

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

“Determinación del nivel de iluminación para una propuesta de rediseño de un laboratorio de alimentos de una universidad privada de Lima”

Por:

Walter Samuel Alva Rosnay

Sheyla Carolina Vargas Solano

Asesor:

Dr. Noé Benjamín Pampa Quispe

Lima, Diciembre 2019

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORIA DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Dr. Noé Benjamín Pampa Quispe de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado “DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE ILUMINACIÓN PARA UNA PROPUESTA DE REDISEÑO DE UN LABORATORIO DE ALIMENTOS DE UNA UNIVERSIDAD PRIVADA DE LIMA” constituye la memoria que presentan los estudiantes Walter Samuel Alva Rosnay y Sheyla Carolina Vargas Solano para aspirar al Grado Académico de Bachiller en Ingeniería Ambiental cuyo trabajo de investigación ha sido realizado en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en Lima, a los 2 de Diciembre del año 2019.

Dr. Noé Benjamín Pampa Quispe

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

En Lima, Ñaña, Villa Unión, a 2 día(s) del mes de diciembre del año 2019 siendo las 11:10 horas,

se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Lima, bajo la dirección del (de la)

presidente(a): PhD. Leonor Segunda Bustuzza Cabala, el (la)

secretario(a): Mg. Iliana del Carmen Gutierrez Rodriguez y los demás miembros:

Ing. Samuel Tito De la Cruz Napan, Mg. Ronald Hugo Rosales Meza

y el (la) asesor(a) Dr. Noe Benjamin Pampa Quispe

con el propósito de administrar el acto académico de sustentación del trabajo de

investigación titulado: Determinación del nivel de iluminación para una propuesta de rediseño de un laboratorio de alimentos de una universidad privada de Lima.

de los (las) egresados (as): a) Walter Samuel Alva Rosnay

b) Sheyla Carolina Vargas Solano

conducente a la obtención del grado académico de Bachiller en

Ingeniería Ambiental
(Denominación del Grado Académico de Bachiller)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando a los candidato (a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por los candidato (a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato/a (a): Walter Samuel Alva Rosnay

| CALIFICACIÓN | ESCALAS | | | Mérito |
|-----------------|-----------|----------|--------------|------------------|
| | Vigesimal | Literal | Cualitativa | |
| <u>Aprobado</u> | <u>16</u> | <u>B</u> | <u>Bueno</u> | <u>Muy Bueno</u> |

Candidato/a (b): Sheyla Carolina Vargas Solano

| CALIFICACIÓN | ESCALAS | | | Mérito |
|-----------------|-----------|----------|--------------|------------------|
| | Vigesimal | Literal | Cualitativa | |
| <u>Aprobado</u> | <u>16</u> | <u>B</u> | <u>Bueno</u> | <u>Muy Bueno</u> |

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó a los candidato (a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

[Firma]
Presidente/a

[Firma]
Asesor/a

[Firma]
Candidato/a (a)

[Firma]
Miembro

[Firma]
Secretario/a

[Firma]
Miembro

[Firma]
Candidato/a (b)



Determinación del nivel de iluminación para una propuesta de rediseño de un laboratorio de alimentos de una universidad privada de Lima

DETERMINATION OF THE LEVEL OF LIGHTING FOR A PROPOSAL TO REDESIGN A FOOD LABORATORY OF A PRIVATE UNIVERSITY OF LIMA

WALTER ALVA ROSNAY, SHEYLA VARGAS SOLANO

Recibido: 28 setiembre de 2019

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental - Universidad Peruana Unión

Resumen

El presente trabajo tuvo como objetivo determinar el nivel de iluminación del “Centro de Investigación en Tecnología de Alimentos” (CITAL) de una universidad privada de Lima, para posteriormente proponer un rediseño adecuado. Se usó el luxómetro como equipo principal para medir los niveles de iluminación (lux); el “Método de la Cuadrícula (AHRA)”, como guía para realizar las mediciones; y el “Método de Lúmenes”, para plantear el rediseño del sistema de iluminación. Se determinaron seis puntos de muestreo (Central, Hornos, Laboratorio, Oficina, Lavadero y Pasillo) y se evaluó en 3 condiciones diferentes: a) día con luz artificial, b) día sin luz artificial y c) noche con luz artificial. Como resultado se determinó que: el área Central no cumple con la iluminancia adecuada (500lux) en ninguna de las condiciones (a=308lux, b=138lux y c=182lux); el área Hornos (500lux), tampoco cumple en ningún caso (a=109lux, b=35lux y c=91lux); igualmente el área Laboratorio (500lux) incumple en todos los casos (a=168lux, b=9lux y c=164lux); el área Oficina (300lux) sobrepasa los niveles de iluminancia en las mediciones con luz artificial (a=604lux y c=588lux); el área Lavaderos (300lux) incumple en todos los casos (a=130lux, b=28lux y c=133lux); y finalmente el área Pasillo también sobrepasa en los casos con luz artificial (a=130lux y c=126lux). Una vez determinados el déficit de iluminancia, se elaboró la propuesta de rediseño del sistema de iluminación el cual fue entregado al encargado del laboratorio para su implementación. En conclusión, al determinar que el nivel de iluminación no era el adecuado, se propuso un rediseño del sistema de luminarias, el cual proporcionará confort y salud a los usuarios de CITAL.

Palabras clave: Nivel de Iluminación, Rediseño, Laboratorio, Luxometría

Abstract

The purpose of this work was to determine the level of lighting of the "Food Technology Research Center" (CITAL) of a private university in Lima, to subsequently propose an adequate redesign. The lux meter was used as the main equipment to measure the lighting levels (lux); the "Grid Method (AHRA)", as a guide for the measurements; and the "Lumens Method", to propose the redesign of the lighting system. Six sampling points (Central, Furnaces, Laboratory, Office, Laundry and Hall) were determined and evaluated in 3 different conditions: a) day with artificial light, b) day without artificial light and c) night with artificial light. As a result, it was determined that: the Central area does not comply with adequate illuminance (500lux) under any of the conditions (a = 308lux, b = 138lux and c = 182lux); the Furnaces area (500lux) does not meet in any case (a = 109lux, b = 35lux and c = 91lux); Likewise, the Laboratory area (500lux) fails to comply in all cases (a = 168lux, b = 9lux and c = 164lux); the Office area (300lux) exceeds the levels of illuminance in measurements with artificial light (a = 604lux and c = 588lux); the Laundry area (300lux) fails in all cases (a = 130lux, b = 28lux and c = 133lux); and finally the Hall area also exceeds in cases with artificial light (a = 130lux and c = 126lux). Once the illuminance deficit was determined, the proposal for the redesign of the lighting system was prepared and delivered to the laboratory manager for its implementation. In conclusion, when determining that the level of lighting was not adequate, a redesign of the luminaire system was proposed, which will provide comfort and health to CITAL users.

Keywords: Illumination Level, Redesign, Laboratory, Luxometry

INTRODUCCIÓN

Los laboratorios de industrias alimentarias son necesarios para el crecimiento económico y desarrollo de una población, siendo uno de los motivos principales el impulso de crecimiento de los productores primarios (pequeños y medianos agricultores), a la economía mundial; ya que los laboratorios e industrias de alimentos en general investigan y buscan formas diferentes de darle un valor agregado a los productos agrícolas (Boix, 2008).

Según Boyce (2014) y Van Bommel (2002), la importancia de una buena iluminación tiene origen en que la información sensorial que recibe el hombre en los ambientes de trabajo como el de laboratorio es un 50% a 80% de tipo visual, lo que se traduce en que si tenemos un incorrecto nivel de iluminación, afectará directamente el nivel de productividad y la calidad de los productos.

