



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

# TRABAJO FINAL DE GRADO

## CÁLCULO DE LA INTENSIDAD ÓPTIMA DE ILUMINACIÓN PARA LA LECTURA GENÉRICA DE DOCUMENTOS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL DISEÑO  
GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA

Fecha: Septiembre del 2017

Tutor: Ignacio Tortajada Montañana

Alumno: Empar Gimeno i Martí

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. OBJETIVOS.....	3
3. PLANTEAMIENTO TEÓRICO .....	4
3.1. HISTORIA DE LA LUZ.....	4
4. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO .....	11
4.1. METODOLOGÍA DEL TRABAJO .....	11
4.2. MATERIAL UTILIZADO PARA EL TRABAJO .....	14
4.3. ZONA DE TRABAJO .....	15
5. REALIZACIÓN DEL TRABAJO .....	16
6. SELECCIÓN DE LOS OBSERVADORES.....	18
7. TABLAS Y GRÁFICAS RESULTADOS OBSERVADORES .....	19
8. RESULTADOS DEL TRABAJO.....	43
9. PRESUPUESTO.....	47
10. PLANOS.....	49
11. CONCLUSIÓN .....	53

## 1. INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente trabajo de fin de grado será calcular la intensidad óptima de iluminación para la lectura genérica de documentos, para ello realizaremos un experimento con 20 sujetos de prueba, sometidos a una intensidad lumínica variable y mediremos los resultados. Se va a comparar variando aleatoriamente diferentes intensidades entre diversos observadores, todos ellos con las mismas condiciones a la hora de realizar la experiencia, para luego obtener una media del valor que consideran óptimos estos sujetos.

En primer lugar definiremos diversos conceptos claves para entender el proyecto. A continuación, plantearemos y describiremos la experiencia. Después realizaremos la experiencia en el laboratorio y por último extraeremos las conclusiones.

## 2. OBJETIVOS

El objetivo principal es encontrar dentro de los límites de visibilidad humana (de 380 nm a 760 nm radiaciones electromagnéticas aproximadamente) la intensidad óptima para leer. Con el fin de proporcionar una visión eficiente y cómoda para la lectura.

### 3. PLANTEAMIENTO TEÓRICO

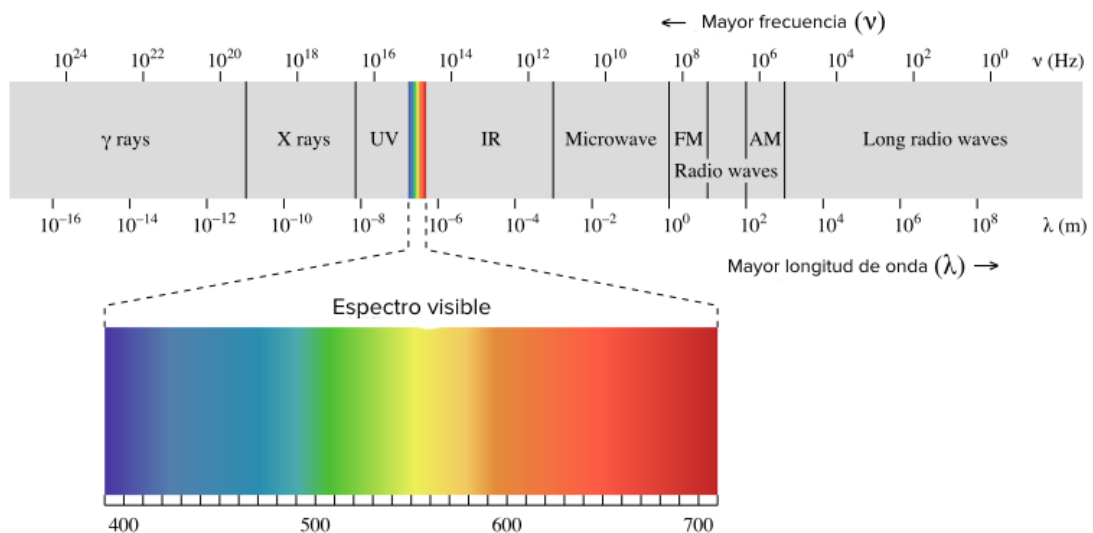
En este apartado, definiremos conceptos teóricos sobre la historia de la luz, las ventajas de una buena iluminación, los límites de la visibilidad humana y las magnitudes luminotécnicas principales. Todo este planteamiento teórico nos servirá para entender mejor el trabajo.

#### 3.1. HISTORIA DE LA LUZ

La luz es fuente de vida en la Tierra y la hace posible. La luz nos calienta lo necesario y además nos permite recibir y transmitir información de los objetos que nos rodean, nos aporta visión. Cuando hablamos de luz nos referimos a la existencia de "algo" capaz de estimular el proceso de la visión.

La luz es una forma de energía formada por ondas, se propaga en todas direcciones, siempre en línea recta y a gran velocidad. Las ondas luminosas pueden propagarse a través del vacío.

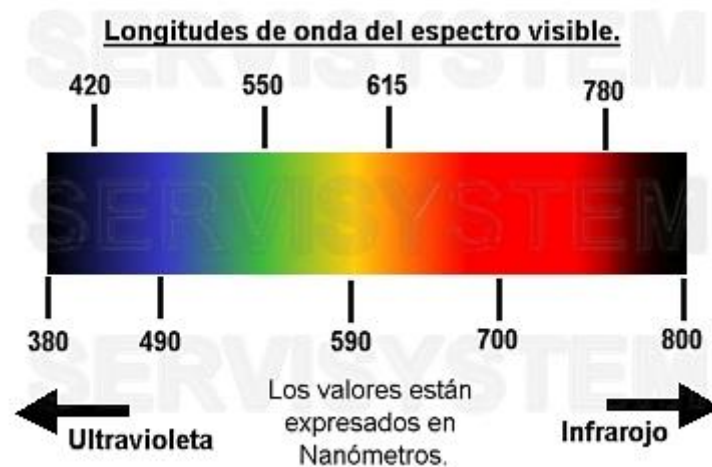
Podemos clasificar las ondas electromagnéticas de acuerdo a sus diferentes longitudes de onda y frecuencias; llamamos a esta clasificación espectro electromagnético. La siguiente imagen muestra este espectro, que consiste en todos los tipos de radiación electromagnética que existen.



A la derecha del espectro visible, encontramos las clases de energía que son menores en frecuencia (y por lo tanto mayores en longitud de onda) que la luz visible. Estas clases de energía incluyen los rayos infrarrojos (IR) (ondas de calor emitidas por los cuerpos térmicos), las microondas y las ondas de radio. Estos tipos de radiación nos rodean constantemente y no son dañinos porque sus frecuencias son muy bajas.

A la izquierda de espectro visible, encontramos los rayos ultravioleta (UV), los rayos X y los rayos gamma. Estas clases de radiación son dañinas para los organismos vivos porque tienen frecuencias muy altas (y por lo tanto, mucha energía). De hecho, para prevenir que los rayos X penetren en áreas de nuestro cuerpo, un técnico de rayos X coloca una placa de plomo sobre nosotros. Los rayos gamma son los más dañinos, pues son los más altos en frecuencia y en energía. Afortunadamente, nuestra atmósfera absorbe los rayos gamma que provienen del espacio, y así nos protege del daño.

Como se puede observar en la imagen que estamos describiendo, el ojo humano sólo puede ver algunas de estas ondas, las que forman el espectro luminoso visible (se encuentran entre los infrarrojos y los ultravioletas).



El sol es la fuente luminosa que tenemos durante el día, pero en la noche utilizamos fuentes luminosas artificiales, y éstas han sufrido muchas variaciones en su tecnología desde los comienzos.

En un inicio y sin electricidad se utilizaban antorchas, después un gran avance fueron las lámparas de aceite, a continuación las de gas revolucionaron el alumbrado artificial, pero no fue hasta la llegada de la electricidad y hasta que Tesla descubrió la corriente alterna y sus generadores a grandes distancias y el descubrimiento de las estaciones eléctricas a las afueras de nuestras ciudades, que el hombre introdujo la bombilla para el alumbrado, tanto interior como exterior.

Antorcha →



Lámpara de aceite →



Lámpara de gas →



Lámparas incandescentes →



LED →



Las primeras bombillas han evolucionado hacia lámparas incandescentes, halógenas, cuarzo-yodo, lámparas de Vapor de Sodio, tanto a baja como a alta presión, el vapor de mercurio o a los Halogenuros metálicos.

Hasta el siglo XXI, en el que se ha introducido en el alumbrado nuevas tecnologías, como el LED y sobre todo el dominio de la luz blanca sobre cualquier otra. Esta nueva fuente luminosa es eficiente y tiene una vida más larga que cualquier otra fuente, además se puede controlar su emisión centrada en una franja muy precisa del ancho de banda visible al ojo humano, con lo cual se puede trabajar con distintas tonalidades dentro del blanco.

### 3.2. VENTAJAS DE UNA BUENA ILUMINACIÓN

Las ventajas de una buena iluminación son:

- Conservar la capacidad visual → para estar en las mejores condiciones de salud posible
- Evitar la fatiga ocular → para aprovechar al máximo las horas que te encuentres en la zona de trabajo
- Contribuir al bienestar psíquico → porque el estado de ánimo influye mucho en la calidad del trabajo y la eficiencia con que se hace

Iluminar bien la zona de lectura es muy importante para leer cómodamente, durante más horas y más eficientemente. Hay que aprovechar al máximo la intensidad de luz que dispongamos para estar en el mejor estado posible y poder disfrutar del trabajo.

### 3.3. LÍMITES DE LA VISIBILIDAD HUMANA

A continuación describiremos los límites de visibilidad humana. La **visión escotópica** es la que se produce con niveles bajos de iluminación y la recepción de la luz es principalmente con los bastones. La sensibilidad espectral de la visión escotópica alcanza su máxima sensibilidad a una longitud de onda de 505 nm, correspondientes a los colores azul-verde.

La **visión fotópica** es la que se produce con niveles de iluminación diurnos, es decir, a plena luz del día y la recepción de la luz es principalmente con los conos, éstos tienen su máxima funcionalidad en luminancias altas. La sensibilidad espectral de la visión fotópica alcanza su máxima sensibilidad a una longitud de onda de 555 nm, correspondientes a los colores amarillo-verde.

La **visión mesópica** es una visión intermedia entre la fotópica y la escotópica, es decir, sin llegar a la oscuridad total pero tampoco se llega a la luz de un día a pleno sol. Es cuando trabajan de manera simultánea los conos y bastones.

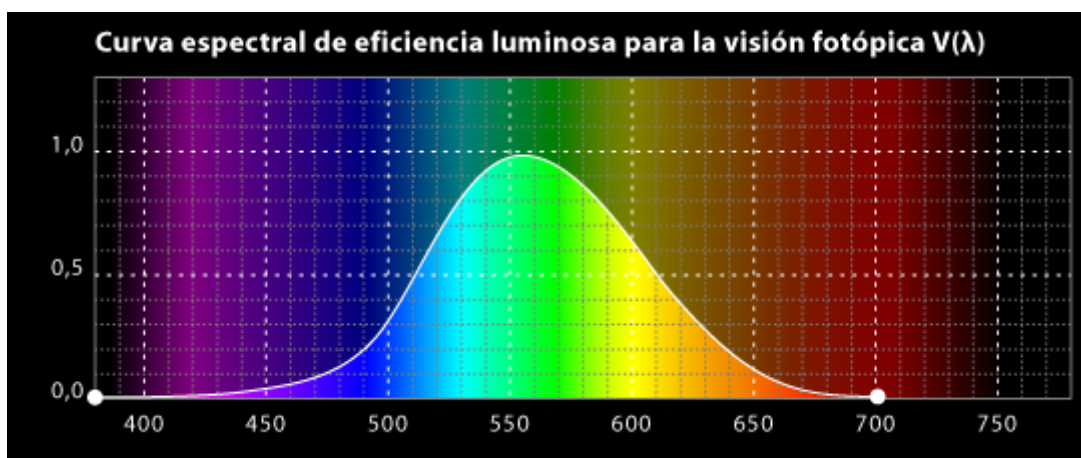
A continuación veremos una tabla con un resumen de los tipos de visión y sus valores:

TIPO DE VISIÓN	CARACTERÍSTICAS	VALORES
<b>Visión escotópica</b>	Solo bastones	De $10^{-6}$ a $10^{-3}$ Cd/m <sup>2</sup>
<b>Visión mesópica</b>	Intermedio	De $10^{-3}$ a $10$ Cd/m <sup>2</sup>
<b>Visión fotópica</b>	Solo conos	De $10$ a $10^3$ Cd/m <sup>2</sup>
<b>Visión incomoda</b>		A partir de $10^4$ Cd/m <sup>2</sup>
<b>Visión dolorosa</b>		Para $3 \cdot 10^4$ Cd/m <sup>2</sup>
<b>Deslumbramiento</b>		Para $5 \cdot 10^4$ Cd/m <sup>2</sup>

Como vamos a trabajar en los rangos de la visión fotópica porque se produce a niveles de iluminación diurnos y esta visión posibilita la correcta interpretación del color por el ojo, nos centraremos en profundizar más sobre ésta.

