

Revisión de las condiciones de iluminación de las áreas de trabajo de una carrera de corte ambiental en una institución de educación superior.

Review of the lighting conditions of the work areas of an environmental career in an institution of higher education.

Alejandra Clemen Nochebuena Cruz

Universidad Tecnológica Gral. Mariano Escobedo, México

anochebuena@ute.edu.mx

Resumen

El presente escrito muestra la metodología usada y los resultados obtenidos al revisar los niveles de iluminación de las áreas de afluencia de la carrera de Tecnología Ambiental. Para considerar valores permisibles, se contrastaron con lo indicado en la NOM-025-STPS-2008. En base a lo anterior, se analizaron los datos y se concluyó que, principalmente las áreas de laboratorios requieren adecuaciones. Además, el documento considera recomendaciones para dar cumplimiento a lo que indica la norma y aborda alternativas para hacer más eficiente el uso de la energía eléctrica en iluminación.

Palabras clave: iluminación, estudio de iluminación, ahorro de energía, edificios educativos, consumo eléctrico.

Abstract

The present paper shows the methodology used and the results obtained when reviewing the levels of illuminance of the areas of affluence of the Environmental Technology career. In order to consider compliance values, they were contrasted with the indicated in the Mexican standard NOM-025-STPS-2008. Based on the above, the data were analyzed and it was concluded that, mainly the laboratory areas require adjustments. In addition, the

document considers recommendations to comply with what the standard indicates and approaches alternatives to use more efficiently the electric energy in lighting.

Key words: Lighting, lighting study, energy saving, educational facilities, electricity consumption.

Fecha Recepción: Julio 2016

Fecha Aceptación: Diciembre 2016

Introducción

Un número cada vez mayor de Universidades Tecnológicas en México cuenta con el modelo BIS; bilingüe, internacional y sustentable. Bajo este marco, la sustentabilidad puede referirse a la parte social, económica y ambiental. El contar con el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas en materia ambiental y de seguridad, es una manera de aplicar esa sustentabilidad, al atender esta responsabilidad social con la preocupación del impacto ambiental y económico de nuestras actividades.

De acuerdo a lo concluido en su estudio, por Tonello & Valladares (2015), el tema de iluminación no es percibida por muchos universitarios como un problema ambiental; sin embargo, el uso de la energía eléctrica para iluminación puede constituir entre un 25-50% del consumo total (Harvey, 2010, pág. 183), y se tiene el dato de que, en el caso de edificios educativos en los Estados Unidos, éste representa alrededor de un 30% (ANSI, 2013).

El objetivo de la norma NOM-025-STPS-2008 es establecer los requerimientos de iluminación con el fin de promover un ambiente seguro y saludable en las áreas de los centros de trabajo. La revisión de lo indicado en esta norma en las áreas de la institución educativa, responde a la inquietud de conocer el grado de cumplimiento con el que se cuenta, y que pudiera estar afectando el grado de aprovechamiento y desempeño de las actividades de enseñanza aprendizaje de las áreas de trabajo; así como también, el explorar

alternativas para hacer más eficiente el consumo a manera de promover una “conducta pro ecológica” (Tonello & Valladares, 2015) al disminuir el gasto y por ende su impacto al medio ambiente equivalente por emisiones de gases de efecto invernadero.

Método

El estudio fue realizado por la misma persona en sesiones de tiempo disponible en 5 días. Se siguieron los pasos indicados por la NOM-025-STPS-2008. El primero consistió en realizar un reconocimiento de las áreas de trabajo para identificar las condiciones en que se desarrollan las actividades (iluminación deficiente o que pueda provocar deslumbramiento) de acuerdo a lo marcado por el punto 8.2 de la norma.

Las instalaciones revisadas corresponden a la planta alta del edificio D3 y a dos laboratorios del taller 1 (T1). Se trabaja en dos turnos, matutino de las 7:00 a las 16:00 horas y vespertino de las 18:00 a 21:45 horas. En el día son 22 alumnos de nivel técnico superior universitario y en la tarde 15, de nivel ingeniería. Las principales actividades que se realizan son trabajos en espacios de oficina, aulas y en laboratorios de computación y de ciencias.

El registro sobre la distribución de las áreas de trabajo, el sistema de iluminación y la potencia de las luminarias que hablan los incisos a) y b) del punto 8.2, se muestran en las figuras 1 y 2.

Las paredes de los edificios son de concreto sin acabado, pintadas en tono satinado color gris claro y columnas en tono verde oscuro.

Los rectángulos representan la ubicación de las luminarias y la leyenda en los mismos, la cantidad de lámparas con que cuenta y el tipo de potencia. El acrónimo “NF” acompaña al número de lámparas que no funcionan en la luminaria.

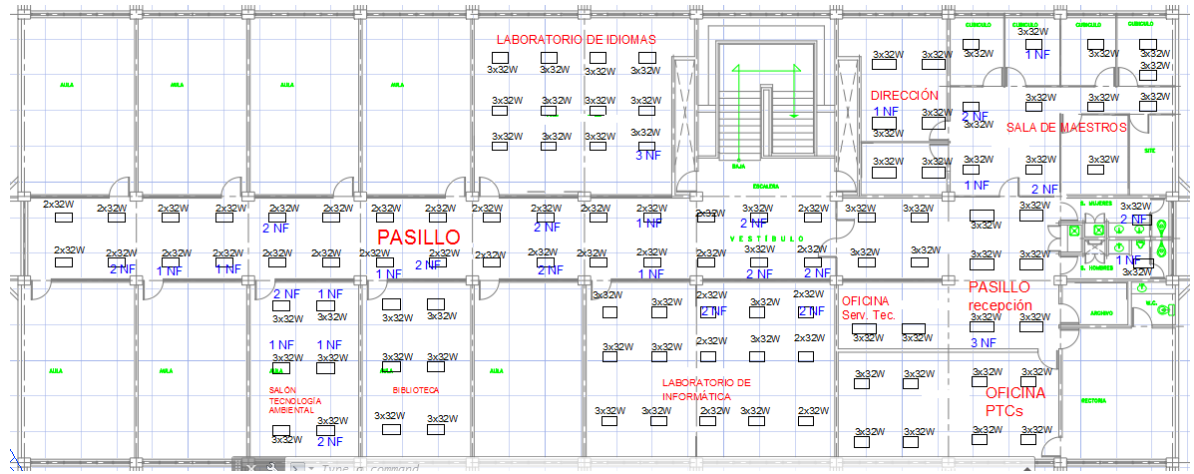


Figura 1. Distribución de las áreas de trabajo y cantidad de luminarias y lámparas en la planta alta del edificio D3. Fuente: Elaboración propia.

