expresión.

Ecuación 4.3. 3. Cálculo para las emisiones de CO₂ anual

$$\text{Emisiones de CO}_2\text{anual} = \text{Consumo anual de las lámparas} \times \text{Factor de emisión} \quad (5)$$

4.3.2.2. Cálculo para las emisiones potenciales de Hg

Para determinar las emisiones de mercurio anuales de las lámparas cuando permanecen encendidas, se describa a continuación:

Ecuación 4.3. 4. Cálculo para las emisiones potenciales de Hg

$$Emisiones\ potenciales\ de\ Hg = mg\ de\ (Hg)\ lámpara * N\ lámpara \quad (6)$$

Donde

N= número o cantidad

4.3.3. Fase III: Análisis de Resultado del diagnóstico sobre el inventario de luminarias.

En este apartado al utilizar el programa Dialux y llevar a cabo todas las mediciones para concluir cuál es el valor de la eficiencia energética de la instalación, es lo que se requiere para determinar la calidad propuesta emitida.

A continuación se presenta una serie de fórmulas utilizadas para determinar la cantidad de luminarias en el edificio, así como la eficiencia energética del mismo.

4.3.3.1. Cálculos del flujo luminoso total en el edificio del Departamento de Ciencias Forense y Medicina Legal

Para realizar el cálculo del flujo luminoso se aplica la metodología de Rodríguez (2012)²⁷, pero dichos cálculos se realizarán por medio del programa Dialux, el cual se encargará de proyectar la propuesta para realizar las correcciones y ajustarse a la norma INTE 31-08-06 2014, descrita a continuación:

4.3.3.2. Cálculo para alumbrado interior

Este apartado es realizado por medio del software de Dialux

Ecuación 4.3. 5. Cálculo para el número de alumbrado interior

$$E_{prom} = (\Phi_{tot} * CU * FM) / A \quad (7)$$

Donde:

Φ_{tot} = Flujo luminoso total de las bombillas.

A = Área del plano de trabajo en m²

CU = Coeficiente o Factor de utilización para el plano de trabajo.

FM = Factor de mantenimiento.

²⁷ Rodríguez Julián, Llano Cristian; Guía para el diseño de las instalaciones de iluminación interior utilizado por el Dialux

Uniformidad del alumbrado

El dato es obtenido por el software de Dialux y la ecuación básica es:

Ecuación 4.3. 6. Iluminación del alumbrado en el área

$$I(A) = CU(LLD)(N_1)(N_2)(L) \quad (8)$$

Donde:

I: iluminación en el área en lux

A: área iluminada en m²

N₁: números de accesorios

N₂: números de lámparas

L: lúmenes de las lámparas

CU: coeficiente de utilización

LLD: depreciación de la lámpara en lúmenes

LDD: depreciación de la fuente luminosa debida al polvo

El método tiene cuatro pasos básicos:

- a. Determinar los índices de las cavidades zonales
- b. Determinar la reflectancia efectiva de las cavidades
- c. Seleccionar el coeficiente de utilización
- d. Calcular el nivel promedio de iluminación

4.3.3.3. Flujo luminoso requerido

Indica el flujo luminoso total requerido para producir la iluminancia media (E medio) previamente especificada. Se calcula por medio del programa Dialux y el flujo total se define de la siguiente manera:

Ecuación 4.3. 7. Cálculo del flujo luminoso requerido

$$\varphi_{tot} = \frac{E_{medio} \times A}{CU \times FM} \quad (9)$$

Donde:

φ_{tot} : Flujo luminoso total requerido (lm)

E medio: iluminación media requerida (lx)

A: área del local (m²)

CU: coeficiente de utilización

FM: factor de mantenimiento

4.3.3.4. Calcular el número de luminarias requeridas

Una vez determinado el flujo luminoso total requerido se dispone la iluminancia media y el flujo luminoso emitido por cada lámpara. Este se calcula de la siguiente manera:

Ecuación 4.3. 8. Cálculo para el número de luminarias requeridas

$$N = \frac{\varphi_{tot}}{\varphi_l \times n} \quad (10)$$

Donde:

N: Número de luminarias requeridas

N: Número de bombillas por luminarias

φ_{tot} : Flujo luminoso total o requerido (lm)

φ_l : Flujo luminoso por bombilla (lm)

Después de calcular el N, normalmente da un número impar, por lo que se deberá escoger el número de iluminarias por utilizar más aproximado a N.

4.3.3.5. Calcular el flujo luminoso real (φ real) e iluminancia del promedio real (E_{prom})

Cuando se determina el número de luminarias, el Dialux, calcula el flujo luminoso real emitido por de la siguiente ecuación:

Ecuación 4.3. 9. Cálculo para el flujo luminoso real

$$\Phi_{real} = N * n * \varphi_L \quad (11)$$

Donde:

Φ_{real} : Flujo luminoso real emitido (lm)

N: Número de luminarias requeridas

n: Número de bombillas por luminarias

φ_L : Flujo luminoso por bombilla (lm)

AL tener ya calculado el Φ_{real} , a través del Dialux se estima calcular la iluminancia promedio la cual se obtendrá con ese valor. La iluminancia promedio está determinada por la siguiente ecuación:

Ecuación 4.3. 10. Cálculo para la iluminancia promedio real

$$E_{prom} = \frac{\phi_{real} \times CU \times FM}{A} \quad (12)$$

Donde:

Φ_{real} : Flujo luminoso real emitido por el número de luminarias (lm)

CU: Coeficiente o factor de utilización

FM: Factor de mantenimiento

A: Área de edificación (m^2)

4.3.3.6. Valor de la eficiencia energética de la instalación

La eficiencia energética de la iluminación se evaluará por medio del Dialux, con un valor de Eficiencia Energética de la instalación VEEI, expresado en (W/m²) por cada 100 luxes, mediante la siguiente expresión:

Ecuación 4.3. 11. Cálculo para el valor de la eficiencia energética de la instalación

$$VEEI = \frac{P \times 100}{S \times E_{prom}} \quad (13)$$

Donde:

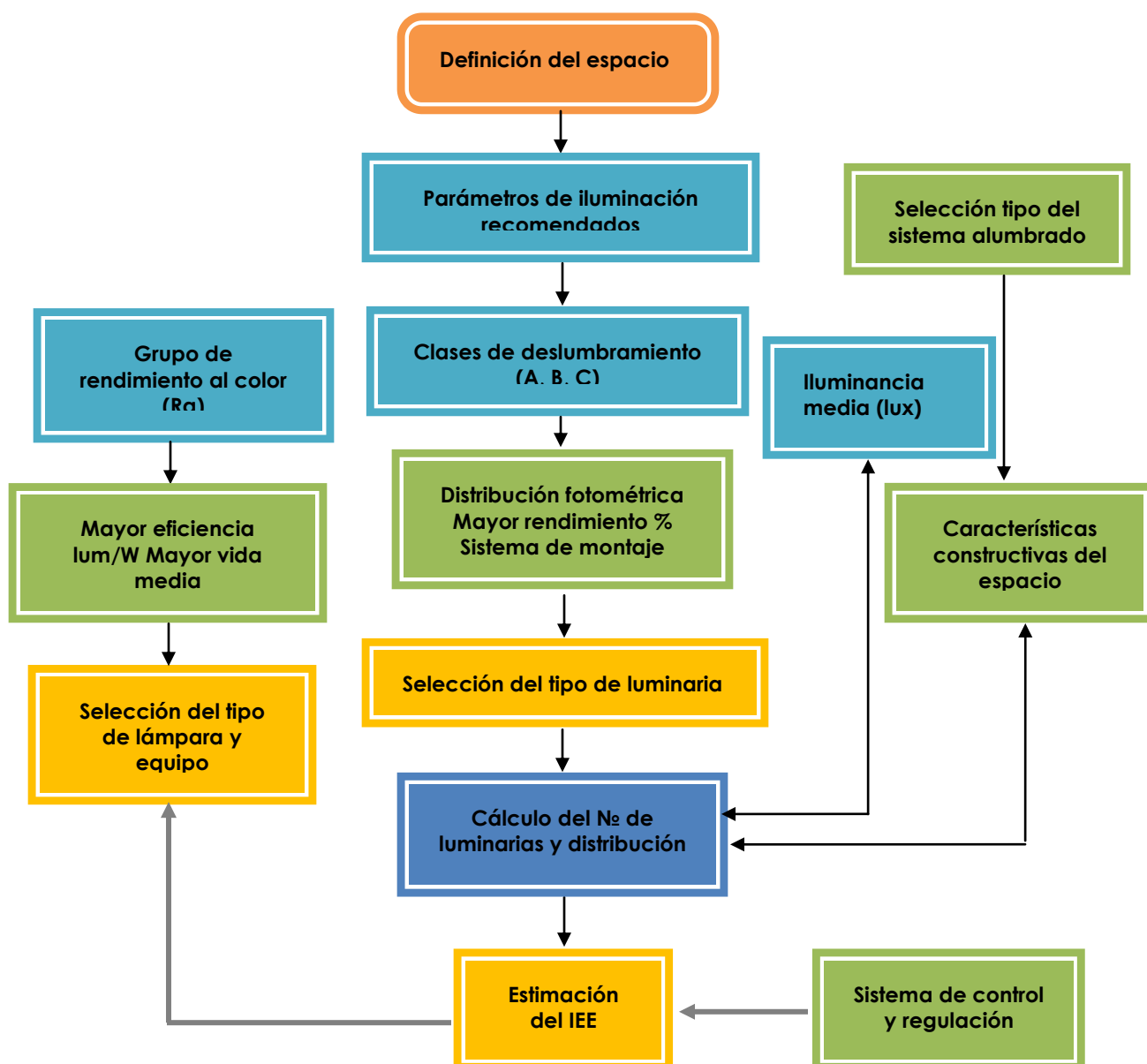
P: Potencia total instalada en las bombillas más los equipos auxiliares, incluyendo sus pérdidas (W)

S: Superficie iluminada (m^2)

E_{prom} : Iluminancia promedio horizontal mantenida (lux)

En el cuadro A1 se indican los valores límites del VEEI, de los deben cumplir los recintos de la instalaciones interiores en las edificaciones, estas se dividen en dos zonas, según su función.

En cuanto al procedimiento de los datos, en la figura 13 se presenta una guía para conseguir una eficiencia energética adecuada:



Fuente: Ezquerro *et al* 2001²⁸

Figura 9. Esquema del procedimiento de los datos para una eficiencia energética en alumbrado.

4.3.3.7. Mapeo de iluminación en función del croquis del sitio de estudio

Con el programa Dialux el mapeo de iluminación del edificio revela los lux donde se realizaron las mediciones en los diferentes departamentos donde se llevó a cabo el muestreo.

²⁸ Gonzalo Ezquerro; Mar Gandolfo; Alonso Ramos; Ignacio Urraca del CEI (Comité Español de Iluminación). Guía técnica de la eficiencia energética de la iluminación. Oficinas. En conjunto con el IDEA (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía)

El programa DiaLux, se encarga de proyectar y modelar el impacto que tendrá la luz en los puestos de trabajo.

Es importante recalcar, que tanto los planos arquitectónicos como los planos eléctricos se encuentran desactualizados, sin embargo para efectos del estudio y para realizar las proyecciones, se actualizaron los planos arquitectos del edificio.

Para ubicar las zonas de trabajo (Laboratorios y oficinas), se realizará lo más genérico posible, de modo que no se publicarán los nombres de las secciones de los laboratorios ni tampoco la actividad que realiza. Esto debido, a lo delicado de las muestras y las evidencias que gestiona el Departamento de Laboratorios de Ciencias Forenses.

El mapa de iluminación que se realizará en cada sección es permisible a las áreas a estudiadas. Cada departamento se ubicará por códigos para llevar a cabo las mediciones y las repeticiones donde se realizarán los muestreos.

4.4. Problemas de las iluminarias en el edificio

Según los datos realizados en la fase 1, se expondrá una serie de factores que afectan a la eficiencia en la iluminación, los cuales son:

- Tipo de tecnología eléctrica.
- Iluminación
- Cultura o hábitos del uso del sistema eléctrico
- Costo de la tarificación eléctrica.

4.5. Consumo y demanda del promedio mensual

Para determinar este parámetro se necesita lo siguiente:

1. Tener el inventario de iluminarias en el área donde se desea cambiar.
2. Se verifica qué tipo de lámpara tiene cada área para determinar la demanda nominal
3. Se suman las horas diarias que está la luminaria y se proyecta para un valor mensual, y así determinar el consumo eléctrico (kWh/mes)
4. Se suma el consumo eléctrico mensual total del edificio

5. Según la propuesta de las luminarias nuevas a implementar, se calcula el valor de demanda según los datos de placa de estas nuevas luminarias (kW) y utilizando el mismo tiempo de funcionamiento de las luminarias actuales se determina el valor estimado de consumo de las nuevas luminarias, del cual se proyecta en un valor mensual (kWh/mes)

4.5.1. Ahorro estimado

Para calcular el ahorro estimado, se tiene la siguiente ecuación:

Ecuación 4.5. 1. Cálculo de la estimación del ahorro en iluminación mensual

$$\text{Ahorro} = \text{costo mensual por electricidad kWh} \times (\text{consumo mensual total por iluminación} - \text{consumo mensual estimado por iluminación})$$

CAPÍTULO V: RESULTADOS

5. Análisis de los resultados obtenidos en la etapa de diagnóstico.

En esta sección se brindan los resultados obtenidos de las mediciones e inventarios de las luminarias utilizadas en el edificio de Medicina Legal y Ciencias Forense.

Asimismo, se incluye el consumo de energía anual que tiene cada departamento del edificio para analizar el gasto que genera el uso de las luminarias con el tipo de lámparas fluorescentes tipo T12, T12.

Como este tipo de lámparas, dentro de sus componentes, mercurio, se realizó el análisis ambiental en cuanto a las emisiones de mercurio que se obtiene al usar esta clase de tecnología en iluminación, en el mismo se analizaron las emisiones de dióxido de carbono para estudiar el impacto ambiental, que posee este tipo de lámparas al ser usadas en la edificación.

Sacar estos índices ambientales no es solo de interés mundial para disminuir los efectos de los gases de efecto invernadero y sus repercusiones al calentamiento global, sino que el mismo está dentro de la política de Cambio Climático por el que se rige el país.

En el Convenio de Minamata se busca dar un tratamiento adecuado a aquellos artefactos que tienen dentro de sus componentes el mercurio (Hg) para poder realizar una función necesaria. Analiza cómo manejar adecuadamente los artefactos que contiene dicho elemento, cuando ya ha pasado el tiempo de vida útil y el problema que presenta a la salud humana si se llega a liberar a la atmósfera.

Es por esta razón que muchos de los residuos tecnológicos se les deben dar un adecuado tratamiento previo antes de ser desechados completamente.

5.1. Medición de calidad de la energía de las luminarias del Edificio del Ciencias Forense y Medicina Legal del OIJ

Para realizar las mediciones de potencia de energía (kW) se escogieron diferentes circuitos ubicados en los tableros distribuidos entre la segunda y la tercera planta del edificio.

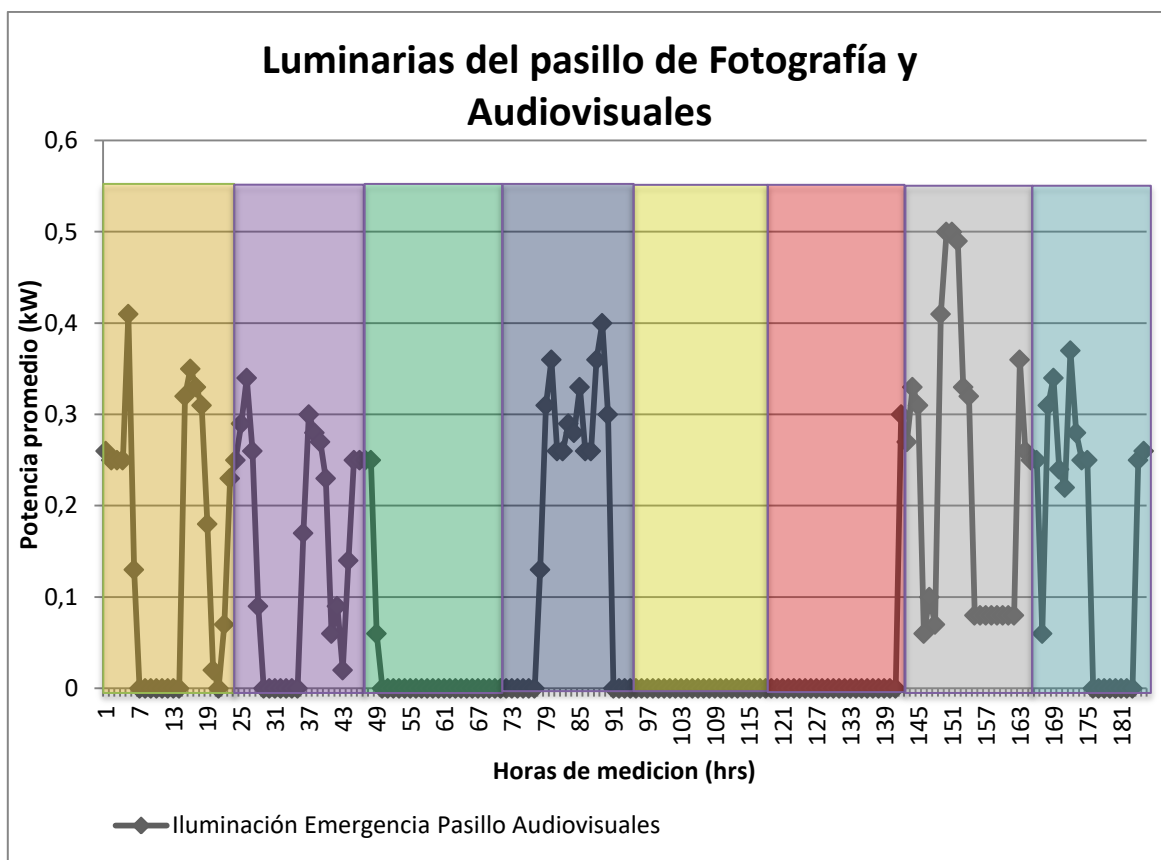
Estas mediciones duraron aproximadamente un mes, donde se utilizó el medidor de calidad de energía “Fluke 43B” el cual se conectó en un circuito específico que alimenta la iluminación general del edificio.

Cada medición tuvo una duración de una semana aproximadamente, de los cuales se escogieron al azar cuatro tableros, (2-E-2), (2-E-1), (3-E-1), (5-E-1) determinados por los planos eléctricos en iluminación del edificio, sin embargo, durante esta etapa del estudio, se estableció que los planos estaban desactualizados, debido a los cambios y ajustes que se han realizado principalmente en el segundo y tercer nivel del edificio por la implementación de nuevos equipos y personal de trabajo.

Los resultados obtenidos en los circuitos de los tableros, se graficaron para evidenciar la conducta del consumo en una semana normal. Se muestran diferentes barras de colores, en los gráficos, cada barra corresponde a un día de medición.

Para estas mediciones, solo se analizó el consumo de las luminarias en distintas áreas de los departamentos, con el objetivo de determinar las horas uso y las prácticas de ahorro tomando en cuenta las actividades que el personal realiza en el área a donde se tomó el muestreo.

A continuación se representa una serie de gráficos, se puede observar el uso de las luminarias y su uso durante una semana.



Fuente: Elaboración propia

Figura 10. Medición en kW para el pasillo de emergencia en el Departamento de Audiovisuales de los Laboratorios Forense del OIJ

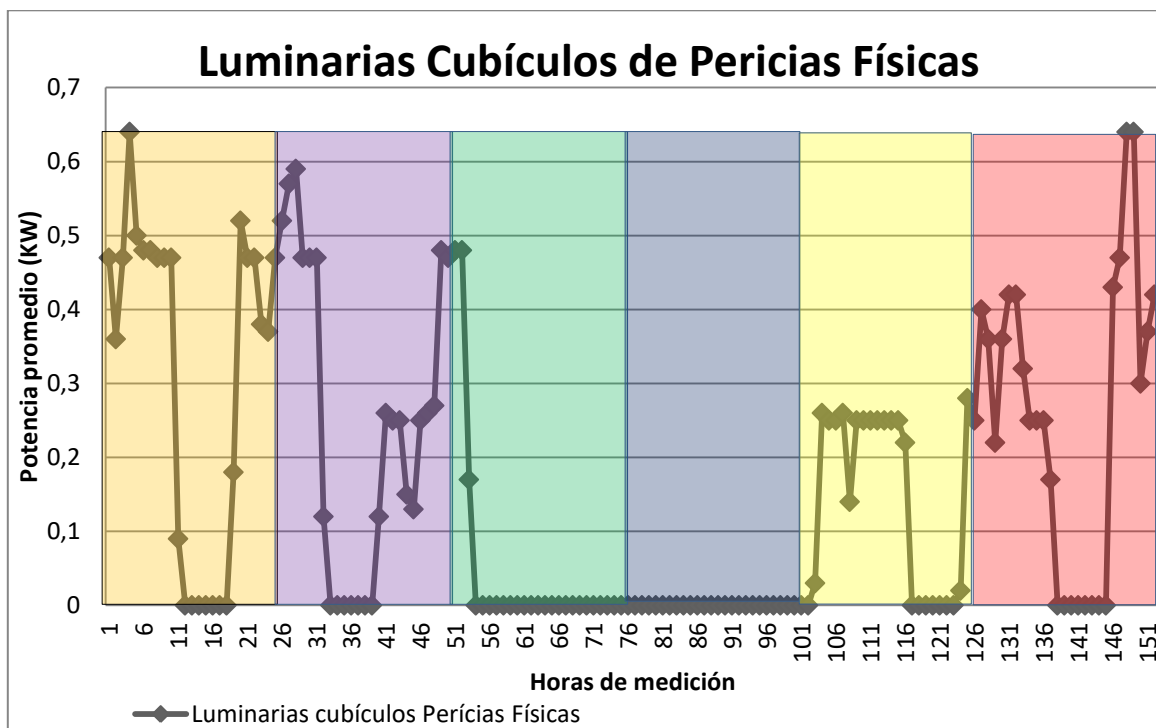
Para el punto de medición del departamento de Audiovisuales y Fotografía Forense (ver figura 20) específicamente en el tablero 2-E-2, circuito 7. Cada barra de color representa un día de medición, iniciando el día lunes 5 de mayo del 2014 y finalizó el día lunes 11 de mayo del 2014, con un total de 8 días.

Como se puede observar, en las barras de color verde, amarillo y rojo (miércoles, viernes y sábados), las luminarias no fueron utilizadas estos días, por lo que la potencia indica cero. Mientras que en la barra de color gris se observa una medida de 0,5 kW esto quiere decir que la luminaria se mantuvo encendida de forma constante alcanzando esta cantidad.

En cuanto a las barras identificadas con los colores naranja, morado y celeste (lunes, martes y lunes) se observa una baja en la potencia de la luminaria, esto quiere decir, que la

luminaria estuvo encendida por unas horas, y después se desistió de usar, por lo que su potencia queda representada en cero.

Se puede deducir que, la luminaria del pasillo de Fotografía y Audiovisuales, cumple con las prácticas de ahorro, ya que en los días sábados y viernes no presenta el aumento en la potencia.

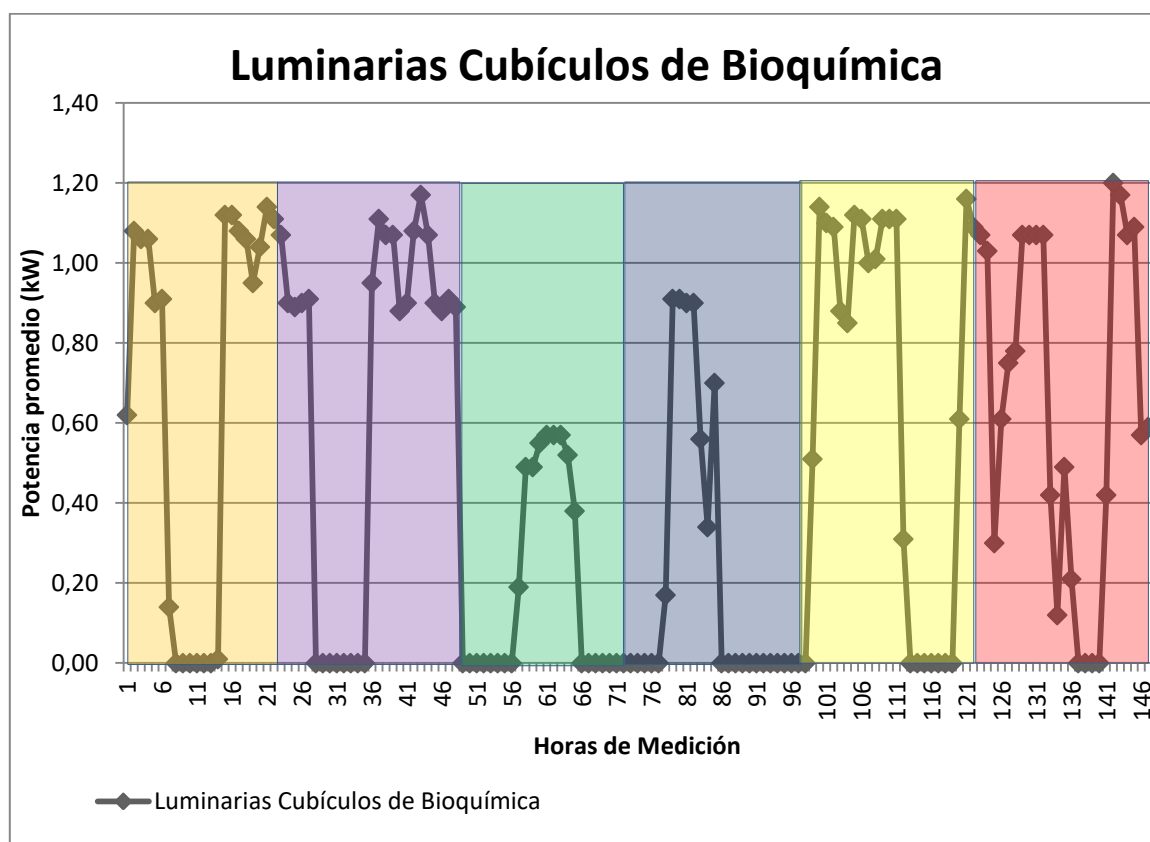


Fuente: Elaboración propia.

Figura 11. Medición en kW para los cubículos del departamento de Pericias Físicas de los Laboratorios Forense de OIJ

Este muestreo realizado en el Tablero 2-E-1, circuito, se inició el miércoles 14 de mayo del 2014 en el Departamento de Pericias físicas del Laboratorio Forense, con una duración aproximada de siete días (ver gráfico 21). Se pueden observar que las barras de colores verde y azul las cuales representa los días sábado y domingo, no hubo cambio en el aumento de energía, pues la potencia es cero, esto quiere decir, que las luminarias no fueron utilizadas estos días, por lo que refleja el adecuado uso de la energía en esta área.

En cuanto a las barras de color naranja y azul (miércoles y martes) se puede observar que la potencia máxima es de 0,65 por lo que estos días se obtuvo un uso más prolongado en los cubículos de toxicología.



Fuente: Elaboración propia

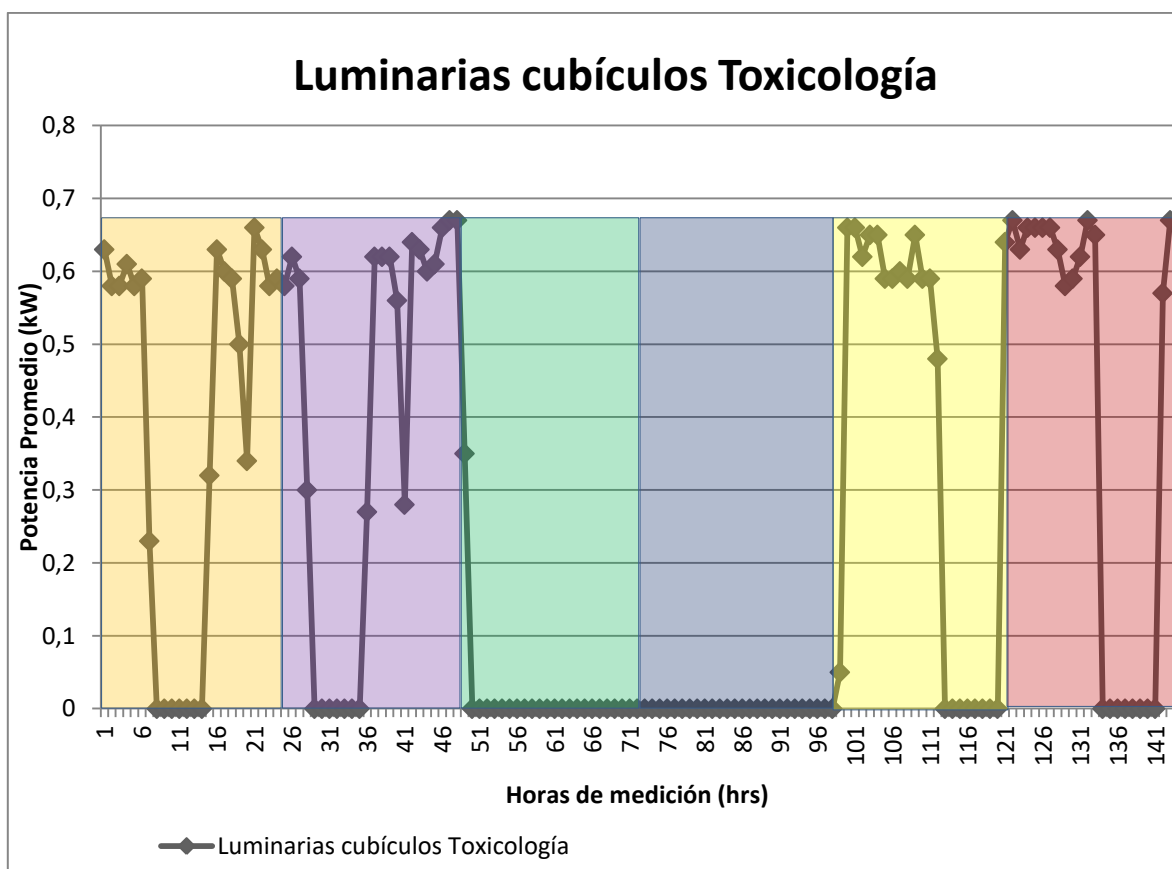
Figura 12. Medición en kW para los cubículos (conjunto al Departamento de Biología Forense) del Departamento de Bioquímica de los Laboratorios Forense de OIJ

En cuanto a la utilización de la luminaria en el departamento de Bioquímica de los Laboratorios Forense, se muestra que existe una actividad constante en el uso de sus aposentos, según en la figura 22.

Esta medición se realizó el 21 de mayo del 2014, con una duración total de seis días. Se observa que en las barras de color verde y azul (sábado y domingo) fueron utilizadas en estos días con una potencia máxima promedio 0,59 kW para el día sábado y de 0,97 kW para el día domingo.

Este departamento es el que más utiliza la luminarias, por lo que para el cambio a LED sería muy recomendado para el ahorro y uso óptimo del recurso energético, debido a que puede alcanzar una potencia de 1.20 kW.

También se logra determinar los pocos lapsos donde la potencia es cero, la cual demuestra el desuso en el almuerzo o bien a la finalización de jornada laboral. Es importante recordar que este edificio tiene dos jornadas: la diurna y la nocturna, esto significa que el uso de lo luminarias se extiende más que una jornada laboral de 8 horas diarias por semana.