Los valores de la visión fotópica están entre  $10$  i  $10^3$  Cd/m<sup>2</sup> como podemos ver en la tabla anterior, pero no se conocen datos de cual o cuales dentro de dicho intervalo son los valores de iluminación donde la gente, en general, se siente más cómoda leyendo un documento. Por ello nosotros intentaremos encontrar dentro de estos límites el valor óptimo.

A continuación, una imagen de la curva espectral de eficiencia luminosa para la visión fotópica, expresada en longitud de onda ( $\lambda$ ).



Como podemos observar, los valores de longitud de onda entre los que se establece la visión fotópica son entre  $400 \lambda$  y  $700 \lambda$  aprox.



### 3.4. MAGNITUDES LUMINOTÉCNICAS

Describiremos las magnitudes principales luminotécnicas que se emplean en el estudio de la iluminación.

MAGNITUD	UNIDAD	SÍMBOLO
<b>Flujo luminoso</b>	Lumen	$\Phi$
<b>Intensidad luminosa</b>	Candela	I
<b>Nivel de iluminación</b>	Lux	E
<b>Luminancia</b>	Candela/m <sup>2</sup>	L

El **flujo luminoso** (lumen) es la radiación visible que aprecia la sensibilidad del ojo humano, es la cantidad de energía luminosa radiada por una fuente en cada segundo, es decir, la potencia de la energía radiada por la fuente.



$$Potencia (W) = Energía (J) / tiempo(s)$$

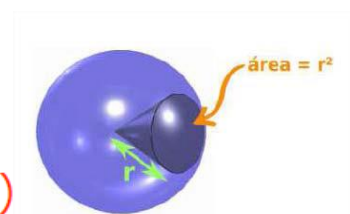
La **intensidad luminosa** (candela) es la concentración de luz en una dirección específica radiada por segundo. Podríamos decir que es el flujo luminoso en una determinada dirección radiado por unidad de ángulo sólido.



$$I = \phi / \omega \text{ (cd)}$$

$$\omega = \text{ángulo sólido}$$

$$\omega = S / r^2 \text{ (estereorradian)}$$



**Estereorradián:** ángulo sólido (casquete esférico) de superficie igual al cuadrado del radio de la esfera.

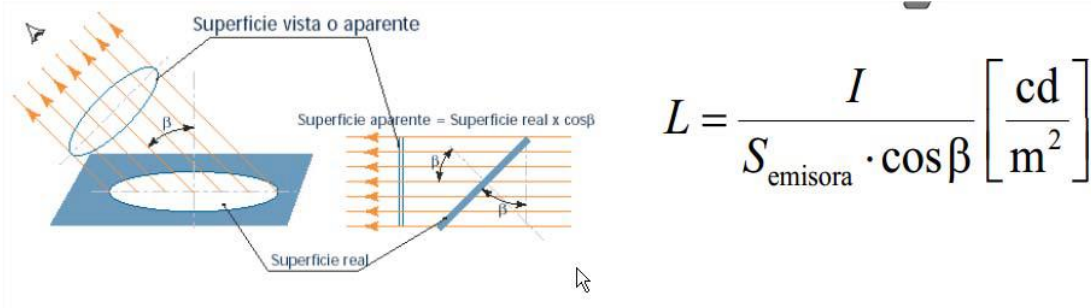
El **nivel de iluminación o iluminancia** (lux) es el flujo luminoso incidente por unidad de superficie. Es la magnitud utilizada para evaluar la cantidad de luz existente en los puestos de trabajo.



$$E = \phi / S \text{ (lx)}$$

S = área de la superficie en metros cuadrados

La **luminancia** (candela/m<sup>2</sup>) es la magnitud que sirve para expresar el brillo de las fuentes de luz o de los objetos iluminados y determina la sensación visual producida por los objetos. Esta magnitud evalúa el grado de deslumbramiento.



## 4. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO

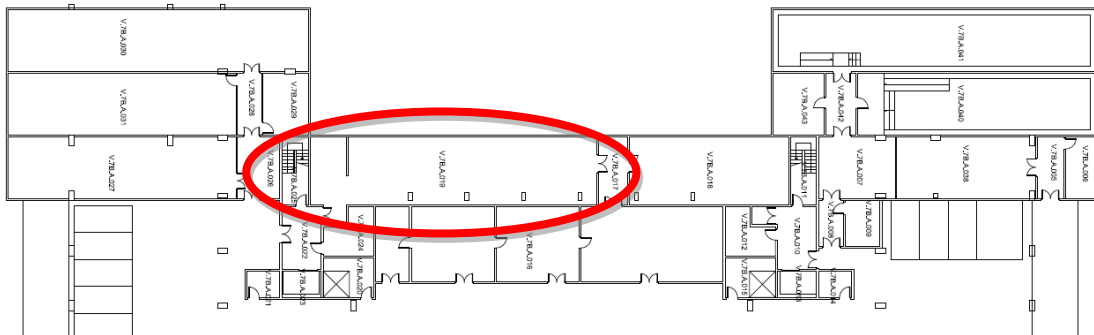
Hemos descrito los objetivos así como definido conceptos importantes para éste proyecto. Ahora describiremos y plantearemos la experiencia que vamos a realizar.

Como es una experiencia de percepción humana, cogeremos a varias personas (les llamaremos observadores) y nos iremos al laboratorio de visión y color de la ETSID que se encuentra en la UPV. En el laboratorio utilizaremos una lámpara que tendremos conectada a un potenciómetro, con el fin de regular la intensidad de luz que más se acomode a cada persona (dentro del intervalo de visión fotópica que hemos explicado anteriormente).

Para así, encontrar la intensidad óptima de cada persona y más adelante, extraer la intensidad óptima global de todos nuestros observadores.

### 4.1. METODOLOGÍA DEL TRABAJO

Realizaremos la experiencia en el laboratorio de visión y color de la ETSID.

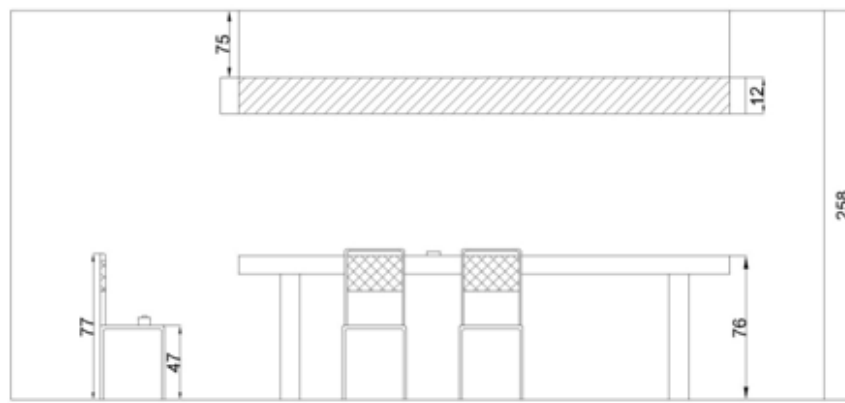


Para la metodología emplearemos una lámpara y un potenciómetro de unas características determinadas, un libro de lectura cualquiera, pero siempre el mismo y los observadores.

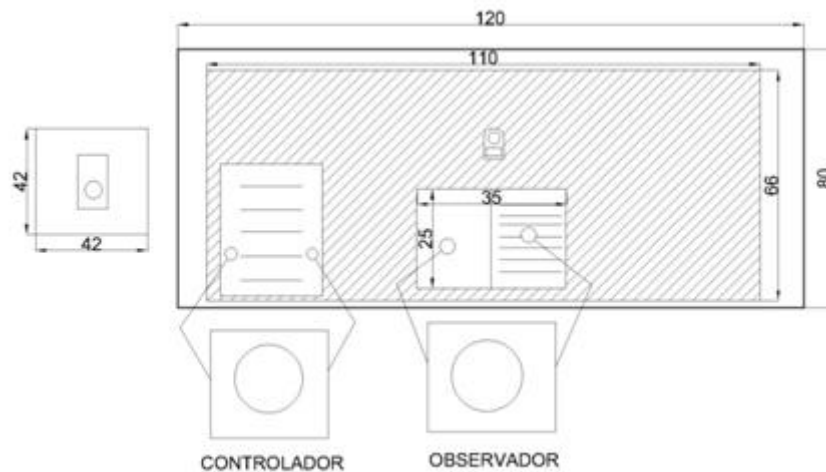
Todo esto lo colocaremos sobre una mesa de trabajo (76 cm de altura, 120 cm ancho y 80 cm de profundidad) y situaremos al observador delante de la mesa en una silla (47 cm de altura hasta donde nos sentamos y 42 cm de ancho y profundidad).

Colocaremos el libro (17,5 cm de ancho y 25 cm de largo) encima de la mesa, concretamente, dejando 7 cm desde la esquina de la mesa hasta donde empieza la parte de abajo del libro y 44 cm por la derecha del libro hasta la mesa, todo esto para que este centrado, y la lámpara D65 (indicar características) colgando del techo a una distancia 95 cm de la mesa de trabajo. El observador tendrá un ángulo de visión hasta el libro de unos 60 grados. Al lado del observador se situará el controlador (en este caso, yo) para regular la intensidad de la luz (con los rangos que estableceremos) y tomar datos.

Vista Plano Alzada



Vista Plano Planta



El luxómetro también estará al medio de la mesa de trabajo, es decir, a 40 cm por arriba y por debajo de la mesa de trabajo, y a 60 cm por la izquierda y por la derecha de la mesa de trabajo.

Podemos observar en la siguiente imagen como queda situado el luxómetro y el libro para realizar la experiencia.



**Las condiciones de trabajo serán siempre las mismas para todos los observadores.**

## 4.2. MATERIAL UTILIZADO PARA EL TRABAJO

En el laboratorio de visión y color de la ETSID tendremos y utilizaremos para realizar la experiencia una lámpara D65, un potenciómetro y un luxómetro.

- La **lámpara D65** simula la luz natural del día. Diseñada para optimizar la visualización del color en las áreas de trabajo, imita la luz natural. Se utiliza ampliamente en las industrias críticas del color tales como textiles, impresión, reprografía y el diseño.

Equipado con cuatro soportes de suspensión y un reflector libre de deslumbramiento. Tiene un difusor opal y reflector blanco que proporciona iluminación uniforme consistente.



- Un **potenciómetro** del laboratorio de visión y color antiguo, en el que hemos estudiado el mínimo y el máximo valor de luxes que permite éste potenciómetro. También hemos fijado 9 valores intermedios entre el mínimo y el máximo para que sean los mismos valores y resulten las mismas condiciones para todos los observadores.



- Y un **luxómetro** que nos servirá para anotar el flujo luminoso que hay por unidad de superficie. Imagen del luxómetro que utilizaremos:



Los valores mínimos y máximos de luminancia que tenemos en nuestra experiencia según el luxómetro LX-101 son:

- Valor mínimo: 4 lux
- Valor máximo: 1330 lux

### 4.3. ZONA DE TRABAJO

Tras nombrar los materiales utilizados para la experiencia, la zona de trabajo en el laboratorio de visión y color de la ETSID nos quedará de la siguiente forma:







MÉTODO 2: Y otra forma sería, en lugar de poner nosotros los diferentes valores de intensidad para acercarnos al valor óptimo de intensidad de cada observador, que el observador nos diga directamente los valores exactos o aproximados de la intensidad óptima.