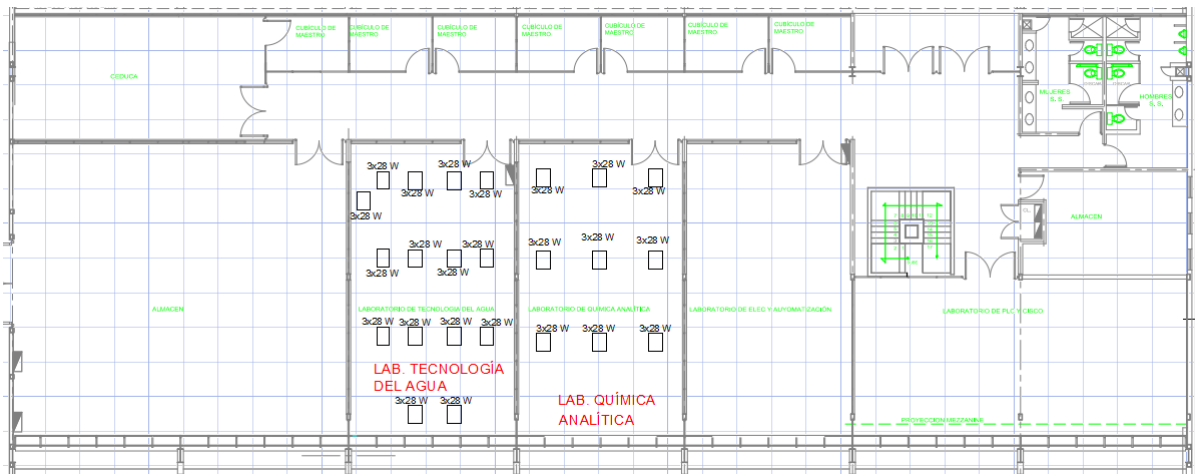


Figura 2. Distribución de las áreas de trabajo y cantidad de luminarias y lámparas en la planta baja del taller T1. Fuente: Elaboración propia.

La descripción de las tareas visuales y de las áreas de trabajo, según lo indica el inciso d) del punto 8.2 de la norma se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 1. Desglose de áreas, su clasificación y el requerimiento mínimo en lux.

Edificio D3, planta alta				
Área	Puestos de trabajo y equipos	Clasificación	Mín. lux	Horario
Dirección	1, 1 pc	Oficina, distinción moderada de detalles	300	7 am - 4 pm
Oficinas PTC	2, 2 pc			7 am - 9 pm
Sala de maestros	5, 4 pc			7 am - 9 pm
Serv. Tec.	3, 2 pc			8 am - 5 pm
Sanitario damas	N/A	Sanitario, área de espera	100	7 am - 9 pm
Sanitario hombres	N/A			7 am - 9 pm
Pasillo recepción	N/A	Pasillo- en interiores- áreas de circulación	100	7 am - 9 pm
Pasillo PA	N/A			7 am - 12 pm
Lab. Idiomas	21 pc	Sala de cómputo, distinción clara de detalles-proceso de información	500	7 am - 5 pm
Lab. Informática	31 pc			7 am - 9 pm
Biblioteca	22 alumnos /15 alumnos	Aula, distinción moderada de detalles	300	8 am - 5 pm
Salón TA	22 alumnos /15 alumnos			7 am - 10 pm
Taller T1, Planta baja				
Lab. Tec. Agua	5 equipos de tratamiento de agua, refrigerador, 2 mesas de trabajo a lo largo del laboratorio junto a pared , 1 tarja y mesa central	Laboratorio, distinción clara de detalles-equipo de laboratorio	500	7 am - 5 pm
Lab. Q. Analítica	2 autoclaves, centrífuga, incubadora, estufa, mufla, 2 balanzas, 5 microscopios, 5 parrillas de calentamiento, 2 mesas de trabajo a lo largo del laboratorio junto a pared, 1 tarja y mesa central			7 am - 5 pm

Posteriormente, se realizaron los cálculos para determinar el número de puntos de muestreo para la medición de los niveles de iluminación. Las áreas de trabajo se dividieron en zonas de acuerdo a lo indicado en la tabla A1 del apéndice A de la norma, con la fórmula

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

del punto A.2.3.1, resultando los siguientes:

Tabla 2. Cálculo de índice de área (IC) y zonas a dividir.

Edificio D3, planta alta					
Área	Largo (x)	Ancho (y)	Altura (h)	IC	Número mín. de zonas , (por limitación)
Dirección	7.68	3.6	1.8	1.36	9(12)
Oficinas PTC	4.88	4.47	1.8	1.30	9(12)
Sala de maestros	7.86	9.61	1.8	2.40	16(20)
Serv. Tec.	7.88	4.88	1.8	1.67	9(12)
Sanitario damas	1.65	4.7	1.8	0.68	4(16)
Sanitario hombres	1.82	4.7	1.8	0.73	4(16)
Pasillo recepción	6.54	4.47	1.8	1.48	9(12)
Pasillo PA	3.44	39.6	1.7	1.86	9(12)
Lab. Idiomas	7.64	8.49	1.8	2.23	16(20)
Lab. Informática	7.7	10.7	1.8	2.49	16(20)
Biblioteca	7.64	4.7	1.8	1.62	9(12)
Salón TA	7.64	4.7	1.8	1.62	9(12)
Taller T1, Planta baja					
Lab. Tec. Agua	7	13	2.35	1.94	9(12)
Lab. Q. Analítica	7	13	2.35	1.94	9(12)

Se ubicaron los puntos de muestreo de acuerdo a lo estipulado en el punto 9.1.2 y el A.2.3 del apéndice A, es decir, en condiciones normales de operación considerando las áreas y puestos de trabajo.

Como instrumento de medición, se utilizó el luxómetro EasyView 30, modelo EA30 de la marca Extech, que, de acuerdo a la hoja de datos de fabricante, cuenta con medidas corregidas para coseno y color (en cumplimiento con los incisos a, b y c del punto A.3.1 de la norma) y una exactitud de $\pm 3\%$ lect. + 0.5% FS.

El sensor fue colocado en los puestos de trabajo de las áreas determinadas, considerando los planos de trabajo superficie horizontal (h), vertical (v) u oblicua (o), en la que los trabajadores desarrollan su trabajo (Labour Department Government of Hong Kong, 2008, págs. 11,13). De manera general, los planos fueron horizontales en escritorios y mesas de trabajo y verticales en el caso de monitores y los indicadores de medición de los equipos de laboratorio.