Fuente: Elaboración propia

Figura 13. Medición en kW para los cubículos del Departamento de Toxicología de los Laboratorios Forense de OIJ

En el departamento de Toxicología de los Laboratorios Forense del OIJ, se tomó la medición del tablero 3-E-1, circuito 5, ubicado en el área de cubículos de esta zona, el día 27 de mayo del 2014.

Se puede observar que las barras de color verde y azul (sábado y domingo) las luminarias no son usadas porque el personal de este departamento no utilizó esta área en estos días.

En cuanto a las demás barras de colores representando en la figura 23, se puede observar que tiene una potencia máxima promedio entre 0,6 kW y 0,7 kW aproximadamente. Por lo que se puede asumir, que las luminarias son muy utilizadas durante el transcurso de la jornada laboral, a pesar que, en este sitio existe un ventanal a un lado, la ubicación de los puestos de trabajo y la puesta de sol no alcanza para los funcionarios que se encuentran lejos de los ventanales por lo que se requiere mantener encendida las luminaria del lugar.

5.2. Consumo Anual de las luminarias actuales que tiene el Edificio de Medicina Legal y los Laboratorios Forense del OIJ

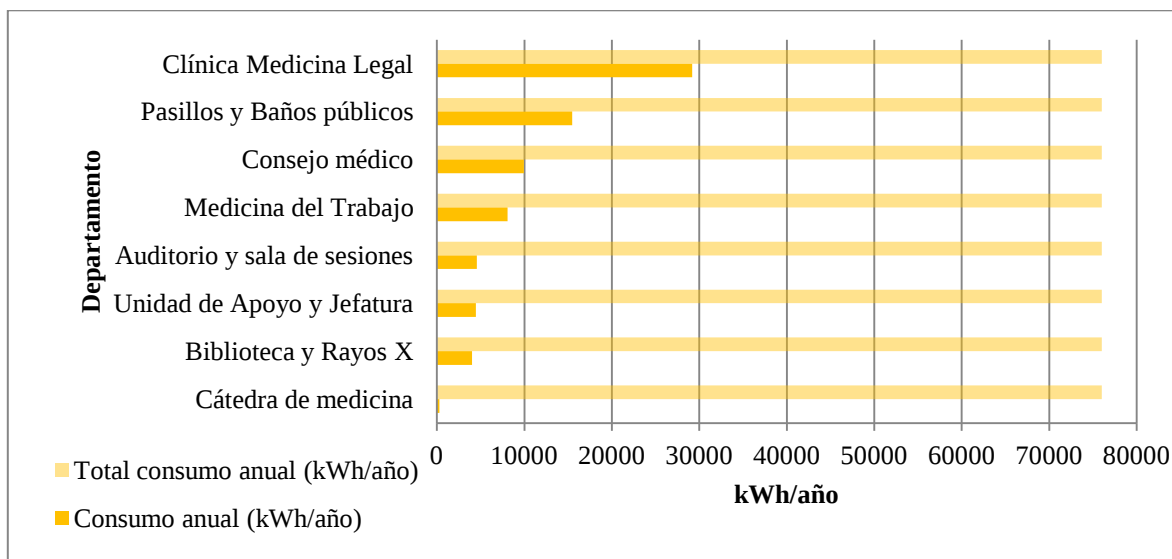
Para determinar el consumo anual de las luminarias del edificio, se tomó en cuenta el inventario de luminarias, donde se anotó la cantidad de watt que tiene cada lámpara en la habitación; así como la cantidad de lámparas que tiene cada luminaria en la zona de estudio. Determinado lo anterior se analizarán las horas uso de las luminarias en el sitio por la cantidad de semanas laborales.

Las luminarias actuales constan de lámparas fluorescentes de T12 y algunas pocas de T8; estas requieren de un balasto que es utilizado para limitar la corriente de operación, y además en su debido momento genera la tensión adecuada para el calentamiento de los cátodos (Fundación Red de Energía- BUN-CA. 2009).

Durante el estudio del proyecto se determinó que la mayoría de los balastos utilizados en la iluminación son magnéticos y muy pocos eran de tipo electrónico, por lo que tenían una

pérdida de energía del 30% por pérdidas de energía, generando mayor calor en los sitios con poca ventilación (Fundación Red de Energía- BUN-CA. 2009).

El tipo de tecnología utilizada, acompañada con prácticas del manejo de la energía en el edificio se evidencia en las siguientes figuras 13,14 y 15, se puede observar el consumo anual de cada uno de los departamentos, según el nivel del edificio en que se encuentra.



Fuente: Elaboración propia

Figura 14. Consumo anual del primer nivel del Edificio de Ciencias Forense y Medicina Legal del OIJ.

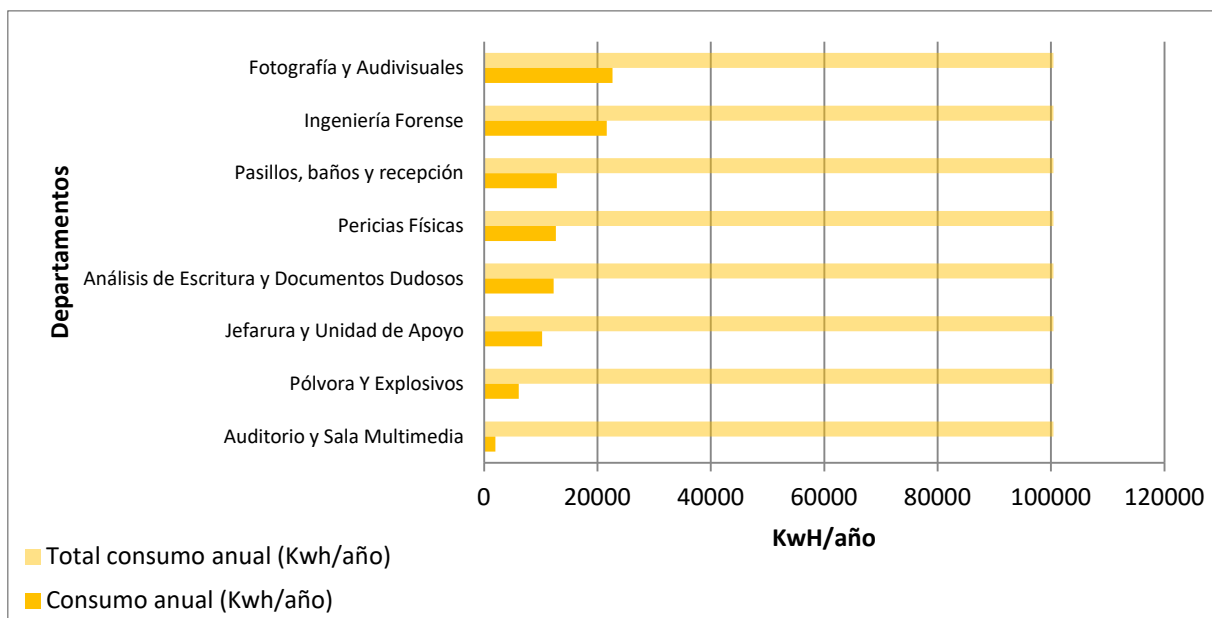
Como se puede observar en la figura 13, se tiene un consumo anual total alrededor de los 75.000 kWh/año, correspondiente al tiempo de uso de las luminarias. En la misma se puede determinar que el departamento de Clínica de Medicina Forense tiene el más alto consumo de energía con un aproximado de 30.000 kWh/año y corresponde el mayor representante en el consumidor de la energía para primer nivel del edificio, debido a que su jornada laboral supera 8 horas laborales y atiende diferentes indicios relacionados con la actividad de los individuos durante las 24 horas.

Seguidamente los pasillos y los baños públicos obtienen un segundo lugar en cuanto al consumo, con un valor aproximado de 15.000 kWh/año. Esta cantidad es debido al lapso en

que permanecen encendidas las luminarias. En el caso del servicio sanitario es un lugar donde no existe luz natural, por lo que se requiere utilizar las luminarias durante el día como en la noche, en cambio los pasillos están rodeados de la luz natural pero en muchas ocasiones las luminarias permanecen encendidas durante el día sin necesidad, esto aumenta el consumo de energía del edificio por una mala práctica en el uso de la iluminación.

Caso contrario pasó con el departamento Cátedra de Medicina, donde se puede observar un valor muy insignificante 0,5 kWh/ año, y esto se debe básicamente a que es un pequeño cubículo que es conformado por una sola persona encargada de llevar los casos y la agenda de la Cátedra, por lo que solo cuenta con dos luminarias y como es un sitio donde no se obtiene luz natural permanecen las 8 horas de la jornada laboral encendidas.

Para el segundo nivel del edificio OIJ se puede observar un consumo anual aproximado de 100.000.00 kWh/año según muestra la figura 14.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 15. Consumo anual del segundo nivel del Edificio de Ciencias Forense y Medicina Legal del OIJ.

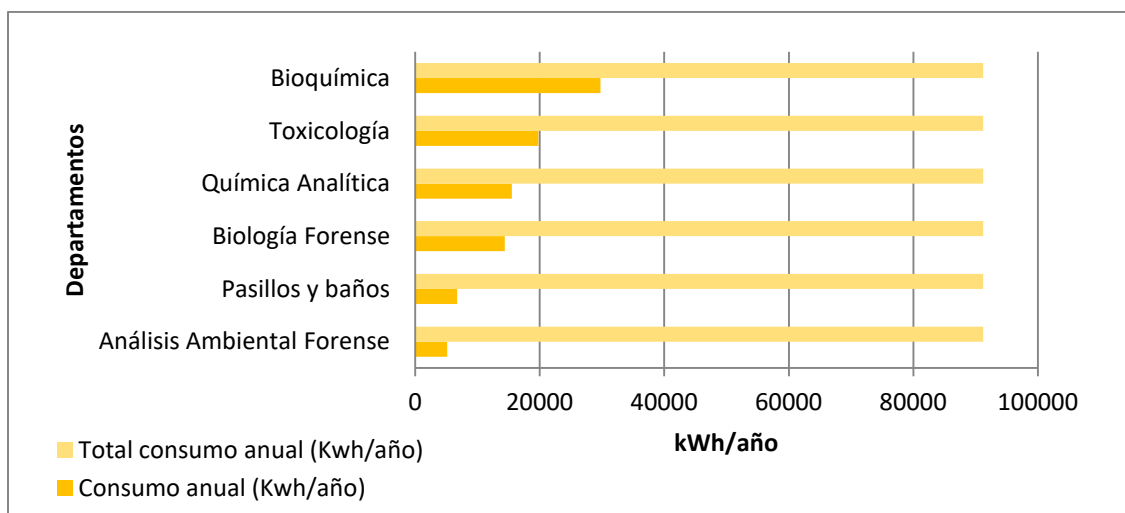
En esta figura, se puede determinar que los mayores consumos en energía es por parte del Departamento de Fotografía y Audiovisuales y el de Ingeniería Forense son los mayores consumidores de energía con un valor mayor de los 20.000,00 kWh anual. En estos dos departamentos, se requiere el uso de la iluminación debido al tipo de trabajo que se realiza como edición de los videos, simulación de acontecimientos, entre otros. Además sus cubículos de trabajo tienen muy poca proyección de luz natural, y para aquellos colaboradores quienes deben trabajar en esta área requieren del uso de las luminarias.

Los otros departamentos que siguen son: Análisis de Escritura y Documentos Dudosos y Pericias Físicas. Estos al contrario del anterior requiere de un tipo de análisis de muestra detallada y rigurosa; por lo que la iluminación es muy determinante para identificar tipos de indicios como lavado de dinero, identificación de armas, tomando en cuanto que además de la iluminación general, se debe recurrir la iluminación focalizada.

En la misma figura, se puede determinar que los pasillos, baños y recepción tienen un valor de 12,500.00 kWh/año. Lo que significa que demanda un gran uso durante los dos turnos de la jornada laboral.

Sin embargo, esto sucede de forma contraria para el tercer nivel del edificio del OIJ, donde en la figura 26 se puede observar que los pasillos y baños consumen con un valor aproximado de 6,000.00 kWh anuales, que en comparación con el primer y segundo nivel del edificio son de mucho menor consumo, con valores que van alrededor de los 12,500.00 kWh a 15,000.00 kWh anual.

Tal situación se debe a que el personal, quien trabaja durante las dos jornadas (día y noche), optó por utilizar prácticas sobre el ahorro de energía, la cual es promovida por la Comisión de Asuntos Ambientales del Poder Judicial y se mantienen las luces de los pasillos apagadas durante el día, mientras que en el baños cada vez que se requieren las luminarias son encendidas y apagadas después de su uso. En el caso de la jornada de noche, las luminarias de los pasillos permanecen encendidas mientras se encuentren funcionarios en esta área al igual que los baños solo son se utilizan las luminarias cuanto este lugar es usado.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 16. Consumo anual del tercer nivel del Edificio de Ciencias Forense y Medicina Legal del OIJ.

No obstante, en la misma figura se puede determinar que el departamento de Bioquímica es el que tiene el mayor consumo anual con 25,000.00 kWh, esto se debe básicamente a la estructura la cual no cuenta con luz natural ni en los cubículos, ni el laboratorio tampoco en el cuarto de análisis de muestras.

Seguidamente se encuentra el Departamento de Toxicología, donde se obtiene un consumo de 20,000.00 kWh anual. Por las mismas razones que tienen Bioquímica, el laboratorio y los cubículos de trabajo son lugares muy oscuros con poca proyección de luz solar, por lo que se requiere utilizar más tiempo la luz artificial; a pesar que estas dos áreas se encuentran los ventanales pero opuesta a la salida del sol.

El Departamento de Análisis Ambiental Forense, muestra un consumo de alrededor de 5,000.00 kWh anual, aunque es el consumo más bajo de la figura, no lo excluye de utilizar durante toda la jornada laboral las luminarias. Esto se debe a que esta sección es muy pequeña en comparación con los demás departamentos y además no cuenta con proyección de luz natural, por lo que las luminarias permanecen encendidas durante toda la jornada laboral.

5.3. Análisis ambiental del sistema de iluminación actual en el edificio de Ciencias Forense y Medicina Legal del OIJ.

Actualmente el edificio del OIJ dentro de su sistema de iluminación tiene la tecnología en fluorescentes, la cual requiere de un balasto para evitar que la corriente se dispare y la lámpara se destruya (Fundación Red de Energía- BUN-CA 2009).

Las lámparas fluorescentes tubulares utilizadas en el edificio son de la marca Sylvania F40W/T12 y F40W/T12, y Phillips F40T12 Y F32T8, estas tienen un contenido de mercurio alrededor de 5 mg para Sylvania y 2 mg para Phillips, según los datos de la ficha técnica sobre los modelos utilizados en el edificio. La cantidad de mercurio varía según el fabricante, tomando en cuenta que la generación tecnológica de la Sylvania (en mayor cantidad) es más antigua que la Phillips.

Para generar la luz en lámparas fluorescentes se requiere de mercurio (Hg) para emitir la luz, sin embargo las nuevas tecnologías estimulan la reducción del contenido de mercurio. Según en el Convenio de Minamata, para equipos electrónicos y eléctricos, la cantidad máxima que puede tener una lámpara de fluorescente compacta es de 5 mg (Minamata Convention on Mercury 2015).

La única forma de liberar el mercurio de una lámpara fluorescente es mediante su rotura, esta se libera en forma de vapor y se distribuye en el aire, para que al poco tiempo el mercurio se transforme en pequeñas gotas que se adhieren a la superficie o al polvo durante algún tiempo, especialmente cuando el área no está bien ventilada o no es limpiada a fondo.

No obstante, el Poder Judicial no cuenta un registro de lámparas desechadas o cambiadas después de su tiempo de vida, tampoco posee un lugar adecuado para almacenar este tipo de residuos adecuadamente, lo cual es de suma importancia para prevenir la liberación del mercurio.

En este apartado exponen los resultados obtenidos en el momento del estudio, en cuanto a las emisiones de CO₂ generadas en forma anual y las emisiones potenciales de Mercurio (Hg) anual, que posee la lámpara si no se le brinda un adecuado manejo y reciclaje.

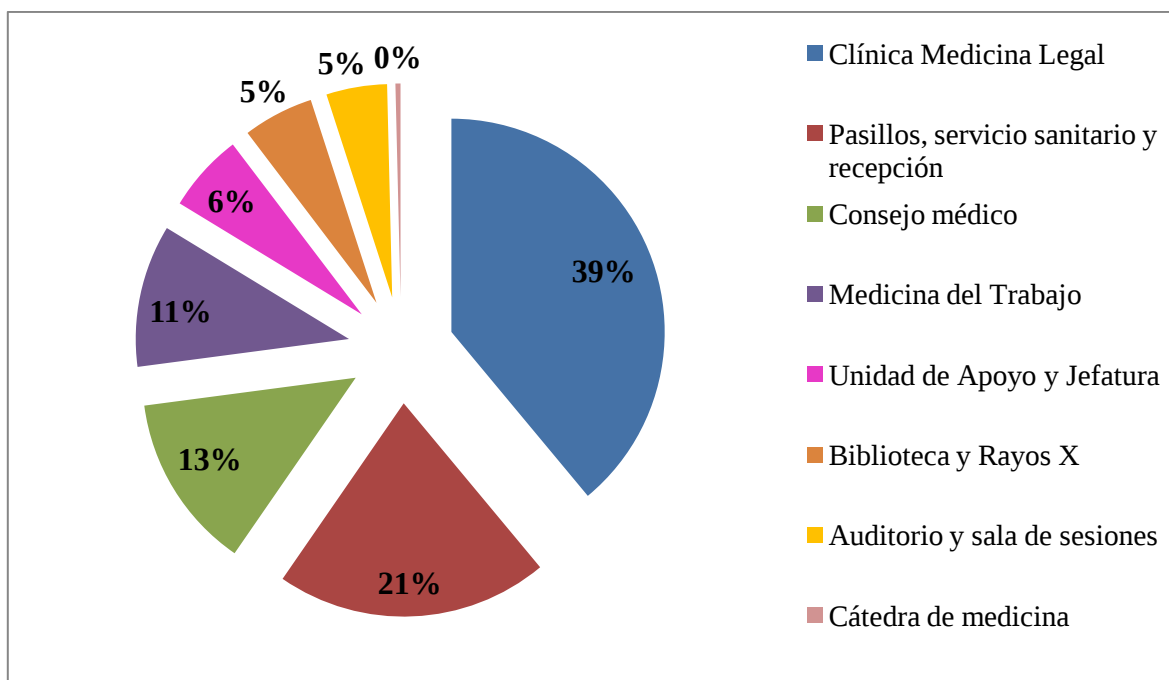
5.3.1. Emisiones de Dióxido de Carbono para el sistema de iluminación actual en el edificio de los Laboratorio de Ciencias Forense y Medicina Legal del OIJ.

La cantidad de CO₂ anual que se presenta en cada nivel del edificio, es proporcional al consumo de energía que guardan las luminarias. Es por eso que los resultados serán muy similares al apartado del consumo de energía anual que presenta las luminarias actualmente.

Para calcular las emisiones de CO₂, se utilizó la ecuación 4.3.4. y 4.3.5, para determinar la cantidad de emisión de dióxido de carbono del Edificio de Ciencias Forense y Medicina legal del OIJ.

El primer nivel del edificio del OIJ, el Departamento de Clínica de Medicina Legal predomina en cuanto a las emisiones de CO₂ anual, con un 39% como el mayor portador, seguidamente se encuentran los pasillos y los servicios sanitarios en un 21%, según lo expuesto en la figura 16.

En cambio, en las áreas de Auditorio y Sala de Sesiones del Edificio de Medicina legal, como el área de Biblioteca y Rayos X se obtuvo un valor de consumo anual de un 5%, lo peculiar de estos sectores, es que cuenta con las mismas condiciones de poca luz natural en comparación con el Departamento de Clínica de Medicina legal, pero el uso de luminarias son limitadas, únicamente cuando se requieren emplear estas instalaciones.

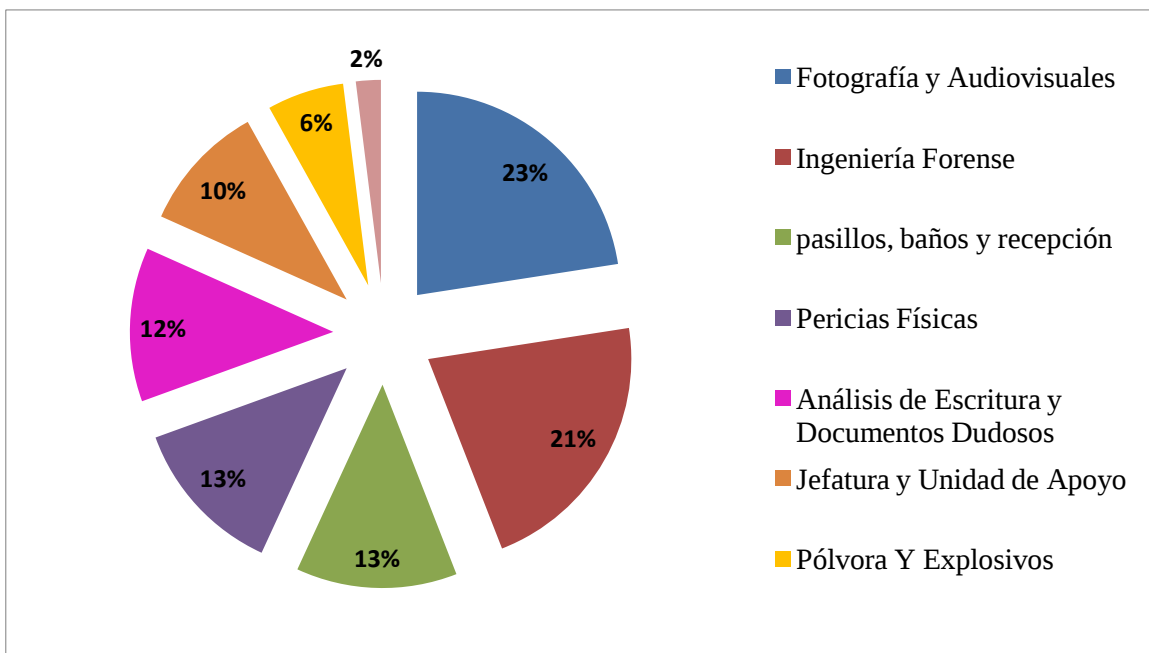


Fuente: Elaboración propia.

Figura 17. Emisiones de CO₂e anual para el primer nivel del Edificio de Ciencias Forense y Medicina Legal del OIJ.

No obstante, en el Departamento de Cátedra de Medicina, los valores para las emisiones de CO₂ anuales representan un 0%. Esto se debe a que es un cuarto pequeño, donde solo trabaja una persona para atender la agenda, la cantidad de horas de uso, así como la cantidad de luminarias está por debajo a la porción de las demás áreas de los departamento, por lo cual su valor es insignificante.

En el segundo nivel, el departamento con mayor nivel de emisiones de CO₂ anual es el Departamento de Fotografía y Audiovisuales con un valor de 23%, seguido se encuentra el Departamento de Ingeniería Forense con un 21% de CO₂e anual, según lo expresado en el gráfico 17. Estos dos departamentos utilizan más las luminarias para realizar ciertas labores específicas del área, tomando en cuenta, que las condiciones de luz, tanto natural como artificial no son adecuadas para dichas tareas.

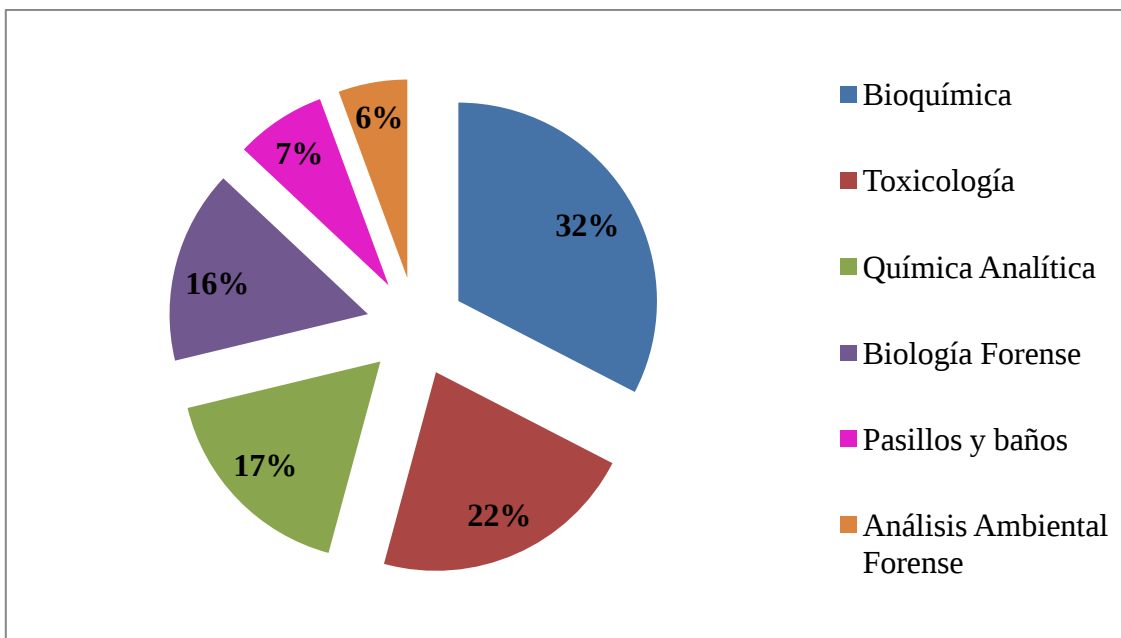


Fuente: Elaboración propia.

Figura 18. Emisiones de CO₂e anuales para el del segundo nivel del Edificio de Ciencias Forense y Medicina Legal del OIJ

Caso contrario, ocurre en el Departamento de Pólvora y Explosivos y el área de pasillos, baños y recepción donde se obtiene un valor de un 6% y esto se debe porque a pesar de tener un área muy limitada, con lo que respecta al laboratorio es muy ordenado y amplio, los objetos de trabajo se encuentra distribuidos por lo que la luz natural puede proyectarse mejor y se utilizan las luminarias solo cuando se disminuye la luz natural. No obstante se debe tomar en cuenta que el área de cubículos requiere siempre de luz artificial para poder realizar las tareas.

El tercer nivel de edificio el Departamento de Bioquímica presenta un valor de 32% de CO₂e, luego se encuentra el Departamento de Toxicología con un 22% de CO₂e, según la figura 18. Esto se debe, a que los dos departamentos cuentan una gran área y utiliza gran parte de las luminarias de la planta del edificio.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 19. Emisiones de CO₂e anual en el tercer nivel del Edificio de Ciencias Forense y Medicina Legal del OIJ

Caso contrario se observa en el área de Pasillos y Servicios sanitarios con un valor de 6% de emisiones de CO₂e, al igual que el Departamento de Análisis Ambiental Forense con valor de 7% de emisiones de CO₂e. Dichos resultados se deben en primer lugar a que las luces solo se encienden en los pasillos y servicios sanitarios cuando se requiere, por lo que no permanecen encendidas durante el día. En cuanto al Departamento de Análisis Ambiental Forense, se debe a que el área es mucho menor en comparación con los demás departamentos por lo que la cantidad de luminarias no es equivalente al resto, por consiguiente el consumo en energía en iluminación va ser siempre menor a los demás, esto porque el departamento al no contar con luz natural dentro del área de trabajo, siempre para realizar sus labores, requiere mantener las lámparas encendidas siempre.

Por ende, se puede deducir que la cantidad de emisiones de CO₂ es el resultado del gran uso de las luminarias en estos departamentos, ya sea durante la jornada de día o de la noche. Esto se debe a la estructura física del edificio y su inmobiliario, que limita la proyección de la luz natural, solo es aprovechada en las áreas cercanas a los ventanales y nula en los sectores donde no sale el sol, dicho caso se observa en los cubículos del Departamento de

Toxicología, donde el sol sale del lado opuesto, por lo que la única proyección de luz natural es el ocaso.

Caso contrario ocurre en el Departamento de Bioquímica, donde los cubículos de trabajo en una habitación totalmente cerrada, sin luz natural, requiriendo entonces mantener las luminarias encendidas constantemente hasta finalizar las dos jornadas laborales, a excepción de la hora de almuerzo.

Otro aspecto para recalcar son los laboratorios de los Departamentos, estos a pesar de que tienen ventanales, son muy oscuros, por la gran cantidad de equipos utilizados para los análisis pertinentes según el área, obstaculizan la luz natural que entra en el recinto.

5.3.2. Emisiones de Mercurio para el sistema de iluminación actual para en el edificio de los Laboratorio de Ciencias Forense y Medicina Legal del OIJ.

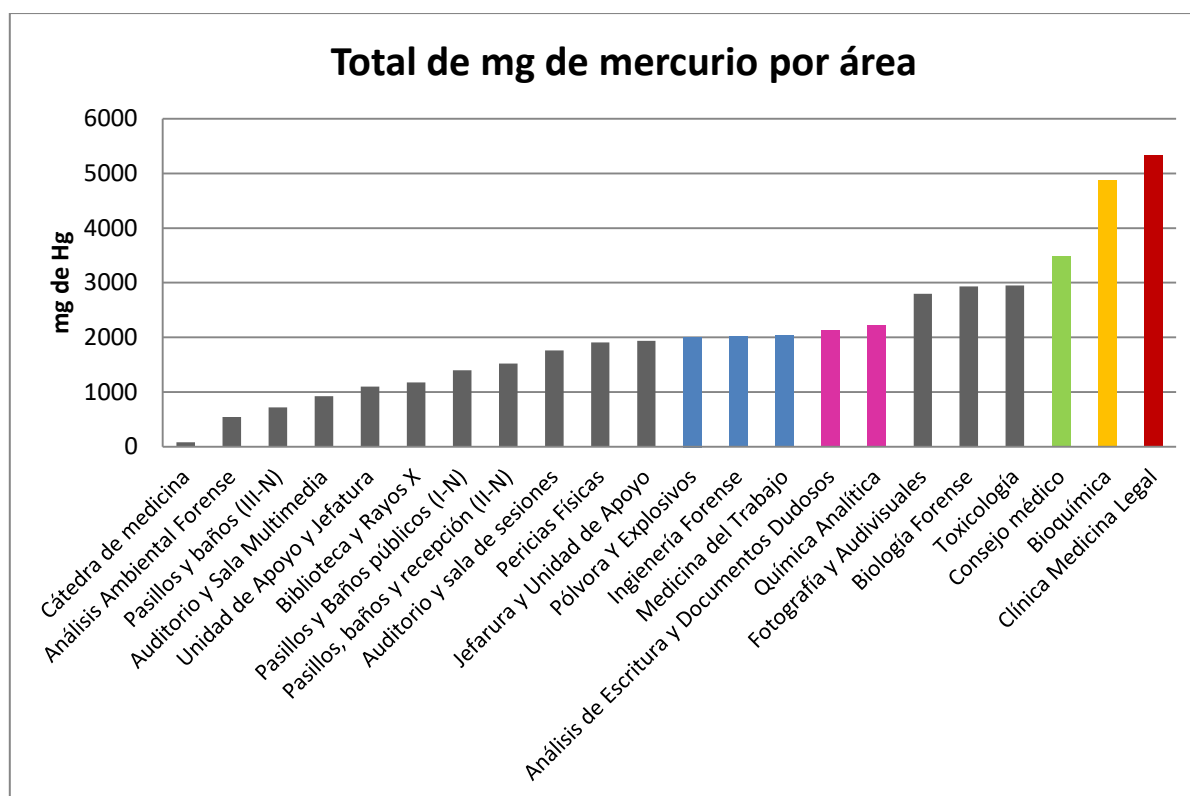
Para determinar la cantidad de mercurio de las luminarias que tiene cada departamento, se multiplicaron los miligramos (mg) de Hg por cada lámpara que tienen las luminarias. Este dato se obtuvo por el inventario de lámparas elaborado, el cual que se realizó para sacar tanto el consumo energético de las luminarias como las emisiones de CO₂ y de Hg.