De entre los dos métodos, nosotros utilizaremos el MÉTODO 1 porque es un método en el que los observadores tienen definido el rango de valores sobre los que se tienen que obtener, y por tanto es más sencillo para ellos.

Empezaremos con un valor de intensidad, el cual decidiremos nosotros, y para cada observación será diferente valor. Dependiendo del valor que hayamos puesto y del observador, éste nos dirá más intensidad de luz o menos intensidad de luz. Entonces indicaremos al lado del valor de intensidad (en la hoja del observador) si necesitaría más o menos intensidad de luz o si el valor de intensidad de luz le parece bien.

Como hemos elegido 9 valores de intensidad entre el mínimo y el máximo valor, lo hemos elegido de la siguiente forma:

PUNTOS ELEGIDOS	INTENSIDAD (LUX)
<b>1</b>	4
<b>2</b>	112
<b>3</b>	240
<b>4</b>	470
<b>5</b>	690
<b>6</b>	888
<b>7</b>	1054
<b>8</b>	1154
<b>9</b>	1274

Por tanto, para simplificar, utilizaremos los números del 1 al 9 para realizar la experiencia. Y, más adelante, al final de la experiencia lo traduciremos a los valores reales de luxes utilizados.

Realizando la experiencia, llegará un momento en que el observador nos diga que ese valor de intensidad que le hemos puesto está bien y entonces, lo anotaremos. Pero no terminaremos aquí, seguiremos dándole más valores (pudiendo repetir valores) y diferentes al que ha elegido pero con el intervalo de intensidad de luz más ajustado (eliminando los valores extremos) para acercarnos lo máximo posible al intervalo de iluminación óptima del observador.

Al final, dependiendo de cada observador, tendremos "x" valores que nos sirvan como intervalo de intensidad óptima de los observadores, para así, sacar la media de esa observación. Haciendo lo mismo con el resto de las cuatro observaciones más de un solo observador.

## 6. SELECCIÓN DE LOS OBSERVADORES

Esta tabla contendrá el número de observadores (20 observadores en nuestro caso), la edad de cada observador, ya que dependiendo de la edad el nivel de visión puede ser diferente, el sexo y el nivel de visión (por si algún observador tiene niveles de visión deficiente y entonces no nos sirve para realizar la experiencia).

OBSERVADOR	EDAD	SEXO	NIVEL VISIÓN
1	21	F	Ametropía corregida 1,75+2
2	20	F	Bueno
3	22	F	Bueno
4	21	M	Bueno
5	20	F	Ametropía corregida 3+4
6	22	M	Ametropía corregida 0,25+0,5
7	19	M	Ametropía corregida 3,5+4
8	55	F	Bueno
9	57	M	Ametropía corregida 5+6
10	20	M	Ametropía corregida 5+5,75
11	23	F	Bueno
12	22	F	Bueno
13	22	F	Ametropía corregida 6+6,5
14	22	M	Ametropía corregida 3+2,75
15	21	M	Bueno
16	22	M	Ametropía corregida 2,75+2,5
17	49	F	Bueno
18	14	F	Bueno
19	27	M	Bueno
20	26	F	Bueno

## 7. TABLAS Y GRÁFICAS RESULTADOS OBSERVADORES

A continuación, todas las tablas de los resultados de cada uno de los 20 observadores. Las tablas, como hemos explicado anteriormente en el apartado de "tabla recogida información", contendrán el número de observador, las 5 observaciones realizadas, y dentro de cada observación dos columnas, la primera diferentes intensidades, concretamente 9 puntos elegidos (cada punto tendrá un valor de luxes diferentes, fijados previamente a la realización de la experiencia, los podemos ver en el apartado "tabla recogida información"), y la segunda columna las variaciones, es decir, si el observador nos dice que subamos, bajemos o le gusta la intensidad propuesta.

En la columna variaciones utilizamos el símbolo "+" para decir que el observador quiere más intensidad de luz, el "-" para decir que el observador quiere menos intensidad de luz y el "OK" para decir que le gusta la intensidad de luz.

Los puntos que vamos a introducir en la columna de intensidad de la primera observación a la tercera observación, ambos incluidos, serán del 1 al 9 aleatoriamente para cada observación y para cada observador, pudiéndose repetir el formato en otro observador distinto. Pero aunque sean introducidos de forma aleatoria siempre contendrán el mismo número de números, es decir, contendrán los siguientes números introducidos de forma aleatoria (1, 1, 2, 2, 3, 3, 4, 4, 4, 5, 5, 5, 6, 6, 6, 7, 7, 8, 8 y 9). Hemos decidido que sea así porque el rango de intensidad óptima no lo encontraremos en los extremos, por tanto es más conveniente repetir valores que se encuentren por el medio.

Mientras que en las observaciones cuarta y quinta hemos decidido quitar los valores extremos (1, 2, 8 y 9) con el objetivo de acercarnos más concretamente a los puntos de intensidades óptimas. Por tanto, las observaciones cuarta y quinta las haremos con los siguientes valores (3, 3, 3, 3, 4, 4, 4, 4, 5, 5, 5, 5, 6, 6, 6, 6, 7, 7, 7 y 7).

Y debajo de cada columna de las diferentes observaciones de cada observador tendremos la media con los valores que haya elegido como buenos, es decir, los que ponga "OK".

NÚMERO DE OBSERVADOR	1a OBSERVACIÓN		2a OBSERVACIÓN		3a OBSERVACIÓN		4a OBSERVACIÓN		5a OBSERVACIÓN	
	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES
1	1	+	1	+	9	-	4	+	4	+
	3	+	2	+	6	OK	4	+	4	+
	5	OK	4	OK	8	-	7	OK	7	OK
	7	-	9	-	7	OK	7	OK	7	OK
	9	-	5	OK	4	+	6	+	6	OK
	4	+	7	-	3	+	3	+	3	+
	6	OK	6	OK	2	+	5	OK	5	+
	8	-	7	-	6	OK	3	+	3	+
	2	+	1	+	8	-	5	OK	5	OK
	1	+	5	+	5	+	4	+	4	+
	2	+	6	OK	4	+	6	-	6	OK
	5	OK	4	+	3	+	5	OK	5	+
	4	+	3	+	1	+	7	-	7	-
	6	OK	6	-	7	-	3	+	3	+
	7	-	3	+	6	OK	3	+	3	+
	5	+	8	-	1	+	6	OK	6	OK
	3	+	5	OK	5	OK	4	+	4	+
	6	OK	4	+	2	+	7	OK	7	OK
	8	-	8	-	4	+	5	OK	5	OK
	4	+	2	+	5	OK	6	OK	6	OK
<b>MEDIA</b>	5,60		5,20		5,83		5,89		6,11	

NÚMERO DE OBSERVADOR	1a OBSERVACIÓN		2a OBSERVACIÓN		3a OBSERVACIÓN		4a OBSERVACIÓN		5a OBSERVACIÓN	
	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES
2	4	OK	1	+	9	-	3	OK	4	OK
	8	-	2	OK	6	OK	7	-	3	OK
	5	+	4	OK	8	-	4	OK	5	OK
	7	OK	9	-	7	OK	6	OK	3	OK
	3	+	5	OK	4	OK	3	OK	4	OK
	5	OK	7	OK	3	OK	7	-	7	-
	4	OK	6	OK	2	+	6	OK	5	OK
	6	OK	7	OK	6	OK	5	OK	6	OK
	8	-	1	+	8	-	3	OK	4	OK
	1	+	5	OK	5	-	6	OK	5	OK
	2	+	6	OK	4	OK	5	OK	7	-
	3	OK	4	OK	3	OK	4	OK	6	OK
	2	+	3	OK	1	+	5	OK	3	+
	4	OK	6	OK	7	OK	3	OK	7	-
	7	-	3	OK	6	OK	6	OK	4	OK
	9	-	8	-	1	+	7	-	5	OK
	6	OK	5	OK	5	OK	4	OK	6	OK
	1	+	4	OK	2	+	5	OK	7	-
	5	OK	8	-	4	+	4	OK	6	OK
	6	OK	2	+	5	OK	7	-	3	+

<b>MEDIA</b>	5,00	4,79	5,09	4,50	4,71
--------------	------	------	------	------	------

NÚMERO DE OBSERVADOR	1a OBSERVACIÓN		2a OBSERVACIÓN		3a OBSERVACIÓN		4a OBSERVACIÓN		5a OBSERVACIÓN	
	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES
3	1	+	9	-	1	+	6	OK	3	+
	2	+	6	OK	3	+	3	+	5	OK
	4	OK	8	-	5	+	5	OK	3	+
	9	-	7	-	7	OK	4	OK	4	OK
	5	OK	4	+	9	-	6	OK	5	OK
	7	-	3	+	4	+	4	OK	7	-
	6	OK	2	+	6	OK	5	OK	6	OK
	7	-	6	OK	8	-	7	-	7	-
	1	+	8	-	2	+	6	OK	6	OK
	5	OK	5	OK	1	+	3	+	5	OK
	6	OK	4	+	2	+	7	-	7	-
	4	+	3	+	5	OK	4	OK	4	+
	3	+	1	+	4	+	7	-	6	OK
	6	-	7	-	6	OK	3	+	7	-
	3	+	6	OK	7	OK	5	OK	4	+
	8	-	1	+	5	OK	4	OK	3	+
	5	OK	5	OK	3	+	6	OK	6	OK
	4	+	2	+	6	OK	3	+	4	+
	8	-	4	+	8	-	7	-	5	OK
	2	+	5	OK	4	+	5	OK	3	+

<b>MEDIA</b>	5,17	5,50	6,00	5,00	5,33
--------------	------	------	------	------	------

NÚMERO DE OBSERVADOR	1ª OBSERVACIÓN		2ª OBSERVACIÓN		3ª OBSERVACIÓN		4ª OBSERVACIÓN		5ª OBSERVACIÓN	
	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES
4	4	+	9	-	1	+	3	+	4	+
	8	-	6	OK	2	+	5	+	3	+
	5	+	8	-	4	+	3	+	5	+
	7	-	7	-	9	-	4	+	3	+
	3	+	4	+	5	+	5	+	4	+
	5	+	3	+	7	-	7	-	7	-
	4	+	2	+	6	OK	6	OK	5	+
	6	OK	6	OK	7	-	7	-	6	OK
	8	-	8	-	1	+	6	OK	4	+
	1	+	5	+	5	+	5	+	5	+
	2	+	4	+	6	OK	7	-	7	-
	3	+	3	+	4	+	4	+	6	OK
	2	+	1	-	3	+	6	OK	3	+
	4	+	7	+	6	OK	7	-	7	-
	7	-	6	OK	3	+	4	+	4	+
	9	-	1	+	8	-	3	+	5	+
	6	OK	5	+	5	+	6	OK	6	OK
	1	+	2	+	4	+	4	+	7	-
	5	+	4	+	8	-	5	+	6	OK
	6	OK	5	+	2	+	3	+	3	+

<b>MEDIA</b>	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
--------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

NÚMERO DE OBSERVADOR	1a OBSERVACIÓN		2a OBSERVACIÓN		3a OBSERVACIÓN		4a OBSERVACIÓN		5a OBSERVACIÓN	
	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES
5	1	+	4	+	9	-	3	+	6	OK
	2	+	8	-	6	OK	7	OK	3	+
	4	+	5	-	8	-	4	+	5	+
	9	-	7	OK	7	OK	6	OK	4	+
	5	+	3	+	4	+	3	+	6	OK
	7	OK	5	+	3	+	7	OK	4	+
	6	OK	4	+	2	+	6	OK	5	+
	7	OK	6	OK	6	OK	5	+	7	OK
	1	+	8	-	8	-	3	+	6	OK
	5	OK	1	+	5	OK	6	OK	3	+
	6	-	2	+	4	+	5	+	7	OK
	4	+	3	+	3	+	4	+	4	+
	3	+	2	+	1	+	5	+	7	OK
	6	OK	4	+	7	OK	3	+	3	+
	3	+	7	OK	6	OK	6	OK	5	+
	8	-	9	-	1	+	7	OK	4	+
	5	+	6	OK	5	OK	4	+	6	OK
	4	+	1	+	2	+	5	+	3	+
	8	-	5	OK	4	+	4	+	7	OK
	2	+	6	OK	5	+	7	OK	5	+

<b>MEDIA</b>	6,20	6,17	6,00	6,50	6,50
--------------	------	------	------	------	------