Para la toma de datos en los puntos de medición se siguieron las recomendaciones que indica el punto A.2.1, que es el aplicable cuando se utiliza iluminación artificial. En todas las mediciones se verificó que en las áreas que utilizaban aire acondicionado, estuviera encendido y, como todas las áreas consideradas utilizan exclusivamente lámparas fluorescentes en luminarias de tipo luz directa (The Lightning Handbook, 2013, pág. 18), al momento de las lecturas, ya habían transcurrido al menos veinte minutos de su encendido.

Las siguientes figuras identifican los puntos de medición en el plano:

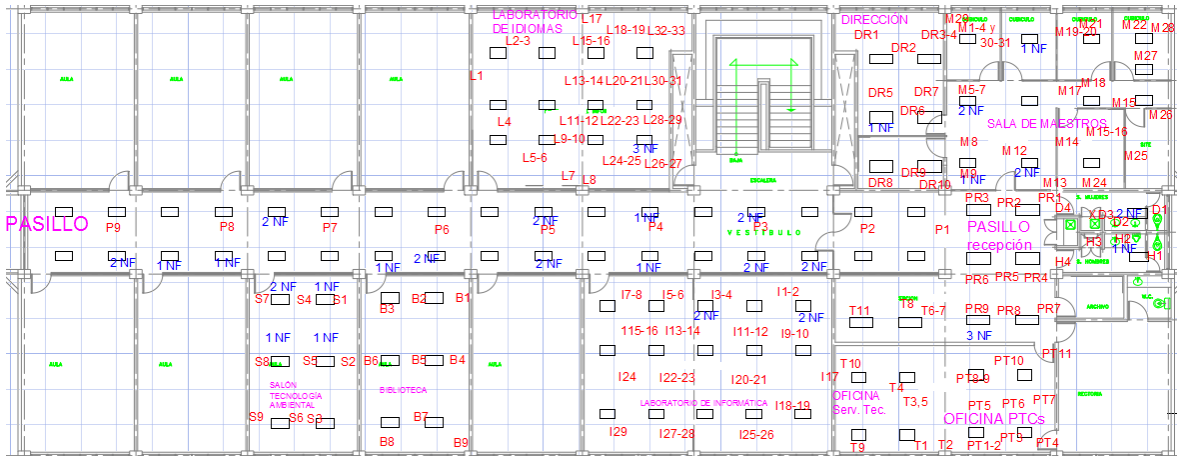


Figura 3. Distribución de los puntos de muestreo en la planta alta del edificio D3.

Fuente: Elaboración propia.

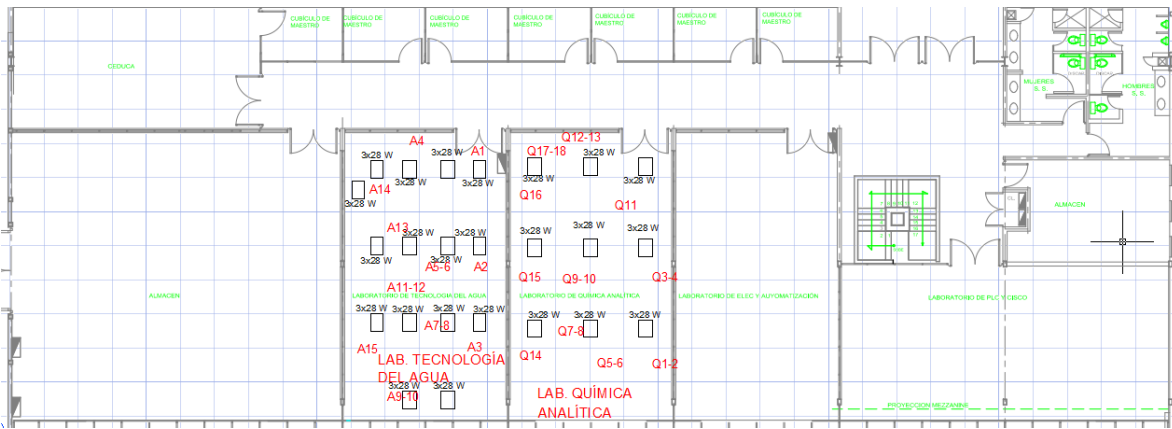


Figura 4. Distribución de los puntos de muestreo en la planta baja del taller T1.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez tomadas las mediciones, fueron revisadas contra los mínimos permisibles y contra el nivel de reflexión el cual es referidos en la tabla 2 del punto 9.1.1 de la norma y usando el procedimiento del punto B.2.1 del apéndice B y efectuando los cálculos bajo la fórmula

$$K_f = \frac{E_1}{E_2} (100).$$

Concluidos el reconocimiento y la evaluación, se procedió a verificar los puntos 5.8 al 5.11 de la norma para conocer el mantenimiento que se les da a las luminarias. Además de la inspección visual, se entrevistó al encargado del área correspondiente y se le solicitó evidencia del programa de mantenimiento a luminarias; la existencia y ubicación de sistemas de iluminación de emergencia; y de la forma de difusión entre los trabajadores y alumnos sobre los riesgos de trabajar con condiciones de iluminación deficiente, excedente o que provoque deslumbramiento.

Al terminar las revisiones de acuerdo a lo indicado en la norma, se decidió hacer adicionalmente una prueba de medición utilizando lámparas LED en un puesto de trabajo y La medición en el pasillo solo utilizando la mitad de las luminarias.

Resultados

Las tablas siguientes referencian los valores encontrados y la evaluación de cumplimiento.

Tabla 3. Dirección. Tarea visual: Oficina, distinción moderada de detalles. Mínimo 300 lux.

Día 1. Hora inicio: 11:10. Hora fin: 11:30							
#	Detalle	Plano	E ₂	E ₁	K _f	Cumple E ₂	Cumple K _F
DR1	de pie	h	725	83	11	SI	SI
DR2	escritorio	h	759	210	28	SI	SI
DR3	escritorio	h	775	115	15	SI	SI
DR4	monitor	v	420	320	76	SI	NO
DR5	librero	h	625	120	19	SI	SI
DR6	de pie	h	628	155	25	SI	SI
DR7	de pie	h	700	182	26	SI	SI
DR8	sillón	h	565	230	41	SI	SI
DR9	escritorio	h	648	190	29	SI	SI
DR10	de pie	h	625	180	29	SI	SI
DR11	de pie	h	670	160	24	SI	SI

Tabla 4. Oficina PTCs. Tarea visual: Oficina, distinción moderada de detalles-proceso de información. Mínimo 300 lux.