Actualmente en el Perú, los sistemas de iluminación promedio se hacen de acuerdo a la estética o ajustándose al presupuesto. Esto sumado a la poca exigencia de las normativas peruanas, conllevan a que pocos laboratorios de alimentos cuenten con un adecuado sistema de iluminación (Herrera, 2007).

Dadas la importancia que ha ganado la higiene y salud ocupacional, en la actualidad existen diversos métodos para optimizar los niveles de iluminación y adecuarlos según la actividad realizada, que por lo general inician con una evaluación de la situación actual, seguida por un rediseño del sistema de iluminación acorde a las normativas del país o por criterios específicos (Garrido & Trujillo, 2015). En Perú solo rige la vigente “Norma Básica de Ergonomía”, la cual solo nos indica cuales son los niveles de iluminación mínimos según actividades, pero nos da libertad para elegir diversos métodos para lograr su cumplimiento, dado que en nuestro país no hay mucha investigación en el ámbito de Higiene y Salud Ocupacional (Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo, 2008). Es diferente en nuestros países vecinos como Argentina, que a raíz de la importancia que le da a este ámbito ha creado sus propias metodologías (Riva, 2006).

Se realizó un diagnóstico de las condiciones actuales en las que se encuentra el Centro de Investigación en Tecnología de Alimentos (CITAL), empezando por conocer cuál es el diseño actual de iluminación a través de bibliografía y entrevistas a personas que trabajaron en el lugar.

La escuela de Ingeniería en Industrias Alimentarias fue la primera de las ingenierías de la Universidad Unión, creada en el año 1983, y cambió su nombre a Ingeniería de Alimentos en el año 2003, fue por estas fechas que se diseñó y construyó CITAL. Para esas fechas aún no existían normativas peruanas que velen por la salud e higiene de los trabajadores (Chambi, 2016). La mencionada “Norma Básica de Ergonomía” entró en vigencia desde el año 2008, mucho después de la creación de CITAL, por lo que es necesario saber cuál si la iluminación del laboratorio es adecuada o no, para poder luego elaborar una correcta propuesta de rediseño.

Como complemento se realizó una encuesta a los usuarios de CITAL, para conocer su percepción de las condiciones iniciales de la iluminación, y el grado de aceptación de un posible rediseño en CITAL (ver anexo 2), los cuales nos muestran que no tienen conocimientos acerca de la importancia de una correcta iluminación y que sí estarían de acuerdo con un rediseño. A raíz de toda la problemática descrita anteriormente se formula la siguiente pregunta: ¿Es necesario medir los niveles de iluminación para mejorar el diseño actual con el fin de mejorar la salud y confort de los usuarios del Centro de Investigación en Tecnología de Alimentos?

Por lo tanto el objetivo de esta investigación fue comprobar si el nivel de iluminación (Lux) en las diferentes áreas del Centro de Investigación en Tecnología de Alimentos (CITAL) de una Universidad Privada de Lima se encontraba conforme a la normativa vigente: R.M N°375-2008-TR “Norma básica de ergonomía” para posteriormente plantear una propuesta de rediseño del sistema de iluminación.

MATERIALES Y MÉTODOS

LUGAR DE ESTUDIO

El Laboratorio de Centro de Investigación en Tecnologías de Alimentos, queda ubicado en la Universidad Peruana Unión, distrito de Lurigancho-Chosica, Lima. De longitud 299430.18 m E y latitud 8673638.39 m S. (Figura 1)



Figura 1. Mapa de ubicación del laboratorio CITAL. Fuente: Google Earth Pro.

METODOLOGIA

Materiales

- Luxómetro
- Computadora (AUTOCAD, Excel)
- Block de apuntes, lapicero, guardapolvo, plano de CITAL
- Huincha

Determinación del método para la medición del nivel de iluminación

Al no ser específica la normativa peruana, nos basamos en el Protocolo para la Medición de la Iluminación en el Ambiente Laboral, aprobado en la Resolución 84/2012 SRT de la República Argentina, incluyendo la variante de AHRA, la cual nos detalla una metodología práctica y eficiente, para poder establecer los puntos de medición de iluminación.

Determinación del nivel de iluminación

- Obtención de los puntos de muestreo

Los puntos de muestreo se determinaron en relación a las actividades realizadas y a la altura de luminarias, obteniendo 6 áreas (área central, área de laboratorio, área de lavadero, área de hornos, área de oficina y área de pasillo). El día programado para la medición fue el día 10 de septiembre en el horario diurno (8:00am) y nocturno (6:00pm), cabe resaltar que en el horario diurno se consideró la medición con luz prendida y apagada. Este criterio se tomó en base al no haber modificación en las luminarias ni en el ambiente de trabajo

Se procedió a tomar las medidas y datos necesarios de cada área para los posteriores cálculos. (Tabla 1)

Tabla 1 Medidas de las áreas

| Medidas | A. Central | A. Laboratorio | | Lavadero | Hornos | Pasillo | Oficina |
|-------------------|------------|------------------|------------------|----------|--------|---------|---------|
| | | Lab _A | Lab _B | | | | |
| Largo | 13.8m | 4.8 | 4.8 | 3 | 10.8 | 4.8m | 4m |
| Ancho | 6.23m | 2.1 | 2.1 | 2.4 | 5.4 | 2.3m | 2.3m |
| Altura de Montaje | 2.8m | 2.62 | 2.85 | 2.7 | 2.9 | 2.8m | 2.8m |

En esta tabla, se considera a "Laboratorio" como el nombre de un sub-área, independientemente de CITAL, que técnicamente es un laboratorio y objeto general de estudio.

- Índice del local (K)

El índice del local (K) se determinó utilizando la siguiente fórmula. Para ello se requirieron los datos previos de largo, ancho, y altura de montaje de cada área. (Ver tabla 1)

$$k = \frac{L * A}{H * (L + A)}$$

Siendo:

k= Índice del local

H= Altura de montaje

L= Largo

A=Ancho

Los resultados obtenidos en el Área central, laboratorio, lavadero, horno, pasillo y oficina fueron 1.5, 0.5, 0.5, 0.4, 1.2, 0.5 y 0.5 respectivamente

- Obtención de (X) y número mínimo de puntos de medición (N)

Una vez determinado el índice del local "K" se procedió a determinar "X", cual viene a ser el índice "K" truncado al entero. Luego se procedió a operar la fórmula de número mínimo de puntos de medición "N". (Tabla 2)

$$N = (X + 2)^2$$

Siendo:

N= Número mínimo de puntos de medición

X= "K" redondeado

Una vez hallados los puntos de medición se utilizó el software de diseño automatizado AutoCAD, donde se obtuvo un plano con la distribución de los puntos mínimos de medición por cada área (Figura 2)

Tabla 2 Número mínimo de puntos de medición (N)

| Medidas | Central | Laboratorio | | Lavadero | Hornos | Pasillo | Oficina |
|---------|---------|------------------|------------------|----------|--------|---------|---------|
| | | Lab _A | Lab _B | | | | |
| K | 1.5m | 0.5m | 0.5m | 0.4m | 1.2m | 0.5m | 0.5m |
| X | 1m | 0m | 0m | 0m | 1m | 0m | 0m |
| N | 9m | 4m | 4m | 4m | 9m | 4m | 4m |

En la tabla 2 se muestran los valores de “X”, los cuales son los valores “K” redondeado al entero. Luego con los valores “X” se pudo determinar los puntos de medición.