NÚMERO DE OBSERVADOR	1a OBSERVACIÓN		2a OBSERVACIÓN		3a OBSERVACIÓN		4a OBSERVACIÓN		5a OBSERVACIÓN	
	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES
6	4	OK	1	+	1	+	4	OK	6	OK
	8	-	2	+	3	OK	3	+	3	+
	5	OK	4	OK	5	OK	5	OK	5	OK
	7	OK	9	-	7	-	3	+	4	OK
	3	+	5	OK	9	-	4	OK	6	OK
	5	OK	7	-	4	OK	7	-	4	OK
	4	OK	6	OK	6	OK	5	OK	5	OK
	6	OK	7	-	8	-	6	OK	7	-
	8	-	1	+	2	+	4	OK	6	OK
	1	+	5	OK	1	+	5	OK	3	+
	2	+	6	OK	2	+	7	-	7	-
	3	OK	4	OK	5	OK	6	OK	4	OK
	2	+	3	+	4	OK	3	+	7	-
	4	OK	6	OK	6	OK	7	-	3	+
	7	OK	3	+	7	OK	4	OK	5	OK
	9	-	8	-	5	OK	5	OK	4	OK
	6	OK	5	OK	3	OK	6	OK	6	OK
	1	+	4	OK	6	OK	7	OK	3	+
	5	OK	8	-	8	-	6	OK	7	-
	6	OK	2	+	4	OK	3	+	5	OK

<b>MEDIA</b>	5,17	5,00	4,83	5,15	5,00
--------------	------	------	------	------	------

NÚMERO DE OBSERVADOR	1a OBSERVACIÓN		2a OBSERVACIÓN		3a OBSERVACIÓN		4a OBSERVACIÓN		5a OBSERVACIÓN	
	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES
7	1	+	9	-	1	+	3	OK	3	+
	2	+	6	OK	3	+	7	OK	5	OK
	4	OK	8	-	5	OK	4	OK	3	+
	9	-	7	OK	7	OK	6	OK	4	OK
	5	+	4	OK	9	-	3	+	5	OK
	7	OK	3	+	4	+	7	-	7	-
	6	+	2	+	6	OK	6	OK	6	-
	7	OK	6	OK	8	-	5	OK	7	-
	1	+	8	-	2	+	3	+	6	-
	5	OK	5	OK	1	+	6	OK	5	OK
	6	OK	4	OK	2	+	5	OK	7	-
	4	OK	3	+	5	OK	4	OK	4	OK
	3	+	1	+	4	OK	5	OK	6	OK
	6	OK	7	OK	6	OK	3	+	7	-
	3	+	6	OK	7	OK	6	-	4	OK
	8	OK	1	+	5	OK	7	-	3	+
	5	OK	5	OK	3	+	4	OK	6	OK
	4	OK	2	+	6	OK	5	OK	4	OK
	8	OK	4	OK	8	-	4	OK	5	OK
	2	+	5	OK	4	OK	7	-	3	+
<b>MEDIA</b>	5,82		5,36		5,50		4,92		4,80	

NÚMERO DE OBSERVADOR	1a OBSERVACIÓN		2a OBSERVACIÓN		3a OBSERVACIÓN		4a OBSERVACIÓN		5a OBSERVACIÓN	
	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES
8	1	+	1	+	9	-	6	OK	7	-
	3	+	2	+	6	OK	3	+	5	OK
	5	+	4	+	8	OK	5	+	4	+
	7	OK	9	-	7	OK	4	+	6	OK
	9	-	5	OK	4	+	6	OK	3	+
	4	+	7	OK	3	+	4	+	6	OK
	6	OK	6	OK	2	+	5	+	7	-
	8	OK	7	OK	6	OK	7	OK	5	OK
	2	+	1	+	8	OK	6	OK	4	+
	1	+	5	OK	5	+	3	+	5	OK
	2	+	6	OK	4	-	7	-	7	-
	5	+	4	+	3	-	4	+	4	+
	4	+	3	+	1	+	7	-	6	OK
	6	OK	6	OK	7	OK	3	+	3	+
	7	OK	3	+	6	OK	5	OK	5	OK
	5	+	8	OK	1	+	4	OK	3	+
	3	+	5	+	5	OK	6	OK	7	-
	6	OK	4	+	2	+	3	+	3	+
	8	OK	8	OK	4	+	7	-	6	OK
	4	-	2	+	5	OK	5	OK	4	+
<b>MEDIA</b>	6,86		6,44		6,44		5,63		5,50	

NÚMERO DE OBSERVADOR	1a OBSERVACIÓN		2a OBSERVACIÓN		3a OBSERVACIÓN		4a OBSERVACIÓN		5a OBSERVACIÓN	
	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES
9	1	+	1	+	9	-	5	OK	3	+
	3	+	2	+	6	OK	4	+	7	-
	5	OK	4	+	8	-	7	OK	4	+
	7	OK	9	-	7	OK	6	OK	6	OK
	9	-	5	OK	4	+	5	OK	3	+
	4	+	7	OK	3	+	3	+	7	-
	6	OK	6	OK	2	+	7	OK	6	OK
	8	-	7	OK	6	OK	6	OK	5	OK
	2	+	1	+	8	-	3	+	3	+
	1	+	5	OK	5	OK	4	+	6	OK
	2	+	6	OK	4	+	6	OK	5	OK
	5	OK	4	+	3	+	7	-	4	OK
	4	+	3	+	1	+	5	OK	5	OK
	6	OK	6	OK	7	OK	4	+	3	+
	7	OK	3	+	6	OK	7	-	6	OK
	5	OK	8	-	1	+	5	OK	7	-
	3	+	5	OK	5	OK	6	OK	4	OK
	6	OK	4	+	2	+	3	+	5	OK
	8	-	8	-	4	+	4	+	4	OK
	4	+	2	+	5	OK	3	+	7	-
<b>MEDIA</b>	5,88		5,88		5,88		5,80		5,09	

NÚMERO DE OBSERVADOR	1a OBSERVACIÓN		2a OBSERVACIÓN		3a OBSERVACIÓN		4a OBSERVACIÓN		5a OBSERVACIÓN	
	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES
10	6	OK	1	+	9	-	7	-	4	OK
	4	+	2	+	6	OK	5	OK	3	+
	1	+	4	+	8	-	4	OK	5	OK
	2	+	9	-	7	OK	6	OK	3	+
	5	OK	5	OK	4	+	3	+	4	+
	3	+	7	-	3	+	6	OK	7	-
	6	OK	6	OK	2	+	7	OK	5	OK
	9	-	7	-	6	OK	5	OK	6	OK
	8	-	1	+	8	-	4	+	4	OK
	4	+	5	OK	5	OK	5	OK	5	OK
	7	OK	6	OK	4	+	7	-	7	-
	2	+	4	+	3	+	4	+	6	OK
	1	+	3	+	1	+	6	OK	3	+
	3	+	6	OK	7	-	3	+	7	-
	6	OK	3	+	6	OK	5	OK	4	+
	5	OK	8	-	1	+	3	+	5	OK
	4	+	5	OK	5	OK	7	-	6	OK
	8	-	4	+	2	+	3	+	7	-
	5	OK	8	-	4	+	6	OK	6	OK
	7	OK	2	+	5	OK	4	+	3	+
<b>MEDIA</b>	5,88		5,50		5,71		5,50		5,20	

NÚMERO DE OBSERVADOR	1a OBSERVACIÓN		2a OBSERVACIÓN		3a OBSERVACIÓN		4a OBSERVACIÓN		5a OBSERVACIÓN	
	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES
11	9	-	1	+	4	+	3	+	6	OK
	6	OK	3	+	6	OK	5	OK	3	+
	8	-	5	OK	7	-	3	+	5	OK
	7	-	9	-	5	OK	4	+	4	+
	4	+	4	+	3	+	5	OK	6	OK
	3	+	6	OK	8	-	7	-	4	+
	2	+	8	-	1	+	6	OK	5	OK
	6	OK	5	OK	4	+	7	-	7	-
	8	-	2	+	2	+	6	OK	6	OK
	5	OK	4	+	5	OK	5	OK	3	+
	4	+	6	OK	1	+	7	-	7	-
	3	+	3	+	6	OK	4	+	4	+
	1	+	8	-	7	-	6	OK	7	-
	7	-	5	OK	3	+	7	-	3	+
	6	OK	7	-	4	+	4	+	5	OK
	1	+	4	+	8	-	3	+	4	OK
	5	OK	6	OK	2	+	6	OK	6	OK
	2	+	1	+	5	OK	4	OK	3	+
	4	+	2	+	6	OK	5	OK	7	-
	5	OK	7	-	9	-	3	+	5	OK
<b>MEDIA</b>	5,50		5,50		5,50		5,33		5,33	

NÚMERO DE OBSERVADOR	1a OBSERVACIÓN		2a OBSERVACIÓN		3a OBSERVACIÓN		4a OBSERVACIÓN		5a OBSERVACIÓN	
	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES
12	4	OK	5	OK	2	+	5	OK	3	+
	2	+	1	+	5	OK	4	OK	7	-
	6	OK	4	OK	3	+	7	-	4	+
	1	+	3	+	1	+	6	OK	6	OK
	5	OK	6	OK	6	OK	5	OK	3	+
	3	+	7	OK	4	OK	3	+	7	-
	4	+	2	+	8	-	7	-	6	OK
	6	OK	1	+	2	+	6	OK	5	OK
	7	OK	8	-	6	OK	3	+	3	+
	2	+	4	+	3	+	4	+	6	OK
	5	OK	5	OK	4	+	6	OK	5	OK
	1	+	7	OK	7	OK	7	OK	4	+
	5	OK	2	+	5	OK	5	OK	5	OK
	4	OK	6	OK	1	+	4	+	3	+
	7	OK	3	+	7	-	7	-	6	OK
	9	-	5	+	4	+	5	OK	7	OK
	8	-	9	-	6	OK	6	OK	4	+
	3	+	8	-	9	-	3	+	5	OK
	6	OK	4	OK	5	OK	4	+	4	+
	8	-	6	OK	8	-	3	+	7	-
<b>MEDIA</b>	5,50		5,56		5,50		5,50		5,67	

NÚMERO DE OBSERVADOR	1a OBSERVACIÓN		2a OBSERVACIÓN		3a OBSERVACIÓN		4a OBSERVACIÓN		5a OBSERVACIÓN	
	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES
13	6	OK	1	+	9	-	3	+	7	-
	4	+	7	-	4	+	7	OK	5	OK
	1	+	4	+	3	+	4	+	4	+
	4	+	2	+	6	OK	6	OK	6	OK
	5	+	5	OK	7	OK	3	+	3	+
	2	+	6	OK	2	+	7	OK	6	OK
	5	OK	8	-	5	OK	6	OK	7	OK
	6	OK	3	+	3	+	5	OK	5	OK
	4	+	6	OK	7	-	3	+	4	+
	9	-	4	+	1	+	6	OK	5	OK
	3	+	5	OK	6	OK	5	OK	7	OK
	6	OK	1	+	4	+	4	+	4	+
	2	+	2	+	5	OK	5	OK	6	OK
	7	OK	5	OK	1	+	3	+	3	+
	1	+	4	+	8	-	6	OK	5	OK
	8	-	9	-	5	OK	7	OK	3	+
	3	+	6	OK	2	+	4	+	7	-
	7	OK	3	+	4	+	5	OK	3	+
	5	OK	7	OK	6	OK	4	+	6	OK
	8	-	8	-	8	-	7	OK	4	+

<b>MEDIA</b>	6,00	5,71	5,71	6,00	5,80
--------------	------	------	------	------	------



NÚMERO DE OBSERVADOR	1a OBSERVACIÓN		2a OBSERVACIÓN		3a OBSERVACIÓN		4a OBSERVACIÓN		5a OBSERVACIÓN	
	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES
14	7	-	1	+	8	-	4	+	6	OK
	2	+	8	-	3	+	3	+	3	+
	9	-	3	+	4	+	5	OK	5	OK
	1	+	4	+	7	-	3	+	4	+
	5	OK	5	OK	1	+	4	+	6	OK
	3	+	9	-	6	OK	7	-	4	+
	4	OK	6	OK	5	OK	5	OK	5	OK
	6	OK	7	OK	4	+	6	OK	7	OK
	8	-	2	+	9	-	4	+	6	OK
	2	+	5	OK	3	+	5	OK	3	+
	4	+	4	+	5	OK	7	OK	7	-
	5	OK	6	OK	4	+	6	OK	4	+
	1	+	1	+	2	+	3	+	7	-
	4	+	5	OK	6	OK	7	-	3	+
	6	OK	6	OK	2	+	4	+	5	OK
	5	OK	2	+	6	OK	5	OK	4	+
	3	+	4	+	7	OK	6	OK	6	OK
	6	OK	3	+	1	+	7	OK	3	+
	8	-	7	-	5	OK	6	OK	7	-
	7	-	8	-	8	-	3	+	5	OK
<b>MEDIA</b>	5,29		5,71		5,71		5,80		5,67	