Día 1. Hora inicio: 15:00. Hora fin: 15:10								
#	Detalle	Plano	E ₂	E ₁	K _f	Cumple E ₂	Cumple K _F	Observaciones
PT1	Teclado	h	523	55	11	SI	SI	
PT2	Monitor	h	552	60	11	SI	SI	
PT3	de pie	h	520	153	29	SI	SI	
PT4	Librero	v	430	92	21	SI	SI	
PT5	de pie	h	650	130	20	SI	SI	
PT6	de pie	h	452	129	29	SI	SI	
PT7	de pie	h	532	82	15	SI	SI	
PT8	Teclado	h	582	95	16	SI	SI	
PT9	Monitor	v	315	180	57	SI	NO	
PT10	Librero	v	255	56	22	NO	SI	luminaria requiere limpieza
PT11	de pie	h	375	152	41	SI	SI	

Tabla 5. Pasillo planta alta. Tarea visual: Pasillo- en interiores-áreas de circulación. Mínimo 100 lux.

Día 1. Hora inicio: 17:26. Hora fin: 17:40								
#	Detalle	Plano	E ₂	E ₁	K _f	Cumple E ₂	Cumple K _F	Observaciones
P1	de pie	h	715	186	26	SI	SI	
P2	de pie	h	895	208	23	SI	SI	
P3	de pie	h	335	114	34	SI	SI	4 lámparas no funcionan
P4	de pie	h	385	110	29	SI	SI	2 lámparas no funcionan
P5	de pie	h	80	66	83	NO	NO	4 lámparas no funcionan
P6	de pie	h	282	80	28	SI	SI	2 lámparas no funcionan
P7	de pie	h	495	105	21	SI	SI	
P8	de pie	h	410	92	22	SI	SI	1 lámparas no funciona
P9	de pie	h	362	110	30	SI	SI	2 lámparas no funcionan

Tabla 6. Salón TA. Tarea visual: Aula, distinción moderada de detalles. Mínimo 300 lux.

Día 2. Hora inicio: 11:32. Hora fin: 11:42								
#	Detalle	Plano	E ₂	E ₁	K _f	Cumple E ₂	Cumple K _F	Observaciones
S1	pupitre	h	365	46	13	SI	SI	1 lámpara no funciona.
S2	pupitre	h	572	60	10	SI	SI	1 lámpara no funciona.
S3	pupitre	h	377	50	13	SI	SI	2 lámparas no funcionan.
S4	pupitre	h	350	57	16	SI	SI	2 lámparas no funcionan.
S5	pupitre	h	497	70	14	SI	SI	1 lámpara no funciona.
S6	pupitre	h	488	60	12	SI	SI	
S7	pupitre	h	308	50	16	SI	SI	
S8	pizarrón	v	415	240	58	SI	NO	
S9	escritorio	h	648	190	29	SI	SI	

Tabla 7. Servicios Tecnológicos. Tarea visual: Oficina, distinción moderada de detalles-proceso de información. Mínimo 300 lux.

Día 2. Hora inicio: 15:00. Hora fin:15:20							
#	Detalle	Plano	E ₂	E ₁	K _f	Cumple E ₂	Cumple K _F
T1	escritorio	h	560	114	20	SI	SI
T2	mesa	h	322	48	15	SI	SI
T3	teclado	h	456	73	16	SI	SI
T4	escritorio	h	535	115	21	SI	SI
T5	monitor	v	306	84	27	SI	SI
T6	teclado	h	226	36	16	NO	SI
T7	monitor	v	176	108	61	NO	NO
T8	escritorio	h	389	92	24	SI	SI
T9	mesa	h	585	145	25	SI	SI
T10	mesa	h	685	118	17	SI	SI
T11	impresora	h	578	118	20	SI	SI

Tabla 8. Laboratorio de Idiomas. Tarea visual: Sala de cómputo, distinción clara de detalles-proceso de información. Mínimo 500 lux.

Día 3. Hora inicio: 12:30. Hora fin: 13:00								
#	Detalle	Plano	E ₂	E ₁	K _f	Cumple E ₂	Cumple K _F	Observaciones
L1	Pizarrón	v	515	400	78	SI	NO	
L2	Teclado	h	448	36	8	NO	SI	
L3	Monitor	v	454	215	47	NO	SI	
L4	de pie	h	920	165	18	SI	SI	
L5	Teclado	h	380	40	11	NO	SI	1 lámpara no funciona.
L6	Monitor	v	315	170	54	NO	NO	
L7	Pared	v	323	200	62	NO	NO	
L8	columna/pared	v	320	68	21	NO	SI	
L9	Teclado	h	458	32	7	NO	SI	
L10	Monitor	v	266	100	38	NO	SI	
L11	Teclado	h	750	50	7	SI	SI	
L12	Monitor	v	424	160	38	NO	SI	
L13	Teclado	h	740	65	9	SI	SI	
L14	Monitor	v	350	150	43	NO	SI	
L15	Teclado	h	530	45	8	SI	SI	
L16	Monitor	v	310	132	43	NO	SI	
L17	columna/pared	v	278	100	36	NO	SI	
L18	Teclado	h	675	51	8	SI	SI	
L19	Monitor	v	492	80	16	NO	SI	
L20	Teclado	h	793	60	8	SI	SI	
L21	Monitor	v	500	100	20	NO	SI	
L22	Teclado	h	862	57	7	SI	SI	
L23	Monitor	v	427	120	28	NO	SI	
L24	Teclado	h	274	124	45	NO	SI	
L25	Monitor	v	463	53	11	NO	SI	
L26	Teclado	h	150	18	12	NO	SI	3 lámparas no funcionan
L27	Monitor	v	88	154	175	NO	NO	
L28	Teclado	h	563	51	9	SI	SI	
L29	Monitor	v	350	265	76	NO	NO	
L30	Teclado	h	784	74	9	SI	SI	
L31	Monitor	v	480	210	44	NO	SI	
L32	Teclado	h	794	72	9	SI	SI	
L33	Monitor	v	565	190	34	SI	SI	

Tabla 9. Laboratorio de Informática. Tarea visual: Sala de cómputo, distinción clara de detalles-proceso de información. Mínimo 500 lux.

