

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, INFORMÁTICA Y
MECÁNICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



TESIS

METODOLOGÍA DE ILUMINACIÓN DEL PATRIMONIO
HISTÓRICO CON APLICACIÓN EN EL MUSEO
CATCO – OLLANTAYTAMBO - CUSCO

PRESENTADO POR:

BR. EDWARD FARFAN MERMA

PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL
DE INGENIERO ELECTRICISTA

ASESOR:

ING. PABLO APAZA HUANCA

CUSCO – PERÚ

2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, Asesor del trabajo de investigación/tesis titulada:

“METODOLOGÍA DE ILUMINACIÓN DEL PATRIMONIO HISTÓRICO CON
APLICACIÓN EN EL MUSEO CATCO - OLLANTAYTAMBO - CUSCO”
.....

Presentado por: EDWARD FARFAN MERMA DNI N° 41596803

presentado por: DNI N°:

Para optar el título profesional/grado académico de INGENIERO ELECTRICISTA

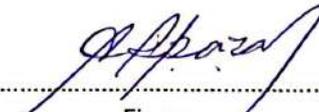
Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 03 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del *Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC* y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 05 %.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (x)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto las primeras páginas del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 05 de MAYO de 2025


.....
Firma

Post firma..... PABLO APAZA HUANCA

Nro. de DNI..... 23842746

ORCID del Asesor..... 0000 - 0002 - 3941 - 1347

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid: 27259: 455740429?locale=es-MX

EDWARD FARFAN MERMA

METODOLOGIA DE ILUMINACION DEL PATRIMONIO HISTORICO CON APLICACION EN EL MUSEO CATCO - OLLAN...

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:455740429

Fecha de entrega

5 may 2025, 1:30 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

5 may 2025, 1:41 a.m. GMT-5

Nombre de archivo

Tesis final Edward Farfan Merma.pdf

Tamaño de archivo

16.1 MB

146 Páginas

19.543 Palabras

117.921 Caracteres

5% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Filtered from the Report

- Bibliography
- Quoted Text
- Small Matches (less than 15 words)

Exclusions

- 34 Excluded Matches

Top Sources

- 4%  Internet sources
- 1%  Publications
- 2%  Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags

0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

PRESENTACIÓN

La finalidad ulterior de la búsqueda de conocimiento es la de resolver problemas, la presente metodología está enmarcada en la necesidad social de salvaguardar el patrimonio cultural expuesto en el museo CATCO de la ciudad de Ollantaytambo - Urubamba – Cusco. Desde tiempos inmemoriales se ha visto que el patrimonio cultural se deteriora de maneras irreversibles e irreparables, uno de los motivos de este deterioro es la exposición a la luz natural y artificial. Esta destrucción aísla a las sociedades y rompe los vínculos culturales e históricos entre ellas. Con el presente trabajo, se pretende ralentizar el deterioro de los elementos expuestos en el CATCO – Ollantaytambo – Cusco, debido a los efectos de la iluminación. Esta metodología está formulada en el marco de la reglamentación internacional especializada en museos y complementada con el reglamento nacional.

RESUMEN

El presente trabajo desarrolla una metodología de iluminación para el museo Casa Horno de la ciudad de Ollantaytambo – Urubamba – Cusco. Su propósito está orientado a la solución de los problemas de confort visual dentro de las salas de exposición, se tomará en cuenta la veracidad de percepción de los bienes culturales y conservación de las obras de arte que el museo presenta. Para esta tarea es preciso conocer cada una de las variables que interviene en la tarea visual y en la conservación de los bienes expuestos en el museo. Es así que en el desarrollo del presente trabajo se abarca estudios de, radiación, visión, luz y color. Seguidamente se debe tener en cuenta la tipología y sensibilidad a la luz de los objetos expuestos en el museo, una vez conocidos los valores aplicables en cada tipo de objeto, se deberá buscar la luminaria más adecuada para su iluminación y finalmente se deberá buscar la adecuación geométrica más pertinente en relación a la infraestructura y las particularidades que el proyecto tiene.

El Capítulo 1 está referido a los aspectos geográficos, geométricos y de distribución del museo; también se ocupa de exponer el problema, justificar el estudio y delimitar los alcances de la investigación; finalmente se ocupa del diseño de investigación y lo expone es una matriz de consistencia.

El Capítulo 2 define el marco teórico, normativo y conceptual de la investigación; t también de los antecedentes.

El Capítulo 3 se ocupa del estado actual de iluminación del museo Catco.

El Capítulo 4 precisa los aspectos del montaje de iluminación y objetos en exposición del museo Catco.

El Capítulo 5 se ocupa de la implementación de una iluminación en el marco de la investigación, esta implementación será simulada mediante un software informático llamado Dialux Evo en su versión 10.1

La implementación del proyecto esta sostenida en normas nacionales y en normas internacionales aplicadas al manejo de patrimonio cultural.

Finalmente se llega a las conclusiones a las que se llegaron con el estudio, se responden los objetivos específicos y general y se enuncian recomendaciones.

Palabras Clave: iluminación, museo, patrimonio, conservación.

ÍNDICE

1	CAPÍTULO I: GENERALIDADES	1
1.1	Ámbito geográfico.....	1
1.2	Distribución de ambientes.....	3
1.3	El problema.	5
1.3.1	Planteamiento del problema	5
1.4	Formulación de problema.....	8
1.4.1	Problema principal.	8
1.4.2	Problemas específicos.	8
1.5	Objetivos.	8
1.5.1	Objetivo General.	8
1.5.2	Objetivos Específicos.....	8
1.6	Justificación del estudio	9
1.6.1	Alcances	10
1.6.2	Limitantes.....	10
1.7	Metodología.	11
1.7.1	Tipo de investigación.	11
1.7.2	Diseño de la investigación.....	11
1.7.3	Nivel de investigación.....	11
1.8	Hipótesis.....	12
1.8.1	Hipótesis específicas.	12
1.9	Variables e indicadores	14
1.10	Matriz de consistencia.....	15
1.11	Población y muestra.	16
1.11.1	Población.....	16

1.11.2	Muestra.....	16
2	CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	17
2.1	Antecedentes.	17
2.1.1	Antecedente 1.....	17
2.1.2	Antecedente 2.....	18
2.1.3	Antecedente 3.....	20
2.1.4	Antecedente 4.....	21
2.2	Base Teórica.....	22
2.2.1	Introducción.	22
2.2.2	Reseña histórica de iluminación para la conservación preventiva.....	23
2.2.3	Resultado de investigaciones relacionadas.	25
2.2.4	Efecto fotoquímico.....	26
2.2.5	Ley De Lambert Beer.....	27
2.3	Marco normativo.....	28
2.3.1	Ley del Patrimonio Cultural de la Nación. L. N° 28296	28
2.3.2	Código Nacional De Electricidad (suministro 2011).	28
2.3.3	Código Nacional de Electricidad – (Utilización 2006).	28
2.3.4	Reglamento nacional de edificaciones (2019).	29
2.3.5	Norma de alumbrado de interiores y campos deportivos DGE 017-AI-1/1982.....	29
2.3.6	Norma técnica EM. 010 instalaciones eléctricas interiores 2019.....	29
2.3.7	Comisión internacional de iluminación.....	29
2.3.8	Norma UNE 12464.1(unión europea)	29
2.3.9	Como norma complementaria se tomará la normativa del ICOM – UNESCO	30
2.3.10	Otras normas referentes.....	30
2.4	Marco conceptual.	30

2.4.1	La luz.....	33
2.4.2	El color.....	36
2.4.3	La visión y el ojo humano.....	36
2.4.4	Análisis de medición de fidelidad del color.....	38
2.4.5	Origen histórico de la tecnología LED.....	40
2.4.6	Diodo emisor de luz.....	43
2.4.7	Composición.....	45
2.4.8	LED rojo.....	45
2.4.9	LED amarillo y verde.....	46
2.4.10	LED azul.....	47
2.4.11	Colores y materiales.....	48
2.4.12	Categoría lana azul.....	50
2.4.13	Valor Universal Excepcional.....	52
3	CAPITULO III Estado actual.....	54
3.1	El ambiente para exposición 1 (Secuencia 1).....	55
3.2	El ambiente para exposición 2 (secuencia 2).....	56
3.3	El ambiente para exposición 3 (secuencia 3).....	57
3.4	El ambiente para exposición 4 (secuencia 4).....	58
3.5	El ambiente para exposición 5 (secuencia 5).....	59
3.6	Diagnóstico de la iluminación actual.....	60
3.7	Tecnología LED disponible.....	69
4	CAPITULO IV MONTAJE DE EQUIPOS DE ILUMINACIÓN.....	83
4.1	La escala para la ubicación de objetos.....	83
4.2	Objetos sobre pared.....	84
4.3	Los textos.....	85

4.4	Objetos tridimensionales	85
4.5	distancia horizontal visitante-objeto.....	85
4.6	Ubicación de Fuentes de luz.....	86
4.7	Tipo de material expuesto en el museo Catco.....	90
5	CAPITULO V: IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA.....	91
5.1	Categoría de iluminación.	91
5.2	Aspectos geométricos del espacio.....	92
5.3	Aspectos geométricos de los elementos expuestos	92
5.4	Resultados de la simulación de iluminación en el museo CATCO.....	105
5.5	Planos y cuadro de cargas. -	130
CONCLUSIONES.....		139
RECOMENDACIONES		140
BIBLIOGRAFÍA		141

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación Geográfica del distrito de Ollantaytambo.....	1
Figura 2: Croquis de acceso al museo CATTCO.....	2
Figura 3: Esquema de distribución de la primera planta del museo Casa Horno.	3
Figura 4: Esquema de distribución de la segunda planta del museo Casa Horno.....	4
Figura 5: Valor de la medición en lux (09 lux).....	6
Figura 6. Lámpara de vapor de sodio (2000°k).....	7
Figura 7: Iluminación indirecta.	7
Figura 8: Modelo atómico del átomo introducido por el físico Danés Niels Bohr de 1913.....	34
Figura 9: Longitud de onda, frecuencia, y temperatura del espectro de luz.....	35
Figura 10: Campo visual horizontal.....	37
Figura 11: Campo visual vertical.....	38
Figura 12: Temperatura de fidelidad de color aproximada.	40
Figura 13: Henry Joseph Round (1881 – 1966).....	41
Figura 14: Oleg Vladimirovich Lósev (1903 – 1942).....	41
Figura 15: Nick Holonyak. (1928 - Actualidad).....	42
Figura 16: Shuji Nakamura (1954 - Actualidad).	43
Figura 17: Diagrama de funcionamiento de diodo emisor de luz, polarizado de forma directa.....	44
Figura 18: Características constructivas de diodo emisor de luz.....	45
Figura 19: Diagrama de instalación de circuito con diodo Led de color Rojo.....	46
Figura 20: Diagrama de instalación de circuito con diodo Led de color Amarillo / Verde.....	47
Figura 21: Diagrama de instalación de circuito con diodo Led de color Azul.....	48
Figura 22: Fotografía del interior del ambiente para exposición 1 (secuencia 1).....	55
Figura 23: Fotografía del interior del ambiente para exposición 2 (secuencia 2).....	56
Figura 24: Fotografía del interior del ambiente para exposición 3 (secuencia 3).	57
Figura 25: Fotografía del interior del ambiente para exposición 4 (secuencia 4).....	58
Figura 26: Fotografía del interior del ambiente para exposición 5 (secuencia 5).....	59
Figura 27: Proyección Directa De Dicroico 50w. 1042 Lx.....	60
Figura 28: Proyección Indirecta De Dicroico 50 w. 319 Lx.	61
Figura 29: LED Tipo Globo 8w. 25Lx.....	61
Figura 30: Proyector Dicroico En Piso 50 w. 356 Lx.....	62
Figura 31: Halógeno Directo 60w. 290Lx.....	63