NÚMERO DE OBSERVADOR	1a OBSERVACIÓN		2a OBSERVACIÓN		3a OBSERVACIÓN		4a OBSERVACIÓN		5a OBSERVACIÓN	
	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES
15	7	-	3	+	1	+	5	OK	3	+
	1	+	1	+	3	+	4	+	5	OK
	2	+	4	+	6	OK	7	-	3	+
	4	+	5	OK	2	+	6	OK	4	+
	5	+	7	OK	7	-	5	OK	5	OK
	3	+	6	OK	3	+	3	+	7	OK
	5	OK	9	-	5	OK	7	-	6	OK
	2	+	2	+	2	+	6	OK	7	OK
	6	OK	3	+	4	+	3	+	6	OK
	1	+	4	+	1	+	4	+	5	OK
	3	+	5	OK	7	OK	6	OK	7	OK
	6	OK	2	+	8	-	7	OK	4	+
	4	+	6	OK	4	+	5	OK	6	OK
	5	OK	1	+	5	OK	4	+	7	OK
	9	-	8	-	6	OK	7	-	4	+
	4	+	4	+	8	-	5	OK	3	+
	8	-	6	OK	9	-	6	OK	6	OK
	6	OK	7	OK	6	OK	3	+	4	+
	7	OK	5	OK	5	OK	4	+	5	OK
8	-	8	-	4	+	3	+	3	+	
<b>MEDIA</b>	5,83		5,88		5,71		5,67		6,00	

NÚMERO DE OBSERVADOR	1a OBSERVACIÓN		2a OBSERVACIÓN		3a OBSERVACIÓN		4a OBSERVACIÓN		5a OBSERVACIÓN	
	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES
16	4	+	1	+	9	-	3	+	4	+
	2	+	3	+	6	OK	7	OK	3	+
	6	OK	5	OK	8	-	4	+	5	OK
	1	+	9	-	7	OK	6	OK	3	+
	5	OK	4	+	4	+	3	+	4	+
	3	+	6	OK	3	+	7	OK	7	OK
	4	+	8	-	2	+	6	OK	5	OK
	6	OK	5	OK	6	OK	5	OK	6	OK
	7	OK	2	+	8	-	3	+	4	+
	2	+	4	+	5	OK	6	OK	5	OK
	5	OK	6	OK	4	+	5	OK	7	OK
	1	+	3	+	3	+	4	+	6	OK
	5	OK	8	-	1	+	5	OK	3	+
	4	+	5	OK	7	OK	3	+	7	OK
	7	OK	7	OK	6	OK	6	OK	4	+
	9	-	4	+	1	+	7	OK	5	OK
	8	-	6	OK	5	OK	4	+	6	OK
	3	+	1	+	2	+	5	OK	7	OK
	6	OK	2	+	4	+	4	+	6	OK
	8	-	7	OK	5	OK	7	OK	3	+
<b>MEDIA</b>	5,88		5,88		5,88		6,00		6,00	

NÚMERO DE OBSERVADOR	1a OBSERVACIÓN		2a OBSERVACIÓN		3a OBSERVACIÓN		4a OBSERVACIÓN		5a OBSERVACIÓN	
	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES
17	1	+	7	OK	4	+	7	OK	6	OK
	7	OK	2	+	8	OK	5	+	3	+
	4	+	9	-	5	+	4	+	5	OK
	2	+	1	+	7	OK	6	OK	4	+
	5	+	5	OK	3	+	3	+	6	OK
	6	OK	3	+	5	+	6	OK	4	+
	8	OK	4	+	4	+	7	OK	5	OK
	3	+	6	OK	6	OK	5	+	7	OK
	6	OK	8	OK	8	OK	4	+	6	OK
	4	+	2	+	1	+	5	OK	3	+
	5	OK	4	+	2	+	7	OK	7	OK
	1	+	5	+	3	+	4	+	4	+
	2	+	1	+	2	+	6	OK	7	OK
	5	OK	4	+	4	+	3	+	3	+
	4	+	6	OK	7	OK	5	OK	5	OK
	9	-	5	+	9	-	3	+	4	+
	6	OK	3	+	6	OK	7	OK	6	OK
	3	+	6	OK	1	+	3	+	3	+
	7	OK	8	OK	5	+	6	OK	7	OK
	8	OK	7	OK	6	OK	4	+	5	+
<b>MEDIA</b>	6,44		6,63		6,86		6,20		6,09	

NÚMERO DE OBSERVADOR	1a OBSERVACIÓN		2a OBSERVACIÓN		3a OBSERVACIÓN		4a OBSERVACIÓN		5a OBSERVACIÓN	
	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES
18	7	OK	1	+	5	OK	5	OK	3	+
	2	+	3	+	1	+	4	+	7	OK
	9	-	5	OK	4	+	7	OK	4	OK
	1	+	7	OK	3	+	6	OK	6	OK
	5	OK	9	-	6	OK	5	OK	3	+
	3	+	4	+	7	OK	3	+	7	OK
	4	OK	6	OK	2	+	7	-	6	OK
	6	OK	8	-	1	+	6	OK	5	OK
	8	-	2	+	8	-	3	+	3	+
	2	+	1	+	4	+	4	OK	6	OK
	4	OK	2	+	5	OK	6	OK	5	OK
	5	OK	5	OK	7	OK	7	OK	4	OK
	1	+	4	+	2	+	5	OK	5	OK
	4	OK	6	OK	6	OK	4	OK	3	+
	6	OK	7	OK	3	+	7	OK	6	OK
	5	OK	5	OK	5	OK	5	OK	7	OK
	3	+	3	+	9	-	6	OK	4	+
	6	OK	6	OK	8	-	3	+	5	OK
8	-	8	-	4	+	4	OK	4	+	
7	OK	4	+	6	OK	3	+	7	OK	
<b>MEDIA</b>	5,36		5,88		5,88		5,50		5,71	

NÚMERO DE OBSERVADOR	1a OBSERVACIÓN		2a OBSERVACIÓN		3a OBSERVACIÓN		4a OBSERVACIÓN		5a OBSERVACIÓN	
	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES
19	9	-	1	+	4	OK	4	OK	3	+
	6	OK	3	OK	6	OK	3	+	5	OK
	8	-	5	OK	7	OK	5	OK	3	+
	7	-	9	-	5	OK	3	+	4	+
	4	OK	4	OK	3	+	4	+	5	OK
	3	OK	6	OK	8	-	7	-	7	-
	2	+	8	-	1	+	5	OK	6	OK
	6	OK	5	OK	4	OK	6	OK	7	-
	8	-	2	+	2	+	4	+	6	OK
	5	OK	4	OK	5	OK	5	OK	5	OK
	4	OK	6	OK	1	+	7	OK	7	-
	3	OK	3	+	6	OK	6	OK	4	+
	1	+	8	-	7	OK	3	+	6	OK
	7	-	5	OK	3	+	7	-	7	OK
	6	OK	7	OK	4	OK	4	+	4	+
	1	+	4	OK	8	-	5	OK	3	+
	5	OK	6	OK	2	+	6	OK	6	OK
	2	+	1	+	5	OK	7	OK	4	+
	4	OK	2	+	6	OK	6	OK	5	OK
	5	OK	7	OK	9	-	3	+	3	+
<b>MEDIA</b>	4,64		5,17		5,36		5,64		5,67	

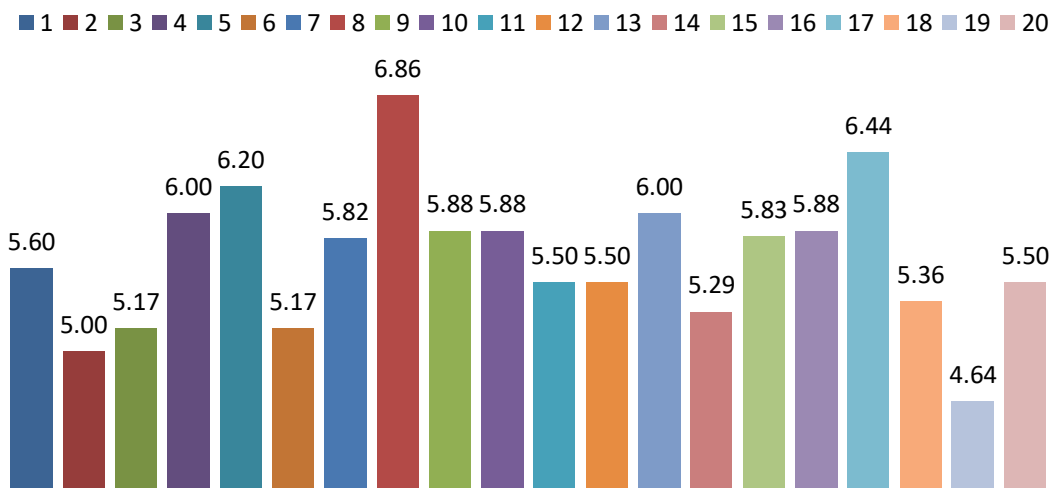
NÚMERO DE OBSERVADOR	1a OBSERVACIÓN		2a OBSERVACIÓN		3a OBSERVACIÓN		4a OBSERVACIÓN		5a OBSERVACIÓN	
	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES	INTENSIDAD	VARIACIONES
20	1	+	9	-	6	OK	6	OK	3	+
	2	+	6	OK	4	+	3	+	7	-
	4	+	8	-	1	+	5	OK	4	+
	9	-	7	-	2	+	4	+	6	OK
	5	OK	4	+	5	OK	6	OK	3	+
	7	-	3	+	3	+	4	+	7	-
	6	OK	2	+	6	OK	5	+	6	OK
	7	-	6	OK	9	-	7	-	5	OK
	1	+	8	-	8	-	6	OK	3	+
	5	OK	5	OK	4	+	3	+	6	OK
	6	OK	4	+	7	-	7	-	5	OK
	4	+	3	+	2	+	4	+	4	+
	3	+	1	+	1	+	7	-	5	OK
	6	OK	7	-	3	+	3	+	3	+
	3	+	6	OK	6	OK	5	OK	6	OK
	8	-	1	+	5	OK	4	+	7	-
	5	OK	5	OK	4	+	6	OK	4	+
	4	+	2	+	8	-	3	+	5	OK
	8	-	4	+	5	OK	7	-	4	+
	2	+	5	OK	7	-	5	OK	7	-
<b>MEDIA</b>	5,50		5,50		5,50		5,57		5,50	

Una vez realizada la experiencia con los 20 observadores compararemos resultados y extraeremos las conclusiones.