Día 3. Hora inicio: 17:30. Hora fin: 18:10								
#	Detalle	Plano	E ₂	E ₁	K _f	Cumple E ₂	Cumple K _F	Observaciones
I1	Teclado	h	195	17	9	NO	SI	
I2	Monitor	v	172	34	20	NO	SI	2 lámparas no funcionan
I3	Teclado	h	142	18	13	NO	SI	2 lámparas no funcionan
I4	Monitor	v	128	123	96	NO	NO	
I5	Teclado	h	400	31	8	NO	SI	
I6	Monitor	v	220	50	23	NO	SI	
I7	Teclado	h	350	300	86	NO	NO	
I8	Monitor	v	230	120	52	NO	NO	
I9	Teclado	h	502	44	9	SI	SI	
I10	Monitor	v	306	106	35	NO	SI	
I11	Teclado	h	760	55	7	SI	SI	
I12	Monitor	v	317	106	33	NO	SI	
I13	Teclado	h	805	52	6	SI	SI	
I14	Monitor	v	400	116	29	NO	SI	
I15	Teclado	h	760	70	9	SI	SI	
I16	Monitor	v	432	140	32	NO	SI	
I17	Pizarrón	v	220	165	75	NO	NO	
I18	Teclado	h	402	26	6	NO	SI	
I19	Monitor	v	205	118	58	NO	NO	
I20	Teclado	h	646	46	7	SI	SI	
I21	Monitor	v	292	115	39	NO	SI	
I22	Teclado	h	673	46	7	SI	SI	
I23	Monitor	v	445	130	29	NO	SI	
I24	de pie	h	732	210	29	SI	SI	
I25	Teclado	h	486	44	9	NO	SI	
I26	Monitor	v	395	130	33	NO	SI	
I27	Teclado	h	463	31	7	NO	SI	
I28	Monitor	v	422	112	27	NO	SI	
I29	escritorio	h	715	172	24	SI	SI	

Los alumnos realizan sus prácticas de laboratorio en un edificio diferente al de clase. El taller 1 cuenta con los laboratorios de Tecnología del Agua y Química Analítica.

Estos laboratorios tienen luminarias diferentes a las que se ubican en el edificio D3, son de lámparas tipo fluorescente de 28W. Las paredes son de concreto sin acabado, pintadas en tono satinado color gris claro. Ambos laboratorios cuentan con equipos de aire acondicionado. Las tablas 10 y 11 presentan las lecturas recabadas.

Tabla 10. Laboratorio Tecnología del Agua. Tarea visual: Laboratorio, distinción clara de detalles-equipos de laboratorio. Mínimo 500 lux.

Día 3. Hora inicio: 15:03. Hora fin: 16:00							
#	Detalle	Plano	E ₂	E ₁	K _f	Cumple E ₂	Cumple K _F
A1	refrigerador	v	220	187	85	NO	NO
A2	Ósmosis	h	220	100	45	NO	SI
A3	t. aeróbico	h	336	120	36	NO	SI
A4	Estante	v	180	50	28	NO	SI
A5	mesa	h	398	28	7	NO	SI
A6	mesa c/papel	h	398	194	49	NO	SI
A7	Mesa	h	660	49	7	SI	SI
A8	mesa c/papel	h	660	320	48	SI	SI
A9	t. fís-químico	v	320	180	56	NO	NO
A10	t. fís-químico	h	526	100	19	SI	SI
A11	Mesa	h	368	26	7	NO	SI
A12	mesa c/papel	h	368	170	46	NO	SI
A13	de pie	h	412	80	19	NO	SI
A14	Escritorio	h	500	225	45	NO	SI
A15	Tarja	h	153	13	8	NO	SI

Tabla 11. Laboratorio Química Analítica. Tarea visual: Laboratorio, distinción clara de detalles-equipos de laboratorio. Mínimo 500 lux.

Día 3. Hora inicio: 16:16. Hora fin: 16:45							
#	Detalle	Plano	E ₂	E ₁	K _f	Cumple E ₂	Cumple K _F
Q1	Mesa	h	186	24	13	NO	SI
Q2	mesa c/papel	h	186	80	43	NO	SI
Q3	Mesa	h	164	13	8	NO	SI
Q4	mesa c/papel	h	164	81	49	NO	SI
Q5	Mesa	h	406	42	10	NO	SI
Q6	mesa c/papel	h	406	240	59	NO	NO
Q7	Mesa	h	613	38	6	SI	SI
Q8	mesa c/papel	h	613	310	51	SI	NO
Q9	Mesa	h	435	34	8	NO	SI
Q10	mesa c/papel	h	435	235	54	NO	NO
Q11	de pie	h	538	87	16	SI	SI
Q12	Microscopios	h	378	50	13	NO	SI
13	mesa micros	h	288	136	47	NO	SI
14	Tarja	h	280	23	8	NO	SI
15	Incubadora	v	187	56	30	NO	SI
16	Mufla	v	160	42	26	NO	SI
17	Balanza	h	142	36	25	NO	SI
18	mesa balanza c/papel	h	171	88	51	NO	NO

Nota. Los resultados de las mediciones en las áreas de pasillo recepción y biblioteca no se muestran en este documento debido a que todos los puntos de lectura mostraron cumplimiento. En el caso de los sanitarios, cada uno presentó una lectura con incumplimiento, debido a la ausencia de luminaria en un plano de trabajo.

Tabla 12. Sala de maestros. Tarea visual: Oficina, distinción moderada de detalles-proceso de información. Mínimo 300 lux.

Día 4. Hora inicio: 17:17. Hora fin: 18:20								
#	Detalle	Plano	E ₂	E ₁	K _f	Cumple E ₂	Cumple K _F	Observaciones
M1	Teclado	h	574	137	24	SI	SI	
M2	Monitor	v	390	150	38	SI	SI	
M3	Teclado	h	505	115	23	SI	SI	
M4	Monitor	v	565	140	25	SI	SI	
M5	Teclado	h	276	23	8	NO	SI	2 lámparas no funcionan
M6	Monitor	v	233	60	26	NO	SI	
M7	escritorio c/papel	h	345	164	48	SI	SI	
M8	de pie	h	518	97	19	SI	SI	
M9	de pie	h	350	94	27	SI	SI	1 lámpara no funciona
M10	Mesa	h	352	72	20	SI	SI	1 lámpara no funciona
M11	de pie	h	580	120	21	SI	SI	
M12	de pie	h	620	124	20	SI	SI	
M13	Sillón	h	287	124	43	NO	SI	2 lámparas no funcionan
M14	escritorio c/papel	h	403	147	36	SI	SI	
M15	Teclado	h	404	91	23	SI	SI	
M16	Monitor	v	304	85	28	SI	SI	
M17	escritorio c/papel	h	258	130	50	NO	NO	
M18	Copiadora	o	212	62	29	NO	SI	
M19	Teclado	h	400	81	20	SI	SI	
M20	Monitor	v	470	94	20	SI	SI	
M21	escritorio c/papel	h	327	55	17	SI	SI	
M22	Mesa	h	544	109	20	SI	SI	
M23	Mesa	h	971	157	16	SI	SI	
M24	de pie	h	500	116	23	SI	SI	
M25	Pared	v	324	195	60	SI	SI	
M26	Mesa	h	972	174	18	SI	SI	
M27	Mesa	h	1027	173	17	SI	SI	
M28	de pie	h	557	75	13	SI	SI	
M29	Pared	v	365	245	67	SI	NO	
M30	escritorio s/papel	h	585	126	22	SI	SI	
M31	escritorio c/papel	h	585	257	44	SI	SI	