Figura 32: Reflector Halógeno 500w. 46 Lx.....	63
Figura 34 Reflector Halógeno 500w. 26 Lx.....	65
Figura 35:Fabricantes de luminarias.....	70
Figura 36: Fabricantes de luminarias.....	71
Figura 37: Fabricantes de luminarias.....	72
Figura 38: Fabricante de luminarias.....	72
Figura 39Fabricante de luminarias.....	73
Figura 40: Fabricante de luminarias.....	73
Figura 41 Fabricante de luminarias.....	73
Figura 42: Fabricante de luminarias.....	74
Figura 43 Catalogo de luminarias SIMON ofrece 48 opciones.....	74
Figura 44: Catalogo de erco con 48 opciones de proyectores.....	75
Figura 45:Opciones fotométricas de erco.....	75
Figura 46: Ficha de Luminaria SIMON.....	77
Figura 47: Ficha de Luminaria ZUMTOBEL.....	78
Figura 48: Ficha de Luminaria ERCO. recorte de.....	79
Figura 49: Ficha de Luminaria SIMON.....	80
Figura 50: Ficha de Luminaria ZUMTOBEL.....	81
Figura 51: Ficha de Luminaria PHILIPS.....	82
Figura 52 URG índice de deslumbramiento unificado.....	86
Figura 53: Ubicación de luminaria en exposición de lienzos.....	87
Figura 54: Ubicación de luminaria para ponderación de volumen, en objeto volumétrico.....	88
Figura 55: Iluminación para ponderación de textura y color en objetos volumétricos.....	89
Figura 56: plano de la sala. Secuencia 1.....	93
Figura 57: Corte de la sala. Secuencia 1.....	94
Figura 58: simulación de la sala. Secuencia 1.....	95
Figura 59: plano de la sala, Secuencia 2.....	96
Figura 60: corte de la sala, Secuencia 2.....	97
Figura 61: simulación de la sala, Secuencia 2.....	98
Figura 62: plano de la sala, Secuencia 3.....	99
Figura 63: corte de la sala, Secuencia 3.....	100
Figura 64: Simulación de la sala, Secuencia 3.....	101
Figura 65: plano de la sala, Secuencia 4-5.....	102
Figura 66: Corte de la sala, Secuencia 4-5.....	103

Figura 67: Simulación de la sala, Secuencia 4-5	104
Figura 68: Render de simulación y curvas isolux.....	105
Figura 69 Espectro cromático y curvas isolux.....	106
Figura 70:resultados de simulación de sala 2	107
Figura 71:resultados de simulación de sala 2	108
Figura 72:resultados de simulación de sala 1	109
Figura 73:resultados de simulación de sala 1	110
Figura 74:resultados de simulación de sala 1	111
Figura 75:resultados de simulación de sala 1	112
Figura 76:resultados de simulación de sala 1	113
Figura 77:resultados de simulación de sala 1	114
Figura 78:resultados de simulación de sala 1	115
Figura 79:resultados de simulación de sala 1	116
Figura 80:resultados de simulación de sala 3	117
Figura 81:resultados de simulación de sala 3	118
Figura 82:resultados de simulación de sala 3	119
Figura 83:resultados de simulación de sala 3	120
Figura 84:resultados de simulación de sala 5	121
Figura 85:resultados de simulación de sala 5	122
Figura 86:resultados de simulación de sala 5	123
Figura 87:resultados de simulación de sala 5	124
Figura 88:resultados de simulación de sala 4.....	125
Figura 89:resultados de simulación de sala 4.....	126
Figura 90:resultados de simulación de sala 4.....	127
Figura 91:resultados de simulación de sala 4.....	128
Figura 92:resultados de simulación de sala 4.....	129
Figura 93:resultados de simulación de sala 4.....	130

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Variables e indicadores.....	14
Tabla 2: Matriz de consistencia.....	15
Tabla 3: tiempos de exposición – nivel de iluminación según material.....	28
Tabla 4: Resultados de la aplicación de TM-30 a una fuente de luz.....	39
Tabla 5: Colores segun longitudes de onda y tensión en semiconductores.....	48
Tabla 6: Sensibilidad a la luz de los materiales con color.....	51
Tabla 7: Recomendación CIE sobre niveles de iluminación y exposición anual máximos.	52
Tabla 8: Valores de iluminación actual.....	66
Tabla 9: Tipos y Características de equipos instalados actualmente.	67
Tabla 10. Tecnologías utilizadas para la iluminación del museo Catco.....	68
Tabla 11: Edad y altura de montaje de exposiciones dirigida a público infantil.	84

1 CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1 Ámbito geográfico.

El presente trabajo de la iluminación, estará aplicado en el museo denominado. Centro andino por la tecnología y cultura de las comunidades de Ollantaytambo “CATCO”

Figura 1: Ubicación Geográfica del distrito de Ollantaytambo.

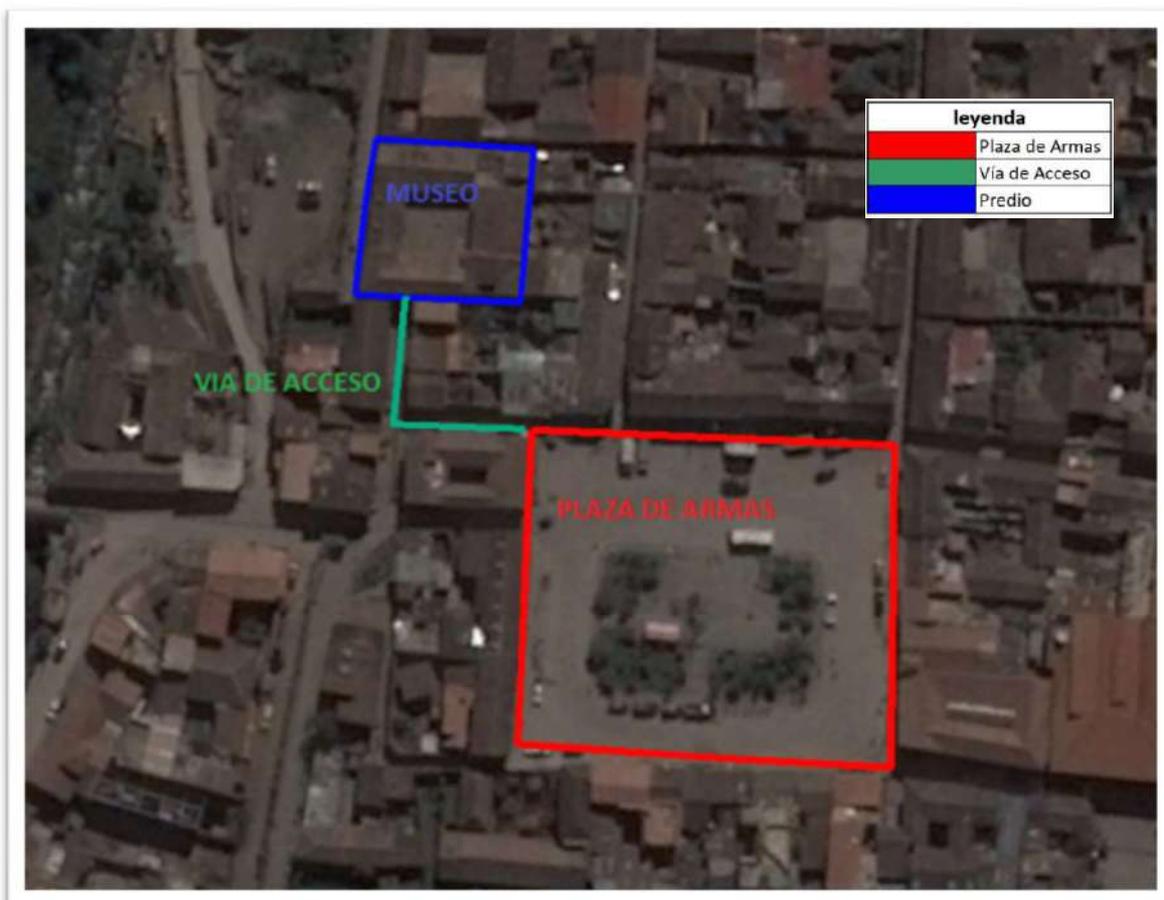


FUENTE: Adaptado de. (MTC , 2017)

En la actualidad el museo se encuentra bajo la administración de la municipalidad del distrito de Ollantaytambo, de la provincia de Urubamba del departamento del Cusco. Ubicado en la esquina de la avenida “Pata Calle” con “calle N°1” del distrito de Ollantaytambo, a una cuadra y media de la plaza de armas del distrito de Ollantaytambo. La ubicación y vías de acceso se pueden apreciar en el siguiente croquis.

El inmueble en el que se encuentra el museo cuenta con dos plantas, cuya distribución se presenta y detalla a continuación.

Figura 2: Croquis de acceso al museo CATTCO.



FUENTE: Adaptado de. Google Earth

1.2 Distribución de ambientes.

El museo CATCO está instalado dentro de una vivienda precolombina que posteriormente fue utilizada como horno, el recinto cuenta con dos plantas, en las cuales existe un patio central con una escalera de acceso a la segunda planta. De todo el edificio, se ha utilizado 05 ambientes para la exposición de los bienes, los cuales se bosquejan en las figuras 3 y 4.

Es preciso indicar que los bienes expuestos son rotativos y diversos según su número y clasificación, por esta razón no se puede hacer un inventario de los bienes, sino acondicionar las instalaciones para iluminar varios tipos de objetos.

Figura 3: Esquema de distribución de la primera planta del museo Casa Horno.



FUENTE: Elaboración propia

En la primera planta del museo Casa Horno se pueden encontrar 3 salas de exposición y 3 ambientes para otros usos, los ambientes para uso de exposiciones se describen según el siguiente detalle.

Sala para exposición 1 (secuencia 1).

El muro está revestido con yeso revocado blanco, el piso es de piedra pulida y una capa de barniz, también se puede observar hornacinas para exposición en las paredes.

Sala para exposición 2 (secuencia 2).

El muro está revestido con yeso revocado blanco, piso de piedra pulida más una capa de barniz, además en la pared se pueden observar hornacinas en las cuales se exponen herramientas.