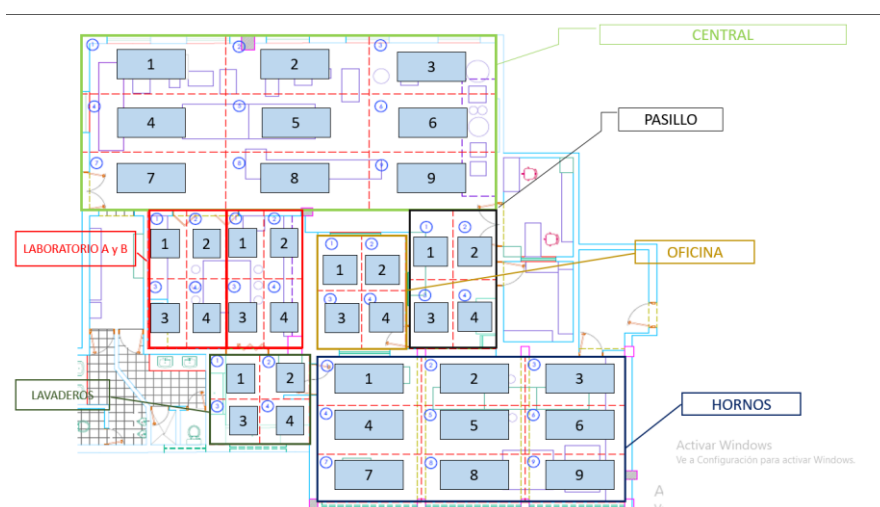


Figura 2. Puntos mínimos de medición por cada área. Fuente: Elaboración propia.

- **Determinación de nivel de iluminación promedio (E_m)**

Para determinar el nivel promedio de iluminación “ E_m ” de cada área determinada se procedió a sumar el conjunto de datos obtenidos y dividirlo entre el número de puntos totales de cada área.

Dado que la iluminación solar es un factor influyente se midió en el horario diurno (con luz artificial/ sin luz artificial) (Tabla 3) y nocturno (con luz artificial) (Tabla 4).

$$E_m = \frac{\sum \text{valores medidos (lux)}}{N^\circ \text{ puntos medidos}}$$

Siendo:

E_m = Nivel de iluminación promedio

$\sum \text{valores medidos (lux)}$ = Sumatoria de los valores obtenidos en la medición del nivel de iluminación

$N^\circ \text{ puntos medidos}$ = Cantidad de puntos obtenidos por el método de la cuadrícula

Tabla 3 Mediciones del nivel de iluminación en el horario diurno

| HORARIO DIURNO | | | |
|----------------|--------|------------------------|------------------------|
| Áreas | Puntos | C/Luz Artificial (Lux) | S/Luz Artificial (Lux) |
| Área Central | 1 | 205 | 115 |
| | 2 | 710 | 360 |
| | 3 | 400 | 340 |
| | 4 | 280 | 98 |
| | 5 | 275 | 71 |
| | 6 | 265 | 75 |

| | | | |
|---------------------|-------------------|-------------|-------------|
| | 7 | 185 | 69 |
| | 8 | 245 | 75 |
| | 9 | 210 | 35 |
| | Promedio Lux (Em) | 308.3333333 | 137.5555556 |
| Área de Laboratorio | 1 | 230 | 5 |
| | 2 | 121 | 6 |
| | 3 | 179 | 10 |
| | 4 | 94 | 14 |
| | 5 (1) | 146 | |
| | 6 (2) | 243 | |
| | 7 (3) | 171 | |
| | 8 (4) | 157 | |
| | Promedio Lux (Em) | 167.625 | 8.75 |
| Área de Hornos | 1 | 107 | 23 |
| | 2 | 96 | 23 |
| | 3 | 115 | 18 |
| | 4 | 154 | 76 |
| | 5 | 109 | 42 |
| | 6 | 117 | 30 |
| | 7 | 148 | 33 |
| | 8 | 74 | 23 |
| | 9 | 65 | 44 |
| | Promedio Lux (Em) | 109.4444444 | 34.66666667 |
| Área De Oficina | 1 | 568 | 15 |
| | 2 | 584 | 18 |
| | 3 | 600 | 15 |
| | 4 | 665 | 18 |
| | Promedio Lux (Em) | 604.25 | 16.5 |
| Área De Lavadero | 1 | 120 | 11 |
| | 2 | 144 | 15 |
| | 3 | 204 | 64 |
| | 4 | 177 | 40 |
| | Promedio Lux (Em) | 161.25 | 32.5 |
| Pasillo | 1 | 181 | 34 |
| | 2 | 157 | 28 |
| | 3 | 96 | 27 |
| | 4 | 87 | 24 |
| | Promedio Lux (Em) | 130.25 | 28.25 |

En la Tabla 3 podemos ver los diferentes niveles de iluminación y el promedio (Em) obtenidos por área en el horario diurno.

Tabla 4 Mediciones del nivel de iluminación en el horario nocturno

| HORARIO NOCTURNO | | |
|---------------------|-------------------|------------------|
| Áreas | Puntos | C/Luz Artificial |
| Área central | 1 | 151 |
| | 2 | 246 |
| | 3 | 224 |
| | 4 | 157 |
| | 5 | 217 |
| | 6 | 214 |
| | 7 | 129 |
| | 8 | 152 |
| | 9 | 147 |
| | Promedio Lux (Em) | 181.8888889 |
| Área de laboratorio | 1 | 101 |

| | | |
|-------------------|-------------------|-------------|
| | 2 | 230 |
| | 3 | 157 |
| | 4 | 189 |
| | 5 (1) | 224 |
| | 6 (2) | 121 |
| | 7 (3) | 189 |
| | 8 (4) | 98 |
| | Promedio Lux (Em) | 163.625 |
| Área de Hornos | 1 | 91 |
| | 2 | 85 |
| | 3 | 111 |
| | 4 | 90 |
| | 5 | 66 |
| | 6 | 71 |
| | 7 | 153 |
| | 8 | 68 |
| | 9 | 85 |
| | Promedio Lux (Em) | 91.11111111 |
| Área de oficina | 1 | 675 |
| | 2 | 582 |
| | 3 | 578 |
| | 4 | 516 |
| | Promedio Lux (Em) | 587.75 |
| Área de lavaderos | 1 | 120 |
| | 2 | 139 |
| | 3 | 124 |
| | 4 | 147 |
| | Promedio Lux (Em) | 132.5 |
| Área de pasillo | 1 | 189 |
| | 2 | 147 |
| | 3 | 92 |
| | 4 | 77 |
| | Promedio Lux (Em) | 126.25 |

En la Tabla 4 se muestran los niveles de iluminación y el promedio (Em) obtenidos por área en el horario nocturno.