El dato de los mg de Hg, fue obtenido por la marca y tipo de lámpara. Las marcas más utilizadas en el edificio son Sylvania (F40W/T12 y F40W/T12), y Phillips (F40T12 Y F32T8). Al identificar la cantidad de mercurio que tiene cada lámpara fluorescente, se puede determinar la emisión de Hg a la atmósfera, si llegase a ser fragmentada o tener un mal manejo de residuos al final de su ciclo de vida, aspecto preocupante a nivel mundial.

Una de las lámparas fluorescentes utilizadas en el edificio contiene 5 mg de Hg, suponiendo que se libere el mercurio total contenido de una lámpara después de una rotura en una habitación, tendría una concentración promedio 100 µg/m³ la cual se encuentra encima de los límites de exposición ocupacional y de los límites reglamentarios del medio ambiente según la U.S. EPA (Estados Unidos, Agencia de Protección del Medio Ambiente) donde tiene una referencia de concentración (RFC) 300 ng/m³, valor que se encuentra muy

por encima de los límites reglamentarios (SCHER. 2010). Valor que también sobrepasa en las lámparas utilizadas en el edificio, las cuales tiene una cantidad de 10 mg a 20 mg en su gran mayoría, éstas tendrían una exposición de aproximada de $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ promedio.

En la figura 19, se puede observar la cantidad de mercurio total en mg por área de departamento. Esto se puede observar en los departamentos de Clínica de Medicina Legal y Bioquímica, ya que encabezan la mayor cantidad de lámparas con un valor ≤ 500 mg de Hg por área. El resultado indica que son los departamentos ocupa una mayor área del nivel del edificio y que además mantienen mayor actividad de trabajo dentro de sus instalaciones.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 20. Cantidad de mercurio que tiene las luminarias en los niveles del edificio Ciencias Forense y Medicina Legal

Para el departamento del Consejo Médico, la cantidad de mercurio total que se encuentra en las lámparas, tiene un valor aproximado 3500 mg total de Hg por área, indicando ser el dato más alto para el primer nivel del edificio; sin embargo esta área no es mayor en

comparación a los departamentos de Bioquímica (III nivel del edificio) y Clínica de Medicina Legal (I nivel del edificio).

No obstante, en el misma figura se puede observar que los departamentos como Pólvora y Explosivos, Ingeniería Forense, Medicina del Trabajo, mantienen una cantidad de mercurio muy similar de 2000 mg de Hg total por área. Mientras que para Química Analítica y Análisis de Escrituras y Documentos Dudosos constan con un valor < 2000 mg de Hg por área. En estos departamentos se considera que la cantidad de lámparas es similar en comparación al área que ocupa en la edificación.

Es importante el uso adecuado de las lámparas fluorescentes, tanto durante la vida útil como al finalizarla, debido a que el mercurio puede dar concentraciones de $8\mu\text{g}/\text{m}^3$ Hg a $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ Hg, poco tiempo después de la rotura (SCHER 2010). Esto vendría siendo un valor aproximado de 1.2% a 6.8 % del mercurio total que contienen las lámpara después de la ruptura (Hu 2012)²⁹.

Si el vapor de mercurio es liberado mientras llueve, puede contaminar el suelo por medio de la lixiviación de las piezas de la lámpara rota, o bien; por medio del polvo del fósforo de la lámpara quebrada y ser transportada a la tierra. Algunas mediciones situadas en estas condiciones demostraron que el 0,8% y 0,2% del mercurio total fue liberado por una LFL fragmentada y que el 0,5% y 0,3% de estas lámparas que se encuentran cubiertas en el suelo pueden durar un período de 20 días (Tetra Tech/Frontier Geo sciences citado por Hu *et al* 2012). Sin embargo, si se trata la lámpara como un residuo sólido ordinario ubicado en un relleno sanitario, el suelo puede alcanzar concentraciones de mercurio de 14,9 mg/kg del vertimiento del sitio (Hu 2012).

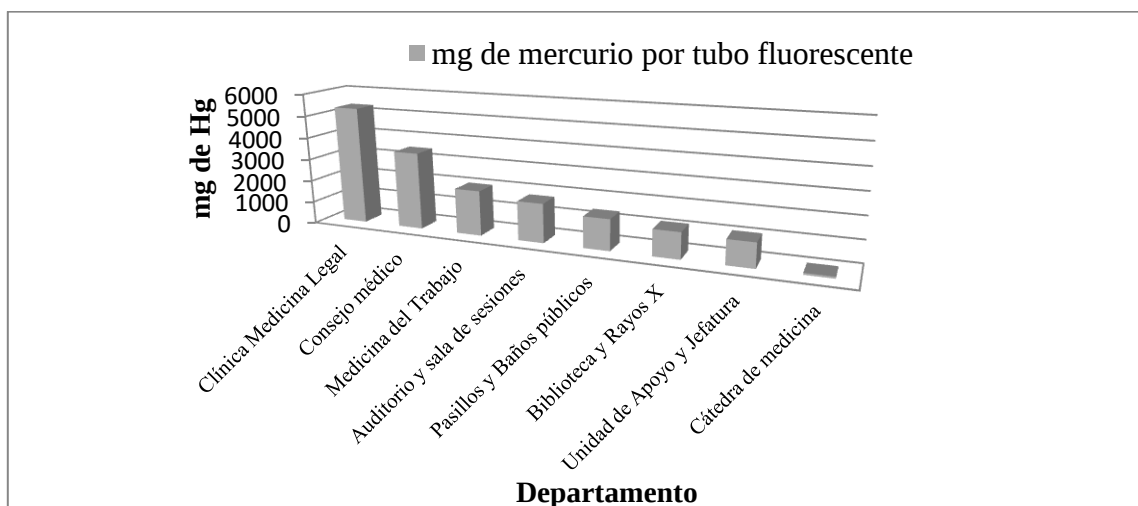
Es importante tomar en cuenta que la cantidad de mercurio que contiene una lámpara fluorescente es muy pequeña, pero si son arrojadas en gran cantidad, estas llegan a ser

²⁹ Yuanan Hu; Hefa Cheng. Laboratorio Estatal Clave de Geoquímica Orgánica, Guangzhou Instituto de Geoquímica de la Academia China de Ciencias, Guangzhou, China. Los riesgos del mercurio de las lámparas fluorescentes en China: situación actual y perspectiva del futuro.

significativas para el medio ambiente y la salud humana. Por tanto, es primordial que los fluorescentes reciben un buen sistema de almacenamiento y tratamiento para su desecho.

Un informe por parte de la Comisión Europea del Comité Científico sobre Riesgos Sanitarios y Ambientales (Scientific Committee on Health and Environmental Risks- SCHER) sobre la *Opinión sobre el mercurio en bombillas de ahorro de energía*, aborda el impacto ambiental que poseen las lámparas fluorescentes compactas (CFL) en comparación con las lámparas incandescentes y halógenas; donde se comparte el resultado de dos indicadores: el total del consumo de energía (GER) y el total potencial del calentamiento global (GWP). El estudio brinda que los CFLi en comparación con otras lámparas, tienen un impacto menor de un 13% a un 53% en el indicador del GER, mientras que para el indicador de GWP tiene un valor de 13% a un 47% menor en comparación a las lámparas estudiadas.

A pesar de que los efectos en las lámparas fluorescentes sean menores que los halógenos y las incandescentes, no impide que sea más perjudicial. No obstante, con la utilización de lámparas de Diodos de emisores de luz (LED) se podrían evitar las emisiones de Hg al medio ambiente, y disminuir el consumo energético y las emisiones de carbono que se emanan al emplear este tipo de tecnología.

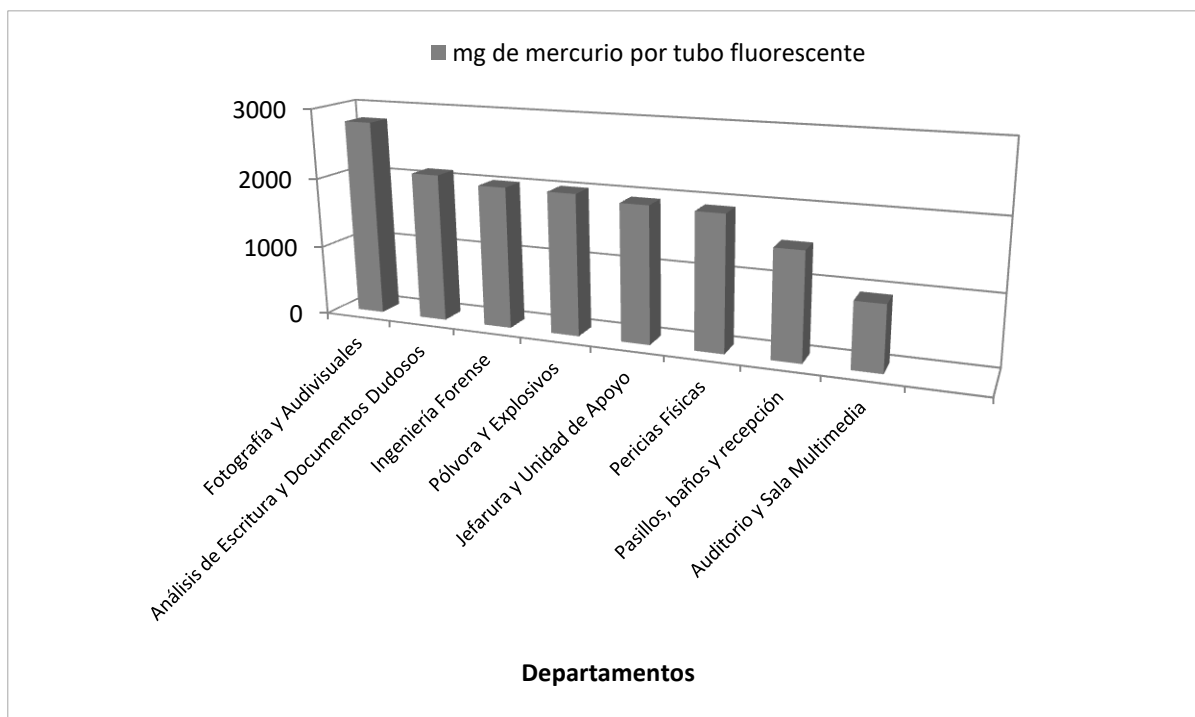


Fuente: Elaboración propia.

Figura 21. Emisiones potenciales de mercurio por total de las lámpara fluorescentes ubicadas en cada área del I nivel del edificio del Ciencias Forense y Medicina Legal

En la figura 20, se observan las emisiones potenciales de mercurio de acuerdo con el departamento ubicado en el primer nivel del edificio. El área de Clínica Medicina Legal cuenta con el mayor emisor con un valor de 5000 mg de Hg, de seguido se encuentra el Consejo Médico con valor aproximado de 3000 mg de Hg. Estos departamentos representan una gran parte de la primera planta del edificio de Ciencias Forense y Medicina Legal; por consecuencia la cantidad de mercurio va ser equivalente a la cantidad de área que tenga el departamento.

No obstante, para la Cátedra de Medicina, la cantidad de mercurio aproximado es 0 mg de Hg; dato insignificante en comparación a los demás departamentos, debido a que solo cuenta con una luminaria compuesta por dos lámparas fluorescentes. Sin embargo, esta condición no la exime de ser perjudicial tanto para la salud humana como el medio ambiente si llegase a tener una ruptura.

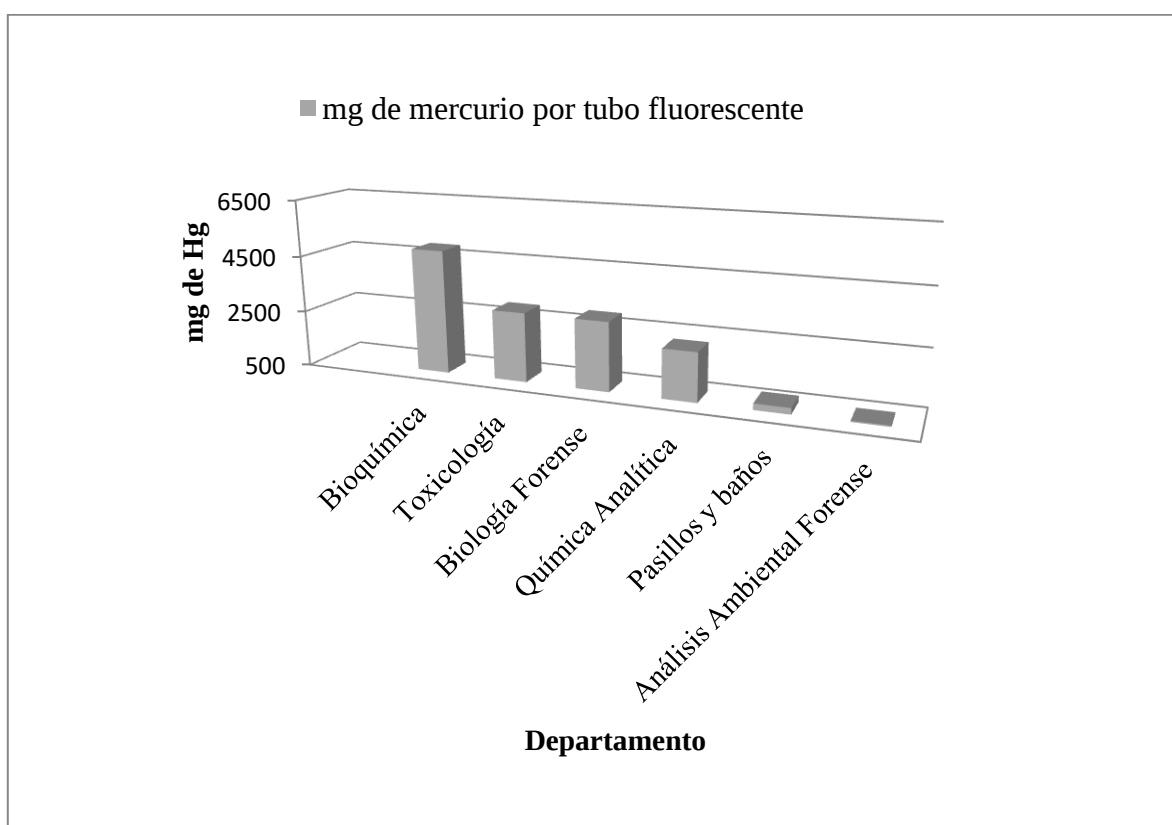


Fuente: Elaboración propia.

Figura22. Emisiones potenciales de mercurio por total de las lámparas fluorescentes ubicadas en cada área del II nivel del edificio del Ciencias Forense y Medicina Legal

En ingeniería, en cuanto al segundo nivel del edificio, se muestra en la figura 21, que el departamento Fotografía y Audiovisuales tiene un valor de aproximado de 2500 mg de Hg como el mayor emisor potencial al aire. Mientras que los demás departamentos como: Ingeniería Forense, Pólvora y Explosivos, Análisis de Escritura y Documento Dudosos poseen un valor aproximado al 2000 mg de Hg de emisión potencial, por consiguiente la cantidad de lámparas por área es muy similar.

El Auditorio y Salas de Sesiones de Ciencias Forense, así como pasillos, baño y recepción, se encuentran en condiciones adecuadas, por sus en cantidades reducidas, entre <1000 mg de Hg y un valor aproximado de 1500 mg de Hg. Por lo que representan las áreas del edificio con menor cantidad de lámparas en el segundo nivel.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 23. Emisiones potenciales de mercurio por total de las lámparas fluorescentes ubicadas en cada área del III nivel del edificio del Ciencias Forense y Medicina Legal.

En el tercer nivel del edificio, el departamento de Bioquímica en primer lugar como el emisor potencial de mercurio, con un valor aproximado a los 5000 mg de Hg por área, según lo expuesto en la figura 22, mientras que los departamentos de Toxicología y Biología Forense poseen un valor de 3000 mg de Hg por área, contando con una cantidad total de lámpara muy similar.

Caso contrario ocurre para el departamento de Análisis Ambiental Forense, donde el valor de emisión de mercurio potencial tiene un valor aproximado de 1000 mg de Hg por área. A continuación se encuentra el área de pasillos y servicios públicos, con un valor aproximado de >1000 mg de Hg por área. Para el departamento de Análisis Ambiental Forense su valor es producto a la cantidad de área que se ubica el departamento, al ser el más pequeño en área, la cantidad de lámparas es mucho menor relacionados a los demás departamentos.

CAPÍTULO VI: PROPUESTA

6. Proyección de la propuesta de luminarias en LED en el edificio de Medicina Legal y Ciencias Forense.

En esta sección se encuentran las proyecciones en cuanto al uso de la tecnología en iluminación con LED. Este tipo de lámpara es una tecnología que se ha venido desarrollando para mejorar la calidad de la luz artificial en distintos áreas de la construcción.

Además dentro de las ventajas al utilizar la tecnología LED se puede encontrar (FENERCOM 2015)

- Tamaño reducido: ajustados en unos pocos milímetros.
- Alta resistencia contra golpes: resiste vibraciones e impactos, por lo que ofrece mayor fiabilidad a las lámparas convencionales, por no haber fallos en los filamentos.
- Larga duración: tiene una vida útil entre los 50,000 a 100,000 horas respetando las condiciones aptas de funcionamiento.
- Bajo consumo: ahorra energía por la potencia instalada.
- Alta eficiencia en colores: elevada saturación de color, por lo que no necesita filtros de color, ya que son fuentes de luz monocromático, que permite obtener una amplia gama de colores.
- No radiación UV/IR: no genera radiación ultravioleta ni infrarroja, por lo que no degenera los materiales expuestos a la luz.
- Efectividad a bajas temperaturas: funciona hasta en menos de 30°C.

Gracias a estas ventajas puede conllevar al usuario se ve beneficiado en: un esquema creativo para el diseño en iluminación, variedad de colores y compactas dimensiones, versatilidad de sus productos, alta rentabilidad económica (bajo consumo y larga vida), máxima seguridad en condiciones ambientales adversas (FENERCOM 2015).

Además de los ahorros económicos en utilizar la tecnología LED, se crean ventajas medio ambientales en el empleo de la utilización de un sistema de iluminación energéticamente eficiente donde a un plazo más largo tiene el objetivo del ahorro de energía, mientras que a

un plazo más corto tiene obtiene la reducción del consumo de energía y por tanto las emisiones de CO₂ (FENERCOM 2006)³⁰.

De esta forma la propuesta busca mejorar la calidad de iluminación, así como la reducción de costo en consumo, mejorando la visión de los usuarios y ayudando a optimizar la parte ambiental, disminuyendo las emisiones de CO₂ y eliminando las emisiones de mercurio.

6.1. Propuesta de nuevas luminarias y corrección de los niveles de iluminación en el edificio del OIJ

En este apartado se presentan los resultados obtenidos de las mediciones de las luminarias por medio del luxómetro, el medidor de la calidad de energía y las proyecciones de simulación realizada por el Dialux, respecto a los niveles apropiados de iluminación que dicta la norma INTE 31-08-06-2014, obtenidas en el edificio de los Laboratorios Forense y Medicina legal del OIJ, ubicado en San Joaquín de Flores.

Estos resultados incluyen la iluminancia obtenida en cada área que fue medida, el número y tipo de luminancia implantada por cada área y los detalles de algunas de las superficies donde se disminuyó la cantidad de luminarias. Es importante destacar, que dicho diseño fue utilizado por luminarias fabricadas en la compañía Sylvania.

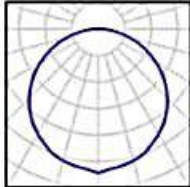
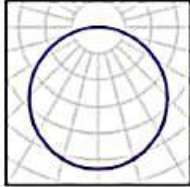
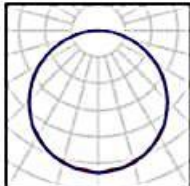
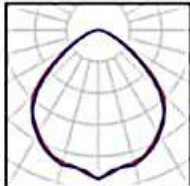
Se incluye el consumo energético de las luminarias que tiene el edificio y se realizan los cálculos realizados con la nueva propuesta de trabajo en iluminación.

Se incorpora el componente ambiental en cuanto a emisiones de carbono que tiene el edificio de los laboratorios forense y se da la disminución en estos, gracias al cambio de tecnología a LED; a su vez, se incluye la emisiones de mercurio que tiene actualmente el edificio con el uso de fluorescentes.

A continuación se presenta la lista los tipos y números de luminarias implementadas para cada nivel del edificio, así como la distribución de estas en cada edificio.

³⁰ FENERCOM (Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid). 2006. Guía técnica de Iluminación Eficiente: sector residencial y terciario. España.

6.1.1. Luminarias implementadas en el diseño para el primer nivel del edificio

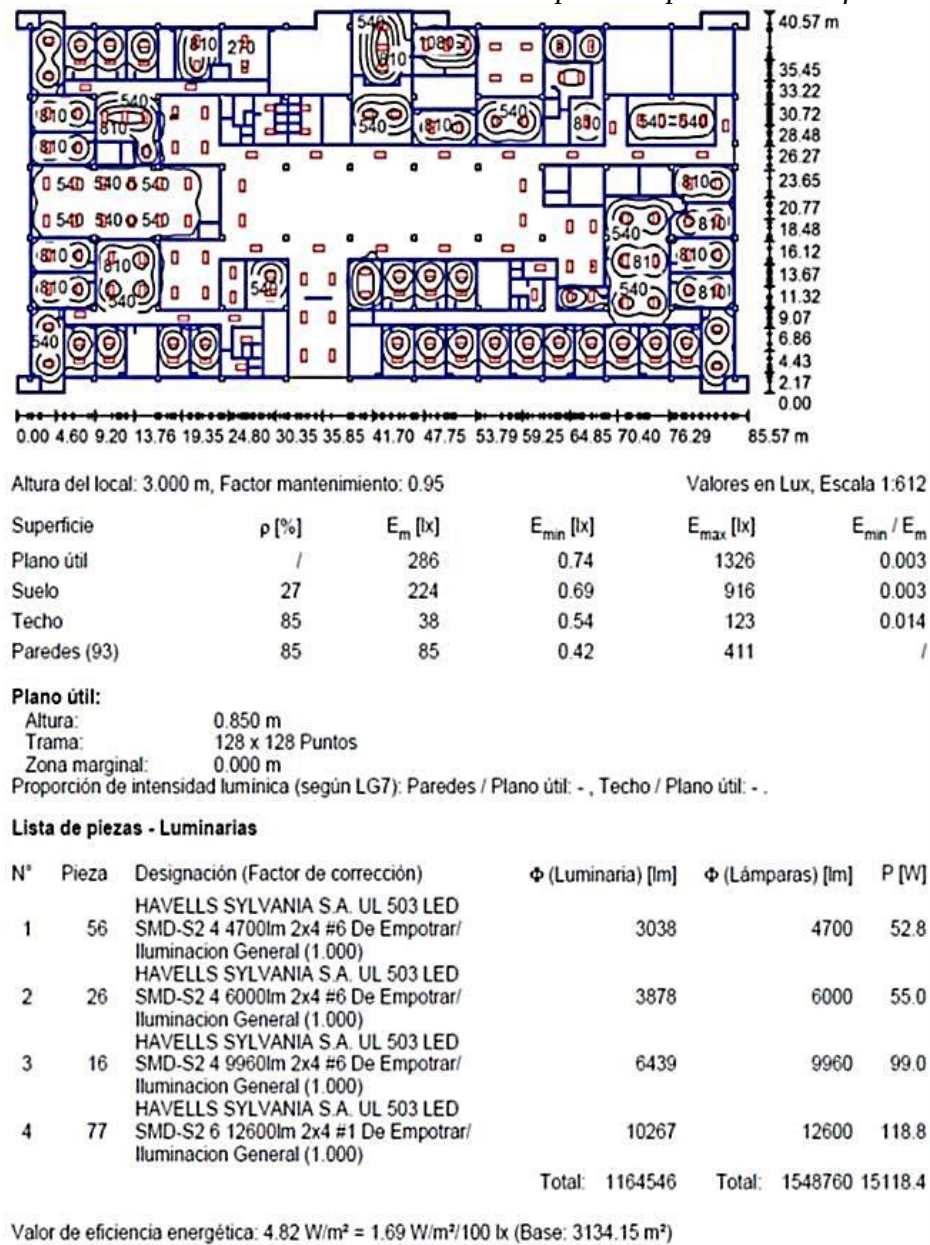
56 Pieza	HAVELLS SYLVANIA S.A. UL 503 LED SMD-S2 4 4700lm 2x4 #6 De Empotrar/ Iluminacion General N° de artículo: UL 503 LED SMD-S2 4 4700lm 2x4 #6 Flujo luminoso (Luminaria): 3038 lm Flujo luminoso (Lámparas): 4700 lm Potencia de las luminarias: 52.8 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Código CIE Flux: 45 76 94 100 65 Lámpara: 4 x SMD S2 24 (Factor de corrección 1.000).		
26 Pieza	HAVELLS SYLVANIA S.A. UL 503 LED SMD-S2 4 6000lm 2x4 #6 De Empotrar/ Iluminacion General N° de artículo: UL 503 LED SMD-S2 4 6000lm 2x4 #6 Flujo luminoso (Luminaria): 3878 lm Flujo luminoso (Lámparas): 6000 lm Potencia de las luminarias: 55.0 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Código CIE Flux: 45 76 94 100 65 Lámpara: 4 x SMD S2 24 (Factor de corrección 1.000).		
16 Pieza	HAVELLS SYLVANIA S.A. UL 503 LED SMD-S2 4 9960lm 2x4 #6 De Empotrar/ Iluminacion General N° de artículo: UL 503 LED SMD-S2 4 9960lm 2x4 #6 Flujo luminoso (Luminaria): 6439 lm Flujo luminoso (Lámparas): 9960 lm Potencia de las luminarias: 99.0 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Código CIE Flux: 45 76 94 100 65 Lámpara: 4 x SMD S2 24 (Factor de corrección 1.000).		
77 Pieza	HAVELLS SYLVANIA S.A. UL 503 LED SMD-S2 6 12600lm 2x4 #1 De Empotrar/ Iluminacion General N° de artículo: UL 503 LED SMD-S2 6 12600lm 2x4 #1 Flujo luminoso (Luminaria): 10267 lm Flujo luminoso (Lámparas): 12600 lm Potencia de las luminarias: 118.8 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Código CIE Flux: 59 90 98 100 82 Lámpara: 6 x SMD S2 24 (Factor de corrección 1.000).		

Fuente: Elaboración propia.

Figura 24. Listado de luminarias que se implementa en el diseño de iluminación en el edificio.

En la Figura 23 se puede observar la propuesta de luminarias en el primer nivel del edificio, donde se tienen las características técnicas de cada una, como lo son: el flujo luminoso de cada lámpara y luminaria, cantidad de lámparas por cada luminaria y el factor de corrección.

6.1.1.1. Resumen de los cálculos de iluminación en la primera planta del edificio



Fuente: Elaboración propia.

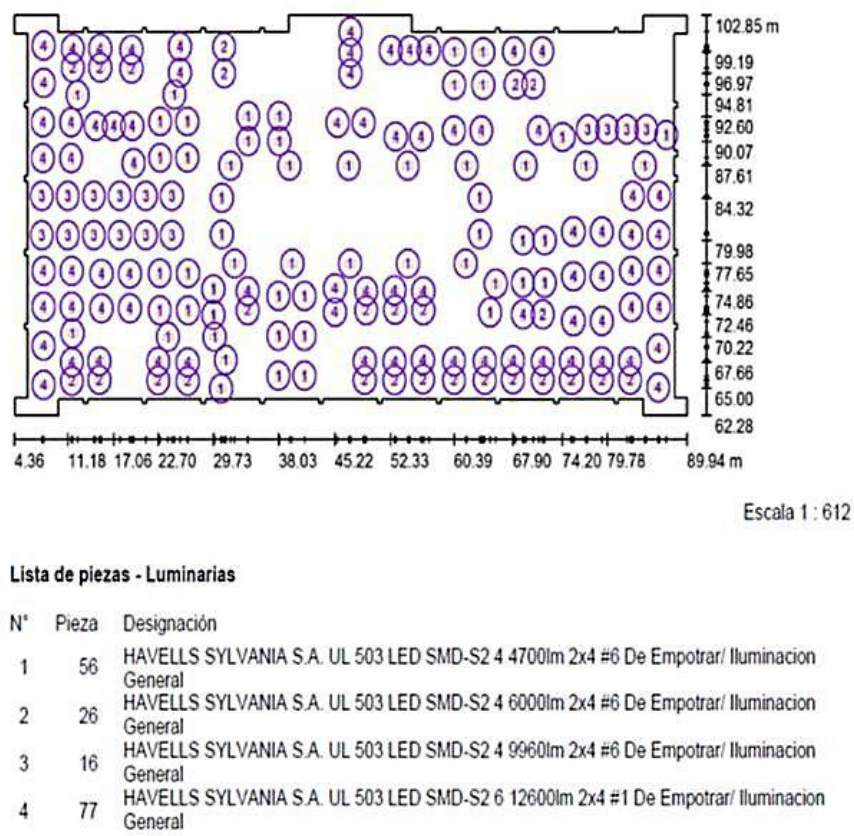
Figura 25. Diagrama y resumen de los cálculos en iluminación para la primera planta del edificio.

En la figura 24, se determina la cantidad de las luminarias en el edificio, al igual que el flujo luminoso que tienen las mismas en cada área. Estas cuentan un factor de mantenimiento de un 95%, lo que propicia menos dedicación en la mantención y limpieza de la luminaria en general del edificio.

En cuanto a los cálculos de iluminación se obtiene en el plano útil se encuentra una iluminación media de 286 lux y una reflectancia de 85%, de acuerdo con los colores del edificio se considera bastante apropiada, debido a que se distribuye mejor la luz y hace que el ojo determine mejor los colores y las formas del objeto.

Las actividades en el primer nivel del edificio están destinadas a la atención de pacientes, bibliotecas y auditorios como salas de sesiones la eficiencia energética que debe tener una instalación según sus actividades descritas en el documento español “Básico para el ahorro de energía: Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación (DB HE 3)” es de un 3,5 a 8 W/m² de Valor de la Eficiencia Energética en la Instalación (VEEI), según los cálculos del programa DIALux muestra que el VEEI tiene un valor de 4.22 W/m².