Sala para exposición 3 (secuencia 3)

Está revestido con yeso revocado blanco, piso de piedra pulida más una capa de barniz, además, en la pared, se pueden observar hornacinas en las cuales se exponen herramientas.

Figura 4: Esquema de distribución de la segunda planta del museo Casa Horno.



FUENTE: Elaboración propia

En la segunda planta del museo CATCO se pueden encontrar 2 salas de exposición y 3 ambientes para otros usos, los ambientes para uso de exposiciones se describen según el siguiente detalle.

Sala para exposición 4 (secuencia 4)

Está revestida con yeso revocado blanco, piso de madera pulida, además, en la pared se pueden observar hornacinas en las cuales se exponen herramientas.

Sala para exposición 5 (secuencia 5)

Está revestido con yeso revocado blanco, piso de madera pulida, además, en la pared se pueden observar hornacinas en las cuales se exponen herramientas

La elección de las obras de arte expuestas en el museo, está definida en el guion museográfico, el cual define la rotatividad de los objetos expuestos, según aspectos como la geometría y tolerancia a la luz

1.3 El problema.

1.3.1 Planteamiento del problema.

Actualmente el museo CATCO cuenta con instalaciones para su iluminación, tal como se muestra en las figuras 5,6 y 7; estas instalaciones están conformadas por lámparas cuya distribución lumínica no es la más adecuada, ya que esto exige demasiados esfuerzos fisiológicos para la visualización de objetivos puntuales tales como deslumbramientos, exceso de contraste, efecto estroboscópico y esto va en detrimento del confort que debería ofrecer el museo.

Por otro lado, la cantidad de energía radiante emitida por las lámparas en algunos casos son tan bajas que no permiten una visualización completa de las obras expuestas, y en algunos casos exceden los niveles máximos admisibles por la vista causando fatiga, en ambos casos utilizando la misma cantidad de energía eléctrica.

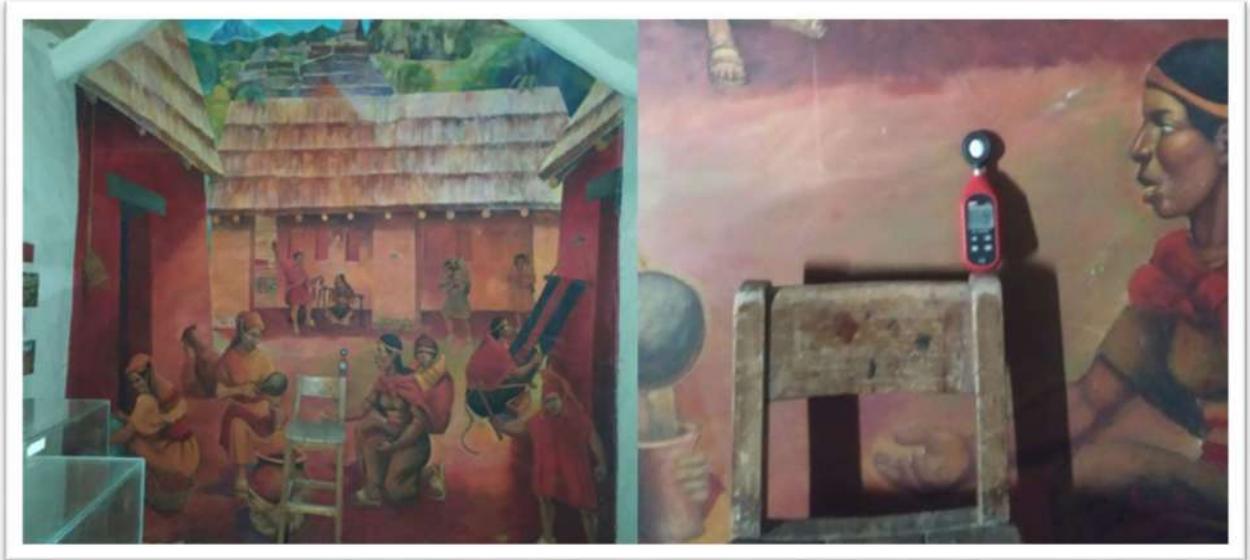
También se observa que la temperatura de color de las lámparas utilizadas en la mayoría de los casos no permite una correcta apreciación de las obras de arte expuestas, ya que esta interfiere con los colores de las obras de arte en exposición.

Del lado de la conservación de las obras de arte expuestas, la tecnología de las lámparas que actualmente están siendo utilizadas no ofrecen una eficiencia adecuada, ya que estos emiten altos

niveles de radiación ultra violeta e infra roja, de tal manera que estos excesos causan decoloración, amarilleo y desintegración de los elementos expuestos en el museo.

A continuación, se presentan fotografías que ponen de manifiesto lo antes mencionado.

Figura 5. Valor de la medición en lux (09 lux)



FUENTE: Elaboración propia

En la figura 5, la parte izquierda de la figura muestra la ubicación del luxómetro, la cual cuenta con una iluminación; al lado derecho se muestra el valor del luxómetro (5 lux), que para esta exposición es insuficiente.

Figura 6. Lámpara de vapor de sodio (2000°k)



FUENTE: Elaboración propia

En la figura 6, la parte izquierda de la figura muestra una iluminación indirecta con 2000°K; al lado derecho se muestra la luminaria utilizada (vapor de sodio)

Figura 7: Iluminación indirecta.



FUENTE: Elaboración propia

En la figura 7, la parte izquierda de la figura muestra el valor de iluminación en frente de la luminaria; al lado derecho se muestra el valor de iluminación en el punto de la tarea visual (2 lux).

1.4 Formulación de problema.

1.4.1 Problema principal.

¿Cómo se aplica la metodología de iluminación del patrimonio en el museo CATCO de la ciudad de Ollantaytambo Cusco – Cusco?

1.4.2 Problemas específicos.

1. ¿Cuál es el estado actual de la iluminación del patrimonio en el museo CATCO?
2. ¿Qué tipo de iluminación se adecuará al patrimonio expuesto en el museo CATCO?
3. ¿Cuál es la metodología de iluminación adecuada a las necesidades de exposición y conservación del museo CATCO?

1.5 Objetivos.

1.5.1 Objetivo General.

Diseñar una metodología de iluminación del patrimonio histórico con aplicación en el museo catco – ollantaytambo – Cusco

1.5.2 Objetivos Específicos.

1. Evaluar el estado actual de la iluminación y la tecnología de iluminación más conveniente para el Museo CATCO.
2. Proponer el tipo de iluminación más adecuado para cada tipo de objeto y determinar su iluminación según la normativa más adecuada.

3. Proponer una metodología de iluminación para el museo “CATCO” de la ciudad de Ollantaytambo.

1.6 Justificación del estudio

El presente trabajo se justifica en la necesidad de facilitar la percepción visual correcta y el confort visual que debe ofrecer una iluminación en museos, de tal modo que el objeto en exposición muestre al observador todas sus propiedades artísticas, y así la iluminación no desvirtúe la apreciación correcta de los objetos en exposición.

Del lado de la conservación del patrimonio cultural e histórico expuesto en museos y galerías de arte, existe la necesidad de disminuir la rapidez de desgaste de los objetos expuestos por efecto de la iluminación, ya que la radiación luminosa decolora, amarillea y descompone las obras de arte expuestas, deteriorándolas de manera irreversible y acumulativa.

Señalados todos estos factores, es necesario realizar estudios para suministrar recomendaciones que sirvan eficazmente al principal objetivo que es elaborar un estudio de iluminación que ofrezca las prestaciones necesarias para una correcta apreciación de las obras de arte expuestas y que también procuren la conservación de los bienes culturales durante el mayor tiempo posible asegurando su buen uso y su disfrute.

La no aplicación de un estudio de iluminación coherente diseñado para un recinto en específico, podría dañar la salud visual de quienes ejercen la tarea visual dentro del recinto museológico.

La falta de aplicación de un estudio de iluminación acorde a las necesidades específicas de un recinto museológico, pone en riesgo los bienes arqueológicos y culturales que nos conectan con nuestro pasado inmediato y nos transmiten conocimiento acerca de nuestro pasado y proyección al futuro.

Del lado económico. Si se aplica una correcta implementación de iluminación del recinto museológico, se podría poner de manifiesto más bondades estéticas y arqueológicas del museo, y de esta forma, atraer más visitantes, lo cual es uno de los objetivos del museo.

1.6.1 Alcances

El presente trabajo pretende realizar una metodología de iluminación con tecnología adecuada para el museo CATCO de la ciudad de Ollantaytambo, en el cual se darán alcances de cada paso y cada consideración que se debe tomar en cuenta para cumplir con los requerimientos de confort, percepción visual correcta de los objetos expuestos en un museo y finalmente los criterios de iluminación para la conservación de bienes culturales que se deben cumplir según las normas correspondientes.

Efectuar una evaluación de la situación actual in situ de la iluminación de los ambientes destinados a exponer objetos en exposición. De esta evaluación se sabrá si a la actualidad el recinto cuenta con una iluminación acorde a las necesidades que exige un museo.

Mediante una norma especializada en museos se hará una clasificación del tipo de materiales de los que están constituidos los elementos expuestos en el museo, y con esa clasificación se determinará la categoría de eliminación que cada elemento exhibido requiere.

Con los resultados obtenidos se hará una simulación en tres (03) dimensiones mediante el software informático especializado en iluminación (DIALUX EVO 12.3), durante esta etapa se elegirá la luminaria que mejor cumpla con las necesidades del museo.

1.6.2 Limitantes.

Las exposiciones del museo CATCO son rotativas según el tema de exposición, por esta razón no se puede tener con precisión el catálogo de las obras expuestas en el museo, para adecuarnos a este contexto, se hace el diseño en función de los espacios destinados sobre los cuales habrá alguna exhibición y las luminarias utilizadas serán trasladadas con el objeto correspondiente.

El acceso al recinto que ocupa el museo CATCO está cerrado al público y cuenta con resguardo permanente, los bienes en exposición, es por eso que solo se puede acceder a los ambientes para apreciar los murales y algunas instalaciones de iluminación.

La corroboración de resultados solo se podrá observar a nivel de simulación en el software informático DIALUX EVO.

Para la etapa de selección de luminarias, se elegirán solo luminarias que están adscritos al software DIALUX EVO y que estén construidas bajo el marco de la unión europea.

Al no contar con reglamentos para museos y galerías de arte en el Perú, se utilizarán parámetros utilizados en el ICOM - UNESCO (The International Council of Museums), al cual se rige el ministerio de cultura del Perú.

1.7 Metodología.

1.7.1 Tipo de investigación.

En el presente trabajo se analizarán las partes que componen la iluminación del museo y se determinarán sus implicancias, por lo tanto, la investigación será de tipo analítico.

Adicionalmente se tomarán las conclusiones obtenidas durante el análisis, y se aplicarán al museo, por ende, la investigación también será de tipo deductivo.