- *Comparación con la normativa vigente*

Para poder determinar si el nivel de iluminación es adecuado en el Laboratorio CITAL, se procedió a compararlo con las diferentes normativas que establecen niveles de iluminación estandarizados e ideales, según la actividad. Principalmente se considerará la normativa peruana, la cual es la “Norma Básica de Ergonomía y de Procedimiento de Evaluación de Riesgo Disergonómico”, aprobado mediante la RM N° 375-2008-TR.(Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo, 2008)

Las características establecidas en la RM-375-2008-TR (Tabla 5) coinciden con 3 áreas claramente definidas por la tarea visual en el laboratorio de CITAL:

Tabla 5 Nivel de iluminación exigido por la RM 375 2008-TR

| Tarea visual | Del puesto de trabajo: | Nivel de iluminación requerido (lux) |
|--|---|--------------------------------------|
| En interiores: Distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando , movimiento de vehículos. | Áreas generales interiores: Almacenes de poco movimiento, pasillos , estacionamientos cubiertos, labores en minas subterráneas, iluminación de emergencia. | 50 |

Distinción moderada de detalles: ensamble simple, trabajo medio en banco y máquina, inspección simple, empaque y **trabajos de oficina**. Talleres: Área de empaque y ensamble, aulas y **oficinas**. 300

Distinción clara de detalles: Maquinado y acabados delicados, ensamble e inspección moderadamente difícil, captura y procesamiento de información, **manejo de instrumentos y equipos de laboratorio**. Talleres de precisión: Salas de Cómputo, área de dibujo y **laboratorios**. 500

En la Tabla 5 se describe los niveles de iluminación para cada tipo de tarea visual, mostrando solo aquellos ambientes identificados en CITAL.

Metodología para el rediseño del sistema de iluminación

Una vez determinado que, la luminosidad no cumple lo establecido en la RM N° 375-2008-TR, se procedió a rediseñar el sistema de iluminación utilizando el Método de Lúmenes (Castilla, 2009), el cual nos sugiere los siguientes pasos:

- Obtención de datos

Tabla 6 Datos necesarios para el rediseño

| Datos Necesarios | CEN | LAB | LAV | HOR | PASI | OFIC | |
|------------------|--------------------|------|------|------|------|------|------|
| Descripción | Largo | 13.8 | 4.8 | 3 | 10.8 | 4.8 | 4 |
| | Ancho | 6.23 | 4.2 | 2.4 | 5.4 | 2.3 | 2.3 |
| | Área | 86.0 | 20.2 | 7.2 | 58.3 | 11.0 | 9.2 |
| | Altura mesa trab. | 0.9 | 0.89 | 0.83 | 0.9 | 0 | 0.75 |
| | HLuminaria al piso | 2.8 | 2.7 | 2.7 | 2.9 | 2.8 | 2.8 |
| | H | 1.9 | 1.81 | 1.87 | 2 | 2.8 | 2.05 |
| | Fm | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 |

En la (Tabla 6) vemos que las alturas de las mesas de trabajo son diferentes en cada área, puesto que las actividades realizadas no son las mismas. Al restar la altura de la mesa de trabajo a la altura de la luminaria se obtiene la altura útil (H), y usando el cálculo similar del método de la cuadrícula obtendremos un nuevo valor K. (Boix, 2008)

Para hallar el Factor de rendimiento (Tabla 7) fue necesario determinar el factor de rendimiento del local y el factor de rendimiento de lámpara.

Para el rendimiento del local se usó la tabla de factor de utilización (Ver anexo 1), proveniente de una interpolación lineal al no encontrar los valores exactos.

Tabla 7 Obtención del Factor de Utilización

| | CEN | LAB | LAV | HOR | PASI | OFIC |
|----------|-----------|--------|--------|-------|--------|--------|
| índice K | 2.259 | 1.2375 | 0.713 | 1.8 | 0.5553 | 0.7123 |
| Datos | Fr(tech) | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| | Fr(pare) | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| | F.Utiliz. | 0.625 | 0.5480 | 0.425 | 0.598 | 0.38 |

En la Tabla 7 observamos los valores de Factor de Utilización obtenidos con una interpolación lineal.

Así mismo, el factor de rendimiento (eficiencia) de la lámpara fue proporcionado por la ficha técnica del mismo (Ver anexo 2). En este caso escogimos los Tubos Fluorescentes Philips Trifósforo TL-D 865 (T8) Super 80 / Ecomaster, ideal para iluminación donde se requiere

alta calidad lumínica, como industrias, laboratorios, oficinas y sobre todo porque son eco-eficientes, generando más iluminación y de mayor vida útil (Philips, 2009). También obtendremos el Flujo luminoso de este modelo, el cual es 3050 lum. (Tabla 8)

Tabla 8 Datos relevantes obtenidos de la ficha técnica de lámpara

| Lámpara | DATOS | CEN | LAB | LAV | HOR | PASI | OFIC |
|---------|---------------------|------|------|------|------|------|------|
| | Φ fluorescente (lm) | 3050 | 3050 | 3050 | 3050 | 3050 | 3050 |
| | Fct.Rend.Lumin | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 |

En la Tabla 8 se observan los datos obtenidos en la FT de Fluorescentes Philips series 865.

También es importante saber la iluminancia requerida por la RM 375 2008 TR de cada área de CITAL, cuyos requerimientos de iluminación varían de acuerdo a las actividades siendo los valores de 500 Lux para las áreas: Central, Laboratorio y Hornos; 300 Lux para las áreas de Lavadero y Oficina; y 50 Lux para el área de Pasillo.

Por último, el factor de mantenimiento se obtiene a partir de evaluar las condiciones de mantenimiento del local, establecido entre los rangos 0,8 (limpio) y 0,6 (sucio), considerando en este caso 0.7 debido a que no se encuentran con un mantenimiento óptimo, presentando polvo. (Boix, 2008)

- **Cálculo del flujo luminoso total necesario.**

Entonces, una vez obtenido y calculado los datos requeridos según la metodología de rediseño, se procede a calcular el flujo luminoso total necesario (Tabla 12), utilizando la siguiente fórmula (Aguilar, 1995):

$$\Phi_T = \frac{E_m * S}{C_u * C_m}$$

Donde:

Φ_T = Flujo luminoso total requerido para el cada área

E_m = Intensidad luminosa requerida por la RM-375-2008-TR

S = Superficie a iluminar en m^2

C_u = Coeficiente de utilización (Rend.Local*Rend.Lumin)

C_m = Coeficiente de mantenimiento de luminaria

- **Cálculo del número de luminarias**

El número de luminarias se obtiene al dividir el flujo luminoso Total obtenido, entre el número de luminarias (Tabla 12), tal y como se detalla en la siguiente fórmula. El denominador se multiplicó por 3, el cual será el número de lámparas por luminaria.

$$N = \frac{\Phi_T}{n * \Phi_L}$$

Siendo:

N = N° de luminarias

Φ_T = Flujo luminoso total

Φ_L = Flujo luminoso de una lámpara

n = N° de lámparas por luminaria

- **Distribución de las luminarias**

La distribución de las luminarias se calcula con la fórmula detallada a continuación.

$$N_{ancho} = \sqrt{\frac{N_{total}}{lar go}} * ancho$$

$$N_{lar go} = N_{ancho} * \left(\frac{lar go}{ancho}\right)$$

Utilizando un criterio lógico, al determinar la distribución de luminarias a lo ancho se puede obtener con la diferencia, las luminarias que irán a lo largo.

En esta parte es necesario identificar un “e”, el cual es el espacio entre luminarias, el cual se obtiene dividiendo el ancho del local, entre el número de luminarias a lo ancho. De igual manera para la distribución a lo largo. Para las luminarias próximas a las paredes se consideró un e/2 para lograr uniformidad en la iluminación (Boix, 2008).

Se obtuvieron al realizar los cálculos previos los datos necesarios para rediseñar el sistema de iluminación, los cuales son: la cantidad de luminarias, lámparas por luminaria, y su distribución en cada área. (Ver Tabla 12)

RESULTADOS Y DISCUSIONES

- *Resultados de medición en el día*

En el horario diurno, las mediciones se realizaron con luces apagadas y prendidas, para determinar la influencia de la luz iluminación solar. En la tabla 9 se muestran los niveles de iluminación en las diferentes espacios, obteniendo que en el área Central no cumplió en ningún caso (con luz artificial=308.3lux y sin luz artificial=137.5lux), y requiriendo el ambiente 500lux por tratarse de un área donde se “maneja instrumentos y equipos de laboratorio”(MTPE, 2008).