6.1.1.2. Ubicación de las luminarias en la primera planta de Medicatura Forense

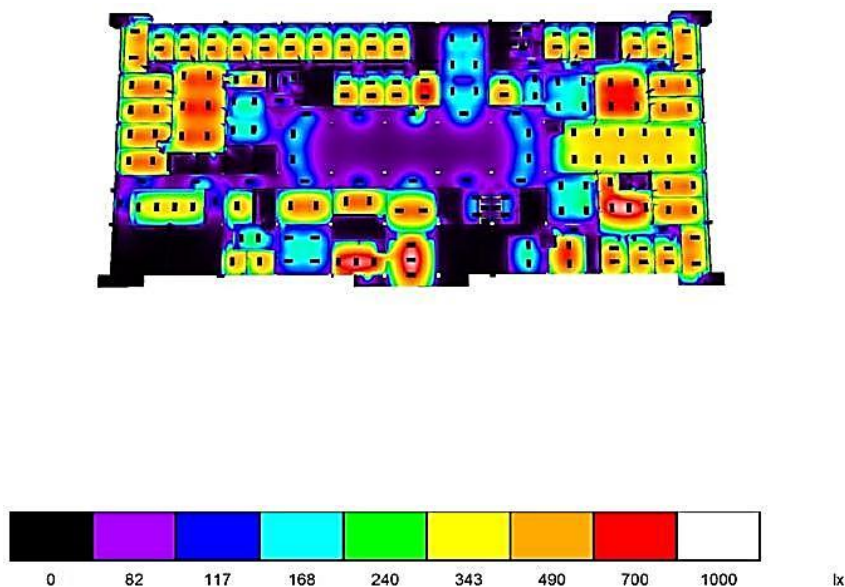


Fuente: Elaboración propia.

Figura 26. Ubicación de las luminarias propuestas para la primera planta del edificio de Medicatura Forense y Ciencias Forense del OIJ

En la figura 25, se puede observar el modelo en LED utilizado en cada uno de los departamentos del área de Medicina Legal, donde se muestra la cantidad y la ubicación según el plano demarcado.

6.1.1.3. Presentación de colores en falsos de la primera planta del edificio



Fuente: Elaboración propia.

Figura 27. Mapa de color en falso de la primera planta del edificio de Ciencias Forense y Medicina Legal.

En la Figura 26 se puede observar la iluminación de los colores en falso del plano para el primer nivel del edificio, donde los colores fríos (Azul y celeste) muestran las condiciones óptimas en lux que deben tener los pasillos y áreas de sala de espera para atender al usuario. Los colores cálidos (amarillo, naranja y rojo) muestran la cantidad de lux que deben tener los consultorios médicos, la biblioteca, el auditorio, la sala de sesiones entre otras actividades las cuales se describe en el cuadro comparativo 4, donde se detallan los niveles de iluminación actuales, con los nuevos niveles corregidos que proyecta el DIALux, basándose en la Norma INTE 31-08-06 2014.

Los resultados de cada área medida se pueden observar en el cuadro 4, donde se comparan los resultados con la norma y con el resultado que da el nivel de iluminación corregido con el Dialux.

Cuadro 4. Datos obtenidos para la primera planta del edificio de los laboratorios forense del OIJ

Código de sitio	Nivel de iluminación requerido por la norma (Lux)	Nivel de Iluminación Actual (Lux)			Nivel de iluminación Artificial Corregido en el diseño (Lux)	Nivel de iluminación + Natural corregido en el diseño (Lux)
		Luz natural	Luz Artificial	Luz Natural + Artificial		
ML-BSL	400	0	345,73	345,73	400	400
RX-REP	400	0	261,88	261,88	400	400
RX-RAD	—	0	351,11	351,11	150	150
RX-OFI	750	18,08	363,83	381,92	500	768,08
ML-AUD	300	0	411,09	411,09	300	300
ML-SS	300	0	556,83	556,83	300	300
ML-UA	500	0	269,22	269,22	500	500
ML-SE	100	18,23	451,10	469,33	100	118,23
ML-SEC	750	0	361,75	361,75	500	750
ML-JEF	750	0	303,03	303,03	500	750
CM-REP	500	0	184,33	1,84,33	500	500
COME-SE	100	14,25	724,04	738,29	500	514,25
COME-REP	500	0	145,55	145,55	500	500
COME-C1	400	126	493,5	619,5	400	526
COME-C2	400	0	326,17	326,17	400	400
COME-C3	400	118,5	348,58	467,08	400	518,5
COME-C4	400	111,75	341,25	453	400	511,75
COME-C5	400	0	369,42	369,42	400	400
COME-C6	400	0	276,67	276,67	400	400
COME-A	400	121,5	453,67	575,17	400	521,5
COME-B	400	77,28	530	607,28	400	477,28
MT-SE	100	32,88	645,25	678,13	100	132,88
MT-ADM	750	35,67	179,43	215,10	500	535,67
MT-PAS	400	13,21	169,00	182,21	400	413,21
MT-C1	400	85,92	471,17	557,08	400	485,92
MT-C2	400	167,44	447,06	614,50	400	567,44
MT-C3	400	234,83	542,33	777,17	400	634,83
MT-C4	400	82,17	453,42	535,58	400	482,17
MT-C5	400	94	352,06	446,06	400	494
MT-C6	400	29,56	222,89	252,44	400	429,56

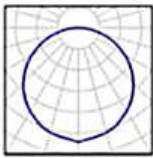
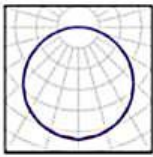
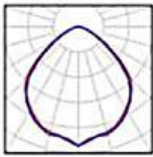
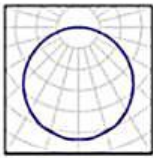
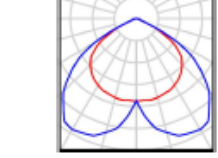
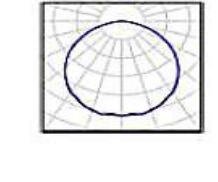
Elaboración propia

Continuación del Cuadro 4. Datos obtenidos para la primera planta del edificio de los laboratorios forense del OIJ

Código de sitio	Nivel de iluminación requerido por la norma (Lux)	Nivel de Iluminación Actual (Lux)			Nivel de Iluminación Artificial Corregido en el diseño (Lux)	Nivel de Iluminación + natural corregido en el diseño (Lux)
		Luz natural	Luz Artificial	Luz Natural + Artificial		
CML-SE	100	19,72	619,28	639,00	100	119,72
CML-ADM	750	0	266,74	266,74	500	750
CML-C1	400	106,67	305,75	412,42	400	506,67
CML-C2	400	17,42	155,75	173,17	400	417,42
CML-ARC	500	190,31	266,65	456,96	500	690,31
CML-C5	400	182,17	648,29	830,46	400	582,17
CML-C6	400	84,46	357,83	442,29	400	484,46
CML-C7	400	68,04	408,13	476,17	400	468,04
CML-C8	400	83,96	265,04	349,00	400	483,96
CML-C9	400	222,96	460,21	683,17	400	222,96
CML-C10	400	58,33	271,00	329,33	400	458,33
CML-C11	400	76,88	317,75	394,63	400	476,88
CML-C12	400	76,96	353,83	430,79	400	476,96
CML-C13	400	96,21	350,17	446,38	400	496,21
CML-C14	400	100,5	325,46	425,96	400	500,5
CML-C15	400	104,13	361,38	465,50	400	504,13
CML-C16	400	43,42	284,17	327,58	400	443,42
CML-C17	400	0	352,61	352,61	400	400
CML-18	400	0	387,75	387,75	400	400
CML-C19	400	0	318,00	318,00	400	400
CML-ENF1	400	0	394,67	394,67	400	400
CML-ENF2	400	0	353,28	353,28	400	400
CML-PAS	400	0	310,69	310,69	400	400
CML-CAP	400	0	635,83	635,83	400	400
CML-SCON	400	0	540,92	540,92	400	400

Elaboración propia.

6.1.2. Luminarias implementadas en el diseño para el segundo nivel del edificio

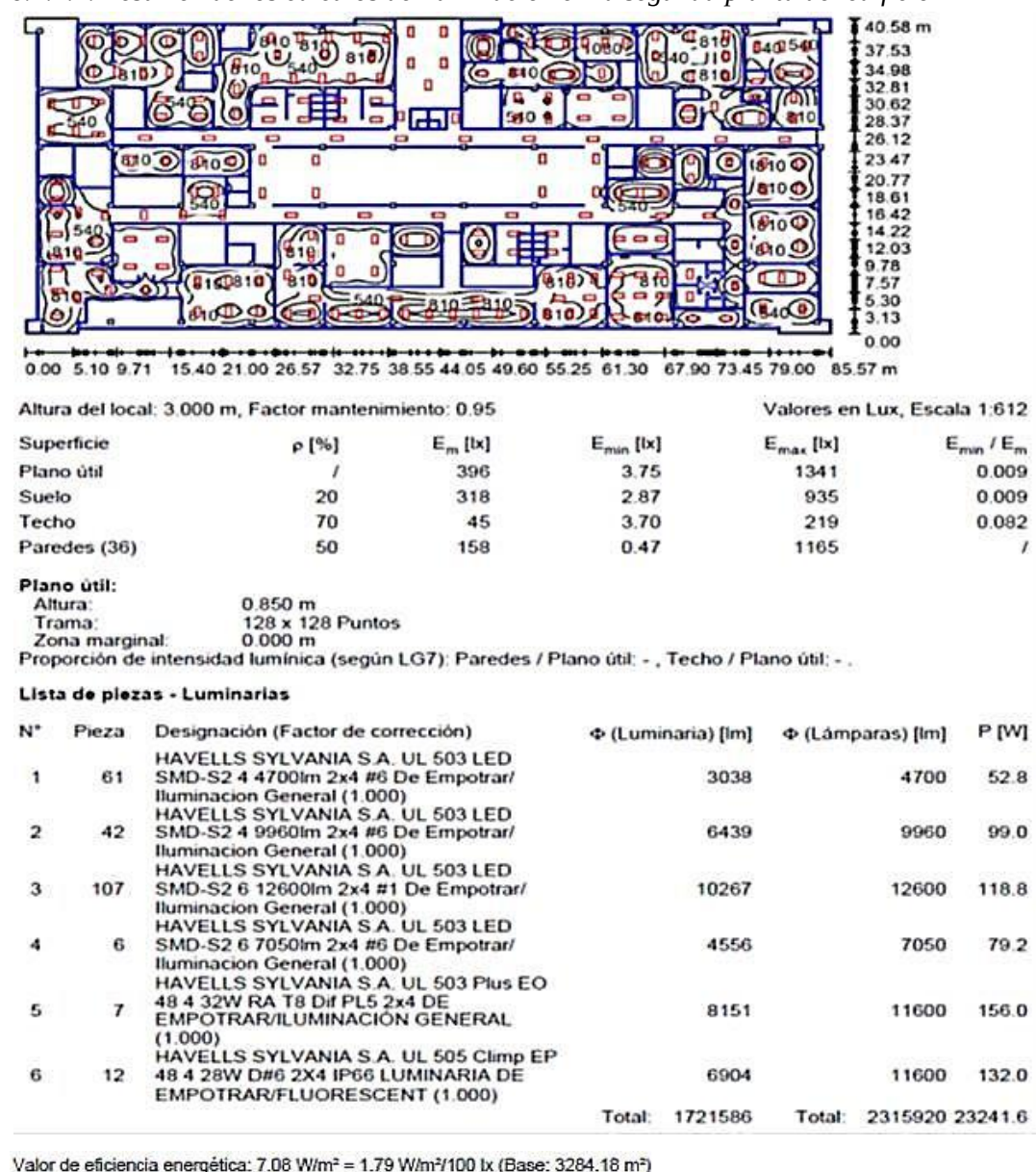
61 Pieza	HAVELLS SYLVANIA S.A. UL 503 LED SMD-S2 4 4700lm 2x4 #6 De Empotrar/ Iluminacion General N° de artículo: UL 503 LED SMD-S2 4 4700lm 2x4 #6 Flujo luminoso (Luminaria): 3038 lm Flujo luminoso (Lámparas): 4700 lm Potencia de las luminarias: 52.8 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Código CIE Flux: 45 76 94 100 65 Lámpara: 4 x SMD S2 24 (Factor de corrección 1.000).		
42 Pieza	HAVELLS SYLVANIA S.A. UL 503 LED SMD-S2 4 9960lm 2x4 #6 De Empotrar/ Iluminacion General N° de artículo: UL 503 LED SMD-S2 4 9960lm 2x4 #6 Flujo luminoso (Luminaria): 6439 lm Flujo luminoso (Lámparas): 9960 lm Potencia de las luminarias: 99.0 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Código CIE Flux: 45 76 94 100 65 Lámpara: 4 x SMD S2 24 (Factor de corrección 1.000).		
107 Pieza	HAVELLS SYLVANIA S.A. UL 503 LED SMD-S2 6 12600lm 2x4 #1 De Empotrar/ Iluminacion General N° de artículo: UL 503 LED SMD-S2 6 12600lm 2x4 #1 Flujo luminoso (Luminaria): 10267 lm Flujo luminoso (Lámparas): 12600 lm Potencia de las luminarias: 118.8 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Código CIE Flux: 59 90 98 100 82 Lámpara: 6 x SMD S2 24 (Factor de corrección 1.000).		
6 Pieza	HAVELLS SYLVANIA S.A. UL 503 LED SMD-S2 6 7050lm 2x4 #6 De Empotrar/ Iluminacion General N° de artículo: UL 503 LED SMD-S2 6 7050lm 2x4 #6 Flujo luminoso (Luminaria): 4556 lm Flujo luminoso (Lámparas): 7050 lm Potencia de las luminarias: 79.2 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Código CIE Flux: 45 76 94 100 65 Lámpara: 6 x SMD S2 24 (Factor de corrección 1.000).		
7 Pieza	HAVELLS SYLVANIA S.A. UL 503 Plus EO 48 4 1 32W RA T8 Dif PL5 2x4 DE EMPOTRAR/ILUMINACIÓN GENERAL N° de artículo: UL 503 Plus EO 48 4 32W RA T8 Dif PL5 2x4 Flujo luminoso (Luminaria): 8151 lm Flujo luminoso (Lámparas): 11600 lm Potencia de las luminarias: 156.0 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Código CIE Flux: 54 93 100 100 70 Lámpara: 4 x Octron Fluorescente 48 (Factor de corrección 1.000).		
12 Pieza	HAVELLS SYLVANIA S.A. UL 505 Climp EP 48 4 28W D#6 2X4 IP66 LUMINARIA DE EMPOTRAR/FLUORESCENT N° de artículo: UL 505 Climp EP 48 4 28W D#6 2X4 IP66 Flujo luminoso (Luminaria): 6904 lm Flujo luminoso (Lámparas): 11600 lm Potencia de las luminarias: 132.0 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Código CIE Flux: 47 80 96 100 60 Lámpara: 4 x PENTRON Fluorescente 48 (Factor de corrección 1.000).		

Fuente: Elaboración propia.

Figura 28. Listado de luminarias que se implementa en el diseño de iluminación en el edificio.

Para la Figura 27, se muestran las luminarias del segundo nivel del edificio, donde se observan las características de cada una como la potencia de la luminaria, el flujo luminoso tanto para las luminarias como para cada lámpara, cantidad de lámparas a utilizar y el factor de corrección.

6.1.2.1. Resumen de los cálculos de iluminación en la segunda planta del edificio



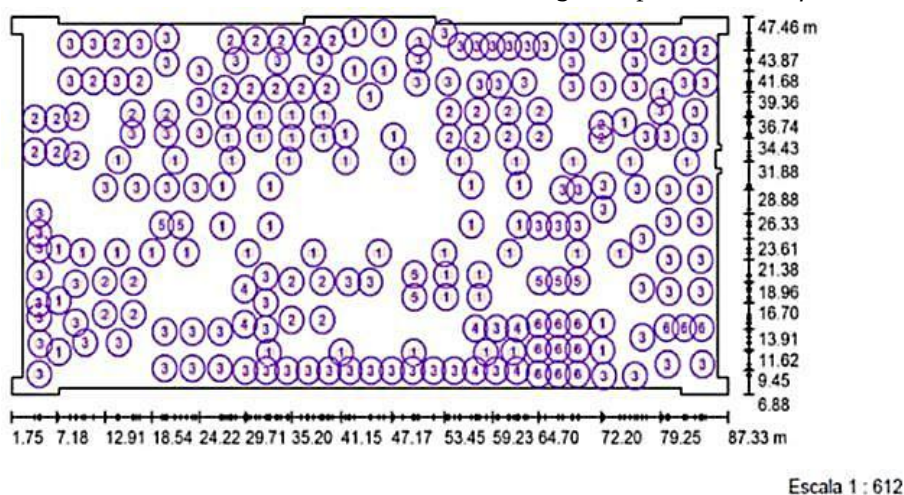
Fuente: Elaboración propia.

Figura 29.Diagrama y resumen de los cálculos en iluminación para la segunda planta del edificio.

En la figura anterior, se observan los cálculos de iluminación del plano útil, se obtiene una iluminación media de 396 lux, además de un factor de mantenimiento de un 95%, por lo que no requiere de mucha limpieza y manteamiento.

Las actividades que se realizan en este edificio es de laboratorios de edición, analíticos, ingenieril y en cada uno de ellos se busca determinar el detalle y comparación de pericias físicas de acuerdo con el ámbito a analizar, además dentro de estas se encuentra el auditorio y la Sala de sesiones para diversas reuniones. Es así que según las actividades el VEEI adecuado es de 2,5 a 8 W/m², del cual según en la figura 13 se obtiene para el segundo nivel un 7.06W/m²

6.1.2.2. Distribución de las luminarias en la segunda planta del edificio



Lista de piezas - Luminarias

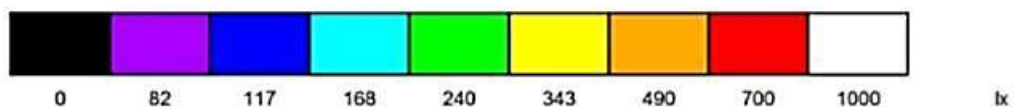
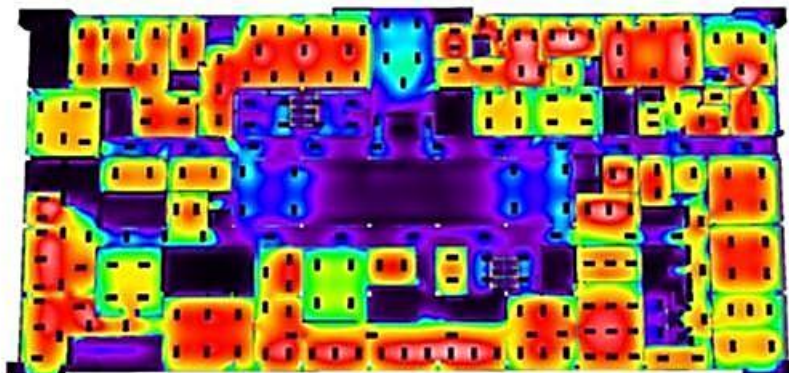
N°	Pieza	Designación
1	61	HAVELLS SYLVANIA S.A. UL 503 LED SMD-S2 4 4700lm 2x4 #6 De Empotrar/ Iluminacion General
2	42	HAVELLS SYLVANIA S.A. UL 503 LED SMD-S2 4 9960lm 2x4 #6 De Empotrar/ Iluminacion General
3	107	HAVELLS SYLVANIA S.A. UL 503 LED SMD-S2 6 12600lm 2x4 #1 De Empotrar/ Iluminacion General
4	6	HAVELLS SYLVANIA S.A. UL 503 LED SMD-S2 6 7050lm 2x4 #6 De Empotrar/ Iluminacion General
5	7	HAVELLS SYLVANIA S.A. UL 503 Plus EO 48 4 32W RA T8 Dif PL5 2x4 DE EMPOTRAR/ILUMINACIÓN GENERAL
6	12	HAVELLS SYLVANIA S.A. UL 505 Climp EP 48 4 28W D#6 2X4 IP66 LUMINARIA DE EMPOTRAR/FLUORESCENT

Fuente: Elaboración propia.

Figura 30. Ubicación y distribución de las luminarias del segundo piso del edificio de Ciencias Forense y Medicina Legal.

En la figura 29, se puede observar una tabla, donde indica el número y la designación del producto que se utilizó y a la vez la cantidad de piezas a utilizar. Estas se encuentran ubicadas en el plano que se halla encuentra en la parte superior.

6.1.2.3. Distribución de lux en colores en falsos de la segunda planta del edificio



Fuente: Elaboración propia.

Figura 31. Mapa de color en falso de la segunda planta del edificio de Ciencias Forense y Medicina Legal.

En la Figura 30 se puede observar la iluminación, en el mapeo de iluminación se muestra que en su mayoría son cálidos (amarillo, naranja, rojo), esto quiere decir que la cantidad de lux es de 350 lx a unos 1000 lux, la cual deben tener los laboratorios y algunos cubículos de trabajo.

Dicha corrección se puede observar en el cuadro comparativo 5, donde se detallan los niveles de iluminación actuales, con los nuevos niveles corregidos que proyecta el Dialux, basándose en la Norma INTE 31-08-06 2014.

Cuadro 5. Datos obtenidos para la segunda planta del edificio de los laboratorios forense del OIJ

Código del sitio	Nivel de iluminación requerido por la norma (Lux)	Nivel de Iluminación Actual (Lux)			Nivel de Iluminación Artificial Corregido en el diseño (Lux)	Nivel de Iluminación + natural corregido en el diseño (Lux)
		Luz natural	Luz Artificial	Luz Natural + Artificial		
EP-CUB	500	0	482,06	482,06	500	500
EP-CUB2	500	0	352,33	352,33	500	500
EP-LABpq	500-600	351,55	656,27	1007,82	500	851,55
EP-INS	500	58,25	546,71	604,96	500	558,25
EP-INS2	500	196,81	574,62	771,43	500	696,81
PF-JEF	500	0	340,33	340,33	500	500
PF-REP	750	0	235,21	235,21	750	750
PF-Cub1	500	55,52	215,30	270,82	500	770,82
PF-MIC	400	0	317,56	317,56	400	400
PF-CUB2	750	72,76	247,56	320,31	750	822,76
PF-MIC	400	0	298,00	298,00	400	400
PF-LAB	600	31,03	321,30	352,33	600	631,03
IF-CUB	750	142,82	453,64	596,46	500	892,82
IF-AA	500	244,28	346,17	590,44	500	744,28
IF-REP	500	0	300,67	300,67	500	500
IF-JEF	500	332,5	1144,38	1476,88	500	832,5
IF-CM	400	0	370,56	370,56	400	400
IF-CUB2	750	345	542,88	887,88	500	1095
UA-DCF	500	0	291,14	291,14	500	500
UGC-DCF	500	0	320,31	320,31	500	572,76
SS-DCF	300	0	423,30	434,24	300	300
REC-DCF	500	0	356,25	356,25	500	500
CUB-DFC	750	311,71	434,08	745,79	500	1061,71
REPe-DCF	500	18,5	397,08	415,58	500	518,5
JEF-DCF	500	250	421,96	671,96	500	750
OP-DCF	500	0	281,00	281,00	500	500
AUD-DCF	300	0	453,80	453,80	300	300

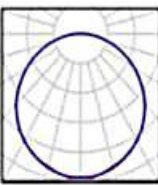
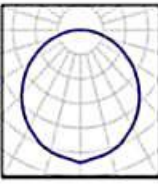
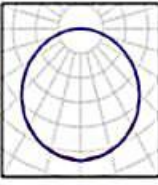
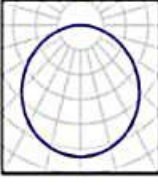
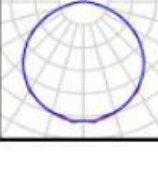
Elaboración propia.

Continuación del Cuadro 5. Datos obtenidos para la segunda planta del edificio de los laboratorios forense del OIJ

Código del sitio	Nivel de iluminación requerido por la norma (Lux)	Nivel de Iluminación Actual (Lux)			Nivel de Iluminación Artificial Corregido en el diseño (Lux)	Nivel de Iluminación + natural corregido en el diseño (Lux)
		Luz natural	Luz Artificial	Luz Natural + Artificial		
SAM-DCF	300	0	233,17	233,17	300	300
FA-ALI	500	80,07	620,97	701,03	500	580,07
FA-AMP	400	29,54	137,89	167,43	400	429,54
FA-OSC2	100	0	57,67	57,57	100	100
FA-OSC1	100	0	75,33	75,33	100	100
AEDD-CUB2	750	161,06	313,74	474,80	500	911,06
AEDD-CUB3	750	104,05	222,55	326,60	500	854,05
AEDD-LAB	500	51,06	504,19	555,24	500	551,06
AEDD-CUA	500	0	467,88	467,88	500	500
PISO 2-PASa	100	0	212,66	212,66	100	100
PISO 2-BHa	100	0	286,10	286,10	100	100
PISO 2-BMa	100	0	269,77	269,77	100	100
PISO 2-PASb	100	0	210,79	210,79	100	100
PISO 2-BHb	100	0	282,47	282,47	100	100
PISO 2-BMb	100	0	236,37	236,37	100	100

Elaboración propia.

6.1.3. Luminarias implementadas en el diseño para el tercer nivel del edificio

12 Pieza	HAVELLS SYLVANIA S.A. UL 503 LED SMD-S2 3 6300lm 2x2 #6 De Empotrar/ Iluminacion General N° de artículo: UL 503 LED SMD-S2 3 6300lm 2x2 #6 Flujo luminoso (Luminaria): 3697 lm Flujo luminoso (Lámparas): 6300 lm Potencia de las luminarias: 59.4 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Código CIE Flux: 45 76 94 100 59 Lámpara: 3 x SMD S2 24 (Factor de corrección 1.000).		
34 Pieza	HAVELLS SYLVANIA S.A. UL 503 LED SMD-S2 4 4700lm 2x4 #6 De Empotrar/ Iluminacion General N° de artículo: UL 503 LED SMD-S2 4 4700lm 2x4 #6 Flujo luminoso (Luminaria): 3038 lm Flujo luminoso (Lámparas): 4700 lm Potencia de las luminarias: 52.8 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Código CIE Flux: 45 76 94 100 65 Lámpara: 4 x SMD S2 24 (Factor de corrección 1.000).		
47 Pieza	HAVELLS SYLVANIA S.A. UL 503 LED SMD-S2 4 9960lm 2x4 #6 De Empotrar/ Iluminacion General N° de artículo: UL 503 LED SMD-S2 4 9960lm 2x4 #6 Flujo luminoso (Luminaria): 6439 lm Flujo luminoso (Lámparas): 9960 lm Potencia de las luminarias: 99.0 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Código CIE Flux: 45 76 94 100 65 Lámpara: 4 x SMD S2 24 (Factor de corrección 1.000).		
155 Pieza	HAVELLS SYLVANIA S.A. UL 503 LED SMD-S2 6 12600lm 2x4 #6 De Empotrar/ Iluminacion General N° de artículo: UL 503 LED SMD-S2 6 12600lm 2x4 #6 Flujo luminoso (Luminaria): 8142 lm Flujo luminoso (Lámparas): 12600 lm Potencia de las luminarias: 118.8 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Código CIE Flux: 45 76 94 100 65 Lámpara: 6 x SMD S2 24 (Factor de corrección 1.000).		
11 Pieza	HAVELLS SYLVANIA S.A. UL 505 Climp EP 48 4 54W D#6 2X4 IP66 LUMINARIA DE EMPOTRAR/FLUORESCENT N° de artículo: UL 505 Climp EP 48 4 54W D#6 2X4 IP66 Flujo luminoso (Luminaria): 11847 lm		

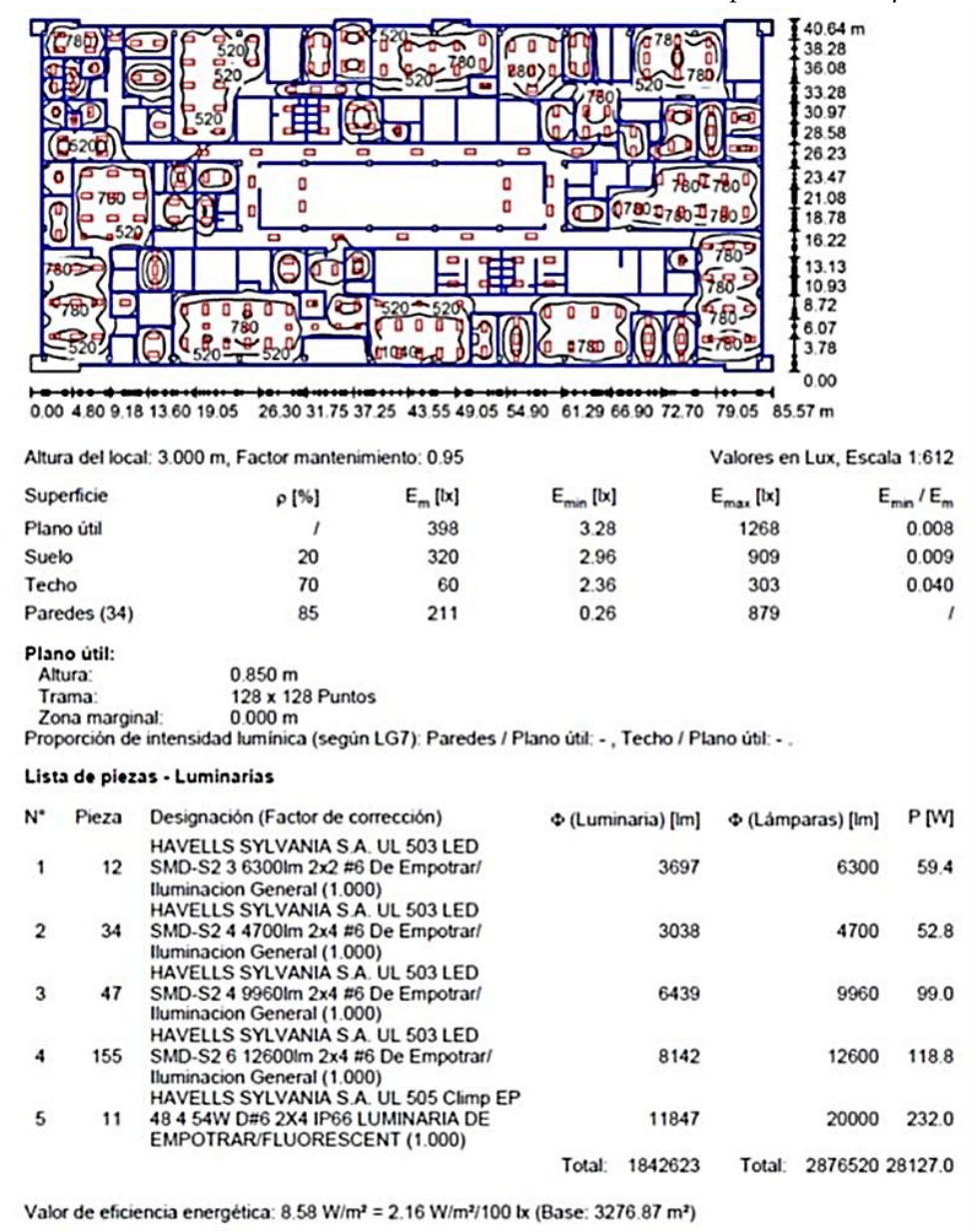
Fuente: Elaboración propia.

Figura 32. Listado de luminarias que se implementa en el diseño de iluminación en el edificio.

En la figura anterior se puede observar la cantidad total de luminarias que se requiere para la tercera planta del edificio, definido según la ocupación. Se puede observar en el modelo

505 CLIMP, el cual es utilizado para cuartos limpios y certificado por LSQA, su función es brindar protección ante entrada de partículas de polvo o líquidos según la norma ISO 14644.

6.1.3.1. Resumen de los cálculos de iluminación en la tercera planta del edificio



Fuente: Elaboración propia.