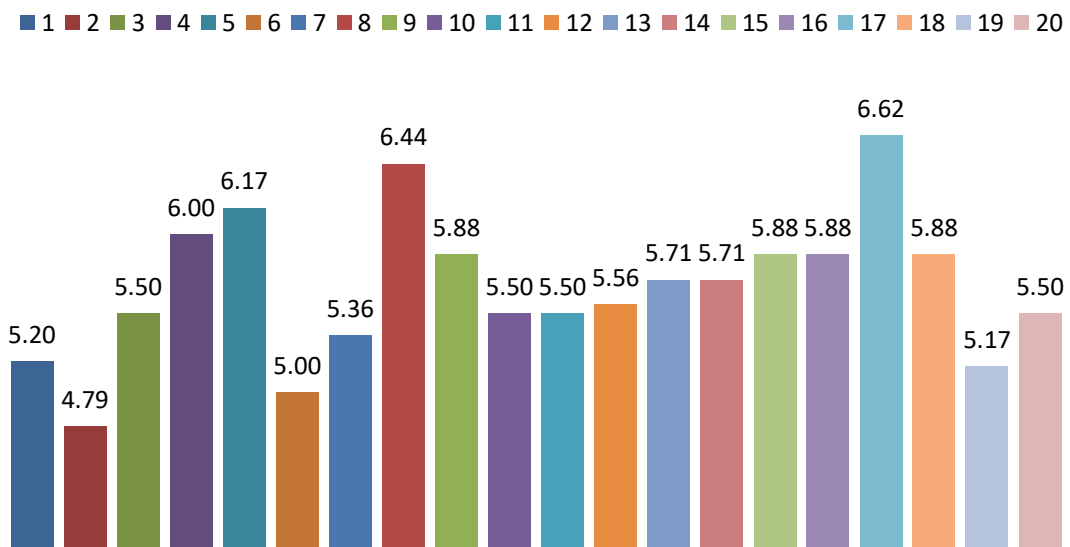
Viendo las tablas individualmente podemos observar que el valor que más se repite es el 5 (que corresponde a unos 690 luxes aproximadamente), también aparece el número 4 pero muy pocos observadores lo han elegido, y el número 6 también aparece, no tanto como el 5 pero más que el 4, porque preferiblemente los observadores desean más intensidad de luz. Aunque como ya he dicho, aproximadamente, rondan todos sobre el 5.

Para verlo de una forma más visual, tenemos una gráfica de la media de cada observación individualmente, para ver si tenemos valores que se dispersan mucho, y una gráfica de la media de las 5 observaciones de los 20 observadores.

### 1a OBSERVACIÓN

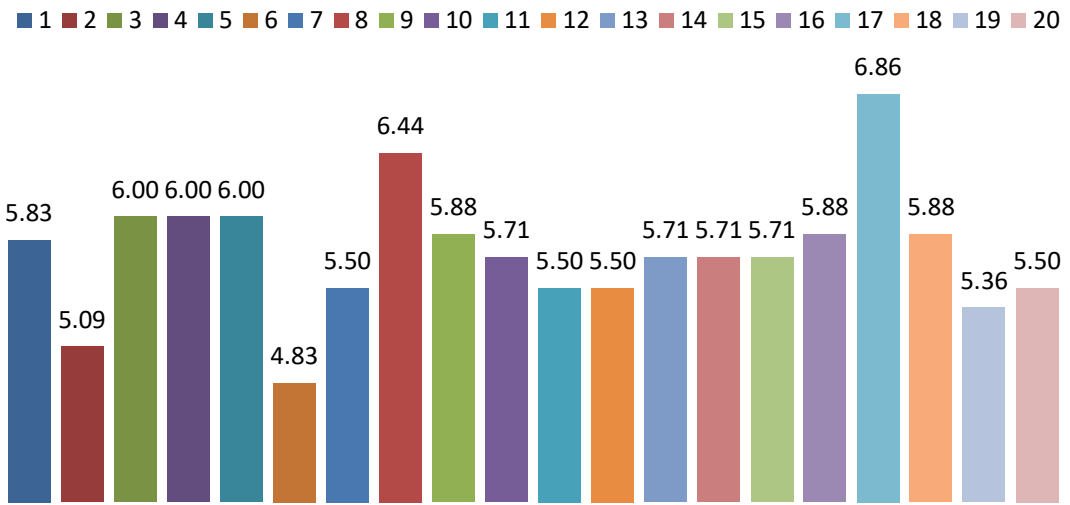


### 2a OBSERVACIÓN

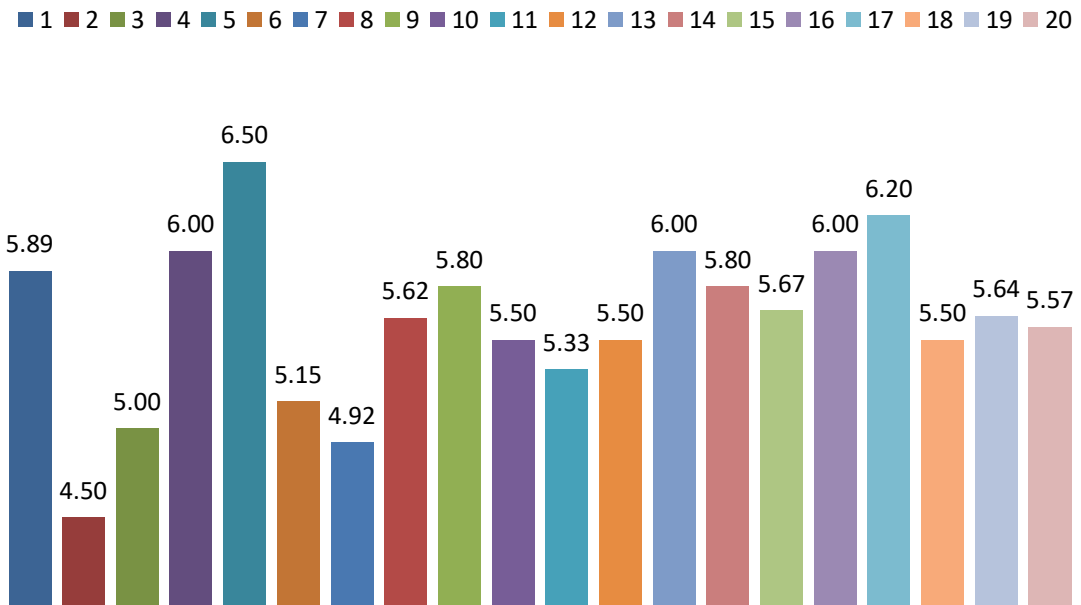




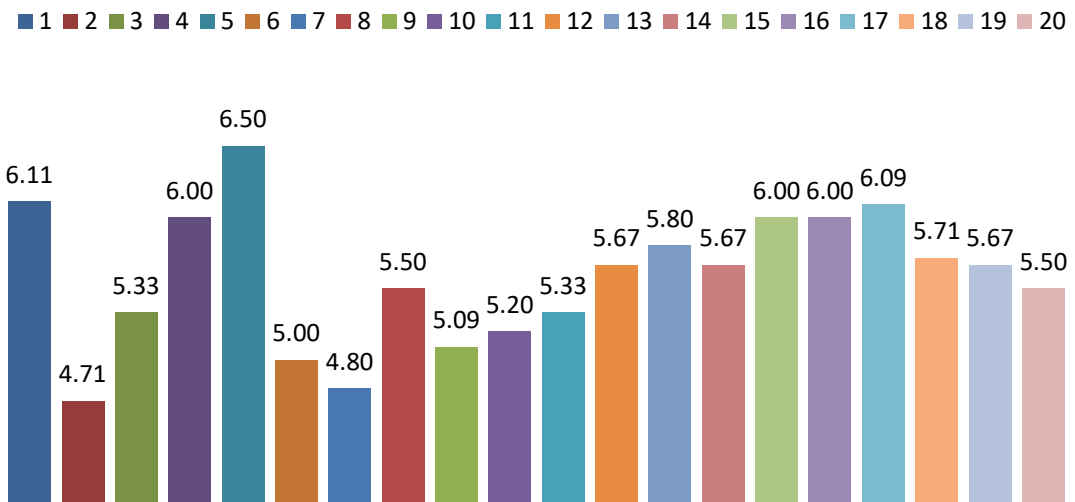
### 3a OBSERVACIÓN



### 4a OBSERVACIÓN

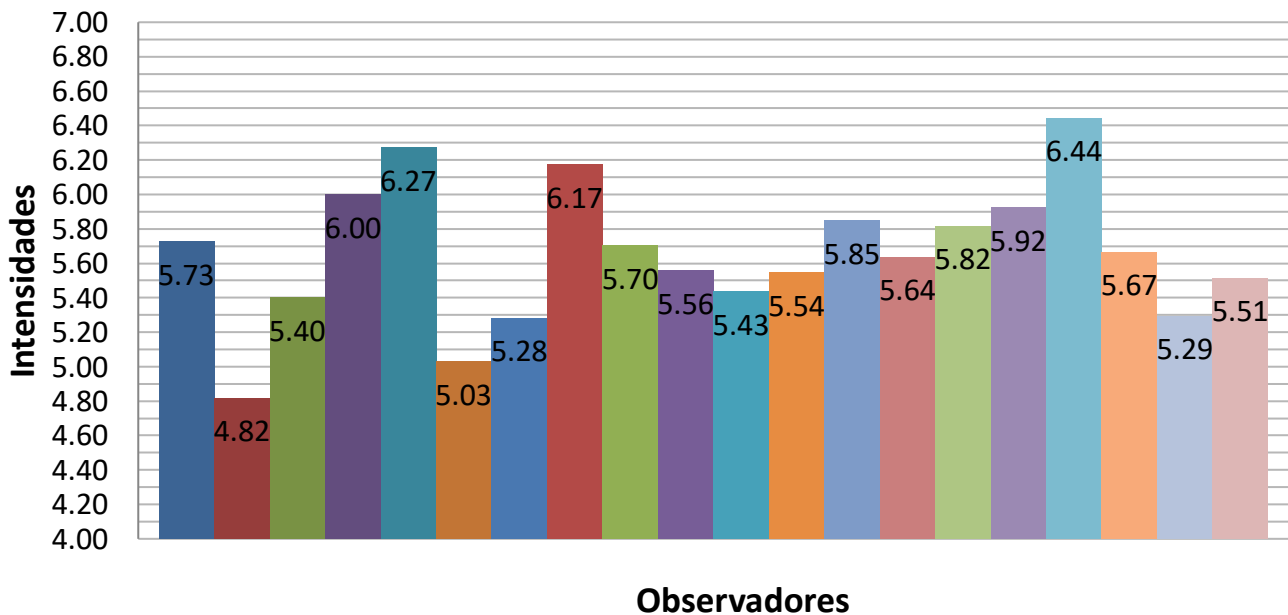


## 5a OBSERVACIÓN



Como podemos ver en cada una de las 5 observaciones, no hay valores excesivamente altos ni bajos, excepto alguno que se dispersa un poco, por tanto la media estará aproximadamente en el valor número 5, aunque el resultado exacto de la media lo tendremos en el siguiente apartado.

## Media de las 5 observaciones de cada observador



## 8. RESULTADOS DEL TRABAJO

En la tabla resumen, tendremos las medias de cada observación de cada observador. Haremos una media con los valores medios de las cinco observaciones, y por último, de todas las medias de las observaciones de todos los observadores haremos la media total, que será la intensidad óptima de iluminación para un documento.

Nos quedará una tabla resumen como la siguiente:

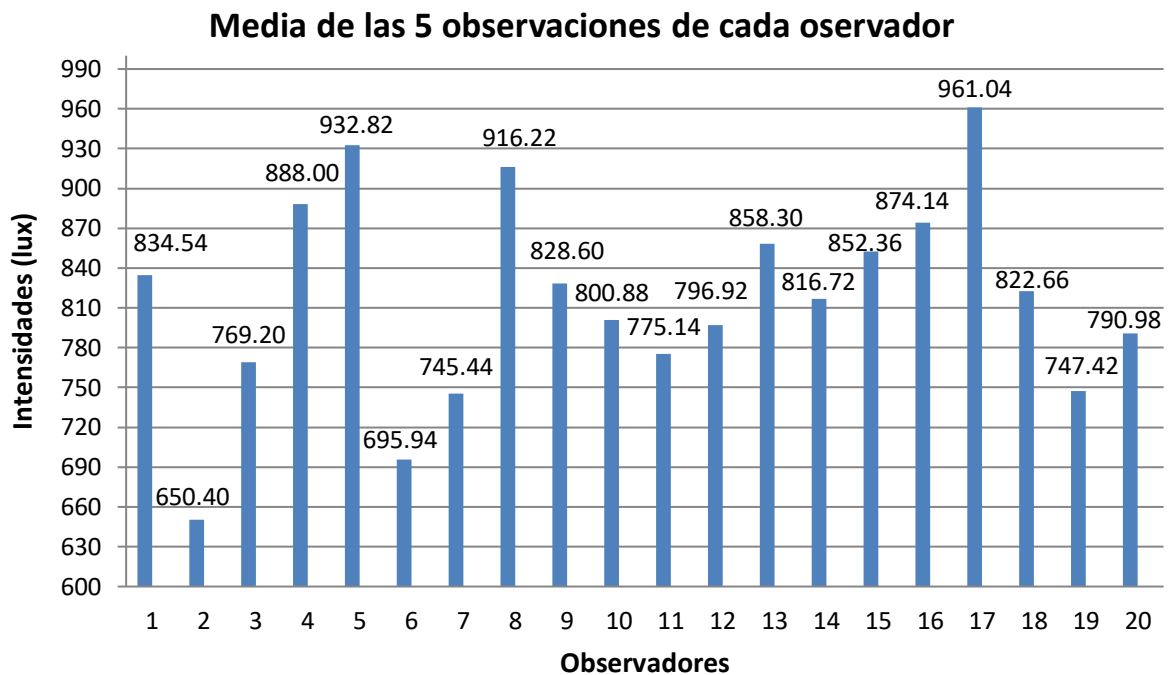
NÚMERO DE OBSERVADOR	1a OBSERVACIÓN	2a OBSERVACIÓN	3a OBSERVACIÓN	4a OBSERVACIÓN	5a OBSERVACIÓN	MEDIA OBSERVACIONES	MEDIA OBSERVACIONES (Lux)	
	INTENSIDAD ÓPTIMA	INTENSIDAD ÓPTIMA	INTENSIDAD ÓPTIMA	INTENSIDAD ÓPTIMA	INTENSIDAD ÓPTIMA			
1	5,60	5,20	5,83	5,89	6,11	5,73	834,54	
2	5,00	4,79	5,09	4,50	4,71	4,82	650,40	
3	5,17	5,50	6,00	5,00	5,33	5,40	769,20	
4	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	888,00	
5	6,20	6,17	6,00	6,50	6,50	6,27	932,82	
6	5,17	5,00	4,83	5,15	5,00	5,03	695,94	
7	5,82	5,36	5,50	4,92	4,80	5,28	745,44	
8	6,86	6,44	6,44	5,63	5,50	6,17	916,22	
9	5,88	5,88	5,88	5,80	5,09	5,70	828,60	
10	5,88	5,50	5,71	5,50	5,20	5,56	800,88	
11	5,50	5,50	5,50	5,33	5,33	5,43	775,14	
12	5,50	5,56	5,50	5,50	5,67	5,54	796,92	
13	6,00	5,71	5,71	6,00	5,80	5,85	858,30	
14	5,29	5,71	5,71	5,80	5,67	5,64	816,72	
15	5,83	5,88	5,71	5,67	6,00	5,82	852,36	
16	5,88	5,88	5,88	6,00	6,00	5,93	874,14	
17	6,44	6,63	6,86	6,20	6,09	6,44	961,04	
18	5,36	5,88	5,88	5,50	5,71	5,67	822,66	
19	4,64	5,17	5,36	5,64	5,67	5,29	747,42	
20	5,50	5,50	5,50	5,57	5,50	5,51	790,98	
<b>MEDIA TOTAL</b>						<b>5,65</b>	<b>MEDIA TOTAL LUX</b>	<b>818,70</b>

Como podemos observar, se encuentran dos columnas con el mismo nombre "media observaciones" pero con valores diferentes. Como anteriormente hemos dicho, utilizaríamos números del 1 al 9 para simplificar, y a la derecha de ésta, la misma columna con valores más elevados, traducidos ya a las unidades de medida reales, los luxes.

<b>MEDIA OBSERVACIONES (Lux)</b>
834,54
650,40
769,20
888,00
932,82
695,94
745,44
916,22
828,60
800,88
775,14
796,92
858,30
816,72
852,36
874,14
961,04
822,66
747,42
790,98
<b>MEDIA TOTAL LUX</b>
<b>818,70</b>

Aquí tenemos la tabla con las medias de las observaciones de los 20 observadores y debajo, la media total de luxes, es decir, el valor óptimo de intensidad.

Para verlo mejor tenemos una gráfica a continuación:



Ahora estudiaremos los valores del intervalo de la desviación típica para ver los observadores que se alejan o no se acercan demasiado a la media.

La desviación típica, obtenida mediante su función correspondiente del Excel, es la siguiente:

DESVIACIÓN TÍPICA
77,28

Este valor lo obtendremos de la siguiente ecuación:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Donde n es la cantidad de variables,  $x_i$  el valor de cada variable y  $\bar{x}$  es la media.

Sumando y restando este valor a la media total (818,70 lux) tendremos el intervalo de valores de la desviación típica.

INTERVALO DE VALORES DESVIACIÓN TÍPICA	
741,42	895,98

Por tanto, todo valor que no llegue a 714,42 y todo valor que se pase de 895,98 estará fuera del intervalo y eso significará que son los valores que más se dispersan de la media.

Los valores que se dispersan de la media son:

<b>MEDIA OBSERVACIONES (Lux)</b>
834,54
<b>650,40</b>
769,20
888,00
<b>932,82</b>
<b>695,94</b>
745,44
<b>916,22</b>
828,60
800,88
775,14
796,92
858,30
816,72
852,36
874,14
<b>961,04</b>
822,66
747,42
790,98

Las casillas que están en amarillo son los valores que se dispersan. El observador número 2 y el 6 no llegan a la media, prefieren menos intensidad de luz para leer, y el observador 5, 8 y 17 se alejan demasiado de la media, prefieren más intensidad de luz para leer.

## 9. PRESUPUESTO

El coste de éste proyecto no asciende muy alto, ya que no se necesita material muy sofisticado.

Hemos hecho una tabla con los precios de los que necesitaríamos para realizar éste proyecto y todos los gastos que conllevaría.

Por un lado, el precio por horas de la realización del proyecto por parte del proyectista:

<b>PRECIO DEL PROYECTO</b>		
Precio por hora	Nº Horas	TOTAL
18 €	50	900 €

Por otro lado, el precio por horas de los observadores que han de realizar la experiencia:

<b>PRECIO DE LOS OBSERVADORES</b>			
Precio por hora	Nº Horas	Nº Observadores	TOTAL
7,00 €	1	19	133,00 €

El precio total del proyecto sería:

<b>PRESUPUESTO</b>	<b>€/UNIDAD</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>PRECIO</b>
Lámpara D65	118,50 €	1	118,50 €
Potenciómetro	9,48 €	1	9,48 €
Luxómetro	47,40 €	1	47,40 €
Mesa	173,80 €	1	173,80 €
Silla	49,77 €	2	99,54 €
Gastos varios (mantenimiento y limpieza)			150,00 €
Alquiler de estudio			450,00 €
Proyecto			900,00 €
Tiempo Observadores (5€/hora*1 hora*19observadores) Incluyendo gastos de desplazamiento			133,00 €
<b>TOTAL € SIN IVA</b>			<b>2.081,72 €</b>
IVA 21% (Lámpara, Potenciómetro, Luxómetro, Mesa y Silla)			94,23 €
<b>TOTAL € CON IVA</b>			<b>2.175,95 €</b>

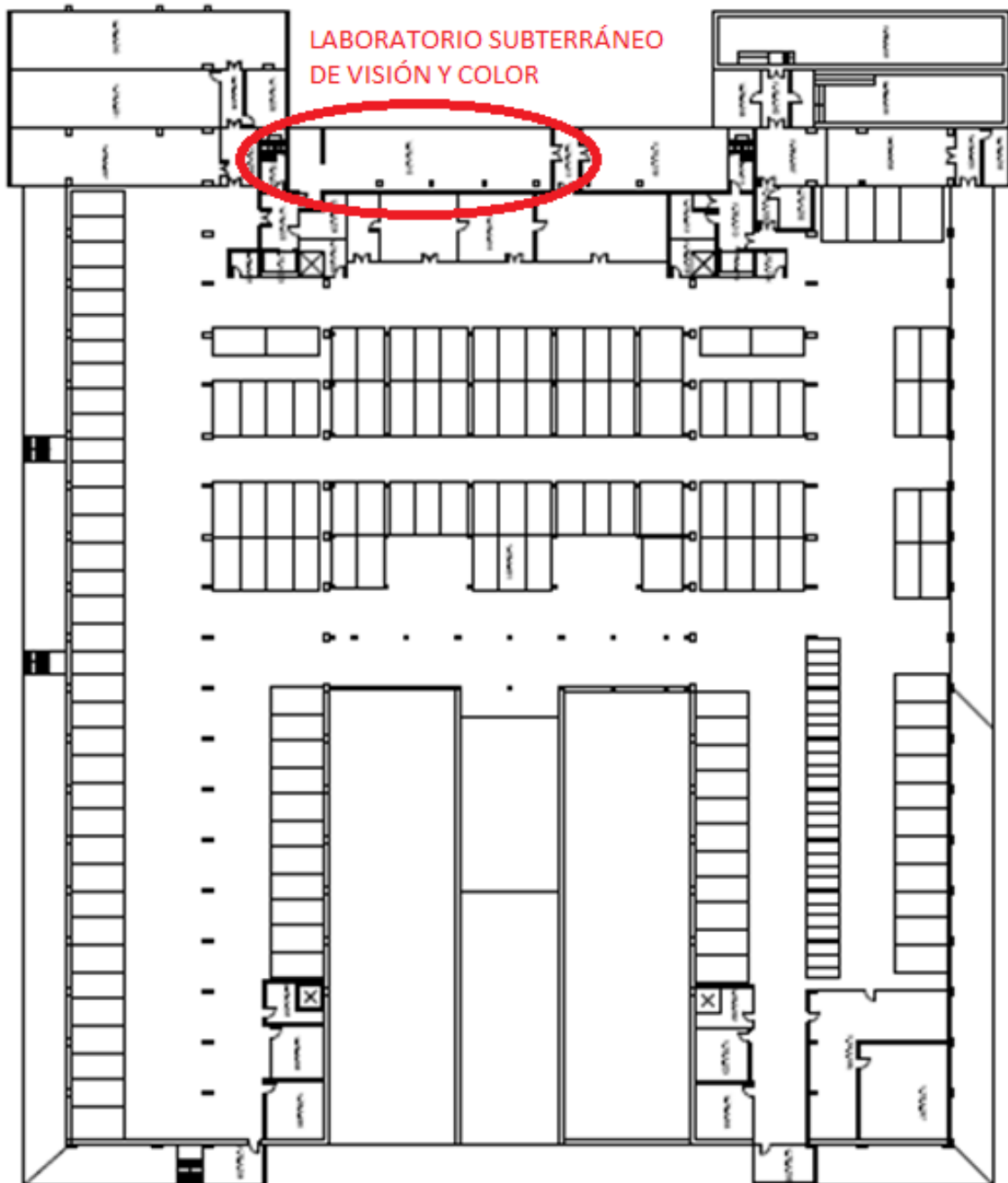
Tenemos primero el coste del material que necesitaríamos (sin IVA), los gastos de mantenimiento y limpieza del lugar de realización de la experiencia, el alquiler del estudio de realización de la experiencia y además, el coste que anteriormente hemos explicado del proyectista más el tiempo de las personas que vienen a realizar la experiencia.

Tendremos un primer total sin IVA, y al final, le sumamos el IVA, y correspondería al precio total del proyecto 2.175,95€.