En el área Hornos, (el cual también requiere como mínimo 500 lux, dado que es un espacio donde se realizan acabados especiales en los alimentos), tampoco se cumplió la iluminancia mínima requerida en ningún caso, (con luz artificial=109.4lux y sin luz artificial=34.66lux). Esto pudo suceder debido a que el área cuenta con equipos y estantes altos, que de alguna manera cubren y no permiten la dispersión libre de la iluminación, y restando también a la reflexión.

Similares fueron los resultados para el área de Laboratorio (mínimo requerido: 500lux), donde se obtuvo 167.6lux para la medición con luz artificial y 8.8lux para la medición sin luz artificial. Sin embargo, esta área cuenta con iluminación localizada, lo cual también es permitido por la Norma Básica de Ergonomía (2008), pero si se corrigiera la iluminación general podría ahorrarse la cantidad de lámparas y uniformizar la iluminación general(Boix, 2008).

Para el caso de Oficina sobrepasó en un 200% los niveles de iluminación, requiriendo un mínimo de 300lux, pero obteniendo en las mediciones: 604.3lux con luz artificial y 16.5lux sin luz artificial. Una de las razones de este exceso es por la altura de las luminarias al plano de trabajo, la cual podría ser muy corta. Otros factores como la excesiva cantidad de lámparas por luminaria y los elevados factores de reflexión de techo/pared contribuyen a que exista este exceso (Castilla, 2009). En temas de ecoeficiencia, se podría decir que se está usando energía que bien podría ser ahorrada, generando menos gastos operacionales en CITAL.

Para el área de Lavaderos, la iluminancia mínima viene a ser 300lux por tratarse de un lugar que requiere limpieza de instrumentos de laboratorio y máxima inocuidad, lo cual no se cumplió en ningún caso (medición con luz artificial=161.3lux y medición sin luz artificial=32.5lux). Un factor que puede ser causa de este déficit es el insuficiente flujo luminoso de las lámparas usadas.

Finalmente, el área de Pasillo es el que menos iluminancia requiere (50lux), dado que es un área usada para “desplazarse caminando de un ambiente a otro”, obtuvo los valores de 130.3lux para la medición con luz artificial y 28.25lux para la medición sin luz artificial. Este ambiente sobrepasa también excesivamente los valores mínimos requeridos en la iluminación con luz artificial (en un 250%), pero es aceptable dado que la exigencia de la norma es relativamente un nivel de iluminación bajo.

En general comprobamos que la iluminancia con luz artificial está debajo de las exigencias mínimas de la normativa usada, pero la iluminancia sin luz artificial es aún más baja, lo que nos indica que no es recomendable trabajar con las lámparas apagadas porque el desarrollo de las actividades se volvería muy dificultoso. También se comprueba que las mediciones con luz artificial son excesivamente bajas con respecto a los medidos con luz artificial, esto sucede debido a que la iluminación proporcionada por el sol influye considerablemente (González et al., 2008), aumentando los valores obtenidos en las mediciones.

Además Herrera (2007) menciona que “si los niveles de iluminación son inferiores a los límites establecidos, causaría un riesgo para la salud visual de las personas expuestas, y el desarrollo óptimo de sus actividades”, por lo que estaríamos exponiendo a los usuarios de CITAL a estos riesgos.

Tabla 9 Resultado de cumplimiento de los niveles de iluminación diurno

| Áreas | HORARIO DIURNO | | | | | |
|-------------|------------------|----------------------|------------------|-------------------|----------------------|------------------|
| | C/Luz Artificial | | | S/ Luz Artificial | | |
| | Promedio Lux | Según RM-375-2008-TR | Cumple/No Cumple | Promedio Lux | Según RM-375-2008-TR | Cumple/No Cumple |
| Central | 308.333 | 500 Lux | NO cumple | 137.55 | 500 Lux | NO cumple |
| Hornos | 109.444 | 500 Lux | NO cumple | 34.66 | 500 Lux | NO cumple |
| Laboratorio | 167.625 | 500 Lux | NO cumple | 8.75 | 500 Lux | NO cumple |
| Oficina | 604.25 | 300 Lux | SI cumple | 16.5 | 300 Lux | NO cumple |
| Lavaderos | 161.25 | 300 Lux | NO cumple | 32.5 | 300 Lux | NO cumple |
| Pasillo | 130.25 | 50 Lux | SI cumple | 28.25 | 50 Lux | NO cumple |

En la tabla 9 se observan los resultados obtenidos al medir los niveles de iluminación en el horario diurno.

- **Resultados de medición en la noche**

Tabla 10 Resultado de cumplimiento de los niveles de iluminación nocturno

| Áreas | HORARIO NOCTURNO | | |
|---------|------------------|----------------------|------------------|
| | C/Luz Artificial | | |
| | Promedio Lux | Según RM-375-2008-TR | Cumple/No Cumple |
| Central | 181.88 | 500 Lux | NO cumple |
| Hornos | 91.111 | 500 Lux | NO cumple |

| | | | |
|-------------|--------|---------|-----------|
| Laboratorio | 163.62 | 500 Lux | NO cumple |
| Oficina | 587.75 | 300 Lux | SI cumple |
| Lavaderos | 132.5 | 300 Lux | NO cumple |
| Pasillo | 126.25 | 50 Lux | SI cumple |

En esta tabla se muestran los resultados obtenidos de las mediciones de iluminancia nocturna, comparados con los valores mínimos exigidos por la Norma Básica de Ergonomía (2008).

En este horario no se consideraron las mediciones sin luz artificial, que es casi nula, al no contar con la iluminación solar ni otra fuente luminosa (González et al., 2008). En la tabla 10 se muestran los resultados obtenidos de la medición en el horario nocturno, donde se aprecia que el nivel de iluminación en el área Central es de 181.9lux, existiendo un déficit de 43.5 %, para lograr el nivel de iluminación adecuado mínimo, dado que no hay fuentes que aporten al incremento de la iluminancia se tendría que considerar como única opción el rediseño del sistema de iluminación.

También en el área de Hornos se obtuvo de la medición 91.1lux, correspondiendo a solo el 18.22% de lo exigido por la normativa, lo que denota que es una de las áreas donde la iluminación es más deficiente.

En el área de Laboratorio se midió 163.6lux, faltando 336.38lux para cumplir lo mínimo establecido por la normativa, lo que solo se conseguirá con la correcta distribución y cantidad de luminarias.

En el área Oficina nuevamente se obtuvieron niveles que sobrepasan los niveles de iluminación recomendados (300lux), obteniendo en esta medición 587.8lux. Aunque difiere un poco con la medición en el horario diurna (604.25lux) y como ya se mencionó, la iluminancia podría tener altos valores por el exceso de luminarias, poco espacio luminaria-mesa de trabajo y factores de reflexión elevados (Castilla, 2009), por ser las paredes, techo y piso de color blanco.

En el área de Lavadero nuevamente nos encontramos en un déficit de iluminancia, obteniendo 132.5lux, no siendo la suficiente para un ambiente que necesita “distinción moderada de detalles”, definido por la Norma Básica de Ergonomía (2008).

Finalmente el área de Pasillo, similar a la medición diurna con luz artificial, los niveles de iluminación sobrepasaron el límite de la normativa en la medición con luz artificial (50lux), siendo en este caso de 126.3lux. Este exceso también es considerado aceptable dado que no causa deslumbramiento y se podría decir que la normativa consideró para pasillos un valor relativamente bajo.