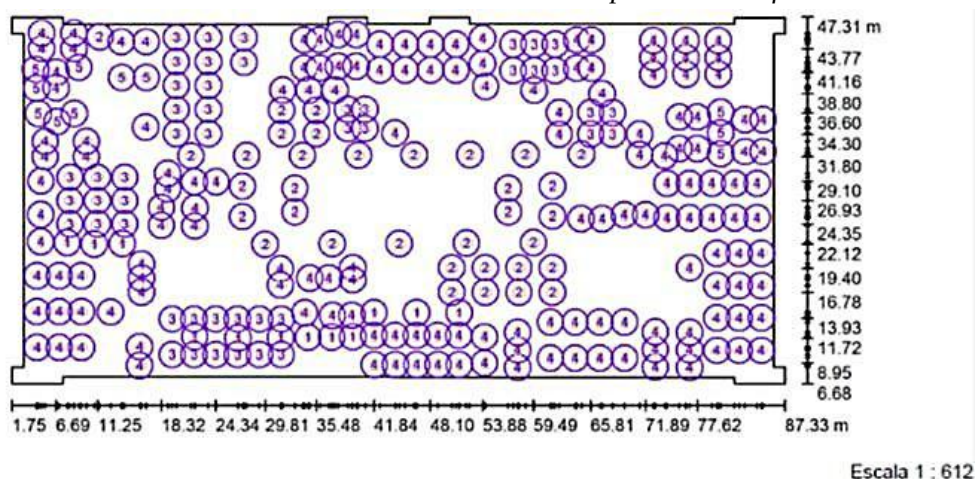
Figura 33. Diagrama y resumen de los cálculos en iluminación para la tercera planta del edificio.

En la tercera planta del edificio, donde se ubica la otra parte de los laboratorios, observable en la figura 32, se designa al factor de mantenimiento y es de 95% además una luminancia medio de 398 lx en el plano.

El valor de VEEI es de 8.58 W/m^2 , como en la norma no viene descrito la cantidad de VEEI adecuada según la actividad, se dispone como pasa igualmente en el segundo nivel del edificio, se puede decir que se encuentra en valor de VEEI de $4,0 \text{ W/m}^2$ a $8,0 \text{ W/m}^2$.

Se escogen estos valores, debido a que las actividades del edificio no se ven contempladas de modo que se toma en cuenta el valor no contemplado $4,0 \text{ W/m}^2$ o sala de usos múltiples $8,0 \text{ W/m}^2$. Se requieren de muchas luminarias para tener la cantidad de iluminación necesaria, igual en los laboratorios debido a lo explicado según análisis.

6.1.3.2. Distribución de las luminarias en la tercera planta del edificio



Lista de piezas - Luminarias

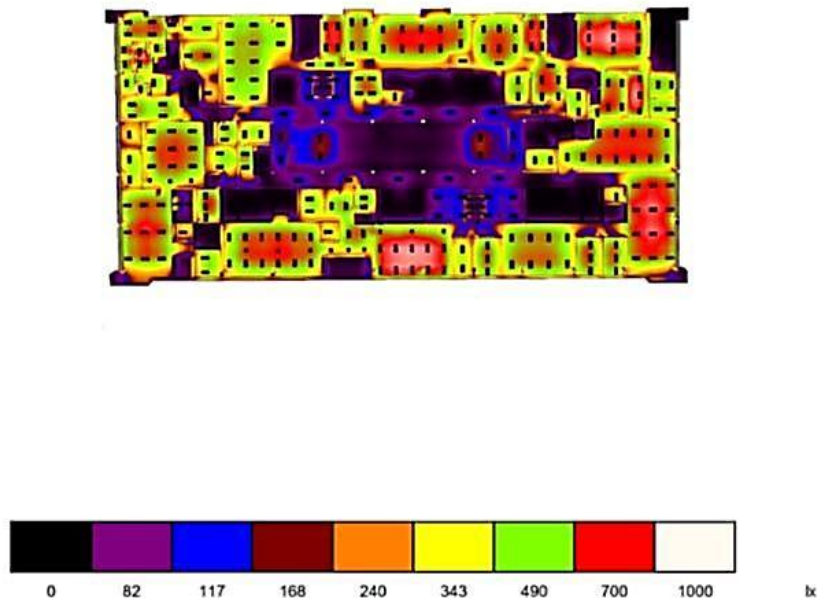
N°	Pieza	Designación
1	12	HAVELLS SYLVANIA S.A. UL 503 LED SMD-S2 3 6300lm 2x2 #6 De Empotrar/ Iluminacion General
2	34	HAVELLS SYLVANIA S.A. UL 503 LED SMD-S2 4 4700lm 2x4 #6 De Empotrar/ Iluminacion General
3	47	HAVELLS SYLVANIA S.A. UL 503 LED SMD-S2 4 9960lm 2x4 #6 De Empotrar/ Iluminacion General
4	155	HAVELLS SYLVANIA S.A. UL 503 LED SMD-S2 6 12600lm 2x4 #6 De Empotrar/ Iluminacion General
5	11	HAVELLS SYLVANIA S.A. UL 505 Climp EP 48 4 54W D#6 2X4 IP66 LUMINARIA DE EMPOTRAR/FLUORESCENT

Fuente: Elaboración propia.

Figura 34. Ubicación y distribución de las luminarias del tercer piso del edificio de Ciencias Forense y Medicina Legal.

En la figura 33 se observa la distribución de las luminarias propuesta en la tercera planta del edificio, además se describe el modelo utilizado y la cantidad que corresponde a cada una.

6.1.3.3. Distribución de lux en colores en falsos de la tercera planta del edificio



Fuente: Elaboración propia.

Figura 35. Mapa de color en falso de la tercera planta del edificio de Ciencias Forense y Medicina Legal.

En la Figura 34 se puede observar la cantidad de lux en su mayoría se denota colores entre verde y rojos, esto quiere decir que la cantidad de lux según las actividades que realiza en mayor de 500 lux a 700 lux aproximadamente. En cuanto a la los lugares se ven más oscuros, entre los colores morado y azul, se encuentra entre 80 lux a 120 lux, los cuales corresponda a baños y pasillos.

A continuación se realizan los cuadros comparativos 7, de los niveles de iluminación actuales, con los nuevos niveles corregidos proyectado por el Dialux, basándose en la Norma INTE 31-08-06 2014.

Cuadro 6. Datos obtenidos para la tercera planta del edificio de los laboratorios forense del OIJ

Código del sitio	Nivel de iluminación requerido por la norma (Lux)	Nivel de Iluminación Actual (Lux)			Nivel de Iluminación Artificial Corregido en el diseño (Lux)	Nivel de Iluminación + natural corregido en el diseño (Lux)
		Luz natural	Luz Artificial	Luz Natural + Artificial		
BF-TF	600	219,42	482,06	701,49	600	719,4200
BF-ENT	500	198,17	409,73	607,90	500	698,17
BF-CUII 4	600	0	341,40	341,40	600	600
BF-MICR	500	0	424,33	424,33	500	500
BF-REP	500	0	385,06	385,06	500	500
BF-REP	500	0	266,88	266,88	500	500
BF-CUII 3	600	75,92	503,88	579,79	600	675,92
BF-JEF	500	0	333,83	333,83	500	500
BF-CUB	750	111,97	276,97	388,94	500	861,97
BF-CUII 2	600	0	440,08	440,08	600	600
BF-REP(BF/BQ)	500	28,5	211,75	240,25	500	528,5
BF-CUII	600	115,67	442,29	557,96	600	715,67
AF-CUB	750	0	213,54	213,54	500	750
AF-REC	500	0	329,33	329,33	500	500
AF-LABIO	600	0	204,79	204,79	600	600
AF-PAS	100	0	224,5	224,5	100	100
AF-LABQUI	600	0	282,29	282,29	600	600
BQ-ADNm	400	0	200,5	200,5	400	400
BQ-JEF	500	309,25	510,92	820,17	500	809,25
BQ-LABa	600	43,30	292,55	335,85	600	643,30
BQ-ADN	500	21,75	230,08	251,83	500	521,75
BQ-CUB	750	0	194,79	194,79	500	750
BQ-ADM	500	0	296,31	296,31	500	500
BQ-CMIT	400	39,81	302,92	342,72	400	439,81
BQ-PCR	500	236,17	408,58	644,75	500	5236,17
BQ-EXT1	500	160,93	469,13	630,07	500	660,93
BQ-HUE	600	241	636,92	877,92	600	841
BQ-CUB (BF)	750	60,27	196,47	256,74	500	810,27
BQ-LAB (BF)	600	117,45	379,53	496,98	600	717,45
BQ-MUE	400	0	318,50	318,50	400	400
BQ-EXT2	600	0	503,38	503,38	600	600
BQ-MUE2	600	0	133,00	133,00	600	600

Elaboración propia.

Continuación del cuadro 6. Datos obtenidos para la tercera planta del edificio de los laboratorios forense del OIJ

Código del sitio	Nivel de iluminación requerido por la norma (Lux)	Nivel de Iluminación Actual (Lux)			Nivel de Iluminación Artificial Corregido en el diseño (Lux)	Nivel de Iluminación + natural corregido en el diseño (Lux)
		Luz natural	Luz Artificial	Luz Natural + Artificial		
BQ-ADNa	600	0	189,00	189,00	600	600
BQ-PREam	600	122,71	351,92	474,63	600	722,71
TX-LAB	600	37,39	368,30	405,69	600	637,39
TX-LAV	500	60,33	620,75	681,08	500	560,33
TX-VOL	500	44,43	416,43	460,87	500	544,43
TX-INS	500	25,73	370,67	396,40	500	525,73
TX-BAL	500	0	411,33	411,33	500	500
TX-CUB	500	152,6	272,04	424,7	500	652,6
QA-LABd	600	239,93	472,87	712,79	600	839,93
QA-BAL	500	0	345,5	345,5	500	500
QA-LABtx	600	55,5	364,00	419,50	600	655,5
QA-CUB	750	63,13	205,47	268,60	500	813,13
QA-JEF	500	0	197,67	197,67	500	500
QA-ESP	500	24,83	525,07	549,90	500	524,83
PISO 3-PASa	100	0	222.25	222.25	100	100
PISO 3-BHa	100	0	274.27	274.27	100	100
PISO 3-BMa	100	0	241.33	241.33	100	100
PISO 3-PASb	100	0	211.42	211.42	100	100
PISO 3-BHb	100	0	226.87	226.87	100	100
PISO 3-BMb	100	0	196.27	196.27	100	100

Elaboración propia.

6.2. Niveles de iluminación relacionados con la salud ocupacional de acuerdo con los resultados

La iluminación tiene que ser la suficientemente necesaria para cada tipo de trabajo. Esta cantidad de luz va a ser especificada dependiendo de la tarea específica o el plano de trabajo, que es determinada por: la agudeza visual, sensibilidad de contraste o capacidad de discriminar las diferentes luminancias de color, la eficiencia de acomodación o eficiencia de enfoque sobre las tareas a diferentes distancias.

Por tanto, en cuanto mayor sea la cantidad de luz, tomando en cuenta un cierto valor máximo para evitar el deslumbramiento, mejor será el rendimiento visual. Como se muestran en los cuadros 4,5 y 6 el edificio no posee con lo descrito en la Norma INTE 31-08-06 2014, a excepción de los pasillos y servicios sanitarios, dejando afuera las áreas de trabajo más importantes del edificio.

Con el cambio a tecnología LED en iluminación, no solo favorece cumplir con los niveles de iluminación determinado en la norma, también contribuye a un mejor rendimiento en trabajo; así como una mejor adaptación de la vista para determinar las tareas de una forma adecuada sin esforzar la retina.

Además con el cambio de tecnología, la carga térmica de calor que se genera en el área del trabajo disminuye, esto porque se evitaría el uso de balasto que utiliza la lámpara fluorescente, mientras que las lámparas en LED el calor generado es mucho menor, así lo percibe el cuerpo humano en el transcurso de la jornada laboral.

6.3. Proyección de inversión en la tecnología LED en el edificio de Ciencias Forense y Medicina Legal.

En esta sección se determina la proyección del costo de inversión que tendría el cambio de luminarias en LED para el edificio de Ciencias Forense y Medicina Legal.

Para modificar a un sistema de iluminación más eficiente en el edificio, se decide dividirlo por niveles, para así reconocer los beneficios ambientales y la conveniencia de los costos económicos que vendrían con el cambio.

Por lo que a continuación se presenta de primera instancia el primer nivel del edificio de Ciencias Forense y Medicina Legal del OIJ.

6.3.1. Inversión en LED para el primer nivel del edificio de Medicina Legal y Ciencias Forense.

Para el primer nivel se realiza el estudio de consumo para determinar el costo que tienen actualmente las lámparas Fluorescentes y el costo que obtiene en la factura eléctrica en el edificio, de igual forma se hace la comparación con la proyección en LED.

Cuadro 7. Consumo energético y costo de la factura eléctrica para las luminarias en fluorescentes y LED en el primer nivel del edificio.

Consumo Energético	
Consumo en T12 - T12 - T8 (kWh)	76.001,74
Consumo Propuesta para ahorro Energético LED (kWh)	37.002,35
Porcentaje de ahorro en KWh	40%
Factura Eléctrica	
Gasto en colones anual propuesta en T12 - T12 -T8	¢23.708.270,52
Gasto en colones anual de la propuesta de ahorro	¢9.241.863,84
Elaboración propia.	

Para el consumo energético en los años 2013-2014, se obtiene un valor de 76.001,74 kWh, mientras que para la propuesta en LED se obtiene un consumo de 37.002,35 kWh, lo cual vendría a disminuir un consumo de 38.999,39 kWh que es el reflejo de 40% de la energía consumida en iluminación.

Al cambiar a la tecnología en LED para esta sección obtendría un gasto anual en la factura eléctrica en ¢9.241.863,84 correspondiente a un ahorro de 40% en la factura eléctrica, lo que significa que es una diferencia de ¢14.466.406,68.

Para el cambio de luminarias se requiere una inversión inicial de ¢41.354.106,02, se proyecta a 7 años lograr su recuperación, donde cada año tendrá un costo ¢19,208,060.78 según el cambio de la inflación.

Cuadro 8. Inversión y tiempo de recuperación para las luminarias LED en el primer nivel del edificio.

Inversión Inicial por el Cambio de Tecnología en LED			
FLUJO DE CAJA	Ahorro Año 1	Año 2	Año 3 Ahorro por cambio de tubo
-¢41.354.106,02	¢19.208.060,78	¢19.208.060,78	¢19.208.060,78
Año 4.	Año 5	Año 6	Año 7
¢19.208.060,78	¢19.208.060,78	¢19.208.060,78	¢19.208.060,78
Costo de la inversión			
Tasa de descuento	VAN	TIR	Retorno de inversión
10%	¢52.158.778,55	43%	2.85

Elaboración propia.

Como se muestra en el cuadro 8, durante el primer año y parte del segundo, se estaría pagando la inversión de las luminarias LED para el primer nivel del edificio. Mientras que para el año3, se estaría recobrando la inversión dada.

El TIR da un valor de 2 años y 8 meses para recuperar la inversión con LED. Considerando la inflación de los próximos años, se toma una tasa de descuento de un 10%, dando así VAN de ¢52,158,778.55 y con un TIR de 43%. Estos datos se hacen aptos para recuperar la inversión.

6.3.2. Inversión en LED para el segundo nivel del edificio de Medicina Legal y Ciencias Forense.

Para el segundo nivel del edificio, se obtiene un consumo en fluorescente de 100.413,64 kWh, que con una tecnología en LED tendría un ahorro en 43471 kWh, lo cual sería un ahorro alrededor de un 44%

Cuadro 9. Consumo energético y costo de la factura eléctrica para las luminarias en fluorescentes y LED en el segundo nivel del edificio.

Consumo Energético	
Consumo en T12 - T12 - T8 (kWh)	100.413,64
Consumo Propuesta para ahorro Energético LED (kWh)	56.941,92
Porcentaje de ahorro en KWh	44%
Factura Eléctrica	
Gasto en colones anual propuesta en T12 - T12 -T8	¢20,691,566.28
Gasto en colones anual de la propuesta de ahorro	¢13,368,564.00

Elaboración propia.

Con el cambio de luminarias a LED, se estaría ahorrando en la factura eléctrica, con respecto a iluminación, un aproximado de ¢ 7,323,002.28 por año.

En este nivel del edificio, se requiere tener una disposición de ¢55.279.824,87 de los cuales se estarán distribuyendo anualmente un valor ¢11.461.315,54 por año, según datos mostrados en el cuadro 10.

Cuadro 10. Inversión y tiempo de recuperación para las luminarias LED en el segundo nivel del edificio.

Inversión Inicial por el Cambio de Tecnología en LED			
FLUJO DE CAJA	Ahorro Año 1	Año 2	Año 3
-¢55.279.824,87	¢11.461.315,54	¢11.461.315,54	¢11.461.315,54
Año 4. Ahorro por cambio de tubo	Año 5	Año 6	Año 7
¢11.461.315,54	¢11.461.315,54	¢11.461.315,54	¢11.461.315,54
Costo de la inversión			
Tasa de descuento	VAN	TIR	Retorno de inversión
10%	518.659,36	10%	4.2

Elaboración Propia.

Este proyecto tiene un VAN de ¢518.659,36, tomando en cuenta una tasa de descuento del 20%. El periodo de recuperación para este segundo nivel se llevaría aproximado 4 años según lo demostrado en el TIR el cual es al 10%.

En este aspecto, para invertir en las LED en este nivel, la cantidad de luminarias y los costos que tiene cada una de ellas se determina que para lograr recuperar la inversión tiene que pasar al menos más de 4 años y 5 meses para que se pueda ver reflejada tal inversión.

6.3.3. Inversión en LED para el tercer nivel del edificio de Medicina Legal y Ciencias Forense.

Para esta sección del edificio y los requerimientos en lux, se necesitan incrementar las luminarias en secciones como los laboratorios y algunos cubículos, algunos ejemplos de ello fueron: El laboratorio de toxicología, biología-bioquímica y otros. Esto se debe porque al aumentar la cantidad de luminarias, aumenta el consumo en los sectores donde se requiere ajustar a la norma INTE 31-08-06 2014.

Además el departamento de Bioquímica, donde se realizan los estudios de ADN u otros análisis, se requiere la implementación de luminarias cerradas donde se le exija un área totalmente limpia. La luminaria recomendada es certificada por LSQA y utilizada para cuartos limpios, la cual brinda protección ante entrada de partículas de polvo o líquidos según la norma ISO 14644.

Segundo el cuadro 12, los Fluorescentes dan un valor de 91.249,17 kWh mientras que con el cambio a LED se tiene un consumo de 68.877,83 kWh, obtenido un ahorro energético de 22.371,37 kWh equivalente a un 23% del consumo energético. Actualmente tiene un costo anual de ¢21,963,605.40 mientras que con el cambio a LED se obtendría un ahorro del ¢4.580.421,12 anuales.

Cuadro 11. Consumo energético y costo de la factura eléctrica para las luminarias en fluorescentes y LED en el tercer nivel del Edificio de Ciencias Forense y Medicina Legal.

Consumo Energético	
Consumo en T12 - T12 - T8 (kWh)	91.249,17
Consumo Propuesta para ahorro Energético LED (kWh)	68.877,83
Porcentaje de ahorro en KWh	23.4%
Factura Eléctrica	
Gasto en colones anual propuesta en T12 - T12 -T8	¢21,963,605.40
Gasto en colones anual de la propuesta de ahorro	¢17,383,184.28

Elaboración propia.

Para la inversión se requiere una cantidad de ¢69.871.535,21, que es el costo total de las luminarias para todo el tercer nivel del edificio. Esta inversión es mucho mayor que la inversión inicial de los dos niveles, sin embargo se debe considerar que para alcanzar la cantidad de lux y las especificaciones de limpieza para cuartos extremadamente limpios para revisar indicios.

Cuadro 12. Inversión y tiempo de recuperación para las luminarias LED en el tercer nivel del edificio de Ciencias Forense y Medicina Legal.

Inversión Inicial por el Cambio de Tecnología en LED				
FLUJO DE CAJA	Ahorro Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
-¢69.871.535,21	¢8.973.142,20	¢8.973.142,20	¢8.973.142,20	¢8.973.142,20
Año 5	Año 6	Año 7 Ahorro por cambio de tubo	Año 8	Año 9
¢8.973.142,20	¢8.973.142,20	¢8.973.142,20	¢8.973.142,20	¢8.973.142,20
Costo de la inversión				
Tasa de descuento	VAN	TIR	Retorno de inversión	
10%	-18,194,995.57	3%	7.2	

Elaboración Propia.

La calidad del producto y el aumento de luminarias provocan que la inversión tenga un VAN de -¢18,194,995.57 tomando un descuento del 10% , el cual conlleva a tener una Tasa de rendimiento interno (TIR) de un 7.2% del producto invertido, recuperado después de los 7 años.

Además que la duración que puede tener una LED es de 11 a 14 años, tomando en cuenta que la vida útil es de 100,000 horas. En este caso el periodo en que se recupera la inversión es después de los 7 años, porque las lámparas tendrán un tiempo de vida de 4 a 7 años, dependiendo de su mantenimiento y condiciones eléctricas del sitio.

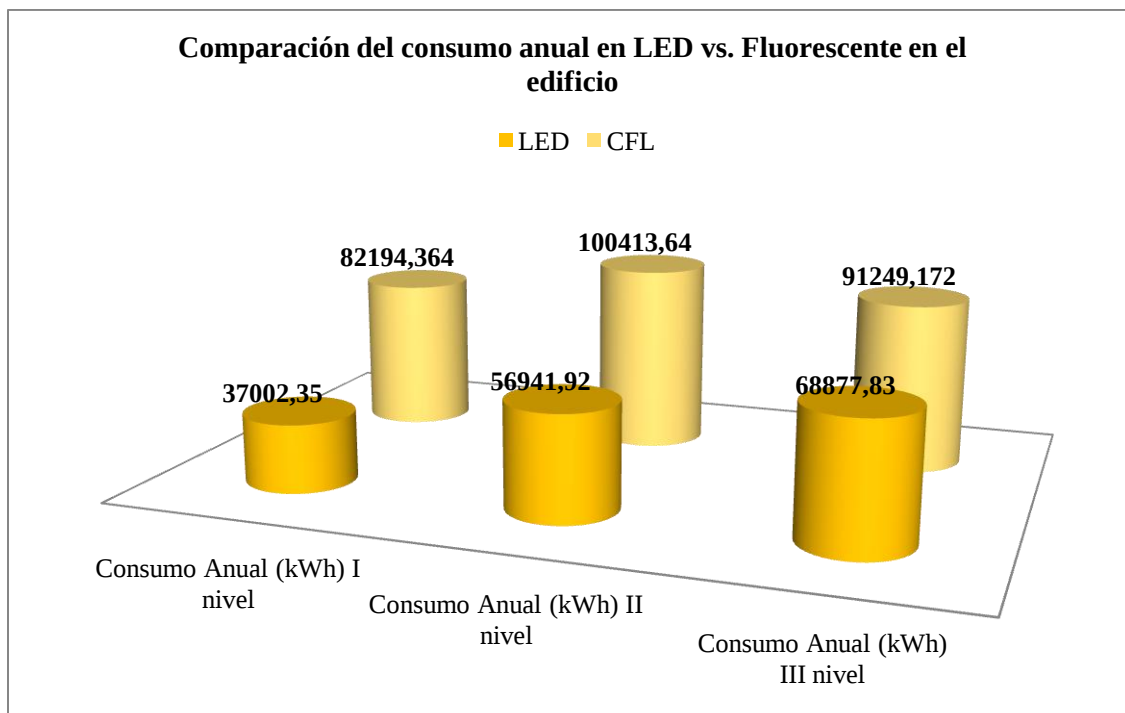
Sin embargo, con el cambio de las luminarias LED, adquiere otros beneficios energéticos (disminución del consumo de la energía), menos impactos ambientales (disminución de las emisiones de CO₂) y se elimina las emisiones de mercurio.

6.4. Consumo Energético de la tecnología en LED para el edificio de Medicina Legal y Ciencias Forense del OIJ

Dentro de los beneficios del uso de la tecnología en LED, se encuentra en disminuir el consumo energético del edificio, de modo que la propuesta conlleva a disminuir el costo de la factura eléctrica del edificio y además a contribuir con la disminución del CO₂.

Se realizó una proyección, considerando estas ventajas, que poseen las luminarias en LED con respecto al consumo actual de las fluorescentes. En ellas se tomó el consumo actual de las luminarias y se comparó con la propuesta para identificar el ahorro que obtendría el edificio con dicho cambio.

Actualmente el uso de los fluorescentes en el edificio permanece encendido por tiempo de 6 a 15 horas diarias, para la proyección de LED, se tomó una cantidad de uso de 15 horas para todos los niveles de la infraestructura. Dicho consumo disminuiría más si se tomara la cantidad de horas que cada departamento permanece encendido.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 36. Comparación de consumo anual de las LFL y LED para el edificio de Medicina Legal y Ciencia Forense del OIJ

Como se observa en la figura 35, el consumo de la LED es mucho menor para el primer edificio con un 37 002.35 kWh anuales, ahorrando una cantidad de 55%. Este cambio es muy favorable para este nivel, debido a que se disminuirían algunas luminarias en los departamentos donde se alcanzó la cantidad de lux adecuado.

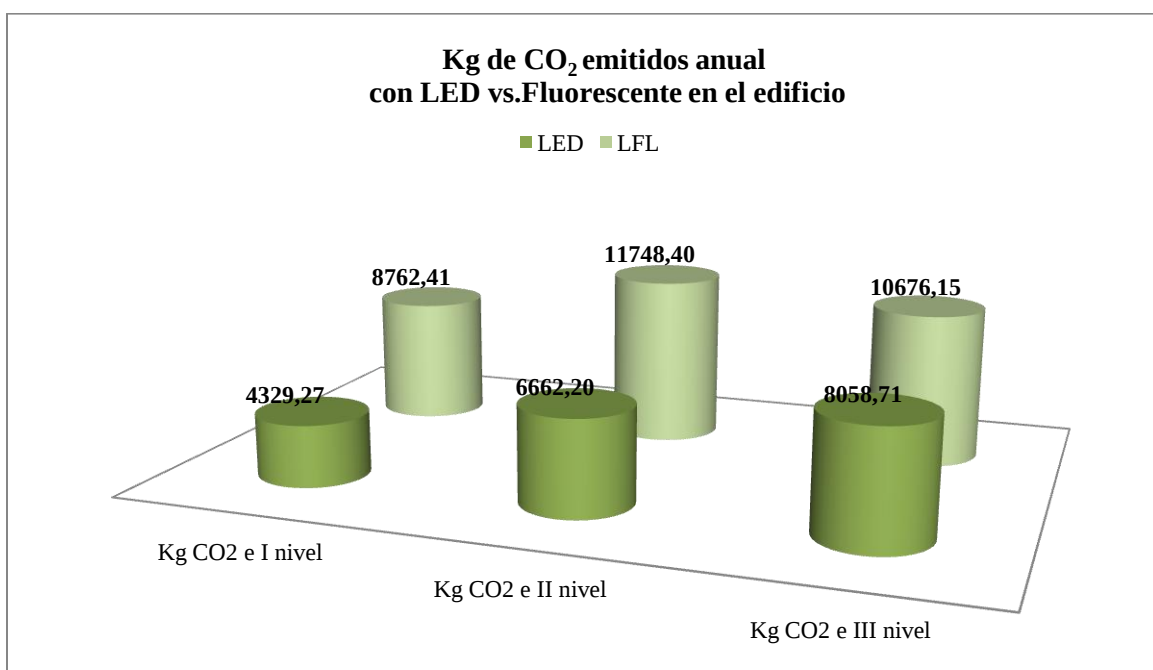
Mientras que para el segundo nivel la luminaria en LED tiene un consumo de 56 941.92 kWh anuales lo que disminuye un 44% del consumo energético en iluminación y esto se debe que para realizar el cambio fue necesario adicionar en secciones de algunos laboratorios y ajustar la cantidad de luz según la norma.

Para el tercer nivel se obtienen 68 877.83 kWh anuales en consumo en LED, ofreciendo un ahorro de un 25% en la factura eléctrica. Sin embargo, este consumo no se ve tan reflejado como los demás, debido a que fue necesario incluir más luminarias para alcanzar los lux adecuados, según la norma, además se le agregaron unas luminarias para cuartos limpios

en el área de bioquímica, donde se requiere una limpieza extrema para el análisis de las muestras.

6.5. Proyección del impacto ambiental en LED para el edificio de Medicina Legal y Ciencias Forense del OIJ

Con el cambio de tecnología a LED, conlleva a la disminución de las emisiones de carbono dentro del proceso productivo del edificio. Estos datos se pueden demostrar en la figura 36, donde se disminuye la cantidad de emisiones producto de la utilización de la iluminación en el edificio.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 37. Comparación de las emisiones de carbono de las LED vs. fluorescentes en el edificio del Ciencias Forense y Medicina Legal

En el primer nivel del edificio se evidencia que con LED se obtiene unas emisiones de 4329.27 Kg de CO₂e según el consumo energético en iluminación lo cual se obtendría un ahorro en emisiones de un 51%. Esto se debe porque se mantuvo la cantidad luminarias en este nivel y se mejoró la cantidad de lux que tiene esta área del edificio.

En el caso del segundo nivel, se logra un 6662.20 Kg de CO₂e, obteniendo un ahorro de 44% de emisiones. Este valor se mantiene bastante bajo y se debe a que en algunos áreas se disminuyó la cantidad de luminarias como fue en el caso del laboratorio de pólvora y explosivos, sin embargo en otras se tuvo que aumentar la cantidad de luminarias, como en el caso del laboratorio de pericias físicas donde fue necesario incrementarlas.

Mientras que el tercer nivel se obtuvo una emisión de 8058,71 Kg de CO₂e anual, se obtiene un ahorro de un 25%. Aunque el porcentaje de ahorro es menor en comparación con el primer y el segundo nivel del edificio, se debe por el aumento de luminarias que se logra en algunos laboratorios, como en el área de Toxicología y Bioquímica e incluso en algunos cubículos de estos dos departamentos.

Ahora si se toma en cuenta la cantidad de emisión de las lámparas LED de cada nivel del edificio, se obtiene una disminución mucho menor en comparación con los fluorescentes. Tal dato se puede observar en la figura 37, donde se estima la cantidad kg de CO₂ emitidos por hora, para cada lámpara que tiene el edificio distribuido en cada nivel.