1.7.2 Diseño de la investigación.

Se elaborará un análisis de la situación actual, para esto se recogerán datos del sistema de iluminación implementado en el museo, tomando información cualitativa de las lámparas y luminarias, con el uso de los datos técnicos recopilados de catálogos, se determinará las luminarias y lámparas más apropiadas para el museo. Mediante información recopilada de normativa especializada, se clasificará los materiales expuestos según el tipo de iluminación que le corresponde. Finalmente, ambos resultados serán aplicados mediante una simulación en un software informático, la cual deberá tomar estándares de confort solicitados en normativa especializada.

1.7.3 Nivel de investigación

A continuación, se define el tipo de investigación que se aplicará en cada indicador de la metodología.

- **Explicativo.** (Tipo de material), Se exponen las determinaciones asumidas y sus motivos lógicos.

- El resultado es el tipo de material.
- **Correlacional.** (Tolerancia a la luz), se expone el grado de relación entre materiales e iluminación.
- El resultado se mide en lux (lx).
- **Aplicativo.** (deslumbramiento), se pone de manifiesto la solución del problema.
- El resultado es en grados sexagesimales (°).
- **Aplicativo.** (tipo de iluminación), se expone el tipo de iluminación que corresponde a cada tipo de obra y material.
- El resultado es el tipo de iluminación.
- **Correlacional.** (cantidad de energía luminosa admisible), se expone el grado de relación entre materiales e iluminación.
- El resultado se mide en millones de horas lux (Mhlx).
- **Explicativo.** (nivel de agresión), se pone de manifiesto las razones del daño en materiales expuestos a la luz.
- El resultado es en grados kelvin (°K).
- **Correlacional.** (duración del material), se exponen las relaciones de duración en función del tipo de material.
- El resultado es en millones de horas lux (Mhlx).

1.8 Hipótesis.

Analizando los elementos expuestos, aplicando normativa especializada y simulando la iluminación mediante un software informático; se logrará el confort deseado, percepción fidedigna del color y se disminuirá el deterioro de los objetos iluminados.

1.8.1 Hipótesis específicas.

1. Utilizando catálogos de datos técnicos de las luminarias existentes, se determinará la tecnología más adecuada.

2. Utilizando las normativas especializada y considerando los niveles de iluminación admisibles por tipo de objeto, se logrará una iluminación confortable y menos perjudicial para los objetos expuestos.

Utilizando el software Dialux Evo 10.0 se planteará una simulación con la tecnología de iluminación adecuada y las normativas correspondientes para el museo CATCO.

1.9 Variables e indicadores

Tabla 1: Variables e indicadores.

VARIABLES.		INDICADORES	DIMENSIONES	RESULTADO
VI	VD			
Metodología de iluminación	Tipo de iluminación.	Tipo de material.	Clasifica el material según la fidelidad de color requerida	°K
		Tolerancia a la luz	Clasifica el material según su sensibilidad a la luz	Insensible. Sensible. Muy sensible.
		deslumbramiento	Indica el nivel de deslumbramiento admisible	Valor UGR
		Tipo de exposición	Indica la posición geométrica (inclinación) de la lámpara respecto del elemento iluminado	Grados °
	Tiempo de exposición	Cantidad de energía luminosa admisible	Valor máximo para iluminación en millones de lux hora	Mlx/h
Elementos expuestos	Tipo de material	nivel de agresión	Valor de la iluminación incidente en un objeto	lux
	Conservación.	duración del material	Tiempo en que un material conserva sus colores reales	años

FUENTE: Elaboración propia

1.10 Matriz de consistencia.

Tabla 2: Matriz de consistencia.

Problema de investigación.	Objetivo	Hipótesis	Variables.		Indicadores	Metodología	instrumento	Resultados	
			VI	VD					
¿ Cómo se aplica la metodología de iluminación del patrimonio en el museo CATCO de la ciudad de Ollantaytambo Cusco – Cusco?	Aplicar una metodología de iluminación del patrimonio histórico con aplicación en el museo catco – ollantaytambo – Cusco.	Analizando los elementos expuestos, aplicando normativa especializada y simulando la iluminación mediante un software informático; se logrará el confort deseado, percepción fidedigna del color y se disminuirá el deterioro de los objetos iluminados.				Análítico deductivo			
						Nivel de investigación			
1_ ¿Cuál es el estado actual de la iluminación del patrimonio en el museo CATCO?	1_ Evaluar el estado actual y la tecnología de iluminación más conveniente para el Museo CATCO.	1-Utilizando catálogos de datos técnicos de las luminarias existentes, se determinará la tecnología más adecuada.	Metodología de iluminación	Nivel de iluminación.	Tipo de material.	explicativo	Catalogo	Sensibilidad	
					Tolerancia a la luz	Correlacional	normatividad	Lux	
					deslumbramiento	aplicativo	Simulación	Valor UGR	
					Tipo de exposición	aplicativo	Simulación	Grados °	
2_ ¿ Qué tipo de iluminación se adecuará al patrimonio expuesto en el museo CATCO?	2. Proponer el tipo de iluminación más adecuado para cada tipo de objeto y determinar su iluminación según la normativa más adecuada	2-Utilizando la normativa especializada y considerando los niveles de iluminación admisibles por tipo de elemento, se logrará una iluminación confortable y menos dañina para los elementos expuestos.		Tiempo de exposición	Cantidad de energía luminosa admisible	Explicativo	Simulación	Mlx/h	
3_ ¿Cuál es la metodología de iluminación adecuada a las necesidades de exposición y conservación del museo CATCO?	3_ Proponer una metodología de iluminación para el museo “CATCO” de la ciudad de Ollantaytambo.	3- Aplicando los resultados mediante una simulación en software informático se logrará un diseño acorde a las necesidades del museo CATCO.		Elementos expuesto	Tipo de material	nivel de agresión	Explicativo	Catalogo	lux
					Conservación.	duración del material	correlacional	Catalogo	años

FUENTE: Elaboración propia

1.11 Población y muestra.

1.11.1 Población.

La población estará constituida por museos dentro de la región Cusco.

1.11.2 Muestra.

La muestra deberá ser un subconjunto del total del universo de museos, este subconjunto debe contener todas las características comunes al presente trabajo y a la población global. Para el presente trabajo, la selección de la muestra es de selección subjetiva, por ende, se trata de un muestreo no probabilístico, por lo tanto, se ha decidido que la muestra estará conformada por el patrimonio expuesto en el museo Catco de Ollantaytambo.

2 CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes.

A continuación, se presentan estudios previos referidos al presente trabajo.

2.1.1 Antecedente 1.

Título.

Estudios de un sistema de iluminación LED para el museo de arte Casa Lis de Salamanca - España.

Autor.

David Alapont Ajo.

Tipo de antecedente.

Proyecto de fin de carrera.

Resumen.

El museo de arte Casa Lis, formulará un proyecto para optimizar el rendimiento energético, a fin de disminuir su consumo de energético y perfeccionar los sistemas de conservación y exhibición de las obras de arte. Para lograr ese objetivo, las actuales luminarias serán sustituidas del museo, por tecnología LED, este hecho supondrá un importante ahorro en costos de energía, y también la calidad de la exhibición será mejorada en términos de precepción y conservación. (Estudio e Implementacion de un Sistema de Iluminación- Alapont Ajo, David, 2015)

Esto se aplicará utilizando los parámetros superiores establecidos, a fin de hallar un punto de equilibrado entre la necesidad indispensable de conservar los objetos expuestos en el museo y la comodidad visual para el público visitante del museo.

La disminución de uso de energía usada en iluminación traducido en costo económico, permitirá al museo Casa Lis solventar una gran parte de los costos del proyecto.

Este proyecto será aplicado mediante la empresa ECOLED DESARROLLOS, esta brinda servicios de ingeniería dirigidas al sector de energía, 2amente en eficiencia energética y cuya misión respecto de la sostenibilidad la de disminuir la huella climática en instalaciones de sus clientes. ECOLED es una empresa españolas pionera en el uso de tecnología LED.

Conclusiones.

Se ha sustituido por iluminación LED casi todas las vitrinas para exposición de las piezas del museo, y se han obtenido los siguientes resultados.

Menor temperatura. La temperatura en las vitrinas ha considerado notablemente ya e la luz emitida no contiene radiación infrarroja.

Menor radiación UV. Las ondas UV han sido disminuidas, ya que la lámpara LED elegida no produce radiaciones dentro de ese rango del espectro.

Uniformidad. Se ha alcanzado una uniformidad en todas las vitrinas, utilizando una temperatura de color de 4500°K.

Mayor iluminación. El promedio de iluminancia en las vitrinas ha aumentado en un 50%, así mismo se ha mejorado la reproducción cromática es mayor, permitiendo una mejor percepción de los elementos expuestos. (Estudio e Implementacion de un Sistema de Iluminación- Alapont Ajo, David, 2015).

2.1.2 Antecedente 2.

Título.

Diseño de galería de arte contemporáneo para un contenedor transportable, con módulos multifuncionales Cuenca - Ecuador.

Autor.

Faride Cherai Flores.

Tipo de antecedente.

Tesis de investigación.

Resumen.

el proyecto consiste en la implementación de un contenedor transportable que contengan módulos multifuncionales, para que de esta manera haya la posibilidad de que los artistas alcancen la posibilidad de llegar al público, que a su vez tampoco puede acceder a este tipo de lugares.

Conclusión.

Queda aclarado que es una galería de arte y en rol que desempeña como el espacio destinado a la difusión del arte, indiscutiblemente una galería es el espacio donde se reúnen los amantes del arte y sus expresiones.

También se define qué variedad de galerías existen, desde las que son implementadas con un objetivo lucrativo, hasta las que no tienen la más mínima intención de producir ganancias económicas, pasando por las que ofrecen solo un tipo de manifestación artística.

En el caso de la presente galería se presenta trabajos de arte contemporáneo ya que en el presente es el más demandado y diverso. La principal característica del arte contemporáneo es de que, a diferencia de los museos de arte clásico, estos no necesitan de espacios solemnes y formales, por el contrario, estos pueden ser relajados y hasta extravagantes, por esta razón es que la presente tesis acopla perfectamente con el presente proyecto.

Se tiene la experiencia de que ninguna galería de arte puede ser tratada de la misma forma que otra anterior, dado que la tipología de las muestras o el propósito de la exposición es muy variable, por ejemplo, no se podría manejar de la misma forma una exhibición acerca del sistema solar y una acerca de astros del football, aquí se pone de manifiesto la diferencia entre la dinámica, tiempo de exposición etc. También un punto importante a tomar en cuenta es la permanencia e itinerancia de las obras.

La interacción de los factores antes mencionados determinará el resultado final de la exposición, poniendo en evidencia el hecho de que el trabajo no solo es la elección de los materiales, sino también el modo de presentación y conjunción de cada uno de estos de tal manera que facilite la comunicación entre las el artista y su público, estas consideraciones deberán ser evaluadas en el anteproyecto para asegurar el éxito de la exhibición.