Lo que hace que en la mayoría de áreas no alcance los niveles de iluminación es también la falta de mantenimiento interno de las luminarias, dado que en las pantallas de protección se pueden acumular con el tiempo partículas de polvo, disminuyendo así el flujo que sale hacia el ambiente. Esto va acorde con lo que menciona el investigador Puig-Duran (1999), el cual dice que “ una lámpara sucia puede perder hasta el 50% de luminosidad”.

- **Resultados de la uniformidad en el día y noche**

Es importante considerar la uniformidad, puesto que su ausencia perjudica la agudeza visual; la capacidad de discernir con precisión los objetos del campo visual con detalles, ocasionando

estrés, pérdida progresiva de la agudeza visual, dolores de cabeza y cambio de ánimo emocional (Aguilar, 1995). La Norma Básica de Ergonomía (2008) en el artículo 30 menciona que: “En todos los lugares de trabajo debe haber una iluminación homogénea (...) de tal forma que no sea un factor de riesgo para la salud de los trabajadores al realizar sus actividades”. La uniformidad (el valor mínimo obtenido en las mediciones sea mayor que el valor promedio dividido entre dos), que medida con luz artificial en los horarios nocturno y diurno, cumplió lo exigido en la metodología AHRA (2006), Esto se debe a que la influencia de radiación solar fue poco influyente en día y nulo en la noche.

Tabla 11 Uniformidad en las diferentes áreas de CITAL

| UNIFORMIDAD (VAL MIN > (EM/2)) | | | | | | | | | |
|--------------------------------|--------------------|-------|------|--------------------|------|------|--------------------|-------|------|
| Áreas | HORARIO DIURNO | | | | | | HORARIO NOCTURNO | | |
| | Con luz artificial | | | Sin luz Artificial | | | Con luz artificial | | |
| | ValMin | Em/2 | C/NC | ValMin | Em/2 | C/NC | ValMin | Em/2 | C/NC |
| Central | 185 | 154.2 | C | 35 | 68.8 | NC | 129 | 90.9c | C |
| Hornos | 65 | 54.7 | C | 18 | 17.3 | C | 66 | 45.6 | C |
| Laboratorio | 94 | 83.8 | C | 5 | 4.4 | C | 98 | 81.8 | C |
| Oficina | 568 | 302.1 | C | 15 | 8.3 | C | 516 | 293.9 | C |
| Lavaderos | 120 | 80.6 | C | 11 | 16.3 | NC | 120 | 66.3 | C |
| Pasillo | 87 | 65.1 | C | 24 | 14.1 | C | 77 | 63.1 | C |

Se muestran los valores de uniformidad los cuales se obtienen al comparar el valor mínimo de lux medido con la mitad del promedio, la cual tiene que ser menor para que la uniformidad se cumpla.

Particularmente, la uniformidad medida en el horario diurno (sin luz artificial), cumplió en cuatro áreas las cuales fueron: Hornos (18lux>17.3lux), Laboratorio (5lux>4.4lux), Oficina (15lux>8.3lux) y pasillo (24lux>14.1lux). Sin embargo, no cumplió en las áreas Central (35lux<68.8lux) y Lavaderos (11lux<16.3lux). Según (Boix, 2008), se debe a la presencia de ventanas amplias, las cuales permiten el ingreso de otras fuentes lumínicas, que en este caso es la iluminación proveniente del sol. Esta, al darse solo en los ambientes de Central, Lavaderos y Hornos, se genera una desigual distribución de iluminación, causando contraste con los puntos donde no llega, y por lo tanto alterando la uniformidad.

- *Resultados Finales Del Rediseño*

Al no considerar un correcto diseño del sistema de iluminación al momento en los proyectos de construcción, generan deficiencias como por ejemplo: ausencia de tragaluz, carencia de luminarias, lámparas inadecuadas para el tipo de actividad y una falta de programas de mantenimiento (Castilla, 2009).

En la tabla siguiente se muestra la cantidad de luminarias necesarias, las lámparas por luminarias y la distribución que tiene que seguir para lograr una correcta iluminación en el laboratorio CITAL (Ver anexo3) según el Método de lúmenes(Castilla, 2009). Con un poco de lógica se pudo determinar el número real de luminarias, puesto que en varios casos, según la formula no resultaron números enteros para las luminarias, por lo que se tuvo que aproximar a valores enteros, según criterio. Se obtuvo como resultado que el área Central tendrá 3 luminarias de ancho por 4 de largo (un espacio de 2m entre luminarias / 1m entre la luminaria y la pared a lo ancho; y 3.45m entre luminarias / 1.73m entre la luminaria y la pared a lo largo).

El área de Laboratorio contará con 2 luminarias de ancho por 2 de largo (considerando un espacio de 2.1m entre luminarias / 1.05m entre la luminaria y la pared a lo ancho; y 2.4m de distancia entre luminarias / 1.2m entre la luminaria y la pared a lo largo).

El área de Lavaderos contará con solo 1 luminaria (considerando un espacio 1.5m entre la luminaria y la pared a lo ancho y 1.2m a lo largo).

El área de Hornos tendrá 3 luminarias de ancho por 3 de largo (un espacio de 1.8m entre luminarias / 0.9m entre la luminaria y la pared a lo ancho; y 3.6m entre luminarias / 1.8m entre la luminaria y la pared a lo largo).

El área de Pasillo contará con solo 1 luminaria (considerando un espacio 1.15m entre la luminaria y la pared a lo ancho y 2.4m a lo largo).

Y por último, el área de Oficina se reducirá a 1 luminarias de ancho por 2 de largo (un espacio de 1.15m entre la luminaria y la pared a lo ancho; y 2m entre luminarias / 1m entre la luminaria y la pared a lo largo).

Tabla 12 Resultados finales del rediseño

| | CEN | LAB. | LAV | HOR | PASI | OFI |
|--------------------------------|--------|--------|------------|-------------|-------------|---------|
| ϕ Total(lm) | 109078 | 29196. | 8063. 3 | 77400 .8 | 2305. 76 | 10309.5 |
| fluorescente (lm) | 3050 | 3050 | 3050 | 3050 | 3050 | 3050 |
| Nº Luminarias Necesarias | 11.92 | 3.19 | 0.88 | 8.45 | 0.25 | 1.12 |
| Nº Lum Real | 12 | 4 | 1 | 9 | 1 | 2 |
| Nº Luminarias Ancho | 2.32 | 1.87 | 0.89 | 2.12 | 0.69 | 1.07 |
| Nº Lum Ancho Real | 3 | 2 | 1 | 3 | 1 | 1 |
| e (m) | 2.0 | 2.1 | 2.4 | 1.8 | 2.3 | 2.3 |
| e/2 (m) | 1.0 | 1.05 | 1.2 | 0.9 | 1.15 | 1.15 |
| Nº Luminarias Largo | 5.15 | 2.13 | 1.11 | 4.24 | 1.44 | 1.86 |
| Nº Lum Largo Real | 4 | 2 | 1 | 3 | 1 | 2 |
| e (m) | 3.45 | 2.4 | 3 | 3.6 | 4.8 | 2 |
| e/2 (m) | 1.725 | 1.2 | 1.5 | 1.8 | 2.4 | 1 |

En esta tabla se muestra la cantidad de luminarias adecuadas en distribución ancho y largo. (e: distancia entre luminarias, e/2: distancia entre luminaria y pared).