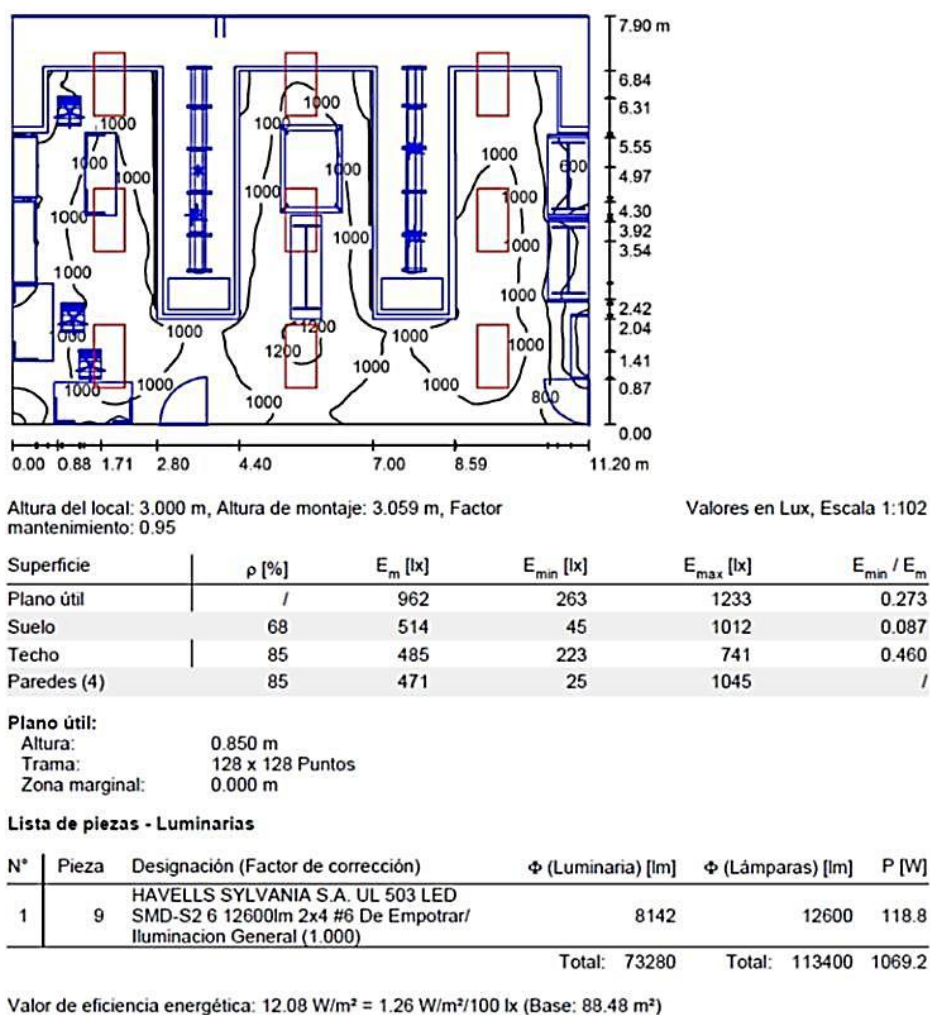
6.6.Ejemplos de la propuesta en LED para algunas áreas de los departamentos del edificio de Ciencias Forense y Medicina Legal del OIJ

Se realizó un proyección en 3D en un área específica de departamento de Pólvora y explosivos, departamento de Jefatura de Ciencias Forense y departamento de Biología Forense. En cada uno de ellos se presentaron distintas áreas donde se produjo un cambio sustancial, ya sea por la disminución de las luminarias o mejorar la calidad de la iluminación según las norma INTE 31-08-06 2014.

6.6.1. *Proyección de la propuesta en 3D para el área de Laboratorio del EP-LAB*

En el área de laboratorio de EP, la cantidad de luminarias se redujo a un 55%, asumiendo un total de 9 luminarias con las características descritas en la figura 38. Estas luminarias contienen 6 barras LED que emiten alrededor 12600lm, cada luminaria tiene un flujo luminoso de 8142 lm y una potencia de 118 W.

Este tipo de luminaria, hace que la luz general se distribuya desde el centro hacia los extremos según la curva fotométrica descrita en forma circular, esto hace que su radio vaya disminuyendo según el área y la cantidad de objetos que proyecten sombra y disminuya la luz, según muestra la figura 38. En la misma se puede definir la calidad de las isolíneas donde el centro representa un valor de 1000 lux a 1200 lux.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 38. Resumen e isolíneas del laboratorio del EP-LAB

Asimismo se puede observar en la figura 39, la comparación de la iluminación actual con respecto a la proyección que se realiza con el Dialux. En el mismo se observa una mejor calidad del color y la definición de los objetos por parte de la figura 39 B, gracias a la distribución fotométrica que tiene la luminaria.



(a)



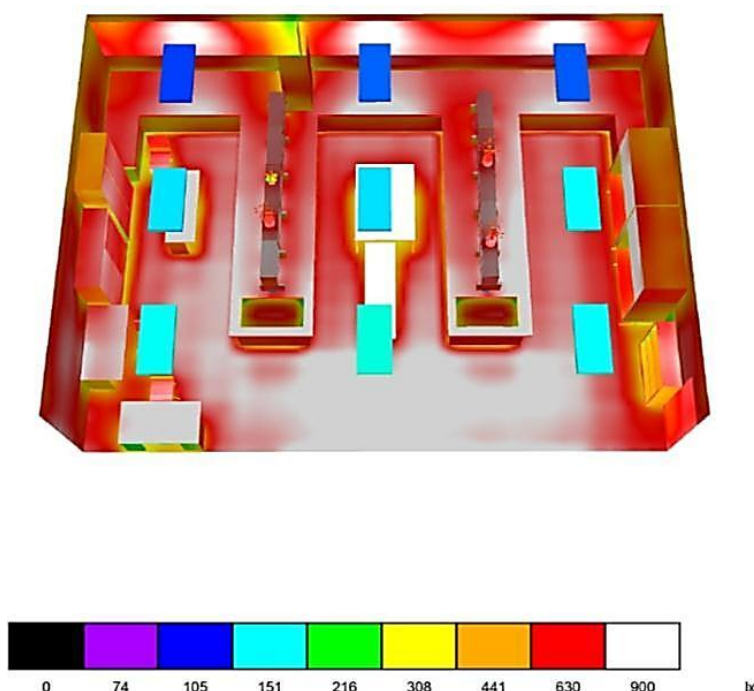
(b)

Fuente: Elaboración propia.

Figura 39. Comparación de las luminarias actuales y la propuesta para el laboratorio del EP. (a) Fluorescentes encendidas durante el día. (b) Propuesta en 3D del Dialux para LED.

La calidad de iluminación durante la noche expresada en la figura 39 B, es muy adecuada para las actividades por realizarse, caso contrario que pasa en la figura 39 A, donde se encuentran más sombras en la parte alejada al ventanal, al que el flujo luminoso y la intensidad luminosa es menos fuerte que la luminaria propuesta.

La distribución de la luz se puede observar en el mapa de los colores en falso determinado en la figura 40, donde se advierte que los niveles de lux ronda oscilan de 630 a 900 lux, cumpliendo con la Norma INTE 31-08-06-2014, correspondiente a 600 lux según los laboratorios.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 40. Mapa de colores en falso del laboratorio de Pólvora y Explosivos

6.6.2. *Proyección de la propuesta en 3D de la sala UCII-BF*

Para esta área se mantuvo la misma cantidad de luminarias pero se mejoró bastante la calidad de la iluminación. Por tanto esta área tiene 2 luminarias un modelo UL 505 EO con difusor acrílico lechoso, con un flujo luminoso por luminaria de 6198 lm, mientras que por lámpara es de 1160 lm.



(a)

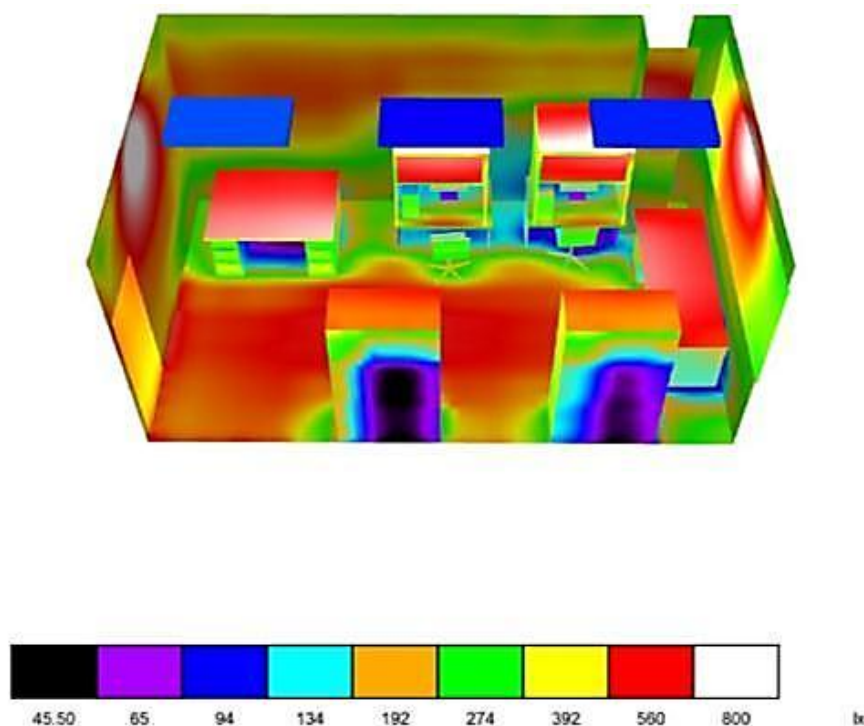


(b)

Fuente: Elaboración propia.

Figura 41. Comparación de las luminarias actuales y la propuesta para la sala UCII-BF. (a) Fluorescentes encendidas durante el día. (b) Propuesta en 3D del Dialux para LED.

Actualmente esta Sala UCII tiene en total 8 luminarias, con la propuesta se estaría usando al solo tres luminarias en la habitación, esto reduce a un 63% de las luminarias. Además el flujo luminoso se encuentra bien distribuido en el área como se muestra en la figura 41 B, determina una calidad de iluminación que lo hace apto para realizar las muestras a oscuras.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 42. Mapa de color en falso de la Sala UCII del Departamento de Biología Forense.

La distribución de la luz se puede observar mejor en la figura 42, se logra determinar que la habitación tiene un valor mínimo de 560 lux, donde la norma INTE 31-08-06 2014 exige un valor mínimo de 500 lux para este tipo de habitaciones.

CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES

- Según el estudio, demostró que las luminarias sólo son usadas durante la jornada laboral, evitando ser empleadas durante la hora de almuerzo o bien, la inactividad de área de trabajo, estas permanecen apagadas.
- Se asoció, que el aumento del consumo energético en iluminación del edificio va ligado a varios factores como:
 - El área: entre más grande el área de trabajo, se requiere más luminarias para su uso.
 - Tipo de trabajo: conforme más detallado sea el trabajo, se requiere más luz para ser realizado y estar acorde al reglamento. Tal caso se puede observar en los Departamentos de Bioquímica y Análisis de Escritura y Documentos dudosos, donde deben analizar detalladamente evidencias para corroborar la veracidad de la misma.
 - Horas uso: entre más se utilice la luz artificial se consume más energía.
 - Luz Natural: cuando el edificio no consta de una proyección de luz natural adecuada dentro del recinto, estimula el uso de la luz artificial dentro de sus instalaciones.
 - La ubicación: un área de trabajo mal ubicada y con condiciones poco adecuadas, puede afectar no solo la salud laboral del trabajador, sino una luz artificial inadecuada, escasa puede dañar la vista de la persona.
- Se demostró que los departamentos que consumen más energía con respecto a iluminación, son la Clínica de medicina legal (ubicado en el primer nivel del edificio) y Bioquímica (en el tercer nivel del edificio) con valor aproximado a 30,000 kWh anual.
- En cuanto a las emisiones de CO₂, la mayor cantidad de emisiones indirectas son producidas por los departamentos de Clínica de Medicina Legal y Bioquímica, con un valor aproximado de 3500 Kg de CO₂e. Esto se debe porque existe un ligamen

entre la cantidad del consumo y las emisiones, porque entre más consumo energético exista, va aumentar las cantidades de dióxido de carbono.

- El edificio utiliza las lámparas fluorescentes en sus luminarias, estas contienen mercurio (Hg), un elemento utilizado para la generar la luz artificial. Se obtiene por parte del estudio que los departamentos de Clínica de Medicina Legal y Bioquímica, tienen un valor aproximado de emisiones de mercurio potenciales de 5000 mg. Esto significa que la cantidad de mercurio que se encuentra en los departamentos es relativa a la cantidad de las luminarias y la capacidad de lámparas que pueden tener en cada una de las luminarias.
- El uso de luminarias LED además, baja los consumo de corriente eléctrica en los cables, pues disminuiría las pérdidas por efecto Joule ($P=I^2R$), esto provoca la disminución de corriente mínima, sobrecarga de los circuitos que se dan el objeto de estudio.
- El impacto de tecnología LED, tendría su huella en otros sistemas que consumen energía. Debido a que estas, trabajan a temperatura inferior que las lámparas CFL, y esto redondearía en una reducción en el consumo de los aires acondicionados.

CAPITULO VIII: RECOMENDACIONES

- Es importante crear un cambio de la tecnología lumínica en los tres niveles del edificio, pues impactará positivamente tanto en la factura, como en el consumo energético interno del edificio. En caso en que la institución no cuente con los recursos necesarios para realizar el cambio en los tres niveles, se sugiere realizarlo en el primer y tercer nivel del edificio, los cuales consumen una gran parte de la demanda energética interna del edificio.
- Como el mercurio es un elemento muy volátil, en el monto en que se fractura la lámpara, es liberado en forma de gas, es primordial tener una gestión adecuada de las lámparas fluorescentes al terminar su vida útil, mediante un adecuado almacenamiento y disposición de este tipo de residuos.
- Con el uso de las lámparas LED, existe la ventaja de tener un tiempo de vida más largo que las lámparas fluorescentes, pero eso no evitaría que se realice una adecuada disposición de estas lámparas, debido a que contiene otros componentes que son perjudiciales para el medio ambiente y la salud.
- Utilizando lámparas de LED, existe la reducción del consumo energético y de emisiones de CO₂, entre un 25 a 50% de disminución, creando una mejor eficiencia energética en el consumo energético interno del edificio.
- Al corregir la cantidad de lux que tiene el edificio, determinado por la norma INTE 31-08-05: 2014, es primordial, diagnosticar, y dar seguimiento a las personas que cuenta con problemas oculares, o bien sean mayores de 40 años, pues la cantidad de luz va cambiar con forme a estas variables.

BIBLIOGRAFÍA

- Afinidad Eléctrica. 2007. Así funcionan las lámparas fluorescentes (en línea). C.R. Consultado el 07 feb. 2016. Disponible en <http://www.afinidadelectrica.com.ar/articulo.php?IdArticulo=35>
- ARESEP (Autoridad Reguladora de Servicios Públicos). 2016a. Análisis de Demanda (en línea). San José. Consultado el 1 sept 2013. Disponible en: <http://aresep.go.cr/tarifas/tarifas-vigentes/1860-tarifas-electricas-y-paneles-de-analisis>
- _____. 2016b. Datos de Generación Costa Rica (en línea). San José, CR, Consultado el 1 sept 2013. Disponible en: http://aresep.go.cr/images/Datos_Matriz_generacion_CR.pdf
- Assaf, L. Colombo, E. O'Donnell, B. 2012. Luminarias para iluminación en interiores (en línea). Consultado el 13 Jul 2014. Disponible en: <http://www.edutecne.utn.edu.ar/eli-iluminacion/cap05.pdf>
- Barrantes, Oscar. 2013. Situación energética en los edificios de Laboratorio forense y Medicina legal de la Ciudad Judicial San Joaquín de Flores (entrevista). Heredia, C.R. Poder Judicial.(E-mail: obarrantesa@poder-judicial.go.cr)
- BOE (Boletín Especial del Estado). 2012. Documento Básico DB-HE “Ahorro de Energía” (en línea). España. Núm 209. Sec I. 67179- 67181 p. Disponible en: <http://www.boe.es/boe/dias/2013/09/12/pdfs/BOE-A-2013-9511.pdf>
- Cerro Martín, G; Barnuevo Villanueva, J.R.; Milagros Vega, M; Ramos Pino, M; Carrasco Milara, J; Conde Masilla, A. 2012. Buscando Soluciones para la Gestión Medio Ambiental del Mercurio, Madrid, ES, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente 19-20 p.
- Dirección Sectorial de Energía, CR. 2011. VI Plan Nacional de Energía 2012-2030 (en línea). San José, CR. Consultado el 28 mar 2013. Disponible en http://www.dse.go.cr/es/03Publicaciones/01PoliticaEnerg/VI_Plan_Nacional_de_Energia_2012-2030.pdf
- Ezquerro, G.; Gandolfo, M.; Ramos, A.; Urraca I.; 2001. Guía técnica de la eficiencia energética en iluminación. Instituto para la Diversificación y Ahorro Energético y Comité español de Iluminación . Madrid. Ed. Marzo 2001. Pag 75
- Higueras, P; Oyarzun, R; s.f. Contaminación, Reales Decretos, y el Legado Mienro en España. (en línea). Consultado el 08 feb 2015. Disponible en: http://www.aulados.net/Temas_ambientales/Real_Decreto_Almaden/Almaden_contaminacion.htm

Hu, Y. Cheng, H. 2012. Mercury risk from Fluorescent lamps in China: Current status and Future perspective. Environment International. Vol 44. Pag. 141-150.

Farrer, M. s.f. Eficiencia energética (diapositiva). Chile. Presentación power point (19 diapositivas). 2-3 diapositivas.

FENERCOM (Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid), ES. 2006. Guía técnica de Iluminación Eficiente: sector residencial y terciario (en línea). Consultado el 23 ene 2014. Disponible en: <http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/guia-tecnica-de-iluminacion-eficiente-sector-residencial-y-terciario-fenercom.pdf>

FENERCOM (Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid), ES. 2015. Guía sobre tecnología LED en el alumbrado (en línea). Consultado el 1 Jun 2015. Disponible en: <http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/Guia-sobre-tecnologia-LED-en-el-alumbrado-fenercom-2015.pdf>

Fundación Red de Energía- BUN-CA, CR. 2009. Manual técnico de iluminación (en línea). Consultado el 28 Jun 2013. http://www.bunca.org/index.php?option=com_content&view=article&id=333&Itemid=123

Fundación Red de Energía- BUN-CA, CR. 2010. Iluminación: buenas prácticas en eficiencia energética (en línea). Consultado el 28 Jun 2013. Disponible en: http://www.bunca.org/index.php?option=com_content&view=article&id=333&Itemid=123

Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid (FENERCOM), ES. 2010. Guía de ahorro y eficiencia energética en hospitales (en línea). Consultado el 15 ago 2013. Disponible en: <http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/Guia-de-Ahorro-y-Eficiencia-Energetica-en-Hospitales-fenercom-2010.pdf>

Floch, José. 2002. Tecnología eléctrica. 2 ed. Madrid, ES. Editorial Síntesis, S.A Pag. 259. 263 p.

Quintero D.G. 2009. Diseño de un luminaria de bajo consumo de potencia con tecnología LED. Tesis Lic. Ing. Mecánico. México D.F., MX. Instituto Politécnico Nacional. . 52-54 p. Consultado 05 ene. 2016. Disponible en: <http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/5052/im160.pdf?sequence=1>

Lacoma, T. 2012. Peligro de los rayos ultravioletas en las bombillas fluorescentes (en línea). Consultado el 1 sep del 2013. Disponible en: http://www.ehowenespanol.com/peligros-rayos-ultravioleta-bombillas-fluorescentes-sobre_73854/

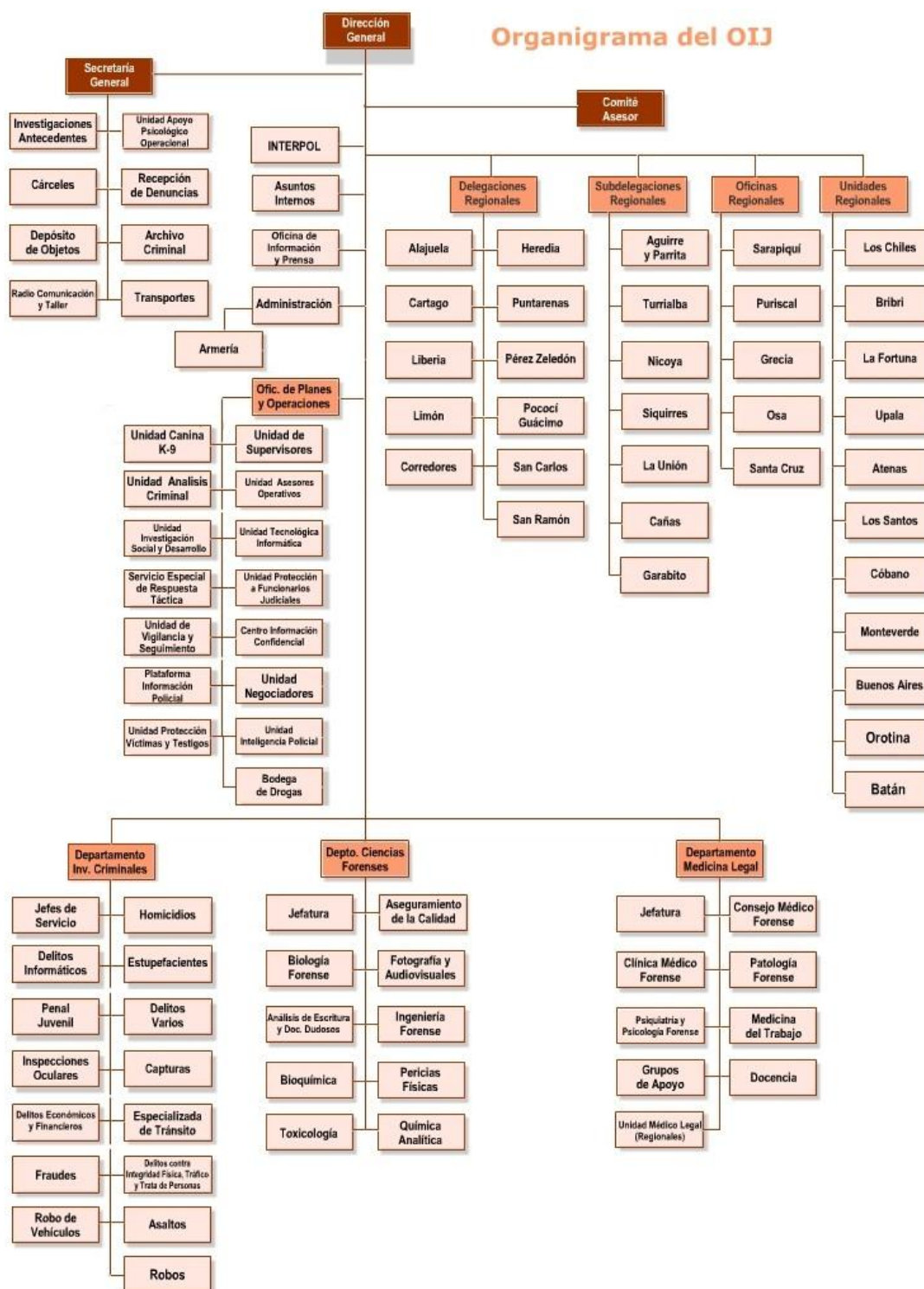
Mancera, M; Mancera, M.T.; Mancera, M.R.; Mancera, J.R.; 2012. Seguridad e Higiene Industrial: Gestión de Riesgos. Alfaomega Colombia S.A. Orlando Riñao Castalla. Colombia. 224 p.

MINAE, 2011. VI Plan Nacional de Energía 2012-2030. (en línea). San José, CR. Consultado el 2 Oct 2014. Disponible en: http://www.dse.go.cr/es/03publicaciones/01PoliticaEnerg/VI_Plan_Nacional_de_Energia_2012-2030.pdf. Pdf Diciembre 2011

PNUMA. 2014. Informe: El Convenio de Minamata sobre el Mercurio y su implementación en la región de América Latina y el Caribe. (en línea). Uruguay. Consultado el 3 Oct 2014. Disponible en: http://www.mercuryconvention.org/Portals/11/documents/publications/informe_Minamata_LAC_ES_FINAL.pdf

ANEXOS

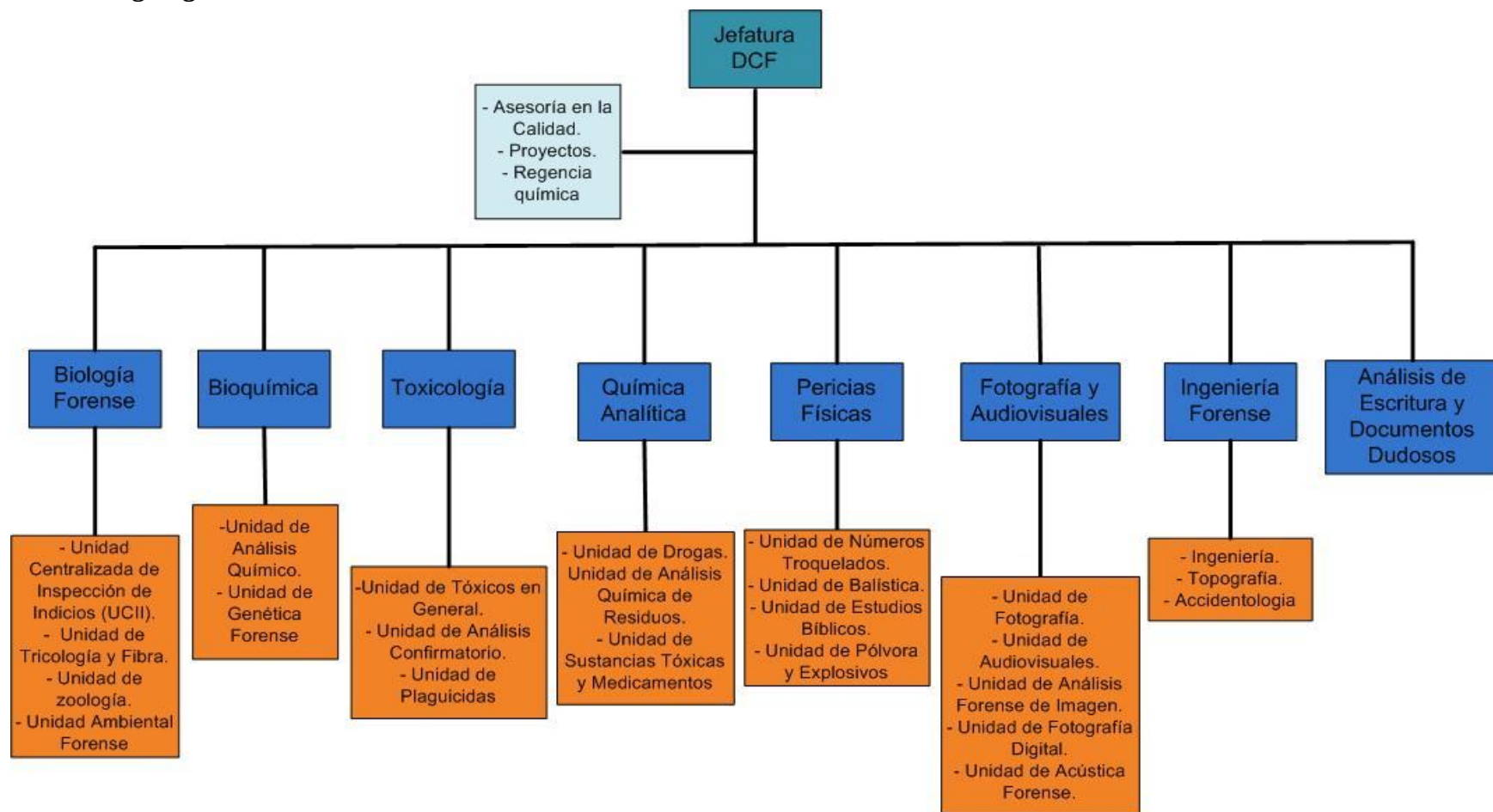
ANEXO I: Organigrama del OIJ



Fuente: página web del Organismo de Investigación Judicial del Poder Judicial. 2013

Figura A1 .Organigrama del Organismo de Investigación

ANEXO II: Organigrama de la Jefatura de Ciencias Forense del OIJ



Fuente: Elaboración propias. Extraído de la página web del Organismo de Investigación Judicial del Poder Judicial. 2013

Figura A2. Organigrama de la Jefatura de Ciencias Forense del OIJ

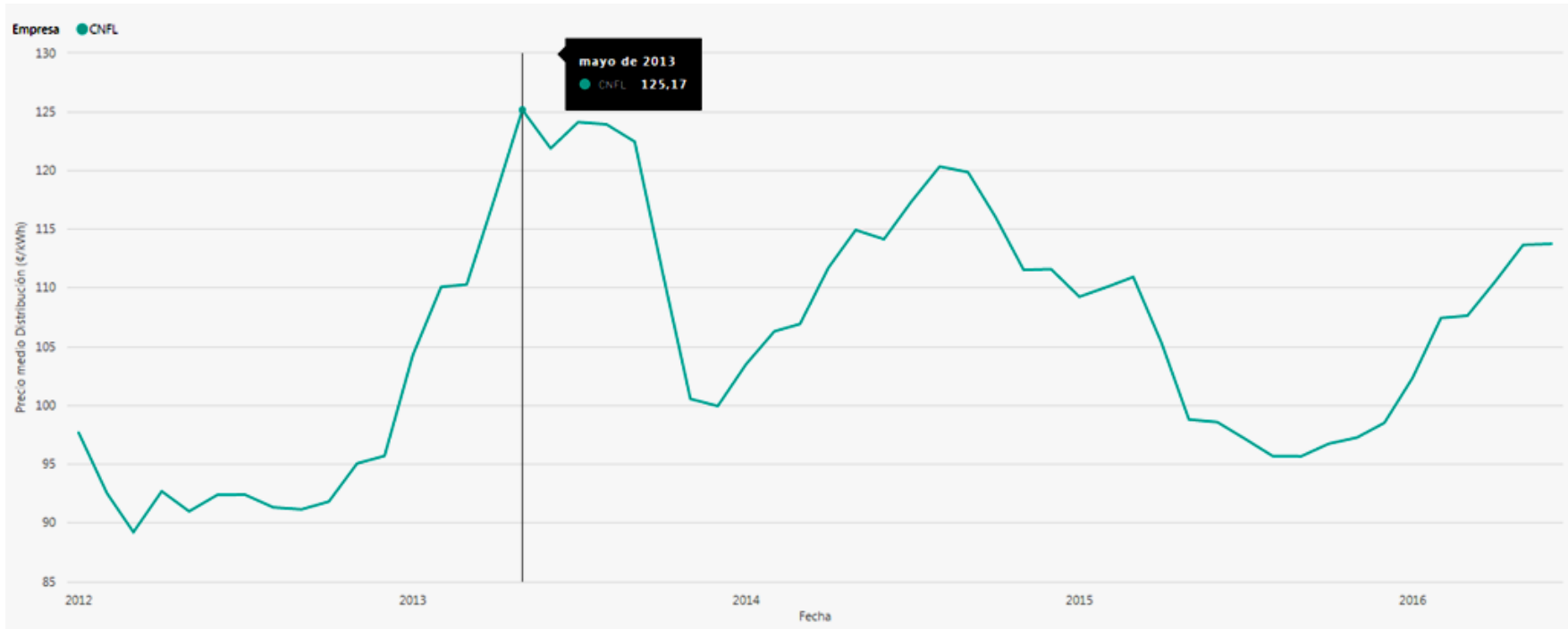
ANEXO III: Valores límites de electricidad energética de la Instalación

Cuadro 1. Valores límites de electricidad energética de la instalación

Grupo	Zona de actividad diferenciada	VEEI límite
1 Zona de no representación	Almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas	5
	Zonas comunes (1)	4.5
	Aparcamientos	5
	Administrativo en general	3.5
	Aulas y laboratorios (2)	4
	Habitaciones de hospital (3)	4.5
	Salas de diagnóstico (4)	3.5
	Espacios deportivos (5)	5
	Andene de estaciones de transporte	3.5
	Pabellones de exposición o ferias	3.5
	Recintos interiores asimilables al Grupo 1 no descritos en la lista anterior	4.5
2 Zona de representación	Zonas comunes (1)	10
	Estaciones de transporte (6)	6
	Zonas comunes de edificios residenciales	7.5
	Administrativo en general	6
	Religioso en general	10
	Salones de actos, auditorios y salas de usos múltiples y convenciones, salas de ocio y espectáculos, salas de reuniones y salas de conferencia (7)	10
	Habitaciones de hoteles, hostales, etc.	12
	Hostelería y restauración (8)	10
	Supermercados, hipermercados y grandes almacenes	6
	Centros comerciales (excluidas tiendas) (9)	8
	Tiendas y pequeños comercios	10
	Biobiblioteca, museos y galerías del arte	6
	Recintos interiores asimilables a Grupo 2 no descritos en la lista anterior	10