Al ser el proyecto de tesis una muestra móvil, se debe tener especial consideración en el manejo de las variables como luz, conservación, presentación, ubicación, circulación etc.

Fuente: (Chedraui Flores, 2014).

2.1.3 Antecedente 3.

Título.

El arte como elemento constitutivo del diseño interior museográfico Cuenca - Ecuador.

Autor.

Aguirre Castro María Verónica.

Tipo de antecedente.

Tesis de investigación.

Resumen.

el presente proyecto se enfoca en la demostración de cómo el arte es un elemento de diseño interior dentro del museo y como el diseño a su vez puede configurar espacios museográficos versátiles y adaptables a las necesidades del artista.

Todas las etapas de la investigación convergen en un resultado que resulta ser un espacio totalmente versátil para el artista, de tal manera que en este pueda ser modificado, transformado y desmontado total o parcialmente; con tecnología que cubre las prestaciones requeridas a este tipo de espacio y que también pueda adecuarse a sus cambios.

Conclusión.

¿puede el arte beneficiar de una manera constitutiva el diseño interior gráfico? Después de toda una investigación, análisis y conceptualización, me atrevo a decir que sí, un sí rotundo. El arte puede compartir toda su expresividad con el espacio, puede transportar su fluidez, su movilidad, su transformación, su sensación, su emoción, su alucinación. Llegando se esta manera a potenciarlo. Se logra demostrar lo que se puede lograr mediante una conexión fuertemente establecida, diseño interior-arte; todo lo que se consigue y no solo conectando estos dos términos, sino también manteniendo conexiones diversas como el espacio-arte, espacio-espectador, espacio diseño interior, diseño interior arte, arte espectador, en fin, una serie de conexiones que han sido vistas a lo largo del desarrollo del proyecto.

Realizar un tejido con todas estas conexiones, uniendo conceptualización con orígenes diferentes, completamente heterogéneas y otras un tanto más homogéneas, que permite lograr una fusión entre la contemporaneidad del arte y la especialidad del espacio.

Sin duda alguna se obtuvo el resultado esperado, se logró a través de todo un rizoma creado en el trascurso del proyecto, conectar porciones de realidad con un sinfín de virtualidades que desde un principio peleaban por ser concretadas y empezar a existir. (Diseño interior museográfico - Aguirre Castro, 2016, págs. 8,124)

2.1.4 Antecedente 4.

Título.

Iluminación para interiores, museos y galerías de arte.

Autor.

Ing. Alexis Alvarez Rodriguez.

Tipo de antecedente.

Trabajo de investigación.

Resumen.

En el ámbito museográfico, existen factores de importancia sobre los cuales el iluminador puede maniobrar su intervención. Por un lado, la calidad y el confort visual que se busca ofrecer al visitante, tanto en el plano sensorial como cognoscitivo; y por el otro lado, los parámetros de conservación de las colecciones expuestas. Para lograr que estos parámetros no se interpongan uno al otro, se debe tomar en cuenta algunos factores que determinan a los proyectos de iluminación de museos.

Conclusiones.

En este tipo de proyectos, cuando se debe aplicar técnicas de iluminación a bienes culturales y artísticos, actualmente no existe métodos o normas que se puedan aplicar, salvo recomendaciones de ICOM y algunas sugerencias de IES y CIE, que son útiles para disminuir perjuicios en las obras.

No importa cuál sea la fuente de luz elegida, se deben establecer medidas de protección para disminuir los factores que perjudican la conservación de las obras de arte.

Es muy importante el adecuado mantenimiento y sustitución de las lámparas y luminarias para asegurar el funcionamiento del criterio primigenio de diseño, este aspecto debe ser aplicado desde el inicio y seguido por el personal asignado a estas funciones.

Fuente: (Iluminación para interiores Alvarez Rodríguez, págs. 1,7)

2.2 Base Teórica.

2.2.1 Introducción.

Por más de 140 años la luz producida por energía eléctrica ha iluminado la mayoría de las actividades humanas, desde entonces, se han pasado por una serie de métodos técnicos y tecnologías de iluminación.

Se puede aseverar que la invención de la lámpara incandescente hecha por Thomas Alva Edison en 1878 es una de las mayores contribuciones para el progreso de la humanidad, pues desde ese momento la población humana ha podido mejorar su estilo de vida al sustituir las velas, aceite, gas y otros métodos de iluminación anteriores.

No obstante, el uso de estas lámparas ha demostrado ser muy ineficiente, pues solo una pequeña de la energía utilizada se convierte en luz, mientras que el resto se pierde en forma de calor y luz no visible para el ojo humano. Como consecuencia de este hecho, las centrales generadoras de energía deben gastar más combustible para poder satisfacer esta demanda de energía.

La comunidad científica desde hace varios años se ha preocupado por este gasto insulso de energía, es debido a esta necesidad que desde el año 2008, según la ley de eficiencia energética de Ginebra, quedó prohibido continuar con la fabricación de estas luminarias en la unión europea. Previéndose que para el 2016 no existirían más de estas lámparas. (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA], 2012)

La lámpara fluorescente de tubo recto apareció en el mercado en el año 1938 , esta ofrece mejor y mayor iluminación que las lámparas incandescentes, con un rendimiento lumínico 5 veces mejor, pero con un daño potencial incalculable, ya que estas lámparas contienen mercurio que es altamente contaminante y muy perjudicial para la salud, de hecho, la organización mundial de la salud por medio de estudios ha demostrado que el gas de mercurio puede escapar del tubo fluorescente aunque este no se rompa, se pueden desencadenar diversos efectos muy tóxicos para la salud humana, como el daño permanente al sistema nervioso, en particular el sistema nervioso de personas en desarrollo, pérdida de la memoria, retardo mental, déficit intelectual. Por estos riesgos, y también debido al hecho de que el mercurio puede pasar de la madre al feto en formación, se considera que los bebés de pecho, los infantes y las mujeres en edad reproductiva son poblaciones que requieren mayor cuidado. (Gutierrez Muñoz, s.f.).

Debido a estos hechos de envenenamiento han tomado previsiones legales para detener su producción y comercialización, es así que según el tratado de Minamata, llevado a cabo en la ONU el 19 de enero del año 2013. En el cual desde el año 2020 estará totalmente prohibida su producción, exportación o importación. (Convenio de Minamata sobre el mercurio Lennet & Gutierrez, 2014).

2.2.2 Reseña histórica de iluminación para la conservación preventiva.

Respecto de la preservación preventiva de los bienes culturales, ya desde el barroco en la época medieval existe la preocupación manifiesta de proteger el patrimonio expuesto al público, a razón de que las pinturas y objetos en cuestión fueran perdiendo sus virtudes artísticas y representativas, quedando estas decoloradas o amarilladas en algunos casos.

Es por esta razón de que en el siglo XVII. L. Pasteur durante su estadía en la escuela de bellas artes de París, incluye en su cátedra el estudio y la conservación de objetos arqueológicos y artísticos en su cátedra de física, química y geología, y además la publicación del libro de F. Rathgen (conservación de hallazgos antiguos) del museo de Berlín y la inauguración del Laboratorio para el Museo Británico, son hechos fundamentales en la aplicación de las ciencias exactas como respaldo en la conservación. (Vázquez Barbé & Arconada R., 2011).

A la actualidad, se han presentado diversos estudios que dan cuenta de la necesidad de cambio de tecnologías de iluminación por diversos motivos, por ejemplo, en la tesis denominada “Huella de carbono por emisiones de GEI debido al uso de los sistemas de alumbrado de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Ingeniería, Lima-Perú”. (Enrique, 2019)

Respecto de las lámparas instaladas en la FIA, la lámpara que genera la menor emisión de GEI es la que posee mayor eficiencia luminosa, para el año 2019, es el LED tipo 1600 con eficiencia de 100 lúmenes/W. Sin embargo, en el mercado ya existen lámparas LED de mayor eficacia que deberán tomarse en futuras instalaciones. (Enrique, 2019). En el trabajo mostrado se pone de manifiesto la diferencia de tecnologías desde un enfoque medio ambiental y se concluye que las lámparas LED tienen mejores prestaciones ambientales.

Acerca de la versatilidad e idoneidad de la tecnología aplicada se puede citar a la tesis denominada. “Diseño de iluminación para el Almacén y preservación para un museo de arqueología”.

Actualmente contamos con diversas tecnologías para iluminación, no obstante, no todas son aptas para ser utilizadas en museos, esto se debe a la tipología de los objetos que estos poseen. El uso de tecnología LED beneficia a este tipo de establecimientos gracias a sus particularidades y su desarrollo constante. (Zegarra Cuellar, 2012).

Es cumplido el objetivo principal de la tesis, que es, evidenciar la utilidad del sistema de iluminación para diversas zonas del establecimiento y que esta iluminación ofrezca un nivel mayor de preservación de los restos materiales (Zegarra Cuellar, 2012).

Desde el lado de la eficiencia energética y el confort visual podemos citar la tesis denominada “Diseño de iluminación con tecnología LED referido al concepto de confort visual y eficiencia”.

El objetivo más importante es desarrollar un diseño de iluminación tomando en cuenta el confort visual, considerando lineamientos de iluminación uniforme, ausencia de brillos deslumbrantes, optima luminancia, contraste adecuado, temperatura de color adecuado, ausencia de efectos estroboscópicos (Castro Guaman & Posligua Murillo, 2015)

El estudio permite conocer mejoras en la tecnología de tipo LED la cual presente mejoras en su, durabilidad, rendimiento, eficiencia energética y diversidad de aplicaciones (Castro Guaman & Posligua Murillo, 2015).

Se puede decir de los trabajos presentados que el uso de tecnología LED para iluminación tiene ventajas significativas desde puntos de vista ambientales, ya que la huella de carbono dejada por esta tecnología es menor que las demás.

También se puede afirmar que, por su forma de construcción compacta, ofrece amplia versatilidad para la construcción de luminarias que se adaptan a situaciones geométricas singulares.

De lo anterior, se puede decir que los sistemas de iluminación con tecnología LED tienen mejor rendimiento energético y que también ofrecen mejor distribución lumínica y por lo tanto ofrecen mayor confort respecto de otras tecnologías.

Sabiendo que, para la iluminación de obras de arte se deben tomar en cuenta aspectos que garanticen un resultado perceptivo optimo, sin dañar la obra de arte expuesta, y que cualquier nivel de iluminación daña una obra de arte al incidir sobre ella, nos enfrentamos a la tarea de encontrar el balance entre el mínimo nivel de iluminación versus la percepción visual optima; para esta tarea es necesario conocer la fenomenología de los efectos de la iluminación que agreden a las obras de arte y también la tipología de los materiales expuestos.

2.2.3 Resultado de investigaciones relacionadas.

Cualquier iluminación puede dañar una obra de arte. Las luminarias pueden emitir radiación visible, infrarroja y ultravioleta, estas dos últimas, como se sabe, invisibles, y los tres tipos pueden perjudicar el estado de conservación de las piezas que se muestran en una exposición” (CEI, 2011: 557).