Discusión

Los resultados correspondientes a las lecturas tomadas en laboratorios, son las que muestran un mayor número de puntos por debajo del mínimo recomendado que son 500 lux.

Tabla 13. Comparativo de lecturas en los laboratorios de computación y ciencias.

Área	# total de lecturas	% no cumple	Promedio	Valor máx.	Valor min
Laboratorio de idiomas	33	60	486	920	88
Laboratorio de informática	29	72	421	805	128
Laboratorio de tecnología del agua	15	80	381	660	153
Laboratorio de química analítica	18	89	348	613	142

Para los espacios en laboratorios de ciencias, el estándar americano ANSI/IES RP-3-13 recomienda “colocar la iluminación fluorescente continuamente a lo largo de los bancos o mesas justo por encima de la altura de la cabeza” .Las condiciones actuales de los laboratorios de química y aguas contrastan notablemente con lo anterior, al ubicarse las luminarias con lámparas de 28W a un altura de 2.35m. Los laboratorios de cómputo cuentan con lámparas de 32w a una distancia menor con respecto al plano de trabajo, sin embargo, presentan mediciones mayores al 50% por debajo de los 500 lux necesarios, por lo que se requiere, además de cambiar las lámparas descompuestas, realizar los ajustes para mejorar las condiciones.

En el caso de oficinas se detectaron puestos específicos de trabajo que requieren ajustes para lograr el cumplimiento. En sala de maestros, los puntos M5, M6 Y M13 están contiguos a luminarias que tienen solo 1 de sus 3 lámparas funcionando; el puesto de

trabajo ubicado en los puntos M17 Y M18, se encuentra alejado de luminarias y separado por mamparas. El punto M29 corresponde a la pared en sala de juntas donde se proyectan presentaciones, aunque bajo la norma está por encima del 50% en su factor de reflexión, está dentro del 70% considerado para pizarrones en el estándar americano (ANSI, 2013).

En las oficinas de PTC's el punto PT10 se encuentra por debajo de los 300 lux, la luminaria más cercana a este punto requiere limpieza. El incumpliendo en el factor de reflexión del punto PT9, corresponde a un monitor, una medida a considerar puede ser reubicar la orientación del mismo.

En el área de dirección solo hay incumplimiento en el factor de reflexión del monitor del punto D4. Se observó que el puesto de trabajo se ubica frente a ventana. El área ya cuenta con persiana. Se puede considerar reubicar la ubicación del equipo de cómputo.

En el puesto de trabajo marcado por los puntos T6 y T7, requieren una adecuación para que obtengan un mayor grado de iluminación.

En el caso del aula de Tecnología Ambiental (TA), el punto que no cumple es el del pizarrón (lo mismo en los pizarrones de los laboratorios de cómputo) en el factor de reflexión. El problema con los pizarrones blancos tiene que ver más con su acabado brillante, que con su alto factor de reflexión (70%) (ANSI, 2013), las mediciones obtenidas en tres pizarrones van desde 58 a 78% en su factor de reflexión, por lo cual se deberán buscar soluciones, que pueden incluir el reemplazo por pizarrones anti brillos o antirreflejo o la adaptación de las luminarias, ya que el uso de la mayor parte de las clases es con manejo de proyector.

Los sanitarios requieren la instalación de lámparas en el punto de trabajo donde, en el caso de las damas, se guardan los materiales de limpieza, y en el caso del sanitario de hombres, se tiene acceso a una escalera para subir al techo.

En el pasillo se detectó el punto P5, ubicado entre dos luminarias contiguas, en éstas, ninguna de las lámparas funcionaba. Es interesante que los niveles de iluminación del

pasillo estén muy por encima de los 100 lux que marca la norma, con una lectura promedio de 439 lux. Es por lo anterior, que se hizo una medición aprovechando la configuración de los dos apagadores, que controlan cada uno la mitad de las luminarias, con solo la mitad de las luminarias encendidas obteniendo:

Tabla 14. Pasillo planta alta con un apagador funcionando. Tarea visual: Pasillo- en interiores-áreas de circulación. Mínimo 100 lux.

Día 1. Hora inicio: 17:40. Hora fin: 17:50								
#	Detalle	Plano	E ₂	E ₁	K _f	Cumple E ₂	Cumple K _F	Observaciones
P1	de pie	H	525	113	22	SI	SI	6 lámparas encendidas
P2	de pie	H	915	178	19	SI	SI	6 lámparas encendidas
P3	de pie	H	110	74	67	SI	NO	4 lámparas no funcionan
P4	de pie	H	242	72	30	SI	SI	2 lámparas no funcionan, 2 encendidas
P5	de pie	H	55	34	62	NO	NO	4 lámparas no funcionan
P6	de pie	H	56	39	70	NO	NO	2 lámparas no funcionan, ninguna encendida
P7	de pie	H	252	50	20	SI	SI	2 lámparas encendidas
P8	de pie	H	166	43	26	SI	SI	1 lámparas no funciona, 1 lámpara encendida
P9	de pie	H	100	57	57	NO	NO	2 lámparas no funcionan, ninguna encendida

Al comparar los resultados se puede concluir que una medida de ahorro sería utilizar solo la mitad de las lámparas, al menos en turno con incidencia de luz solar, siempre y cuando sean reemplazadas las lámparas descompuestas, para poder estar en cumplimiento.