Fuente: García. 2006. Código Técnico de la Edificación, España

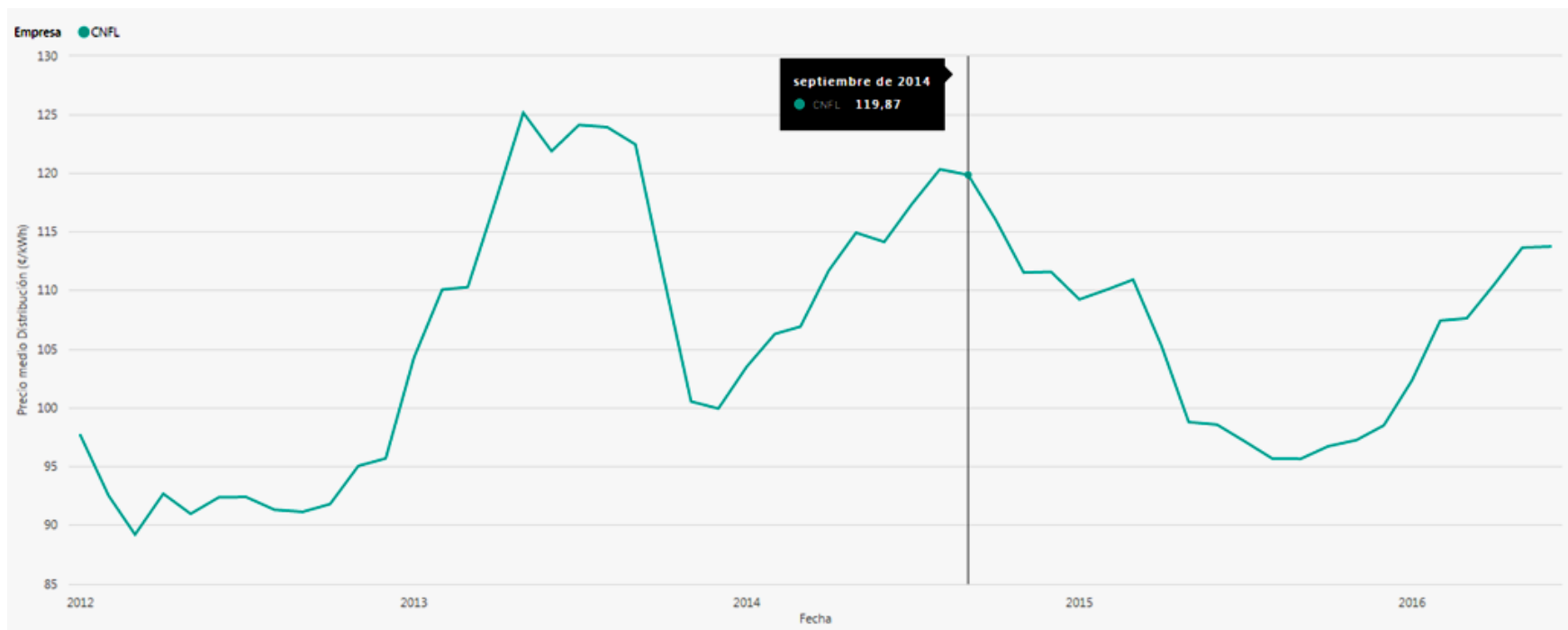
ANEXO IV: Promedio medio de distribución en colones de la empresa Compañía Nacional de Fuerza y Luz para el año 2013



Fuente: ARESEP (Autoridad Reguladora de Servicios Públicos). 2016a. Análisis de Demanda (en línea)

Figura A3. Grafico de Análisis de Demanda por parte del CNFL en los años 2013

ANEXO V: Promedio medio de distribución en colones de la empresa Compañía Nacional de Fuerza y Luz para el año 2014



Fuente: ARESEP (Autoridad Reguladora de Servicios Públicos). 2016a. Análisis de Demanda (en línea)

Figura A4. Grafico de Análisis de Demanda por parte del CNFL en los años 2014

ANEXO VI: Protocolo para la recolección, rotulación y entrega de lámparas en desuso

Protocolo para la recolección, rotulación y entrega de lámparas en desuso

1. Desmonte la lámpara de la luminaria de forma cuidadosa
2. Retirar la lámpara por el personal encargado en mantenimiento o el técnico a cargo.
3. Se embalan los tubos fluorescentes como recién salida de fábrica, de forma individual y con el protector de cartón, se introducirá en una caja de cartón de mayor tamaño donde se puede transportar sin mayor riesgo de tener una rotura. Esta caja tiene que venir rotulada como “Tubos Fluorescentes usados” y se sella con cinta adhesiva.
4. Cuando las cajas con los tubos fluorescentes se encuentran llenas, el personal de mantenimiento, procederá a coordinar la entrega con el área de Gestión Ambiental.
5. Si faltaran cajas para embalar las lámparas y si no existiera otra alternativa mejor, se podrá sujetar pequeños grupos de tubos fluorescentes (no mayor a 12 unidades) con cinta adhesiva para evitar su caída y ruptura y se apilarán en un lado seguro.
6. Es importante realizar el embalaje de lámparas por tipo o código del producto en las cajas de cartón originales por 10 a 12 unidades, que permiten contar con un índice de pesajes y almacenarlas por paquetes.
7. Ponga dentro de una bolsa resistente, séllela y etiquétela como **“Gastado”** tubo fluorescente –sustancia peligrosa: contiene mercurio y vidrio.
8. Mantener en orden los registros de lámparas gastados, removidos y entregados.
9. Ubicar los residuos en un lugar acondicionado a la zona de almacenamiento. Si es posible se deben almacenar en un contenedor plástico hermético o bien metálico.
10. El área de Gestión Ambiental, contratará, articulará y fijará la fecha de recolección con el gestor de residuos autorizados por la Ley del GIRS
11. Se recolectará el residuo por la fecha fijada

Etiqueta de los tubos fluorescentes gastados

IMGEN DE PODER JUDICIAL-OIJ	PODER JUDICIAL-OIJ <u>TUBOS FLUORECENTES</u>		PJ-001										
Fecha de inicio de acumulación ____/____/2016		Círculo: Cuida Judicial	Clasificación: Tóxico										
Descripción: La exposición al compuesto puede ser dañina y de forma permanente, también puede producir cáncer. El mercurio metálico es un líquido a temperatura ambiente, pero alguna cantidad del metal tiende a evaporarse en el aire													
Característica de Peligrosidad: Contiene Mercurio. No debe romperse ni exponerse al calor													
Característica de Peligrosidad <table border="1"> <thead> <tr> <th>C</th> <th>R</th> <th>E</th> <th>T</th> <th>I</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> C: corrosivo R: reactivo E: explosivo T: tóxico I: Inflamable		C	R	E	T	I				X		 UN: 3077	
C	R	E	T	I									
			X										
Equipo De Protección personal													
 (X)  (X)  (X)  (X)													
1. Mascarilla solo en caso de ruptura. 2. Guantes solo de cuero. Si hay exposición al producto guantes de PVC 3. Lentes de protección química tipo antiparras. 4. Ropa de trabajo cubriendo extremidades y zapatos de seguridad.													

ANEXO VII: Instrumento para el inventario de lámparas

Proyecto: Propuesta de un Sistema de Iluminación Eficiente para el edificio del Departamento de Laboratorio de Ciencias Forense y Medicina Legal de San Joaquín de Flores, Heredia

Departamento: _____

Hora: _____

Fecha: _____

Sección	Código	Cantidad de luminarias	Cantidad de tubos			Consumo en W	Lúmenes	Horas Uso
			T12	T8	T5			

Observaciones:

ANEXO VIII: Instrumento para el muestreo de Iluminación en el edificio de Laboratorios Forense y Medicina Legal

Fecha:_____ Lugar:_____

Hora de inicio:_____ Hora final: _____

Lugar	Niveles de iluminación (lux)																Observaciones
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	

Notas:

Elaborado por: Rojas, M. 2011. Poder Judicial

ANEXO IX: Resultados del inventario de lámparas en el edificio de Ciencias Forense y Medicina Legal

Se presentan los resultados obtenidos por medio de los métodos de observación de las habitaciones muestreadas, con respecto a la actividad pertinente en el edificio de Ciencias Forense y Medicina Legal., no obstante por cuestiones de seguridad, solo se brindará el código del lugar de la medición

Cuadro 2. Resultados del inventario de lámparas en el área de Medicina Legal

Fecha	Código	Cantidad de luminaria	Cantidad de tubos	Horas uso	Tubos	Cantidad	Demanda (W)	Lumen
21/01/2014	ML-UA	3	12	7	T12	12	34	770
21/01/2014	ML-SE	4	16	7	T12	6	34	770
				7	T12	10	40	770
21/01/2014	ML-SEC	6	24	7	T12	16	40	770
				7	T12	8	34	770
21/01/2014	ML-JEF	4	8	8	T12	8	40	770
				8	T12	8	34	770
20/01/2014	AU-ML	4	18	4	T12	72	34	770
20/01/2014	SS-ML	4	4	4	T12	16	34	770
23/01/2014	ML-BSL	4	12	7	T12	19	40	770
				7	T12	25	34	770
				7	T8	4	32	2650
23/01/2014	RX-REP	4	8	8	T12	2	34	770
				8	T12	6	34	770
23/01/2014	RX-RAD	4	4	2	T12	8	34	770
		3	12	3	T12	12	34	770
23/01/2014	RX-CUB	1	2	3	T12	2	40	770
03/02/2014	CM-REP	2	4	7.3	T12	4	40	770
03/02/2014	COME-SE	6	22	8	T12	8	40	770
				8	T12	8	40	770
				8	T12	6	34	770
03/02/2014	COME-CUB	5	20	8	T12	10	40	770
				8	T12	10	34	770
03/02/2014	COME-SC1	3	12	4	T12	2	40	770
				4	T12	10	34	770
03/02/2014	COME-SC2	3	12	5	T12	8	40	770
				5	T12	2	40	770
				5	T12	2	34	770
03/02/2014	COME-SC3	3	12	6	T12	12	34	770

Continuación del cuadro 2.

Fecha	Código	Cantidad de luminaria	Cantidad de tubos	Horas uso	Tubos	Cantidad	Demanda (W)	Lumen
03/02/2014	COME-CMD	4	28	2	T12	28	40	770
		1	2	2	T12	2	40	770
03/01/2014	COME-SA	4	16	8	T12	6	40	770
				8	T12	8	34	770
				8	T12	2	40	770
03/01/2014	COME-SB	4	16	8	T12	4	34	770
				8	T12	8	40	770
				8	T12	4	40	770
04/02/2014	COME-SC5	2	8	8	T12	2	40	770
				8	T12	6	34	770
04/02/2014	COME-SC4	2	8	8	T12	4	34	770
				8	T12	4	40	770
04/02/2014	MT-SE	6	24	8	T12	9	40	770
				8	T12	8	40	770
				8	T12	7	34	770
04/02/2014	MT-ADM	6	24	8	T12	6	40	770
				8	T12	12	40	770
				8	T12	6	34	770
04/02/2014	MT-C6	2	8	8	T12	4	40	770
				8	T12	6	34	770
04/02/2014	MT-C5	2	8	8	T12	4	40	770
				8	T12	4	34	770
04/02/2014	MT-C3	3	12	6	T12	8	34	770
				6	T12	4	40	770
04/02/2014	MT-C2	3	12	8.3	T12	9	40	770
				8.5	T12	3	40	770
04/02/2014	MT-C1	3	12	8.3	T12	6	40	770
				8.3	T12	6	34	770
04/02/2014	MT-COM	2	8	4	T12	4	40	770
				4	T12	4	40	770
06/02/2014	CML-SE	4	16	14	T12	12	40	770
				14	T12	2	34	770
				14	T12	2	40	770
06/02/2014	CML-ADM	4	48	14	T12	17	40	770
				14	T12	23	34	770
				14	T12	8	40	770

Continuación del cuadro 2.

Fecha	Código	Cantidad de luminaria	Cantidad de tubos	Horas uso	Tubos	Cantidad	Demanda (W)	Lumen
06/02/2014	CML-C1	3	12	8	T12	8	40	770
				8	T12	2	40	770
				8	T12	2	34	770
06/02/2014	CML-C5	3	12	8	T12	12	34	770
06/02/2014	CML-C7	2	8	8	T12	8	40	770
06/02/2014	CML-C8	2	8	8	T12	8	34	770
06/02/2014	CML-C11	2	8	8	T12	4	34	770
				8	T12	4	40	770
06/02/2014	CML-C13	2	8	14	T12	4	34	770
				14	T12	4	40	770
12/02/2014	CML-C14	2	8	8	T12	8	40	770
06/02/2014	CML-C10	2	8	14	T12	2	40	770
				14	T12	6	34	770
06/02/2014	CML-C15	2	8	14	T12	8	34	770
06/02/2014	CML-C18	2	8	14	T12	6	34	770
				14	T12	2	40	770
06/02/2014	CML-C2	2	8	8	T12	6	34	770
				8	T12	2	40	770
06/02/2014	CML-C6	2	8	8	T12	8	34	770
06/02/2014	CML-C9	2	8	8	T12	8	34	770
07/02/2014	CML-C12	2	8	8	T12	4	34	770
				8	T12	4	40	770
07/02/2014	CML-C19	2	8	8	T12	4	34	770
				8	T12	4	40	770
07/02/2014	CML-ENF1	2	8	8	T12	2	34	770
				8	T12	6	40	770
12/02/2014	CML-C16	2	8	8	T12	8	34	770
12/02/2014	CML-PAS	8	16	14	T12	8	40	770
				14	T12	2	40	770
				14	T12	14	34	770
12/02/2014	CML-ARC	6	24	14	T12	14	40	770
				14	T12	1	40	770
				14	T12	9	34	770
12/02/2014	CML-INF	2	8	8	T12	4	40	770
				8	T12	4	40	770
12/02/2014	CML-CAP	4	16	8	T12	16	34	770
12/02/2014	CML-SCON	2	8	8	T12	8	34	770

Continuación del cuadro 2.

Fecha	Código	Cantidad de luminaria	Cantidad de tubos	Horas uso	Tubos	Cantidad	Demanda (W)	Lumen
12/02/2014	CML-C2	3	12	8	T12	10	34	770
10/07/2014	ML-PAS	18	36	20	T12	14	34	770
				20	T12	8	40	770
				20	T12	14	40	770
10/07/2014	ML-REPV	9	36	20	T12	15	40	770
				20	T12	16	40	770
				20	T12	5	34	770
10/07/2014	ML-BH	2	4	14	T12	4	40	770
		1	2	14	T12	2	40	770
10/07/2014	ML-BM	2	2	14	T12	2	40	770
		1	4	14	T12	4	40	770

Cuadro 3. Resultados del inventario de lámparas en el área de los Laboratorios Forense

Fecha	Código	Cantidad de luminaria	Cantidad de tubos	Horas uso	Tubos	Cantidad	Demanda (W)	Lumen
26/11/2013	AEDD-C1	7	14	15	T12	6	40	770
				15	T12	6	40	770
				15	T12	2	40	770
26/11/2013	AEDD-C2	5	10	15	T12	6	34	770
				15	T12	4	40	770
26/11/2013	AEDD-C3	8	16	15	T12	11	34	770
				15	T12	4	40	770
				15	T12	1	40	770
26/11/2013	AEDD-LAO	6	24	2	T12	12	40	770
				2	T12	12	34	770
26/11/2013	AEDD-C4	8	16	15	T12	12	40	770
				15	T12	2	34	770
				15	T12	2	40	770
26/11/2013	AEDD-LAG	15	30	6	T12	15	40	770
				6	T12	15	40	770
26/11/2013	AEDD-REP	2	8	15	T12	6	40	770
				15	T12	2	34	770
26/11/2013	AEDD-CU	3	12	2	T12	10	34	770
				2	T12	2	40	770
26/11/2013	AEDD-JEF	2	8	15	T8	8	32	2650
26/11/2013	FA-ALI	6	24	10	T12	24	40	770
16/04/2014	FA-AMP	2	4	6	T12	2	40	770
				6	T12	2	34	770
16/04/2014	FA-OSC1	1	2	4	T12	2	40	770
16/04/2014	FA-OSC2	1	2	4	T12	2	40	770
16/04/2014	FA-AUDf	2	8	15	T12	8	40	770
16/04/2014	FA-IMA	1	4	6	T12	2	40	770
16/04/2014	FA-CUB	9	36	15	T12	36	40	770
19/12/2013	FA-AUDv	9	36	15.3	T12	20	40	770
				15.3	T12	16	40	770
03/07/2014	FA-REC	3	12	15.3	T12	16	40	770
		2	4	15.3			40	770
03/07/2014	FA-JEF	2	8	8	T12	8	40	770
03/07/2014	FA-EST	6	24	8	T12	24	40	770
16/04/2014	FA-OSC1	1	2	4	T12	2	40	770

Continuación del cuadro 3.

Fecha	Código	Cantidad de luminaria	Cantidad de tubos	Horas uso	Tubos	Cantidad	Demanda (W)	Lumen
17/12/2013	IF-CUB	15	60	15.3	T12	18	40	770
				15.3	T12	42	40	770
17/12/2013	IF-AA	1	4	15.3	T12	2	40	770
				15.3	T12	2	40	770
17/12/2013	IF-REP	4	16	15.3	T12	12	40	770
				15.3	T12	4	40	770
18/12/2013	IF-JEF	4	16	10.3	T8	20	32	2650
18/12/2013	IF-CI	6	12	15.3	T12	12	32	770
		2	8	15.3	T12	6	40	770
				15.3	T8	4	34	2650
18/12/2013	IF-CUB2	8	32	15.3	T12	22	40	770
				15.3	T12	10	40	770
14/01/2014	PF-JEF	3	12	8.3	T12	10	40	770
				8.3	T12	2	40	770
14/01/2014	PF-REP	2	8	15.3	T12	8	40	770
		2	4	15.3	T12	2	40	770
14/01/2014	PF-CUB1	8	16	15.3	T12	8	40	770
				15.3	T12	8	40	770
14/01/2014	PF-MIC	4	8	15.3	T12	6	40	770
				15.3	T12	2	40	770
14/01/2014	PF-CUB2	5	10	15.3	T12	6	40	770
				15.3	T12	4	34	770
14/01/2014	PF-MIC	4	16	2	T12	16	34	770
		2	8	2		8	40	770
14/01/2014	PF-LAB	15	30	15.30	T12	23	40	770
				15.30	T12	7	40	770
20/01/2014	EP-CUB1	2	8	7	T12	8	40	770
20/01/2014	EP-CUB2	5	20	8	T12	14	40	770
				8	T12	6	34	770
20/01/2014	EP-INS	1	4	2	T12	2	40	770
20/01/2014	EP-LABpq	25	50	7	T12	29	40	770
				7	T12	21	40	770
20/01/2014	EP-INS	4	16	4	T12	6	40	770
				4		6	34	770
20/01/2014	EP-INS2	7	14	1	T12	14	34	770
		2	8	1		8	34	770

Continuación del cuadro 3.

Fecha	Código	Cantidad de luminaria	Cantidad de tubos	Horas uso	Tubos	Cantidad	Demanda (W)	Lumen
17/12/2013	AUD-DCF	9	36	4	T12	30	34	770
		1	3	4	T12	8	40	770
		1	3	4	T5	3	32	1250
17/12/2013	SAM-DCF	4	16	4	T12	8	34	770
				4	T12	8	40	770
17/12/2013	UA-DCF	3	12	8.3	T12	12	34	770
17/12/2013	UGC-DCF	3	12	9	T12	8	40	770
				9	T12	4	40	770
17/12/2013	SS-DCF	4	16	4	T12	16	40	770
		1	3	4	T5	3	32	770
17/12/2013	REC-DCF	2	8	8	T12	6	40	770
				8		2	34	770
17/12/2013	CUB-DCF	3	12	8.3	T12	6	40	770
				8.3		6	34	770
17/12/2013	REPe-DCF	8	32	15.3	T12	25	40	770
				15.3	T12	2	34	770
				15.3	T12	5	40	770
17/12/2013	JEF-DCF	3	12	11	T12	12	40	770
17/12/2013	OP-DCF	2	4	8	T12	4	34	770
12/03/2014	BF-TF	24	48	4	T12	23	40	770
				4	T12	25	40	770
12/03/2014	BF-ENT	6	12	12	T12	4	40	770
				12	T12	0	40	770
12/03/2014	BF-MIC	10	20	6	T12	12	34	770
				6	T12	8	40	770
12/03/2014	BF-CUII4	6	12	12	T12	11	40	770
				12	T12	1	40	770
12/03/2014	BF-REC	4	16	8	T12	11	40	770
		1	2	8	T12	15	40	770
12/03/2014	BF-SdS	4	8	4	T12	6	34	770
12/03/2014	BF-CUII3	4	8	7	T12	10	40	770
				7	T12	6	40	770
12/03/2014	BF-JET	4	8	7	T12	4	34	770
				7	T12	4	40	770
21/11/2013	BF- CUB	2	14	8	T12	8	34	770
				8	T12	4	40	770
				8	T8	2	32	2650

Continuación del cuadro 3.

Fecha	Código	Cantidad de luminaria	Cantidad de tubos	Horas uso	Tubos	Cantidad	Demanda (W)	Lumen
21/11/2013	BF-CUII2	8	16	15.3	T12	6	34	770
				15.3	T12	10	34	770
21/11/2013	BF-REP	4	8	15.3	T12	6	40	770
				15.3	T12	6	40	770
21/11/2013	BF-CUII1	2	8	15.3	T12	8	40	770
25/11/2013	BF-AF	2	8	15.3	T12	8	40	770
25/11/2013	AF-OF	2	8	15.3	T12	2	40	770
				15.3	T12	5	40	770
				15.3	T12	1	34	770
25/11/2013	AF-REC	1	4	15.3	T12	3	40	770
				15.3	T8	1	32	2650
25/11/2013	AF-LABio	1	4	15.3	T12	4	40	770
25/11/2013	AF-LABq	4	8	15.3	T12	3	34	770
				15.3	T12	2	40	770
				15.3	T12	6	40	770
09/12/2013	TX-CU	15	30	15.3	T12	26	40	770
				15.3	T12	4	34	770
09/12/2013	TX-LAB	25	50	15.3	T12	25	34	770
				15.3	T12	25	40	770
09/12/2013	TX-BAL	1	4	6	T12	4	40	770
09/12/2013	TX-VOL	8	14	1	T12	8	40	770
				1	T12	8	40	770
09/12/2013	TX-INS	16	32	15.3	T12	28	40	770
				15.3	T10	4	40	770
09/12/2013	TX-BAZ	8	16	1	T12	16	40	770
09/12/2013	TX-JEF	2	8	9	T12	8	40	770
09/12/2013	TX-REPI	5	10	15	T12	8	40	770
				15	T12	2	40	770
09/12/2013	TX-REP2	4	8	8	T12	4	40	770
11/12/2013	BQ-ADNm	1	2	3	T12	2	34	770
11/12/2013	BQ-JEF	2	8	4.3	T12	8	34	770
11/12/2013	BQ-LABa	19	38	15.3	T12	19	34	770
				15.3	T12	15	40	770
				15.3	T12	4	40	770
11/12/2013	BQ-ADNb	1	4	4	T12	3	34	770
				4	T12	1	40	770

Continuación del cuadro 3.

Fecha	Código	Cantidad de luminaria	Cantidad de tubos	Horas uso	Tubos	Cantidad	Demanda (W)	Lumen
16/11/2013	BQ-CUB	16	32	15.3	T12	21	40	770
				15.3	T12	9	40	770
				15.3	T8	2	32	2650
16/11/2013	BQ-ADM	4	16	15.3	T12	16	40	770
16/11/2013	BQ-CMIT	5	10	8	T12	10	34	770
16/11/2013	BQ-PCR	5	10	8	T12	10	40	770
16/11/2013	BQ-EXT	9	18	5	T12	18	40	770
16/11/2013	BQ-HUE	8	16	4	T12	16	40	770
16/11/2013	BQ-CUB(BF)	21	42	15	T12	19	40	770
				15	T12	15	40	770
				15	T12	4	34	770
				15	T8	4	32	2650
16/11/2013	BQ-MAQ	1	2	1	T12	2	40	770
16/11/2013	BQ-LAB (BF)	20	40	15	T12	8	34	770
				15	T12	12	40	770
				15	T12	20	40	770
16/11/2013	BQ-PAS	2	4	15	T12	2	34	770
				15	T12	2	40	770
16/11/2013	BQ-CMUE	1	4	8	T12	4	40	770
		1	2	8	T8	2	32	2650
16/11/2013	BQ-EXT2	12	24	4	T12	24	40	770
		1	4	4	T12	4	34	770
16/11/2013	BQ-MUE2	1	2	8	T12	2	34	770
10/01/2014	QA-LABd	24	48	15.3	T12	42	40	770
				15.3	T12	6	34	770
10/01/2014	QA-BAL	2	4	8	T12	4	40	770
10/01/2014	QA-LABtx	8	16	15.3	T12	10	40	770
				15.3	T12	6	40	770
07/01/2014	QA-CUB	11	22	15.3	T12	14	40	770
				15.3	T12	8	40	770
07/01/2014	QA-REP	2	8	15.3	T12	8	40	770
07/01/2014	QA-JEF	2	8	8	T12	8	40	770
13/01/2014	QA-ESP	8	16	4	T12	14	40	770
				4	T12	2	40	770

ANEXO X: Resultados de los niveles de iluminación en el edificio de Ciencias Forense y Medicina Legal

Se presenta los resultados obtenidos mediante el luxómetro con respecto a la actividad pertinente en el edificio de Ciencias Forense y Medicina Legal., no obstante por cuestiones de seguridad, solo se brindará el código del lugar de la medición.

Es importante que la cantidad de puntos de muestro va conforme al área y al zona de trabajo para tomar las mediciones.

Cuadro4. Resultados de los niveles de iluminación en el área de Medicina Legal

Código	Total de puntos de muestreo	Replica	Promedio de las réplicas en luz Natural	Promedio General Luz Natural	Promedio de las réplicas con luz Artificial	Promedio General de Luz Artificial
ML-AUD	16	1	0	0	423.31	411.09
		2	0		386.06	
		3	0		436.88	
		4	0		403.75	
		5	0		406.19	
		6	0		410.38	
ML-SS	12	1	0	0	526.67	556.83
		2	0		604.42	
		3	0		583.00	
		4	0		526.17	
		5	0		529.67	
		6	0		571.08	
ML-UA	3	1	0	0	318.33	269.22
		2	0		176.67	
		3	0		276.00	
		4	0		273.00	
		5	0		275.67	
		6	0		295.67	
ML-SE	5	1	12	18.23	589.4	451.10
		2	40.2		417.6	
		3	17		419	
		4	15		352.2	
		5	15.4		546	
		6	9.8		382.4	
ML-SEC	2	1	0	0	433.5	361.75
		2	0		410.5	
		3	0		318	
		4	0		339.5	
		5	0		374	
		6	0		295	

Continuación del cuadro4.

Código	Total de puntos de muestreo	Replica	Promedio de las réplicas en luz Natural	Promedio General Luz Natural	Promedio de las réplicas con luz Artificial	Promedio General de Luz Artificial
ML-JEF	16	1	0	0	412.4	303.03
		2	0		216.4	
		3	0		291.8	
		4	0		352.8	
		5	0		269	
		6	0		275.8	
ML-BSL	12	1	0	0	372.00	5345.73
		2	0		359.00	
		3	0		318.40	
		4	0		312.00	
		5	0		345.00	
		6	0		368.00	
RX-REP	4	1	0	0	291.00	261.88
		2	0		270.00	
		3	0		248.00	
		4	0		246.00	
		5	0		274.50	
		6	0		241.75	
RX-RAD	3	1	0	0	252.67	351.11
		2	0		545.67	
		3	0		435.00	
		4	0		305.33	
		5	0		293.00	
		6	0		275.00	
RX-OFI	2	1	22	18.08	333.00	363.83
		2	12		423.00	
		3	15.5		367.00	
		4	19		384.00	
		5	20.5		378.00	
		6	19.5		298.00	
CM-REP	2	1	0	0	175.5	184.33
		2	0		190.5	
		3	0		179.5	
		4	0		171.5	
		5	0		200.5	
		6	0		188.5	

Continuación del cuadro4.

Código	Total de puntos de muestreo	Replica	Promedio de las réplicas en luz Natural	Promedio General Luz Natural	Promedio de las réplicas con luz Artificial	Promedio General de Luz Artificial
COME-SE	4	1	48.00	14.25	905.50	124.04
		2	44.00		618.75	
		3	66.00		652.50	
		4	49.00		648.00	
		5	68.00		776.50	
		6	67.00		743.00	
COME-REP	10	1	0	0	155.30	145.55
		2	0		88.40	
		3	0		165.30	
		4	0		165.20	
		5	0		168.30	
		6	0		130.80	
COME-C1	2	1	79.00	126	474.00	493.5
		2	74.00		590.50	
		3	195.50		703.00	
		4	59.00		348.50	
		5	170.50		371.00	
		6	178.00		474.00	
COME-C2	2	1	0	0	233.00	326.17
		2	0		285.50	
		3	0		458.50	
		4	0		337.50	
		5	0		238.00	
		6	0		404.50	
COME-C3	2	1	132.50	118.5	376.00	348.58
		2	151.00		381.50	
		3	83.50		255.50	
		4	113.50		403.50	
		5	141.00		342.50	
		6	89.50		332.50	
COME-C4	2	1	91.50	111.75	429.00	341.25
		2	176.00		364.00	
		3	94.50		296.00	
		4	166.50		384.50	
		5	62.50		279.00	
		6	79.50		295.00	

Continuación del cuadro4.

Código	Total de puntos de muestreo	Replica	Promedio de las réplicas en luz Natural	Promedio General Luz Natural	Promedio de las réplicas con luz Artificial	Promedio General de Luz Artificial
COME-C5	2	1	0	0	425.50	369.42
		2	0		353.50	
		3	0		366.00	
		4	0		339.00	
		5	0		399.50	
		6	0		333.00	
COME-C6	2	1	0	0	131.00	276.67
		2	0		285.50	
		3	0		394.00	
		4	0		241.50	
		5	0		332.50	
		6	0		275.50	
COME-A	2	1	141.00	121.5	467.00	453.67
		2	169.50		564.00	
		3	173.00		584.50	
		4	130.50		464.00	
		5	50.00		363.50	
		6	65.00		279.00	
COME-B	4	1	43.33	77.28	513.00	530
		2	109.67		523.00	
		3	127.67		609.00	
		4	28.67		513.67	
		5	54.67		519.67	
		6	99.67		501.67	
MT-SE	4	1	27.00	32.88	647.75	645.25
		2	29.50		640.75	
		3	29.75		616.50	
		4	36.50		545.50	
		5	38.25		703.00	
		6	36.25		718.00	
MT-ADM	5	1	41.40	35.67	238.00	179.43
		2	36.40		161.60	
		3	39.60		157.20	
		4	38.60		155.80	
		5	39.80		187.40	
		6	37.40		176.60	

Continuación del cuadro4.