Debido a que existen equipos y muebles que requieren moverse cada cierto tiempo (mantenimiento, limpieza), es imposible realizar un diseño que varíe en función a la altura, por lo que se decidió rediseñar en función a la cantidad de luminarias y al flujo luminoso (Aguilar, 1995).

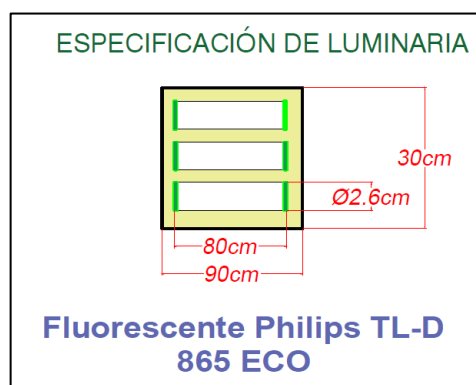


Figura 3. Especificaciones de Luminaria y Lámpara para un correcto diseño.
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 3 se muestran las especificaciones de las luminarias, la cual se diseñarán en caso no existan en los merados electrónicos. Este tipo de luminaria almacenará 3 lámparas, será de 0.9m de largo x 0.3m de ancho x 0.05m de alto. Será diseñado con una carcasa protectora hermética (puesto que en el laboratorio podría haber humedad), y de color interior blanco, para que contribuya a aumentar la iluminancia. Las lámparas serán los Fluorescentes marca Philips TL-D 865 series ECO (lámparas de descarga de mercurio de baja presión), con la clasificación ECO debido que la eficiencia de estas lámparas es elevada (90%), y con un flujo luminoso de 3200 lúmenes (Anexo 2).

CONCLUSIONES

En conclusión, se midió el nivel de iluminación del Centro de Investigación en Tecnología de Alimentos y se determinó que no cumple lo establecido en la norma RM-375-2008-TR “Norma Básica de Ergonomía” en cuatro de las seis áreas determinadas, afectando a la salud y el confort de los usuarios. La propuesta de rediseño realizada alcanzó satisfactoriamente los niveles de iluminación requeridos por la normativa en los diferentes ambientes y fue entregado al responsable de CITAL. Con este nuevo diseño nos aseguramos que al implementarse, exista una correcta iluminación que proteja la salud de los usuarios, y les brinde confort para el desarrollo de las actividades.

RECOMENDACIONES

Implementar el rediseño del sistema de iluminación propuesto para un desarrollo óptimo de las actividades en el laboratorio CITAL

Considerar implementar un cronograma de mantenimiento de luminarias y conexiones, para evitar luminarias opacas, ya que podrían disminuir el nivel de iluminación de CITAL.

REFERENCIAS

- Aguilar, M. (1995). *Iluminacion y color* (U. P. VALEN, Ed.).
- Boix, O. (2008). *Luminotecnia. Iluminación de interiores y exteriores*. Barcelona.
- Boyce, P. R. (2014). Human factors in lighting, third edition. *Human Factors in Lighting, Third Edition*, 1–666. <https://doi.org/10.1201/b16707>
- Castilla, N. (2009). *LUMINOTECNIA: Cálculo según el método de los lúmenes*.

Chambi, J. (2016). Reseña Histórica de la Universidad Peruana Unión.

Garrido, A., & Trujillo, Y. (2015). *ESTUDIO DE ILUMINACIÓN DE LOS PUESTOS DE TRABAJO ADMINISTRATIVOS DE LA EMPRESA COMERCIALIZADORA INTERNACIONAL VERDE AZUL S.A.S* (Universidad Distrital Francisco José De Caldas). <https://doi.org/10.1145/3132847.3132886>

González, V., Quiróz, C., & González, E. (2008). Condiciones de iluminación natural en la vivienda bioclimática prototipo (VBP-1). Caso de estudio: Maracaibo – Venezuela. *Portafolio*, 2(18), 64–72.

Herrera, A. V. (2007). *Calidad de iluminación en ambientes de trabajo de la Dirección General de Salud Ambiental*. 145.

Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo. *Norma Básica de Ergonomía*. , (2008).

Philips. (2009). *Ficha Técnica - Tubos Fluorescentes Trifósforo TL-D (T8) Super 80 / Ecomaster*. Retrieved from http://lumussrl.com.ar/img/21a11d8d919a4614bdf5205c212486caTLD_Super80B.pdf

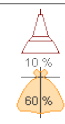
Puig-Duran, J. (1999). *Ingeniería, autocontrol y auditoría de la higiene en la industria alimentaria* (M. P. L. S.A., Ed.). España.

Riva, A. (2006). Mediciones de Iluminación por el método de la cuadrícula (Variante AHRA). *Asociación de Higienistas de La Republica Argentina*, 61.

Van Bommel, I. W., Van Den Beld, I. G., & Van Ooyen, I. M. (2002). Industrial lighting and productivity. *Philips Lighting, The Netherlands*, 20.

ANEXOS

Anexo 1

| Tipo de aparato de alumbrado | Índice del local k | Factor de utilización (%) | | | | | | | | | | | |
|---|---------------------------|-------------------------------|-----|-----|-----|----|-----|------------------------------------|-----|-----|-----|----|----|
| | | Factor de reflexión del techo | | | | | | Factor de reflexión de las paredes | | | | | |
| | | 0.8 | 0.7 | 0.5 | 0.3 | 0 | 0.5 | 0.3 | 0.1 | 0.3 | 0.1 | 0 | |
|  | 0.6 | 39 | 35 | 32 | 38 | 34 | 32 | 38 | 34 | 31 | 33 | 31 | 30 |
| | 0.8 | 48 | 43 | 40 | 47 | 42 | 40 | 46 | 42 | 39 | 41 | 38 | 37 |
| | 1.0 | 53 | 49 | 46 | 52 | 48 | 45 | 51 | 47 | 45 | 46 | 44 | 41 |
| | 1.25 | 58 | 54 | 51 | 57 | 53 | 50 | 55 | 51 | 49 | 50 | 48 | 45 |
| | 1.5 | 62 | 58 | 54 | 61 | 57 | 54 | 59 | 55 | 52 | 53 | 51 | 48 |
| | 2.0 | 66 | 62 | 59 | 64 | 61 | 58 | 61 | 59 | 57 | 56 | 55 | 52 |
| | 2.5 | 68 | 65 | 63 | 67 | 64 | 62 | 64 | 61 | 60 | 59 | 57 | 54 |
| | 3.0 | 70 | 67 | 65 | 69 | 66 | 64 | 65 | 63 | 61 | 60 | 59 | 56 |
| | $D_{0.02} = 1.0 H_{0.1}$ | 4.0 | 72 | 70 | 68 | 70 | 69 | 67 | 66 | 64 | 63 | 61 | 58 |
| | $H_{0.1} = 1.70 H_{0.05}$ | 5.0 | 73 | 71 | 70 | 71 | 70 | 68 | 68 | 67 | 66 | 64 | 63 |

$H_{0.1}$ altura luminaria-plano de trabajo

Ilustración 1 Factor de Utilización (Oriol, 2008)

| Ficha Técnica | |
|----------------------------------|---|
| Atributos | Detalles |
| Modelo | Philips |
| Modelo | TL-D 36W/865-ECO |
| Modelo | Phil-Universal |
| Modelo | Largo: 914mm Diámetro: 28.35mm |
| Tecnología | Fluó |
| Tipo de tubo | G13 |
| Potencia | 36W |
| Voltaje | 220-240V |
| Contenido | Tratado |
| Material | Aluminio |
| Temperatura de color | 6500K |
| Índice de reproducción cromática | 90 |
| Clase | Balasto |
| Garantía | Porcentaje de garantía |
| Clase | Balasto |
| Uso | Iluminación de interiores y exteriores |
| Precauciones | Clase |
| Características | Balasto integrado de energía, tecnología de ahorro y protección. Fácil de instalar. De alta calidad y gran durabilidad. |
| Recomendaciones | No tocar directamente cuando esté encendido. No exponer al agua. Proteger de los niños. |
| Tipo | Fluorescente de frías |