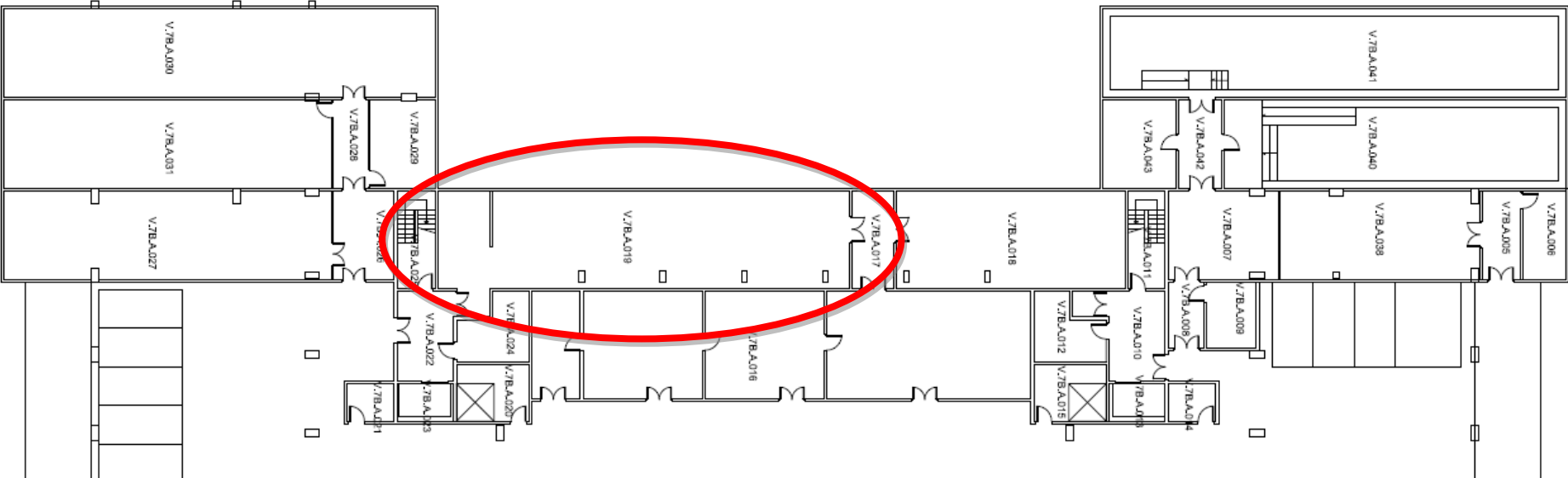


## 10. PLANOS

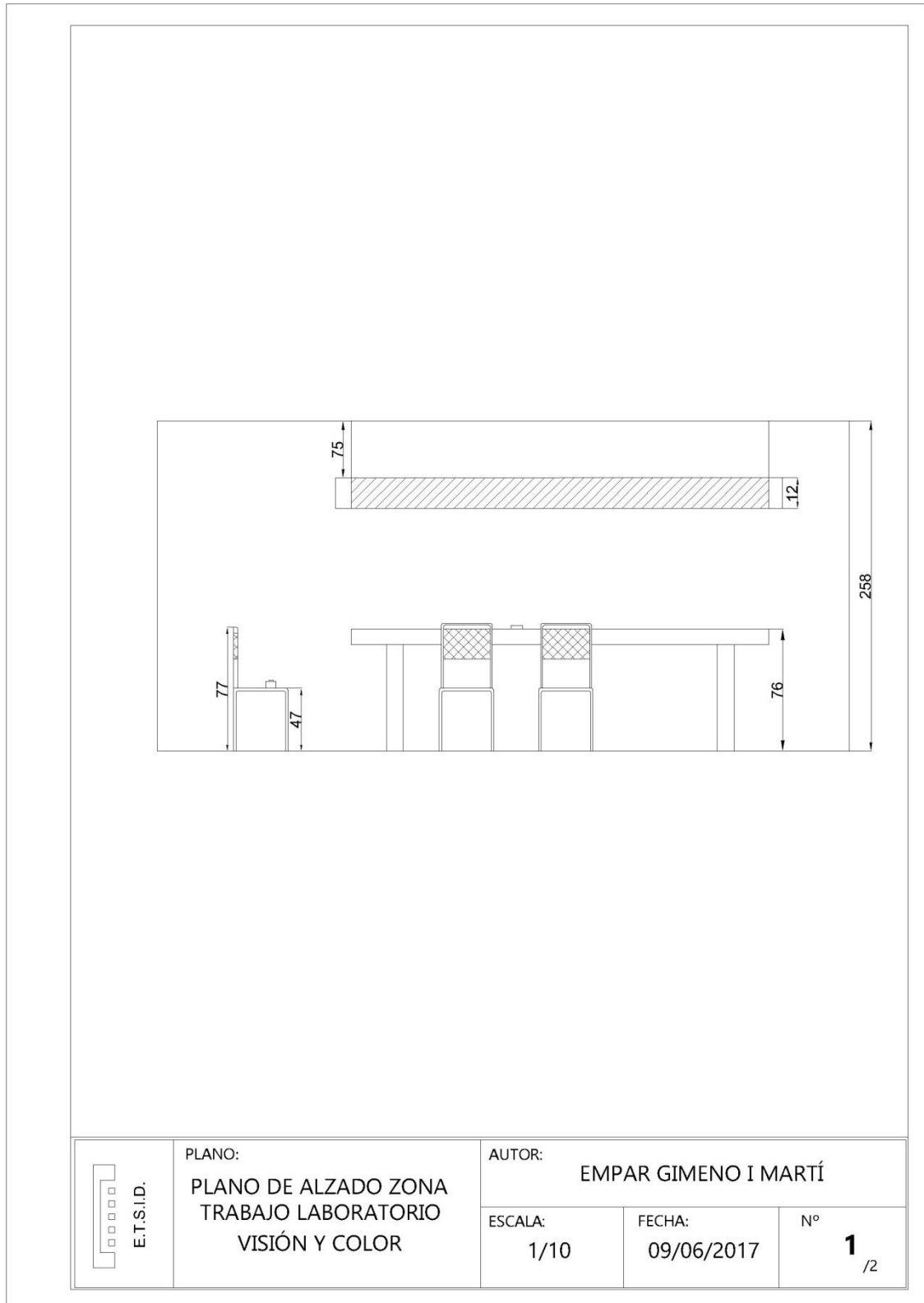
Plano de la ETSID (Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño)



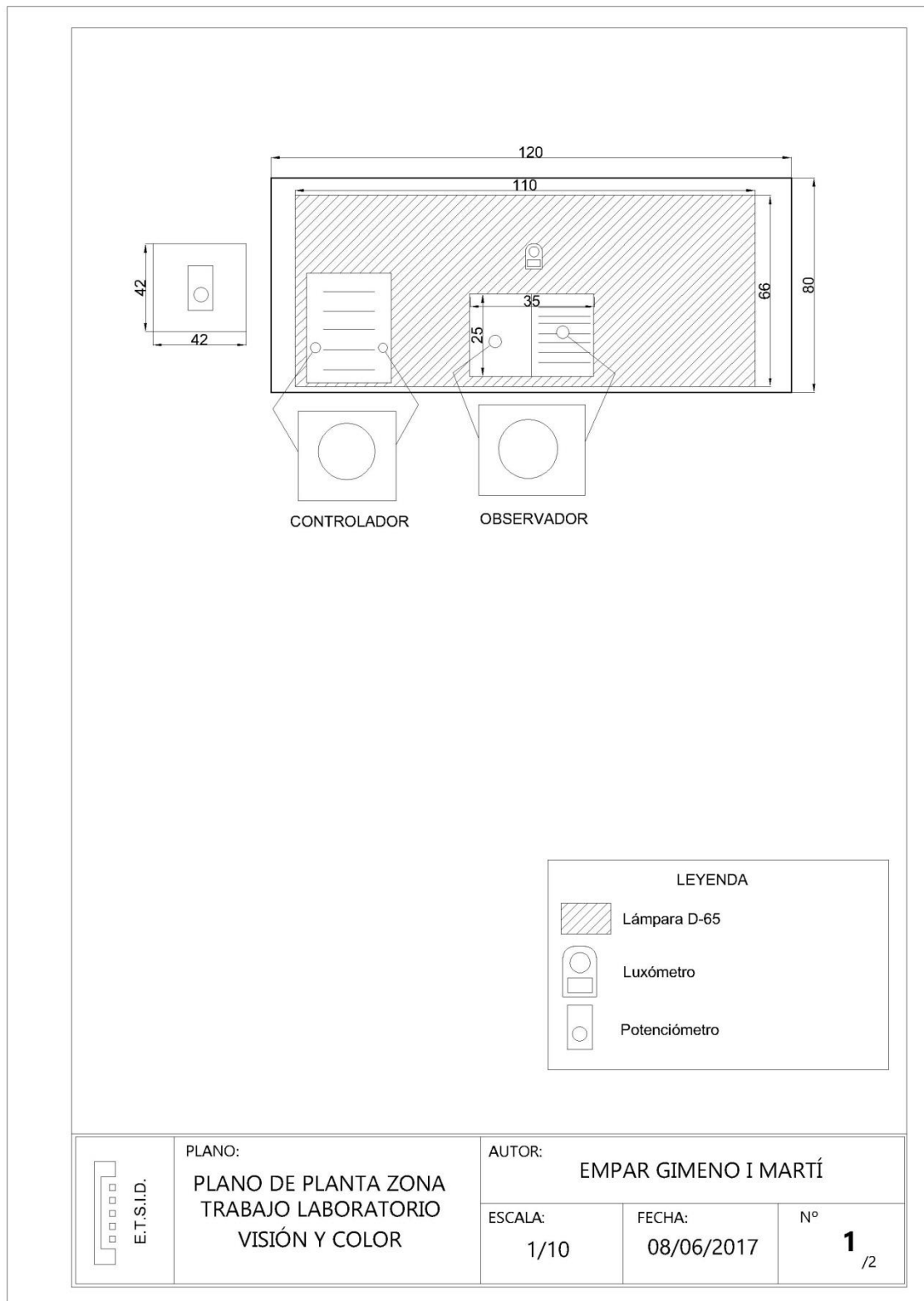
El mismo plano de la ETSID pero más detalladamente sobre la zona en la que realizaremos la experiencia. El laboratorio **V.7B.A.019**.



A continuación, podemos ver el plano de alzada con el autocad de la zona de trabajo dentro del laboratorio.



Como también podemos ver el plano de planta con el autocad de la zona de trabajo dentro del laboratorio.



## 11. CONCLUSIÓN

De los observadores con los que hemos realizado la experiencia, podemos ver en la tabla de información de observadores que muchos de ellos tienen defectos en la visión, generalmente problemas de miopía, queríamos estudiar si estos defectos afectaban en el proyecto, pero aún así, podemos llegar a la conclusión de que estos problemas de visión corregidos con lentes no afectan a la hora de elegir entre más intensidad de luz o menos para leer. En la siguiente tabla lo veremos:

CON PROBLEMAS EN LA VISIÓN	SIN PROBLEMAS EN LA VISIÓN
834,54	650,40
932,82	769,20
695,94	888,00
745,44	916,22
828,60	775,14
800,88	796,92
858,30	852,36
816,72	961,04
874,14	822,66
	747,42
	790,98

Vemos dos tablas, unos con problemas en la visión y otros sin problemas en la visión, y podemos decir que tanto en una tabla como en la otra hay valores de todo tipo, es decir, valores cerca de la intensidad óptima y valores que se alejan del intervalo de desviación típica, como son los valores que están en amarillo. Por tanto, el hecho de tener problemas o no en la visión no afecta a la necesidad de tener más intensidad o menos de luz.

También podríamos pensar que como en nuestro proyecto cogemos a tres observadores de mediana edad y otros más jóvenes, podría ser que los de mediana edad necesitaran más intensidad de luz, pero uno de ellos se encuentra dentro de la media, por tanto no podemos llegar a esa conclusión, ya que también tenemos a un observador joven que se aleja de la media, prefiriendo más intensidad de luz. Por tanto, la edad tampoco interfiere en los resultados de nuestro estudio.

Por otro lado, vemos dos tablas, la de la izquierda para comparar los valores que están por encima y por debajo de la media, y la de la derecha lo mismo pero en porcentaje, para saber qué valores se distancian más de la media y en qué porcentaje.

ENCIMA DE LA MEDIA	DEBAJO DE LA MEDIA
834,54	650,40
888,00	769,20
932,82	695,94
916,22	745,44
828,60	800,88
858,30	775,14
852,36	796,92
874,14	816,72
961,04	747,42
822,66	790,98

ENCIMA DE LA MEDIA %	DEBAJO DE LA MEDIA %
1,93	20,56
8,46	6,05
13,94	14,99
11,91	8,95
1,21	2,18
4,84	5,32
4,11	2,66
6,77	0,24
17,39	8,71
0,48	3,39

Como podemos ver, los valores que más se alejan de la media son los que están de color amarillo, como anteriormente hemos dicho son los valores que se salen del intervalo de desviación típica, pero todos estos valores se dispersan como mucho un 20,56%, por tanto no podemos decir que haya muchos picos de dispersión respecto de la media, el resto de valores se mantienen todos aproximadamente en 4 o 5%. Así como también tenemos bastantes valores por encima y por debajo de la media que se acercan mucho al valor de la media. Por tanto los resultados son todos muy aproximados, no hay valores que se dispersen en exceso.

Y finalmente, después de realizar el proyecto y analizar los resultados de nuestra experiencia con los observadores, llegamos al resultado que el nivel de iluminación óptimo para la lectura de un documento son 818,70 Cd/m<sup>2</sup> cumpliendo con el objetivo inicial de este trabajo.