Código	Total de puntos de muestreo	Replica	Promedio de las réplicas en luz Natural	Promedio General Luz Natural	Promedio de las réplicas con luz Artificial	Promedio General de Luz Artificial
MT-PAS	4	1	9.25	13.21	219.50	169
		2	7.50		170.00	
		3	8.75		145.50	
		4	23.00		166.50	
		5	16.50		162.75	
		6	14.25		149.75	
MT-C1	2	1	164.00	85.92	548.00	471.17
		2	39.00		438.50	
		3	109.50		426.50	
		4	21.00		334.00	
		5	64.50		525.50	
		6	117.50		554.50	
MT-C2	3	1	189.67	167.44	427.67	447.06
		2	181.67		526.00	
		3	102.33		342.33	
		4	103.33		491.67	
		5	203.00		551.33	
		6	224.67		343.33	
MT-C3	4	1	472.00	234.83	863.33	542.33
		2	102.33		342.33	
		3	118.67		370.33	
		4	174.67		351.67	
		5	269.67		799.33	
		6	271.67		527.00	
MT-C4	2	1	118.50	82.17	509.50	453.42
		2	90.50		479.50	
		3	48.00		359.00	
		4	101.00		494.00	
		5	63.50		462.00	
		6	71.50		416.50	
MT-C5	3	1	146.33	94	468.00	352.06
		2	82.33		324.00	
		3	30.00		267.00	
		4	120.67		362.67	
		5	117.67		316.33	
		6	67.00		374.33	
MT-C6	3	1	43.67	29.56	264.33	222.89
		2	20.67		167.33	
		3	5.67		153.67	
		4	39.00		297.67	
		5	38.00		233.33	
		6	30.33		221	

Continuación del cuadro4.

Código	Total de puntos de muestreo	Replica	Promedio de las réplicas en luz Natural	Promedio General Luz Natural	Promedio de las réplicas con luz Artificial	Promedio General de Luz Artificial
CML-SE	3	1	10.33	19.72	671.67	619.28
		2	16.00		549.00	
		3	15.33		616.00	
		4	38.00		753.00	
		5	20.67		601.33	
		6	18.00		524.67	
CML-ADM	9	1	0	0	260.67	266.74
		2	0		390.33	
		3	0		252.67	
		4	0		230.33	
		5	0		246.67	
		6	0		219.78	
CML-C1	2	1	382.5	106.7	173.83	155.75
		2	54.5		166.50	
		3	68		154.83	
		4	53.5		153.67	
		5	33.5		157.00	
		6	48		128.67	
CML-C2	6	1	28.67	17.42	509.50	453.42
		2	19.83		479.50	
		3	15.33		359.00	
		4	10.67		494.00	
		5	11.67		462.00	
		6	18.33		416.50	
CML-ARC	12	1	227.75	190.31	407.00	266.65
		2	182.58		262.00	
		3	198		208.50	
		4	177.75		236.92	
		5	174.25		230.92	
		6	181.5		254.58	
CML-C5	4	1	532.75	182.17	2330.25	648.29
		2	124.75		303.5	
		3	39.5		248.5	
		4	214.75		427.5	
		5	50.5		249.25	
		6	130.75		330.75	
CML-C6	4	1	100	84.46	346.5	357.83
		2	96.75		392	
		3	75.75		298	
		4	96		392.5	
		5	87.75		393	
		6	50.5		325	

Continuación del cuadro4.

Código	Total de puntos de muestreo	Replica	Promedio de las réplicas en luz Natural	Promedio General Luz Natural	Promedio de las réplicas con luz Artificial	Promedio General de Luz Artificial
CML-C7	4	1	30	68.04	390.25	408.13
		2	74.25		413	
		3	54.25		427.5	
		4	110		465.5	
		5	57		392.75	
		6	82.75		359.75	
CML-C8	4	1	129.75	83.96	265.5	265.04
		2	82.25		274.5	
		3	91.5		277	
		4	93.75		301.25	
		5	45.75		232.5	
		6	60.75		239.5	
CML-C9	4	1	50.5	222.96	446.5	460.21
		2	238.25		404.25	
		3	347.5		483	
		4	336.75		524	
		5	223.75		406.75	
		6	141		496.75	
CML-C10	3	1	77.33	58.33	333.00	271.00
		2	84.00		304.00	
		3	47.33		239.00	
		4	62.33		248.33	
		5	15.33		255.33	
		6	63.67		246.33	
CML-C11	4	1	95	76.88	408	317.75
		2	72.75		274.5	
		3	53.5		293	
		4	95.75		290.25	
		5	19		216.75	
		6	125.25		424	
CML-C12	4	1	74.25	76.96	397.5	353.83
		2	88.25		339	
		3	103.75		378.5	
		4	114.5		388.5	
		5	18.5		316.25	
		6	62.5		303.25	
CML-C13	4	1	173.5	96.21	329.75	350.17
		2	125.5		327.5	
		3	69.75		344	
		4	96.75		380	
		5	14.75		309.25	
		6	97		410.5	

Continuación del cuadro4.

Código	Total de puntos de muestreo	Replica	Promedio de las réplicas en luz Natural	Promedio General Luz Natural	Promedio de las réplicas con luz Artificial	Promedio General de Luz Artificial
CML-C14	4	1	194.25	100.5	443.25	325.46
		2	110		367	
		3	97		332.5	
		4	11.75		206.75	
		5	101.5		302.75	
		6	88.5		300.5	
CML-C15	4	1	260.75	104.13	550.5	361.38
		2	86.5		301.25	
		3	84.25		286.75	
		4	71.25		335	
		5	61.5		325	
		6	60.5		369.75	
CML-C16	4	1	85	43.42	329.5	284.17
		2	46.25		351.25	
		3	51.5		197	
		4	9.25		264.75	
		5	35.75		260.25	
		6	32.75		302.25	
CML-C17	3	1	0	0	216.5	387.75
		2	0		423	
		3	0		499.5	
		4	0		411	
		5	0		431	
		6	0		345.5	
CML-C19	2	1	0	0	323	318.00
		2	0		303.5	
		3	0		325.5	
		4	0		321.5	
		5	0		345	
		6	0		289.5	
CML-ENF1	3	1	0	0	390.67	394.67
		2	0		408	
		3	0		375	
		4	0		404.67	
		5	0		395.67	
		6	0		394	

Continuación del cuadro4.

Código	Total de puntos de muestreo	Replica	Promedio de las réplicas en luz Natural	Promedio General Luz Natural	Promedio de las réplicas con luz Artificial	Promedio General de Luz Artificial
CML-ENF2	3	1	0	0	361.67	353.28
		2	0		355	
		3	0		362.33	
		4	0		346	
		5	0		348.67	
		6	0		346	
CML-PAS	6	1	0	0	331.17	310.69
		2	0		227.83	
		3	0		262	
		4	0		345.83	
		5	0		380.33	
		6	0		317	
CML-CAP	3	1	0	0	632	635.83
		2	0		548.67	
		3	0		602.67	
		4	0		622.33	
		5	0		687.67	
		6	0		721.67	
CML-SCON	2	1	0	0	664.5	540.92
		2	0		406	
		3	0		420.5	
		4	0		661.5	
		5	0		456	
		6	0		637	
PISO I-PAS	16	1	0	0	112.59	202.19
		2	0		161.94	
		3	0		340.59	
		4	0		112.12	
		5	0		136.24	
		6	0		279.53	
PISO I-BH	5	1	0	0	181.6	178.43
		2	0		156.2	
		3	0		170.4	
		4	0		189.8	
		5	0		193.6	
		6	0		179	
PISO I-BM	4	1	0	0	315.6	311.6
		2	0		293	
		3	0		318.4	
		4	0		344.4	
		5	0		293.2	
		6	0		305	

Cuadro 5. Resultados de los niveles de iluminación en el área de Ciencias Forense.

Código	Total de puntos de muestreo	Replica	Promedio de las réplicas en luz Natural	Promedio General Luz Natural	Promedio de las réplicas con luz Artificial	Promedio General de Luz Artificial
BF-TF	13	1	228.00	219.42	507.38	482.06
		2	217.31		513.92	
		3	225.31		500.38	
		4	205.38		396.85	
		5	167.46		472.23	
		6	273.08		501.62	
BF-ENT	5	1	84.8	198.17	337.4	409.73
		2	221		432	
		3	262.6		465.4	
		4	143.2		354	
		5	168.2		393.4	
		6	309.2		476.2	
BF-CUII 4	4	1	0	0	185.4	341.40
		2	0		206.4	
		3	0		432.8	
		4	0		422.4	
		5	0		393.8	
		6	0		407.6	
BF-MICR	5	1	0	0	423.00	385.06
		2	0		349.67	
		3	0		380.33	
		4	0		352.67	
		5	0		423.00	
		6	0		381.67	
BF-CUII 3	4	1	64.5	75.92	340.5	503.88
		2	56.75		496.25	
		3	95.25		545.25	
		4	79.75		567.75	
		5	77.5		581.75	
		6	81.75		491.75	
BF-JEF	5	1	0	0	316.5	333.83
		2	0		353	
		3	0		319	
		4	0		344	
		5	0		328	
		6	0		342.5	
BF-CUB	6	1	111.33	111.97	280.67	276.96
		2	81.00		253.83	
		3	134.17		287.50	
		4	146.17		324.83	
		5	110.50		265.83	
		6	88.67		249.17	

Continuación del cuadro 5.

Código	Total de puntos de muestreo	Replica	Promedio de las réplicas en luz Natural	Promedio General Luz Natural	Promedio de las réplicas con luz Artificial	Promedio General de Luz Artificial
BF-CUII 2	4	1	0	0	285	440.08
		2	0		507.5	
		3	0		551.75	
		4	0		489.25	
		5	0		368.75	
		6	0		438.25	
BF-REP(BF/BQ)	4	1	34.5	28.5	251.5	211.75
		2	30.75		202.25	
		3	21		176.25	
		4	26.25		198.75	
		5	30.25		233.5	
		6	28.25		208.25	
BF-CUII	4	1	125.25	115.67	267.5	442.29
		2	56.25		439.5	
		3	113.5		530.75	
		4	134.25		513.5	
		5	90.75		335.75	
		6	174		566.75	
AF-CUB	5	1	0	0	192.6	213.54
		2	0		224	
		3	0		213.2	
		4	0		232	
		5	0		226.4	
		6	0		230.4	
AF-REC	2	1	0	0	197.5	329.33
		2	0		381	
		3	0		237.5	
		4	0		379.5	
		5	0		374	
		6	0		406.5	
AF-LABIO	4	1	0	0	185.5	204.79
		2	0		210.75	
		3	0		210.25	
		4	0		207	
		5	0		206	
		6	0		209.25	
AF-PAS	4	1	0	0	209	224.5
		2	0		224.5	
		3	0		224.5	
		4	0		232.5	
		5	0		231	
		6	0		225.5	

Continuación del cuadro 5.

Código	Total de puntos de muestreo	Replica	Promedio de las réplicas en luz Natural	Promedio General Luz Natural	Promedio de las réplicas con luz Artificial	Promedio General de Luz Artificial
AF-LABQUI	4	1	0	0	162.5	282.29
		2	0		315.75	
		3	0		305.75	
		4	0		305.75	
		5	0		304	
		6	0		300	
AEDD-JEF	2	1	0	0	264	258.08
		2	0		251.5	
		3	0		258.5	
		4	0		262	
		5	0		256	
		6	0		256.5	
AEDD-REC	7	1	0	0	137.00	137.76
		2	0		138.43	
		3	0		136.43	
		4	0		137.86	
		5	0		139.14	
		6	0		137.71	
AEDD-CUB1	15	1	555.13	122.53	222.47	211.02
		2	42.80		186.20	
		3	18.27		214.13	
		4	32.67		212.33	
		5	65.87		223.73	
		6	20.47		207.27	
AEDD-CUB2	14	1	342.79	161.06	679.64	313.74
		2	155.57		237.00	
		3	75.29		236.00	
		4	102.43		213.36	
		5	198.07		282.43	
		6	92.21		234.00	
AEDD-CUB3	17	1	329.47	104.05	322.71	222.55
		2	119.35		233.41	
		3	10.12		176.82	
		4	29.65		168.41	
		5	108.59		245.41	
		6	27.12		188.53	
AEDD-LAB	9	1	54.33	51.06	595.11	504.19
		2	84.22		524.56	
		3	5.33		413.67	
		4	21.22		458.89	
		5	102.00		553.22	
		6	39.22		479.67	

Continuación del cuadro 5.

Código	Total de puntos de muestreo	Replica	Promedio de las réplicas en luz Natural	Promedio General Luz Natural	Promedio de las réplicas con luz Artificial	Promedio General de Luz Artificial
AEDD-CUA	4	1	0	0	514.5	467.88
		2	0		460	
		3	0		457.25	
		4	0		459.5	
		5	0		456.25	
		6	0		459.75	
TX-LAB	16	1	25.38	37.39	359.88	368.30
		2	24.88		358.75	
		3	33.44		362.38	
		4	28.88		364.38	
		5	35.00		343.06	
		6	76.75		421.38	
TX-LAV	2	1	45.5	60.33	618	620.75
		2	60.5		676.5	
		3	82.5		599	
		4	47		606	
		5	57.5		608	
		6	69		617	
TX-VOL	5	1	38.4	44.43	332.4	416.43
		2	49.2		341.6	
		3	40.4		513.6	
		4	31.2		450.4	
		5	61.6		430.6	
		6	45.8		430	
TX-INS	10	1	22.5	25.73	366.2	370.67
		2	23		375	
		3	19.8		340.8	
		4	33.5		408.7	
		5	21.1		352.6	
		6	34.5		380.7	
TX-REP1	4	1	23.75	20.5	155	205.13
		2	30.5		233.25	
		3	24.5		221.25	
		4	17.5		243.5	
		5	3.75		181.75	
		6	23		196	
TX-BAL	9	1	0	0	398	411.33
		2	0		405	
		3	0		421	
		4	0		425	
		5	0		414	
		6	0		405	

Continuación del cuadro 5.

Código	Total de puntos de muestreo	Replica	Promedio de las réplicas en luz Natural	Promedio General Luz Natural	Promedio de las réplicas con luz Artificial	Promedio General de Luz Artificial
TX-CUB	18	1	327.89	152.6	521.56	272.04
		2	454.33		475.44	
		3	38.67		163.06	
		4	32.89		156.22	
		5	26.56		156.56	
		6	35.56		159.39	
BQ-ADNm	2	1	0	0	215	200.5
		2	0		180.5	
		3	0		207.5	
		4	0		205.5	
		5	0		211.5	
		6	0		183	
BQ-JEF	2	1	481	309.25	716.5	510.92
		2	255.5		476.5	
		3	302.5		540	
		4	315.5		556	
		5	250.5		445.5	
		6	250.5		331	
BQ-LABa	16	1	52.81	43.30	330.81	292.55
		2	46.13		279.38	
		3	23.50		272.38	
		4	59.75		295.75	
		5	41.13		287.75	
		6	36.50		289.25	
BQ-ADN	4	1	12.5	21.75	191.25	230.08
		2	17.5		224.5	
		3	21.25		217.75	
		4	28.25		308.5	
		5	31		221.75	
		6	20		216.75	
BQ-CUB	13	1	0	0	189.17	194.79
		2	0		231.17	
		3	0		195.42	
		4	0		190.17	
		5	0		173.42	
		6	0		189.42	
BQ-ADM	10	1	0	0	258.25	296.31
		2	0		317.25	
		3	0		313.50	
		4	0		305.58	
		5	0		308.08	
		6	0		275.17	

Continuación del cuadro 5.

Código	Total de puntos de muestreo	Replica	Promedio de las réplicas en luz Natural	Promedio General Luz Natural	Promedio de las réplicas con luz Artificial	Promedio General de Luz Artificial
BQ-CMIT	6	1	42.33	39.81	303.83	302.92
		2	39.00		297.17	
		3	39.50		309.67	
		4	37.00		311.83	
		5	38.33		299.00	
		6	42.67		296.00	
BQ-PCR	4	1	181.75	236.17	388.5	408.58
		2	142.5		333.25	
		3	375.5		557.5	
		4	254.75		432.25	
		5	180.5		383	
		6	282		357	
BQ-EXT1	5	1	178.8	160.93	539.4	469.13
		2	128.8		437.2	
		3	105.8		438.8	
		4	136.4		436.4	
		5	273		474.8	
		6	142.8		488.2	
BQ-HUE	2	1	296.5	241	856.5	636.92
		2	234		620	
		3	190.5		550	
		4	259		588.5	
		5	213		607	
		6	253		599.5	
BQ-CUB (BF)	13	1	75.62	60.27	204.92	196.47
		2	81.38		223.77	
		3	55.31		189.62	
		4	72.15		192.08	
		5	40.62		191.85	
		6	36.54		176.62	
BQ-LAB (BF)	17	1	48.71	117.45	298.94	379.53
		2	212.76		427.18	
		3	141.82		411.65	
		4	115.65		395.76	
		5	91.00		374.53	
		6	94.76		369.12	
BQ-MUE	3	1	0	0	315.00	318.50
		2	0		319.33	
		3	0		321.00	
		4	0		323.67	
		5	0		314.33	
		6	0		317.67	

Continuación del cuadro 5.

Código	Total de puntos de muestreo	Replica	Promedio de las réplicas en luz Natural	Promedio General Luz Natural	Promedio de las réplicas con luz Artificial	Promedio General de Luz Artificial
BQ-EXT2	7	1	0	0	528.57	503.38
		2	0		503.00	
		3	0		510.71	
		4	0		543.00	
		5	0		512.14	
		6	0		422.86	
BQ-MUE2	1	1	0	0	123	133.00
		2	0		136	
		3	0		138	
		4	0		145	
		5	0		117	
		6	0		139	
BQ-REC (BF)	4	1	17.75	25.04	204.25	208.92
		2	38		210.5	
		3	24.25		213.75	
		4	13.75		195.25	
		5	25		208.5	
		6	31.5		221.25	
BQ-ADNa	2	1	0	0	211	189.00
		2	0		167.5	
		3	0		183.5	
		4	0		178	
		5	0		211.5	
		6	0		182.5	
BQ-PREam	4	1	138	122.71	348.25	351.92
		2	103.25		292.25	
		3	131		300	
		4	131.75		402.75	
		5	124		382.75	
		6	108.25		385.5	
FA-ALI	5	1	86.8	80.07	678.6	620.97
		2	74.4		591	
		3	77.4		646.6	
		4	57.8		613.6	
		5	89.6		619.4	
		6	94.4		576.6	
FA-AMP	4	1	38	29.54	144.33	137.89
		2	24.5		126.67	
		3	34.75		134.33	
		4	24.5		141.67	
		5	34.75		139.00	
		6	20.75		141.33	

Continuación del cuadro 5.

Código	Total de puntos de muestreo	Replica	Promedio de las réplicas en luz Natural	Promedio General Luz Natural	Promedio de las réplicas con luz Artificial	Promedio General de Luz Artificial
FA-OSC2	2	1	0	0	57.5	57.67
		2	0		58	
		3	0		58	
		4	0		58	
		5	0		55.5	
		6	0		59	
FA-OSC1	2	1	0	0	94	75.33
		2	0		58.5	
		3	0		74.5	
		4	0		62.5	
		5	0		87	
		6	0		75.5	
FA-EST	2	1	0	0	459	441.67
		2	0		409.5	
		3	0		456.5	
		4	0		436	
		5	0		444.5	
		6	0		444.5	
FA-AUDf	2	1	0	0	526	511.58
		2	0		501.5	
		3	0		504.5	
		4	0		501	
		5	0		527.5	
		6	0		509	
FA-IMA	2	1	0	0	169	171.67
		2	0		153.5	
		3	0		181	
		4	0		170.5	
		5	0		187	
		6	0		169	
FA-CUB	9	1	0	77.33	507.00	497.22
		2	0		490.44	
		3	0		502.22	
		4	0		489.67	
		5	0		496.00	
		6	0		498.00	
FA-AUDv	9	1	0	0	307.00	306.11
		2	0		314.44	
		3	0		315.89	
		4	0		300.33	
		5	0		296.11	
		6	0		302.89	

Continuación del cuadro 5.

Código	Total de puntos de muestreo	Replica	Promedio de las réplicas en luz Natural	Promedio General Luz Natural	Promedio de las réplicas con luz Artificial	Promedio General de Luz Artificial
FA-REC	5	1	0	0	215	266.88
		2	0		311	
		3	0		242.5	
		4	0		248.25	
		5	0		293.25	
		6	0		291.25	
FA-JEF	2	1	0	0	606.5	540.17
		2	0		520.5	
		3	0		503	
		4	0		563	
		5	0		531.5	
		6	0		516.5	
AUD-DCF	18	1	0	0	8087	453.80
		2	0		8410	
		3	0		8239	
		4	0		7895	
		5	0		8197	
		6	0		8182	
SAM-DCF	12	1	0	0	254.17	233.17
		2	0		235.08	
		3	0		206.00	
		4	0		234.08	
		5	0		217.75	
		6	0		251.92	
UA-DCF	6	1	0	0	302.67	291.14
		2	0		289.83	
		3	0		288.67	
		4	0		297.00	
		5	0		274.67	
		6	0		294.00	
UGC-DCF	3	1	0	0	260.67	278.94
		2	0		286.33	
		3	0		277.33	
		4	0		273.67	
		5	0		276.33	
		6	0		299.33	
SS-DCF	9	1	11.56	10.94	466.22	423.30
		2	11.00		400.22	
		3	11.67		423.78	
		4	10.44		403.22	
		5	11.00		448.11	
		6	10.00		398.22	

Continuación del cuadro 5.

Código	Total de puntos de muestreo	Replica	Promedio de las réplicas en luz Natural	Promedio General Luz Natural	Promedio de las réplicas con luz Artificial	Promedio General de Luz Artificial
REC-DCF	2	1	11	10.42	367.5	356.25
		2	10.5		366	
		3	11.5		361.5	
		4	9.5		416.5	
		5	9.5		338	
		6	10.5		288	
CUB-DFC	4	1	310.5	311.71	516.75	434.08
		2	331		543	
		3	281		310.5	
		4	303.5		413.75	
		5	291.5		392.25	
		6	352.75		428.25	
REPe-DCF	4	1	20.5	18.5	416.5	397.08
		2	19.25		378	
		3	17.25		402.5	
		4	18		399.25	
		5	18.75		385.5	
		6	17.25		400.75	
JEF-DCF	4	1	234.75	250	467.5	421.96
		2	254		429	
		3	241.75		474	
		4	247.75		369.75	
		5	256.25		385.75	
		6	265.5		405.75	
OP-DCF	2	1	0	0	287	281.00
		2	0		271	
		3	0		279.5	
		4	0		276.5	
		5	0		288.5	
		6	0		283.5	
IF-CUB	13	1	210.33	244.28	471.33	346.17
		2	34.33		177.67	
		3	402.33		546.67	
		4	344.00		389.00	
		5	270.67		234.00	
		6	204.00		258.33	
IF-REP	3	1	0	0	330.33	300.67
		2	0		296.33	
		3	0		272.33	
		4	0		290.33	
		5	0		318.67	
		6	0		296.00	

Continuación del cuadro 5.

Código	Total de puntos de muestreo	Replica	Promedio de las réplicas en luz Natural	Promedio General Luz Natural	Promedio de las réplicas con luz Artificial	Promedio General de Luz Artificial
IF-AA	3	1	210.33	244.28	471.33	346.17
		2	34.33		177.67	
		3	402.33		546.67	
		4	344.00		389.00	
		5	270.67		234.00	
		6	204.00		258.33	
IF-JEF	2	1	282.75	332.5	1294	1144.38
		2	59.5		907.5	
		3	584.75		1487.75	
		4	267		923.75	
		5	407.5		1252.5	
		6	393.5		1000.75	
IF-CM	3	1	0	0	290.67	370.56
		2	0		418.00	
		3	0		381.00	
		4	0		389.67	
		5	0		344.67	
		6	0		399.33	
IF-CUB2	12	1	422.42	345	617.08	542.88
		2	32.25		262.42	
		3	424.83		669.58	
		4	462.58		739.75	
		5	317.83		395.58	
		6	410.08		572.83	
QA-LABd	20	1	120.75	239.93	378	472.87
		2	360.45		588.4	
		3	142.95		383.85	
		4	193.55		444.05	
		5	365.7		538.4	
		6	256.15		504.5	
QA-BAL	3	1	0	0	350.67	345.5
		2	0		337.00	
		3	0		331.67	
		4	0		359.33	
		5	0		351.00	
		6	0		343.33	
QA-LABtx	3	1	82.5	55.5	364.75	364.00
		2	27.25		319.5	
		3	32.75		413	
		4	98.25		379.25	
		5	53		400	
		6	39.25		307.5	

Continuación del cuadro 5.

Código	Total de puntos de muestreo	Replica	Promedio de las réplicas en luz Natural	Promedio General Luz Natural	Promedio de las réplicas con luz Artificial	Promedio General de Luz Artificial
QA-CUB	13	1	25.31	63.13	195.00	205.47
		2	29.92		165.46	
		3	97.08		234.54	
		4	54.77		206.38	
		5	91.69		227.46	
		6	80.00		204.00	
QA-JEF	2	1	0	0	194.5	197.67
		2	0		191	
		3	0		192.5	
		4	0		190	
		5	0		215.5	
		6	0		202.5	
QA-ESP	5	1	33.6	24.83	567.8	525.07
		2	13.8		570.2	
		3	14		610.8	
		4	34.6		569.2	
		5	29		397.8	
		6	24		434.6	
PF-JEF	2	1	0	0	348	340.33
		2	0		321.5	
		3	0		360	
		4	0		328	
		5	0		343.5	
		6	0		341	
PF-REP	4	1	120.75	239.93	378	472.87
		2	360.45		588.4	
		3	142.95		383.85	
		4	193.55		444.05	
		5	365.7		538.4	
		6	256.15		504.5	
QA-BAL	3	1	0	0	257.5	235.21
		2	0		205.75	
		3	0		256.25	
		4	0		200	
		5	0		261.25	
		6	0		230.5	
PF- Cub1	11	1	65.00	55.52	198.18	215.30
		2	93.45		233.09	
		3	16.55		189.00	
		4	49.18		234.82	
		5	61.45		192.55	
		6	47.45		244.18	

Continuación del cuadro 5.

Código	Total de puntos de muestreo	Replica	Promedio de las réplicas en luz Natural	Promedio General Luz Natural	Promedio de las réplicas con luz Artificial	Promedio General de Luz Artificial
PF-MIC	3	1	0	0	319.67	317.56
		2	0		322.33	
		3	0		317.00	
		4	0		317.67	
		5	0		321.33	
		6	0		307.33	
PF-CUB2	9	1	104.22	72.76	286.22	247.56
		2	89.56		262.44	
		3	20.44		183.89	
		4	116.44		266.44	
		5	44.67		233.22	
		6	61.22		253.11	
PF-MIC	4	1	0	0	296	298.00
		2	0		281.25	
		3	0		320.5	
		4	0		294.25	
		5	0		301.5	
		6	0		294.5	
PF-LAB	20	1	50.25	31.03	308.75	321.30
		2	32.75		369.15	
		3	16.25		307.85	
		4	32.05		312.7	
		5	27.7		333.55	
		6	27.2		295.8	
PF-REP	4	1	120.75	239.93	378	472.87
		2	360.45		588.4	
		3	142.95		383.85	
		4	193.55		444.05	
		5	365.7		538.4	
		6	256.15		504.5	
QA-BAL	3	1	0	0	257.5	235.21
		2	0		205.75	
		3	0		256.25	
		4	0		200	
		5	0		261.25	
		6	0		230.5	
PF- Cub1	11	1	65.00	55.52	198.18	215.30
		2	93.45		233.09	
		3	16.55		189.00	
		4	49.18		234.82	
		5	61.45		192.55	
		6	47.45		244.18	

Continuación del cuadro 5.

Código	Total de puntos de muestreo	Replica	Promedio de las réplicas en luz Natural	Promedio General Luz Natural	Promedio de las réplicas con luz Artificial	Promedio General de Luz Artificial
EP-CUB	6	1	0.00	0	356.00	319.53
		2	0.00		302.17	
		3	0.00		313.67	
		4	0.00		310.83	
		5	0.00		299.83	
		6	0.00		334.67	
EP-CUB2	3	1	0.00	0	375.00	352.33
		2	0.00		349.00	
		3	0.00		339.67	
		4	0.00		351.00	
		5	0.00		351.33	
		6	0.00		348.00	
EP-LABpq	16	1	156.75	351.55	497.13	656.27
		2	760.63		1183.38	
		3	8.38		316.56	
		4	734.19		846.19	
		5	221.94		526.69	
		6	227.44		567.69	
EP-INS	4	1	35.00	58.25	573.5	546.71
		2	86.75		555.75	
		3	29.25		485.75	
		4	72.00		530.5	
		5	42.50		506.75	
		6	84.00		628	
EP-INS2	7	1	88.57	196.81	414.86	574.62
		2	545.29		822.14	
		3	18.14		279.00	
		4	199.57		931.57	
		5	159.71		421.00	
		6	169.57		579.14	
PISO 2-PASa	16	1	0	0	132.29	212.66
		2	0		187.76	
		3	0		330.88	
		4	0		135.00	
		5	0		150.71	
		6	0		265.47	
PISO 2-BHa	5	1	0	0	334.2	286.10
		2	0		284.4	
		3	0		252.8	
		4	0		284.2	
		5	0		290.2	
		6	0		270.8	

Continuación del cuadro 5.

Código	Total de puntos de muestreo	Replica	Promedio de las réplicas en luz Natural	Promedio General Luz Natural	Promedio de las réplicas con luz Artificial	Promedio General de Luz Artificial
PISO 2-BMa	4	1	0	0	239	269.77
		2	0		316.8	
		3	0		222.8	
		4	0		314.2	
		5	0		249.4	
		6	0		276.4	
PISO 2-PASb	16	1	0	0	180.59	210.79
		2	0		209.65	
		3	0		250.41	
		4	0		174.82	
		5	0		128.65	
		6	0		247.47	
PISO 2-BHb	5	1	0	0	179.2	282.47
		2	0		185.2	
		3	0		564.6	
		4	0		167.4	
		5	0		150.4	
		6	0		448	
PISO 2-BMb	5	1	0	0	208.8	236.37
		2	0		272.4	
		3	0		212.6	
		4	0		294.2	
		5	0		163	
		6	0		267.2	
PISO 3-PASa	16	1	0	0	183.76	222.25
		2	0		213.88	
		3	0		306.65	
		4	0		153.82	
		5	0		171.24	
		6	0		226.94	
PISO 3-BHa	5	1	0	0	334.2	274.27
		2	0		284.4	
		3	0		230.4	
		4	0		272.2	
		5	0		277.6	
		6	0		246.8	
PISO 3-BMa	5	1	0	0	280	241.33
		2	0		359.8	
		3	0		213.2	
		4	0		247	
		5	0		154.8	
		6	0		193.2	

Continuación del cuadro 5.

Código	Total de puntos de muestreo	Replica	Promedio de las réplicas en luz Natural	Promedio General Luz Natural	Promedio de las réplicas con luz Artificial	Promedio General de Luz Artificial
PISO 3-PASb	16	1	0	0	180.59	211.42
		2	0		229.76	
		3	0		220.29	
		4	0		184.35	
		5	0		159.47	
		6	0		220.65	
PISO 3-BHb	5	1	0	0	219.4	226.87
		2	0		108.6	
		3	0		245	
		4	0		189.8	
		5	0		150.4	
		6	0		448	
PISO 3-BMb	5	1	0	0	123.4	196.27
		2	0		174.8	
		3	0		272.8	
		4	0		216.6	
		5	0		156	
		6	0		234	