El daño que causa la luz sucede por dos procesos: la acción fotoquímica y el efecto calorífico radiante (Cuttle, 1996; CEI, 2011).

La acción fotoquímica es un proceso a nivel de estructura química, que tiene lugar cuando una molécula absorbe la energía de la luz, que se conceptualiza como la que transporta un fotón. El o los fotones emitidos por la fuente radiante interactúan con las moléculas de los objetos expuestos, y si llevan suficiente energía, se producen daños químicos irreversibles (Ciaflone y Mello, 2015: 178).

De hecho, existe evidencia de que los rayos ultravioleta son los más dañinos, pues a menor longitud de onda de la radiación, mayor energía. Por lo tanto, la discriminación espectral en la radiación es fundamental para conocer el alcance de los daños sobre los materiales y las superficies de las obras de arte. En primer lugar, no existe un nivel seguro de exposición a la radiación. Hay que asumir que la exposición a la luz producirá un efecto dañino inevitablemente. Habrá que trabajar, entonces, en minimizar este punto. La acción fotoquímica puede combinarse con otros factores ambientales. La medida del daño que puede producir la acción fotoquímica está determinada por dos factores: la medida de la exposición al agente irradiante y la responsividad, que expresa la sensibilidad de un material a los cambios producidos por la radiación. A su vez, dimensionar la exposición depende de tres factores: la irradiancia, la cantidad de radiación que llega a un material por unidad de superficie-, el tiempo de exposición y la distribución energético-espectral de la radiación incidente. Tanto la irradiancia como el tiempo de exposición se relacionan con la ley de reciprocidad o ley de Bunsen-Roscoe (Cuttle, 1988: 46).

En este principio se enuncia que el efecto fotoquímico es directamente proporcional a la iluminancia, la cantidad de luz que incide por unidad de superficie y al tiempo de exposición, de manera que uno y otro factor se compensan. Insistiendo en los factores deteriorantes, comoquiera que el daño para la obra de arte lo produce la absorción de fotones o de energía por parte de los materiales que la componen, otra evidencia de la mayor importancia es que la relativa responsividad de un objeto al flujo energético depende principalmente de la distribución espectral de su capacidad de absorción de energía (Cuttle, 1996).

La radiación es, pues, dañina siempre para la obra de arte. ¿En qué términos? De forma acumulativa e irreversible (Ciaflone y Mello, 2015: 177).

y se manifiesta Con distintos deterioros como pérdida de saturación, modificación de los tonos primitivos; decoloración y amarilleo de aceites, barnices y revestimientos; variación del color propio de distintos soportes como maderas, textiles, papeles; debilitamiento o destrucción de materiales estructurales... (Casal, 1984: 223).

“Ello explica, en muy diversos cuadros, la palidez de los rostros, el sorprendente color pardo de ciertas campiñas, la oscura apariencia de algunas obras. Consiguientemente, los cuadros que el visitante ve en los museos pueden ser muy distintos de los que pintó el artista" (Casal, 1988: 19).

Más específicamente, en muchos museos y colecciones se mide la degradación en términos de pérdida de color, de forma que puede asumirse que, materializando el concepto, el cambio de color es directamente proporcional a la pérdida del pigmento colorante (Cuttle, 1996: 4). Está dicho que para que un fotón induzca la acción fotoquímica debe ser absorbida por el objeto. La distribución de la reflectancia espectral de un objeto determina su apariencia cromática y, al contrario, la curva de distribución de su absorbancia espectral indica su sensibilidad espectral. Hay que tener la precaución de pensar que cada superficie coloreada puede estar compuesta de distintos colorantes en un vehículo amalgamante, cada uno de los cuales tiene distinta responsividad espectral (Cuttle, 1996)

Por otro lado, los efectos de la radiación térmica son endurecimiento, decoloración y agrietamiento de superficies en combinación también con la humedad y otros agentes como microorganismos.

2.2.4 Efecto fotoquímico.

Se llama así a un cambio químico catalizado por la absorción o emisión de. Una molécula no excitada, es capaz absorber un quantum de energía luminosa, lo que provoca una transición electrónica para que la molécula pase a un estado excitado o de mayor energía. Esta excitación hace que la molécula sea más reactiva que la molécula en estado fundamental.

La ley de Grotthus-Draper. Indica que la radiación no puede provocar cambio químico, a no ser que sea absorbida por un cuerpo o sistema de cuerpos, solo de esta forma puede haber transferencia de energía luminosa.

2.2.5 Ley De Lambert Beer.

Esta ley es un procedimiento matemático que se utiliza para determinar la forma en que una sustancia interactúa con la luz.

Esta ley afirma que la luz reflejada de una superficie es menor que la luz incidente, y que esta disminución se debe a los siguientes tres factores.

- La concentración de la sustancia.
- La distancia que recorre la luz en la sustancia.
- La probabilidad de que el fotón incidente sea absorbido por la sustancia, este valor se denomina coeficientes de extinción o absorbancia.

Esta relación se expresa de la siguiente manera.

$$A = -\epsilon \cdot c \cdot d$$

Ecuación 1 ley de Lambert Beer

Donde.

A = absorbancia.

ϵ = coeficiente de extinción molar.

D = distancia recorrida por la luz en (cm).

C = concentración molar.

Esto indica que existe una descomposición molecular debido al paso de la luz por una sustancia (para este caso, la pintura que deseamos iluminar).

Dado que las composiciones de las pinturas expuestas en museos son muy diversas, se tiene las aproximaciones estadísticas indicadas por ICOM para radiaciones dentro del rango de luz visible y un aproximado de 2.7 horas de exposición por día.

Tabla 3: tiempos de exposición – nivel de iluminación según material

Cesibilidad del material	Valor de Iluminación	Tiempo de exposición por año	Horas lux por año	Millones de horas lux por año	Tiempo de deterioro total
Media	100 lx	1000 h	100000 hlx	0.1Mhlx	300 años
alta	50 lx	1000 h	50000 hlx	0.05 Mhlx	100 años

FUENTE: (como administrar un museo 2006: 71)

2.3 Marco normativo.

2.3.1 Ley del Patrimonio Cultural de la Nación. L. N° 28296

Art. 1. Esta ley tiene como finalidad reglamentar la identificación, inventario, defensa, protección, restauración, conservación, investigación, difusión y restitución del patrimonio cultural.

2.3.2 Código Nacional De Electricidad (suministro 2011).

Sección 1. La misión del CNE suministro, es instaurar normas preventivas con el objetivo de proteger (de las actividades concernientes a los trabajos en el sector de electricidad.) teniendo en cuenta la no afectación del patrimonio cultural de la nación.

Estas normas se aplican a las empresas de servicio público y privado de suministro eléctrico.

2.3.3 Código Nacional de Electricidad – (Utilización 2006).

010-000 objetivo. El CNE tiene el objetivo de establecer las normas para proteger a las personas, la vida animal, vegetal y la propiedad, debido a los peligros ocasionados por el uso de la electricidad.

2.3.4 Reglamento nacional de edificaciones (2019).

NT EM 010 Art 3.- la aplicación de la norma técnica es de aplicación obligatoria, por ende, debe cumplirse en instalaciones de puesta en valor histórico.

En caso de no existir normas específicas, se deben aplicar las normas IEC, ISO y normas internacionales reconocidas.

04 G. 040. Patrimonio cultural son las manifestaciones del desarrollo humano, sea material o inmaterial, que por contener valor arqueológico, paleontológico, histórico, arquitectónico, social, militar, religioso, tradicional, tecnológico, científico, o intelectual.

2.3.5 Norma de alumbrado de interiores y campos deportivos DGE 017-AI-1/1982.

3.5 la iluminación en museos debe ser capaz reproducir los efectos luminoso propios de los objetos expuestos, se debe poner de manifiesto la intención del artista, los parámetros visuales deben ser agradables.

2.3.6 Norma técnica EM. 010 instalaciones eléctricas interiores 2019

10.1 Ante la posibilidad de daños en materiales sensibles a la luz, el nivel de iluminación debe ser cuidadosamente determinado.

2.3.7 Comisión internacional de iluminación.

Luces CIE n° 66 – 2019. Para mejorar la evaluación del rendimiento de color de una fuente de luz, se ha implementado el IES TM – 30:2015.

2.3.8 Norma UNE 12464.1(uniión europea)

En museos, no se puede prescindir de protección contra radiación nociva.

En museos, la iluminación será definida por los requerimientos de protección.

2.3.9 Como norma complementaria se tomará la normativa del ICOM – UNESCO

Anexo 4. Sensibilidad a la luz de los materiales con color.

2.3.10 Otras normas referentes.

Para la elaboración de trabajos referidos a iluminación, la normativa nacional cuenta con lineamientos generales establecidos en cada una de las normas antes citadas, pero dado que el presente trabajo está dirigido a la iluminación de elementos que forman parte del patrimonio cultural de la humanidad, es preciso recurrir a normativa internacional que regula el tratamiento de bienes de estos tipos, en ese sentido la institución internacional encargada de regular el tratamiento de bienes culturales es UNESCO y nuestro país está adscrito a esta institución a través del ministerio de cultura, es por esta razón que en el marco legal se incluyen reglamentos que devienen de esta institución.

2.4 Marco conceptual.

A continuación, tenemos las siguientes definiciones.

1. Alumbrado General

Alumbrado de un espacio sin considerar los requerimientos particulares propios de alguna parte del espacio iluminado.

2. Alumbrado Localizado

Alumbrado específico para individualizar la iluminación para un espacio o punto donde se efectúa una tarea visual.

3. Campo Visual

Espacio de apertura angular en el que se puede observar un objeto, con los ojos y la cabeza inmóviles. El campo puede ser binocular o monocular.

4. Candela (Cd)

Intensidad de luz en una dirección determinada, desde un emisor de radiación de un solo color, con frecuencia de 540×10^{12} Hertz y con una intensidad energética en esa dirección alcanza un valor de $1/683$ de vatio por estereorradián.

5. Candela por metro cuadrado (Cd/m²)

Unidad de medida de luminancia.

6. Contraste

Efecto visual para un individuo de la diferencia de intensidad de iluminación e de dos partes de un campo visual, observadas sucesiva o simultáneamente.

7. Disminución del Flujo Luminoso

8. Disminución porcentual de emisión del flujo luminoso de una fuente luminosa en condiciones normales de trabajo en relación al tiempo de funcionamiento.

9. Deslumbramiento

Un efecto en la visión en la cual hay perturbación o una disminución en la capacidad de diferenciar los objetivos visuales, producto de la mal distribución de luminancias, de valores de luminancias desbalanceados, o a distorsiones excesivos en el espacio.

10. Deslumbramiento Perturbador

Deslumbramiento que produce una disminución visual.

11. Deslumbramiento Molesto

Deslumbramiento que produce malestar, sin disminuir necesariamente la capacidad visual. luego de un periodo prolongado en un ambiente, se da origen a una fatiga y a una disminución en la capacidad visual, confort concentración.