Se realizó una prueba en sala de maestros, en puesto de trabajo marcado con los puntos M1 al M4, M30 y 31, y M29. Se utilizaron 3 lámparas LED de la marca Philips modelo instantfit 14.5t8-434605, equivalentes a las de 32w. Dentro de las características del fabricante se asegura que el modelo utilizado provee el equivalente en iluminancia a lo que una lámpara fluorescente T8 de 32W, 2800 lúmenes, 4000 K; con un ahorro de hasta el 55% en costos de energía.


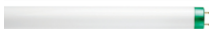


Tabla 15. Comparación de lecturas LED y fluorescente, en un puesto de trabajo en el área de sala de maestros. Mínimo 300 lux.

Día 5. Hora inicio LED: 10:06. Hora fin: 10:12. Hora inicio fl: 10:50. Hora fin fl :11:00												
			LED					FLUORESCENTE				
#	Detalle	Plano	E ₂	E ₁	K _f	Cumple E ₂	Cumple K _F	E ₂	E ₁	K _f	Cumple E ₂	Cumple K _F
M30	escritorio s/papel	h	744	185	25	SI	SI	770	160	21	SI	SI
M31	escritorio c/papel	h	744	370	50	SI	SI	770	340	44	SI	SI
M1	Teclado	h	570	30	5	SI	SI	586	30	5	SI	SI
M2	Monitor	v	460	90	20	SI	SI	640	90	14	SI	SI
M28	Pared	v	380	258	68	SI	NO	340	254	75	SI	NO
ME1	escritorio s/papel	h	556	115	21	SI	SI	626	120	19	SI	SI
ME2	escritorio c/papel	h	556	230	41	SI	SI	626	255	41	SI	SI

Como se muestra en la tabla, los valores de mediciones entre un tipo y otro fueron muy cercanos. No se presentó problema alguno para su instalación y funcionamiento; esto hace posible reemplazar solamente las lámparas y no la luminaria completa para beneficiarse de la tecnología LED que, a diferencia de las lámparas fluorescentes, no contienen mercurio, no emiten ondas nocivas a la salud a corta distancia y pueden ser recicladas (Anónimo, 2017).

A continuación se ofrece un cuadro comparativo con las características de las lámparas aludidas en este estudio:

Tabla 16. Cuadro comparativo de las características y cantidad de las lámparas presentes en las áreas evaluadas.

Modelo				
	FB32T8/TL841/6 ALTO 20PK	F32T8/TL841/ALTO 30PK	LED Instantfit 14.5t8-434605	F28T5/865
Marca	Phillips	Phillips	Phillips	Construlita
Tipo	Lámpara fluorescente	Lámpara fluorescente	LED	Lámpara fluorescente
Tiempo de vida (hrs.)	20000	24000-30000	40000-50000	20000
Potencia	32 W	32 W	14.5 (equivalente a 32 W)	28 W
Lúmenes	2800	2850	1600	2540
Color-Temperatura (K)	4100	4100	4000	6500
Cantidad de Hg (mg)	3	1.7	0	3.5 (marca satco)
IRC	85	85	83	85
Precio (pesos)	\$149.00	\$75.00	\$349.00	\$149.00
Total instalado	38	219	0	24
Total funcionando	17	192	0	24

Fuentes: Precios: www.homedepot.com.mx.

Imágenes y datos: www.usa.lighting.philips.com, www.satco.com

En base a esta información, se utilizó la herramienta “payback calculator” del fabricante Philips, para simular el reemplazo de las 75 lámparas fluorescentes de 32w, considerando 1 dólar como equivalente a 20 pesos mexicanos. Se obtuvo lo que muestra la figura 5:

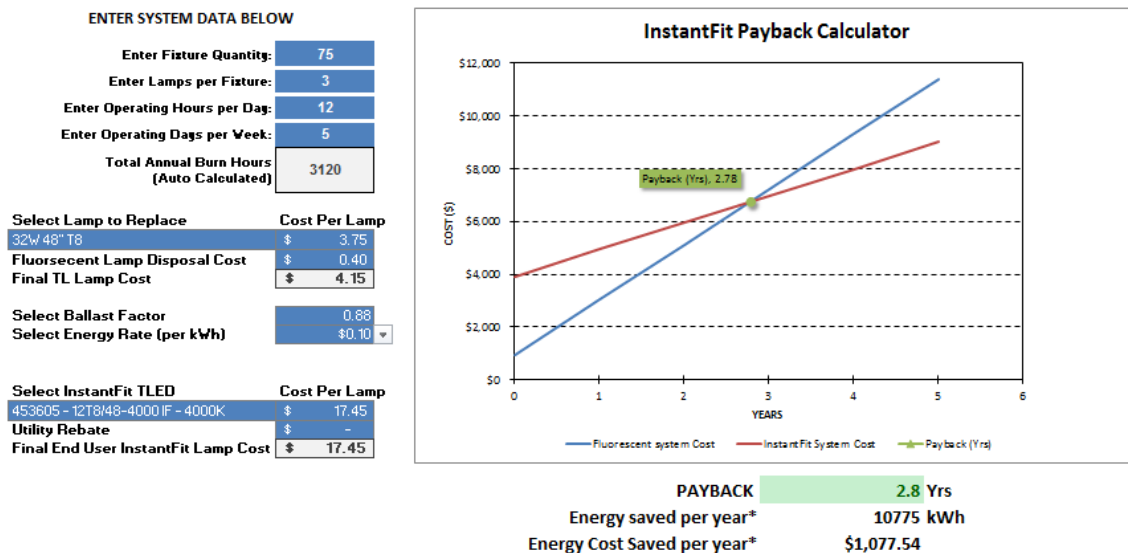


Figura 5. Simulación de ahorro por reemplazo de lámparas a tecnología LED.

Fuente: <http://www.usa.lighting.philips.com/products/product-highlights/instantfit>

La herramienta estima recuperar la inversión de la compra de estas lámparas en 2.8 años, al ahorrar el equivalente a 10,775 kWh por la disminución de consumo eléctrico. Otro enfoque relevante para esta inversión, es el relacionado con la disminución del impacto ambiental (Serrano Tierz, Martínez Iturbide, Guarddon Muñoz, & Santolaya Sáenz, 2015, pág. 232). Utilizando la calculadora de la página de la Environmental Protection Agency (EPA) para estimar equivalencias de gases de efecto invernadero, se obtuvo el dato de que estos 10,775kWh ahorrados serían equivalentes a prevenir la emisión de 7,572 kg de CO₂.