Ilustración 3 Flujo Luminoso de Fluorescente TLD 865 serie ECO

Anexo 2

| Tipo | Base | Tensión de la lámpara (V) | Corriente de la lámpara (A) | Designación de color | Temperatura de color correlacionada (K) | Reducción de colores (Ra) | Flujo luminoso (lm) | Rendimiento lámpara (Lm/w) | Vida Util (Hs) EM* / EL* |
|---------------|------|---------------------------|-----------------------------|----------------------|---|---------------------------|---------------------|----------------------------|--------------------------|
| TL-D 18W /830 | G13 | 59 | 0.36 | BLANCO CÁLIDO | 3000 | 85 | 1350 | 73 | 13000 / 20000 |
| TL-D 18W /840 | G13 | 59 | 0.36 | BLANCO FRÍO | 4000 | 85 | 1350 | 73 | 13000 / 20000 |
| TL-D 36W /830 | G13 | 103 | 0.44 | BLANCO CÁLIDO | 3000 | 85 | 3350 | 93 | 15000 / 20000 |
| TL-D 36W /840 | G13 | 103 | 0.44 | BLANCO FRÍO | 4000 | 85 | 3350 | 93 | 15000 / 20000 |
| TL-D 36W /865 | G13 | 103 | 0.44 | LUZ DÍA FRÍO | 6500 | 85 | 3200 | 90 | 15000 / 20000 |
| TL-D 58W /830 | G13 | 111 | 0.67 | BLANCO CÁLIDO | 3000 | 85 | 5200 | 88 | 15000 / 20000 |
| TL-D 58W /840 | G13 | 111 | 0.67 | BLANCO FRÍO | 4000 | 85 | 5200 | 88 | 45000 / 20000 |

Ilustración 2 Rendimiento de fluorescente Philips TLP/ 865: 0.9

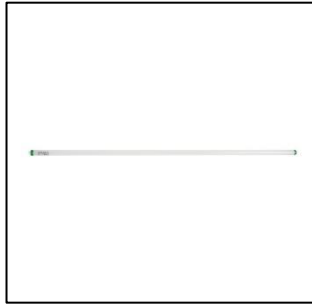
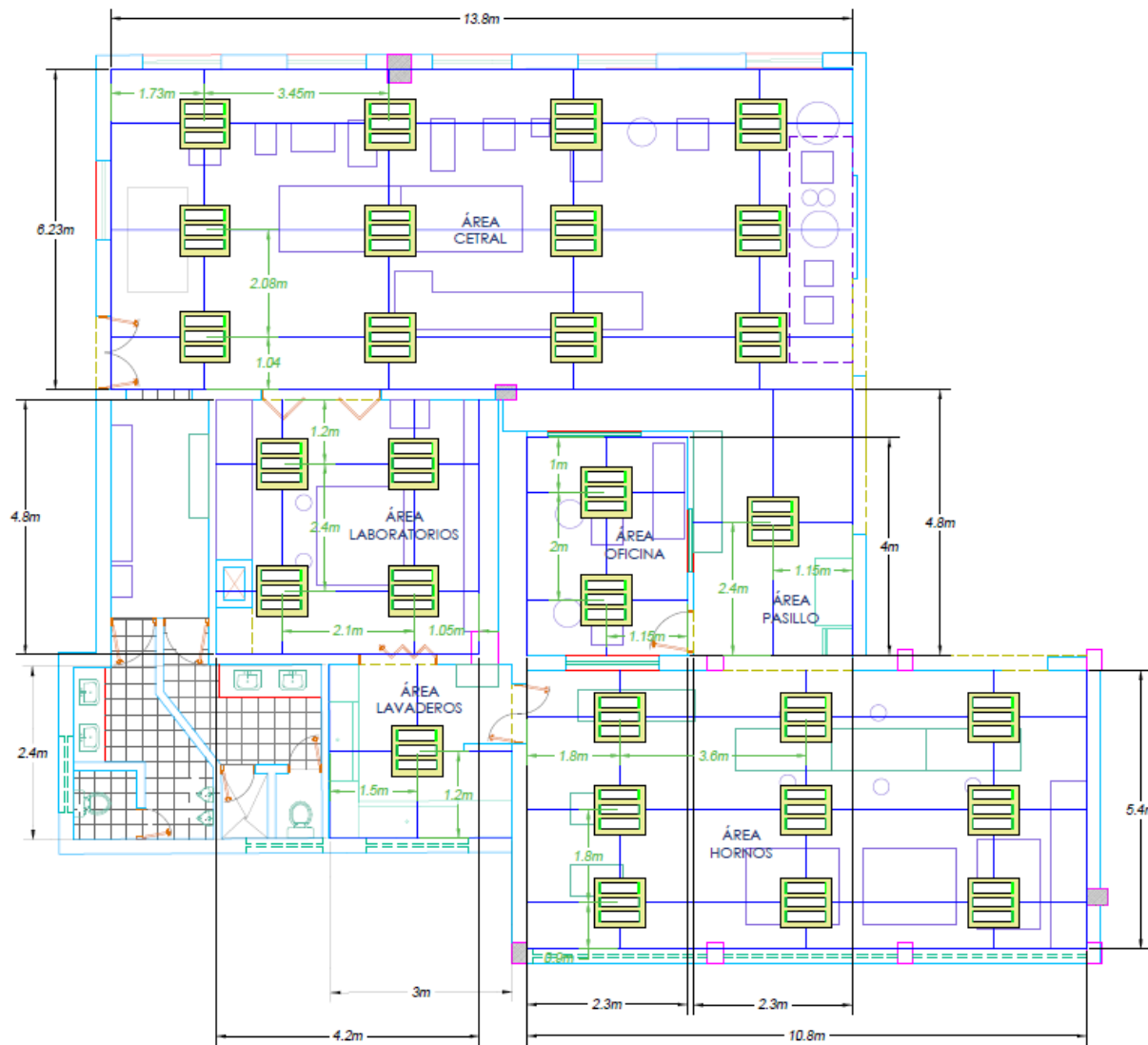


Ilustración 4 Fluorescente Philips TLD 865 serie ECO



Ilustración 5 Laboratorio CITAL

Anexo 3: Plano Rediseño del sistema de Iluminación de CITAL



| | |
|---|--|
| <p>UBICACIÓN CITAL</p> | |
| <p>ESPECIFICACIÓN DE LUMINARIA</p> <p>Fluorescente Philips TL-D 855 ECO</p> | |
| <p>LEYENDA:</p> <p>— 2.2m a. Alto y ancho de cada área</p> <p>— 1.4m b. e. e/2 a lo largo y ancho</p> | |
| <p>LUGAR:</p> <p>CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS</p> | |
| <p>ELABORADO POR:</p> <p>WALTER SAMUEL ALVA ROSNAY</p> | |
| <p>TÍTULO</p> <p>REDISEÑO DE SISTEMA DE ILUMINACIÓN (DISTRIBUCIÓN DE LUMINARIAS)</p> | |
| <p>LÁMINA:</p> <p>01</p> | |

Fuente: Elaboración propia