12. Deslumbramiento Directo

Deslumbramiento producido por una fuente luminosa situada en la dirección, o cerca del objetivo visual.

13. Deslumbramiento Reflejado

Deslumbramiento que es causado por reflexiones especulares producidas desde fuentes luminosas, cuando el reflejo de la imagen se interpone en o cerca de la misma dirección del objetivo visual.

14. Eficiencia Luminosa

Es la razón entre flujo luminoso emitido, por la potencia total utilizada.

15. Factor de Conservación (o de mantenimiento) (fm)

Relación de la potencia de iluminación de una instalación nueva, entre un valor de la iluminación de la misma instalación luego de un periodo de tiempo.

16. Factor de Utilización

Porcentaje de flujo luminoso que incide sobre el área de trabajo, con el total del flujo generado por la fuente luminosa.

17. Flujo Luminoso

Medida de flujo radiante emitido por una luminaria que puede ser percibido por el ojo humano (lm)

18. Grado de Reflexión (r)

Razón del flujo luminoso incidente al flujo luminoso reflejado.

19. Iluminación (E)

incidencia de radiación visible sobre un área. Flujo luminoso distribuido uniforme sobre un área.

20. Iluminación Media (E)

promedio aritmético de los valores de iluminación dentro de un ambiente o en un área de un área utilizado para un trabajo particular.

21. Iluminación Nominal (E_n)

Valor de la iluminación media en un ambiente amoblado, o en alguna zona de un ambiente amoblado, consignado a una determinada tarea, acorde al diseño de la instalación de alumbrado. Esta iluminación está referida al plano de trabajo en el cual se desarrolla la tarea visual. Esta iluminación se refiere a la edad promedio de las instalaciones de alumbrado.

22. Intensidad Luminosa (I)

Razón del flujo emitido por la luminaria, irradiado en un ángulo sólido que contiene la orientación dada por el elemento de ángulo sólido. Candela (Cd)

23. Lumen (lm)

Es el flujo luminoso emitido en un estereorradián, producido en un origen puntual y que tiene intensidad luminosa uniforme de una cd.

24. Lámpara

Equipo para conversión de energía eléctrica en luminosa.

25. Luminancia

Razón del flujo emitido, que incide o que atraviesa una superficie, y es propagado en trayectorias definidas por un ángulo sólido que contiene la trayectoria dada por la multiplicación del ángulo sólido y el plano de la proyección ortogonal de la superficie en un plano aparente en la dirección dada.

26. Luminancia Media de una luminancia

Luminancia definida por la relación entre, intensidad luminosa en una orientación particular y la proyección ortogonal de la superficie iluminadora en cuestión.

27. Luminaria

Equipo que transforma o filtra la luz proporcionada por las lámparas; compuesto por los accesorios que fijan y protegen las lámparas y también las conectan a una fuente de energía.

28. Lux (lx)

Iluminación producida por el flujo de 1 lumen, distribuido con uniformidad sobre un área de 01 metro cuadrado.

29. Plano de Trabajo

Se llama así al plano en el que se ejecuta el trabajo visual, por lo tanto, es el plano en donde se mide la iluminación.

30. Puesto de Trabajo

espacio en el que se realiza un trabajo o actividad, esta área incluye el espacio inmediatamente adyacente.

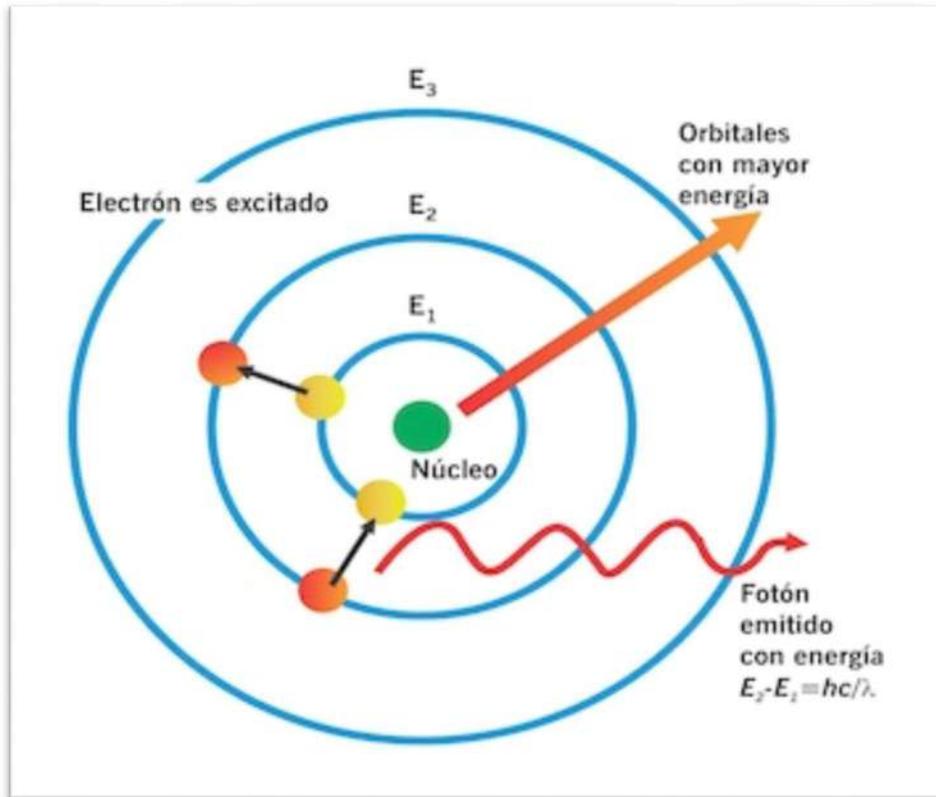
31. confort visual.

Se considera lineamientos de; iluminación uniforme, ausencia de brillos deslumbrantes, optima luminancia, contraste adecuado, temperatura de color adecuado, ausencia de efectos estroboscópicos.

2.4.1 La luz.

Para explicar la fenomenología de la luz apelaremos al modelo atómico del físico Danés Niels Bohr de 1913. Este explica cuantitativa y cualitativamente el funcionamiento de absorción y emisión de luz en los átomos. Este modelo afirma que el átomo consiste en, el núcleo de carga positiva que está envuelto por electrones que giran en órbitas circulares con determinada energía. Un electrón puede ser desplazado de un nivel de baja energía a uno de mayor energía. Estos electrones permanecen poco tiempo en esos niveles y vuelven a un nivel de menos energía emitiendo una luz en su proceso. La unidad de la luz es el fotón. Y está dado por $E_{\text{foton}}=hc/l$, donde h es la constante de Planck ($=6.63 \times 10^{-34}$ Joules.seg), c es la velocidad de la luz en el vacío ($=3 \times 10^8$ m/s) y l es la longitud de onda, medida en nanómetros ($10^{-9}\text{m}=1$ nm).

Figura 8: Modelo atómico del átomo introducido por el físico Danés Niels Bohr de 1913



Fuente: Saberes y ciencias: <https://saberesyciencias.com.mx/wp-content/uploads/2015/01/p-11a.jpg>.

Hay muchos niveles de energía a los que un electrón se puede desplazar, entonces se emiten fotones de diferentes longitudes de onda, por ejemplo, la luz verde mide $\lambda=500$ nm (o 0.5 mm), y su energía es $\sim 4 \times 10^{-19}$ Joules. la energía de los fotones se puede medir en electrón volts (eV) y para transformarla de Joules a eV se toma la energía y se divide entre la carga del electrón, entonces, la energía sería de 2.48 eV, y la energía de luz UV ($\lambda=300$ nm) es 4.14 eV.

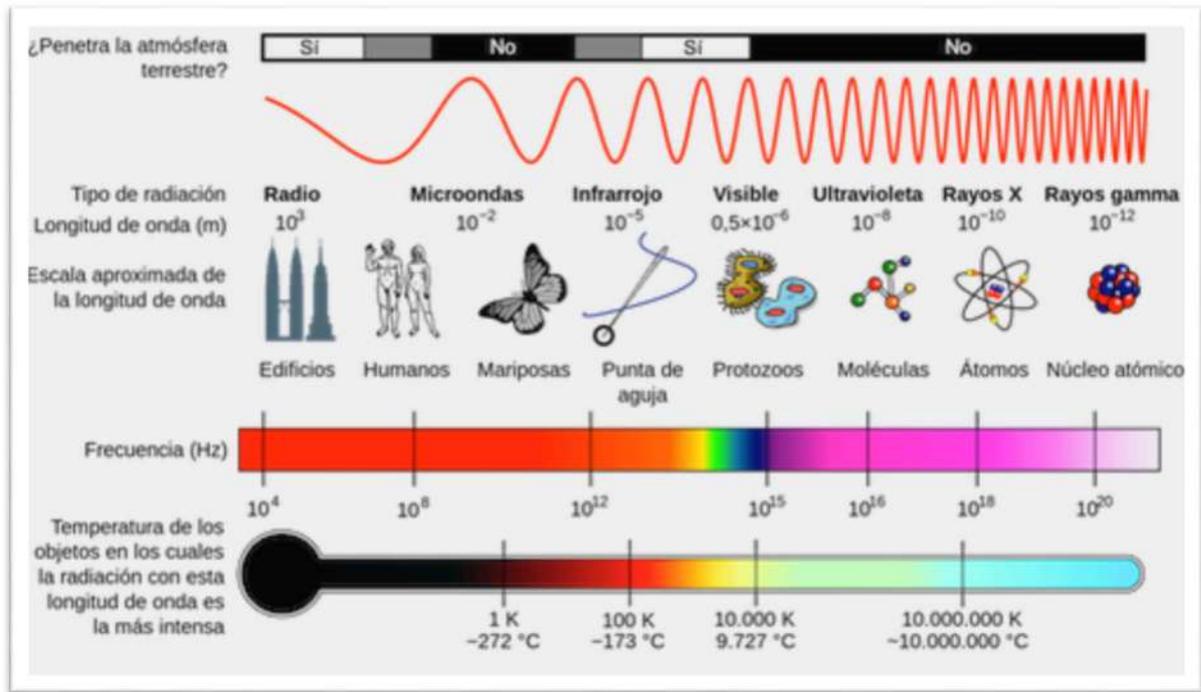
Los electrones pueden ser excitados mediante diferentes mecanismos; colisiones entre átomos o con partículas (protones, neutrones, electrones e), reacciones químicas, fusión y fisión atómica o fotones producidos por otros átomos.

Con el desarrollo de la tecnología, el hombre ha fabricado diversos modos artificiales de generar luz, tal como la lámpara incandescente, en estas fuentes, los electrones circulan a través del filamento de tungsteno y dan golpes a los átomos del filamento con energía suficiente como para elevar sus electrones a niveles de más energía. La mayoría de las fuentes de luz emiten varios colores a la vez como; el rojo, verde, amarillo, o azul, pero

también emiten calor. El calor es también parte del espectro, este tiene una longitud de onda entre 700 nm hasta 100000 nm.