Otra forma de disminuir el consumo consiste en considerar controles para el turno vespertino por parte de los prefectos y el profesorado para asegurarse de que se utilice la iluminación solo cuando sea necesaria. Por poner un ejemplo, los salones que se desocupen, no deben dejarse con las luces encendidas. Lo anterior debido a que el costo por kilowatt-hora es más caro, de las 20:00-22:00 en el horario de verano y de 18:00 a 22:00 en horario de invierno (Comisión Federal de Electricidad, 2017) de lunes a viernes.

El punto 5.8 de la norma 025, requiere que los ocupantes de las instalaciones tengan conocimiento de los riesgos asociados al deslumbramiento o a niveles deficientes de iluminación. Esto puede llevarse a cumplimiento mediante carteles alusivos, pláticas, panfletos informativos por ejemplo (Secretaría del Trabajo y Previsión Social, 2017)

Al revisar el punto 5.11 se constató que no se cuenta con sistemas de iluminación de emergencia, al menos para las áreas que se consideran como ruta de evacuación.

El punto 5.10, requiere que exista un programa de mantenimiento a las luminarias. Se cuenta con registro del mantenimiento correctivo, sin embargo, es deseable aplicar las siguientes del apartado 11 de la norma, a saber, la limpieza, ventilación, reemplazo, adecuaciones para evitar riesgos a la salud y elementos de pre encendido y calentamiento.

Además, este programa debería tomar en cuenta la fecha de instalación de las lámparas, su ubicación, minimizar el número de modelos diferentes, contar con elementos en existencia para reemplazo, sustituir las luminarias dañadas u obsoletas por nuevas tecnologías, programar pintura a las superficies y las formas sustentables de desecho de las lámparas (ANSI, 2013); ya que, las lámparas fluorescentes son residuos peligrosos y deben ser dispuestas conforme al plan de manejo que desarrolle la institución en base al artículo 31 fracción VI de la LGPGIR.

Conclusiones

Dentro de la preocupación de la sustentabilidad, es importante la procuración de ambientes que aporten al mejor desempeño de nuestros alumnos. Contar con condiciones de iluminación aprobadas impactará positivamente en el procesamiento de la información y al estado de ánimo de trabajo de los estudiantes (Martínez Fuentes, Pérez Olguin, & Tovar Vázquez, 2016).

Lo analizado en el presente muestra que hay áreas con incumplimientos que requieren la aplicación de medidas de corrección y control; particularmente en los laboratorio con equipos de cómputo y los de ciencias. De acuerdo a lo mencionado en el apartado 10.3 de NOM-025- STPS-2008, lo conducente sería elaborar un programa de medidas a desarrollar para atacar las deficiencias detectadas y, una vez que hayan sido corregidas, realizar una nueva evaluación. Es pertinente señalar, que se estima que los laboratorios de ciencias tuvieron una renovación de luminarias hace aproximadamente año y medio. Haber contado con un análisis similar al presente, habría aportado, al involucrar el aspecto de cumplimiento en la inversión. Este estudio comprendió solamente las instalaciones de una carrera, pero debe hacerse extensivo a las demás áreas de la institución educativa.

Para ser sustentables en materia ambiental, deben establecerse y medirse indicadores sobre los impactos ambientales que genere la universidad; y el consumo energético, es un aspecto significativo, más aún en el contexto de los acuerdos de París en los que México se compromete a reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero en 22% para el año 2030 (Arenapublica.com, 2017).

Bibliografía

- Anónimo. (6 de junio de 2017). La tecnología LED brilla por sí misma. *El Norte (suplemento comercial)*, pág. 6.
- ANSI. (2013). American National Standard Practice on Lightning for Educational Facilities ANSI/IES RP-3-13. Nueva York, Estados Unidos: Illuminating Engineering Society of North America.
- Arenapublica.com. (8 de junio de 2017). *Arenapublica.com*. Obtenido de <http://arenapublica.com/articulo/2017/06/08/5943/mexico-en-el-acuerdo-de-paris-contaminacion-de-carros-calidad-ambiental>
- Comisión Federal de Electricidad. (junio de 2017). *www.cfe.gob.mx*. Obtenido de http://app.cfe.gob.mx/aplicaciones/ccfe/tarifas/tarifas/tarifas_negocio.asp?Tarifa=HM&Anio=2017&mes=6
- Environmental Protection Agency. (s.f.). *Greenhouse Gas Equivalencies Calculator*. Obtenido de <https://www.epa.gov/energy/greenhouse-gas-equivalencies-calculator>
- Extech Instruments Corporation. (2010). Manual de Usuario Medidor Digital de Luz EasyView. Massachusetts, Estados Unidos.
- Harvey, D. (2010). *Energy Efficiency and the Demand for Energy Services*. Londres: Earthscan.
- Home Depot México*. (s.f.). Obtenido de www.homedepot.com.mx
- Labour Department Government of Hong Kong. (Diciembre de 2008). Obtenido de *Lighting Assessment in the workplace*: <http://www.labour.gov.hk/eng/public/oh/Lighting.pdf>
- Martínez Fuentes, L., Pérez Olguin, I. J., & Tovar Vázquez, É. (2016). Estudio de la calidad de iluminación en edificios de la universidad tecnológica de ciudad Juárez. *Theorema*, 38-46.

Philips. (s.f.). <http://www.usa.lighting.philips.com/products/product-highlights/instantfit>.

Obtenido de http://images.philips.com/is/content/PhilipsConsumer/PDFDownloads/United%20States/ODLI20160302_003_UPD_en_US_LED-Lamps-InstantFit-PB-Calculator-v4.0.zip

Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. (8 de octubre de 2003). *Ley General para la prevención y Gestión Integral de los Residuos*. Obtenido de www.diputados.gob.mx:

http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lpggir/LGPGIR_orig_08oct03.pdf

Secretaría del Trabajo y Previsión Social. (s.f.). *Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo*. México.

Secretaría del Trabajo y Previsión Social. (2017). *Protocolo de Inspección en Materia de Seguridad e Higiene para Tiendas de Autoservicio*. Obtenido de <http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/220893/ProtocoloANTAD.pdf>

Serrano Tierz, A., Martínez Iturbide, A., Guarddon Muñoz, O., & Santolaya Sáenz, J. (2015). Análisis del ahorro energético en iluminación LED industrial: Un estudio de caso. *Dyna*, 82(191), 231-239.

Tonello, G., & Valladares, N. (2015). Conciencia ambiental y conducta sustentable relacionada con el uso de energía para iluminación. *Gestión y Ambiente*, 45-58.

Zumtobel Lighting GmbH . (Octubre de 2013). *The Lightning Handbook*. Obtenido de www.zumtobel.com/PDB/teaser/ES/Lichthandbuch.pdf