Cuanto mayor sea la longitud de onda, menos energía tiene y menos perjudicial es los seres vivos, los rayos X y los rayos gamma son otra forma de luz, estás tienen longitudes de onda muy cortas <200 nm, por ende, contienen mucha energía y son perjudiciales. A esas fuentes de luz se les llama ionizantes, debido a que tienen la suficiente cantidad de energía para despedir un electrón del átomo (efecto de ionización) esto rompe enlaces y produce mutaciones genéticas, no obstante, estas radiaciones también tienen utilidades benéficas como su uso en las radiografías, visión a través de metales o tratamientos contra en cáncer.

Figura 9: Longitud de onda, frecuencia, y temperatura del espectro de luz.



Fuente: saberes y ciencias: <https://saberesciencias.com.mx/wp-content/uploads/2015/01/p-11b.png>.

Al rango de radiación que el ojo puede percibir se le conoce como espectro visible, este espectro representa sólo una pequeña parte de la radiación alrededor de nosotros.

2.4.2 El color.

A pesar de que el color puede producir sentimientos, sensaciones, mensajes a través de códigos; el color no existe como tal, dado que, por definición, este es un producto de las longitudes de onda que se reflejan o son absorbidas por un objeto, es decir, si nuestros ojos no tendrían la capacidad de captar y diferenciar esas radiaciones, el color no existiría.

Isaac Newton fue el primero en probar que el color no existe. Pudo hacer esta afirmación luego de que experimentara en una habitación oscura, dejó pasar un pequeño haz de luz por medio de un orificio y en la trayectoria de este haz luminoso puso un cristal prismático triangular, y se dio cuenta de que, al atravesar la luz traspasando del cristal, este rayo se descomponía en seis colores con el siguiente orden: Cian y Azul oscuro, Azul, Verde, Amarillo, Rojo Púrpura. Este haz de colores fue denominado como espectro solar. Es preciso diferenciar entre el color producido por los pigmentos y el color originado por la luz. Tiempo más tarde se hizo el experimento opuesto en el cual se dispararon seis haces de luz con los colores del espectro y el resultado de la confluencia dio luz blanca.

Por tanto, en el proceso de la visión, una luz incide sobre una superficie, luego esta superficie absorbe algunos de los seis colores del espectro y esta luz remanente se refleja a los ojos y es decodificado en colores. Esta es la razón por la cual una misma superficie puede cambiar de color según la luz que incida sobre ella.

Entonces, se puede definir el color físico como un fenómeno visual que depende de la longitud de onda incidente en el ojo, la ausencia de luz resultará ser el negro y la suma del espectro total será el blanco. (Toda Cultura, s.f.)

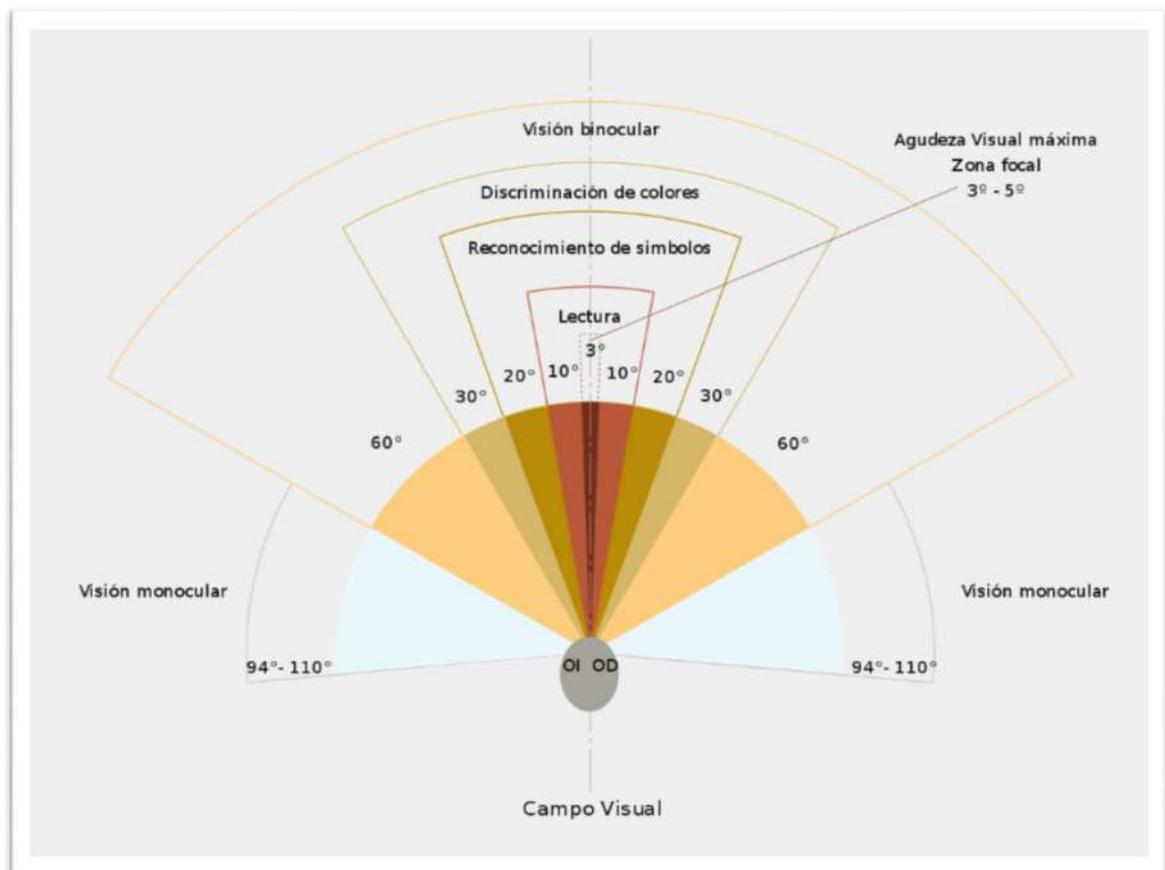
2.4.3 La visión y el ojo humano.

Para diseñar una metodología de iluminación en forma apropiada, es necesario conocer algunos aspectos fisiológicos del ojo humano en función de sus capacidades geométricas de percepción.

El campo visual está definido por el espacio cónico que percibe el ojo cuando decodifica la radiación de ese entorno. Dentro de este, están ubicados los espacios de cada escena que capta la visión.

El campo visual humano abarca más o menos 180°, y solo en una pequeña porción de este se pueden captar imágenes con nitidez. (Wikipedia, 2020)

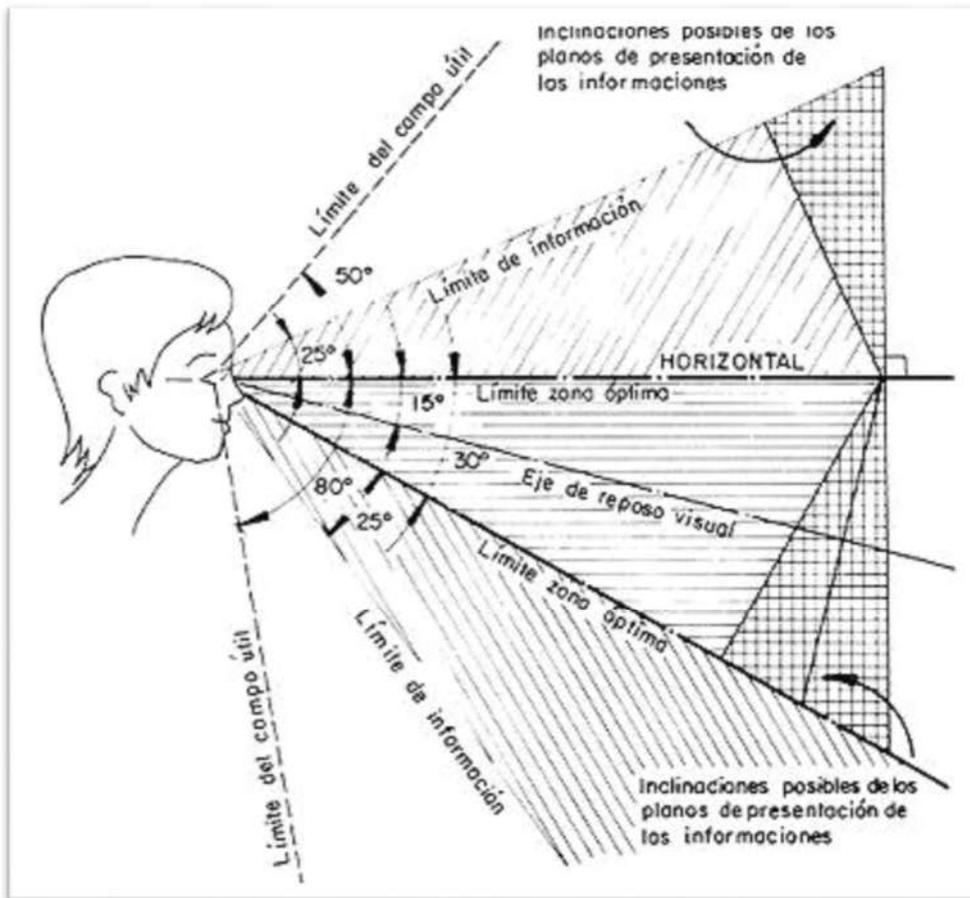
Figura 10: Campo visual horizontal.



Fuente: Wikipedia:

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/07/Campo_de_vision.svg/600px-Campo_de_vision.svg.png

Figura 11: Campo visual vertical.



Fuente: Physics and Math Lover:
http://www.jmcpri.net/ntp/@datos/ntp_241_archivos/n241_03.jpg.

De las figuras 10 y 1, se puede decir que la agudeza visual se reduce a 3° horizontal y 15° vertical.

2.4.4 Análisis de medición de fidelidad del color.

En el 2015, el (Illuminating Engineering Society of North America) IES. Publicó un documento técnico denominado TM-30-15, fundado en progresos y avances multidisciplinarios desarrollados por muchos contribuyentes, entre los que se cuentan investigaciones sobre el tema de los últimos 20 años. El TM-30-15 precisa más información acerca de las limitantes del CRI.

El CRI, es un método el en cual, se toma de referencia la radiación de un cuerpo negro a una Temperatura de color, e incluye diferentes medidas relacionadas entre sí. El TM-30 permite

singularizar o desmembrar las fuentes de luminosas en función de sus características, de tal modo que se pueda elegir la más pertinente según su aplicación.

El TM-30 utiliza dos parámetros numéricos (Rg y Rf), además de otros instrumentos de visualización, de tal modo que se alcanza una mejor interpretación de matices específicos.

De otro lado, aporta una determinación más completa de la reproducción del color.

Ofrece una escala de información, que va desde valores medios muy precisos, a caracterizaciones de color exhaustivamente detallados.

El TM-30-15 tiene 99 muestras, cantidad que supera ampliamente al CRI tradicional, haciendo que estos valores sean más difíciles de optimizar de manera selectiva, y proporcionan mejores representaciones del rendimiento de color.

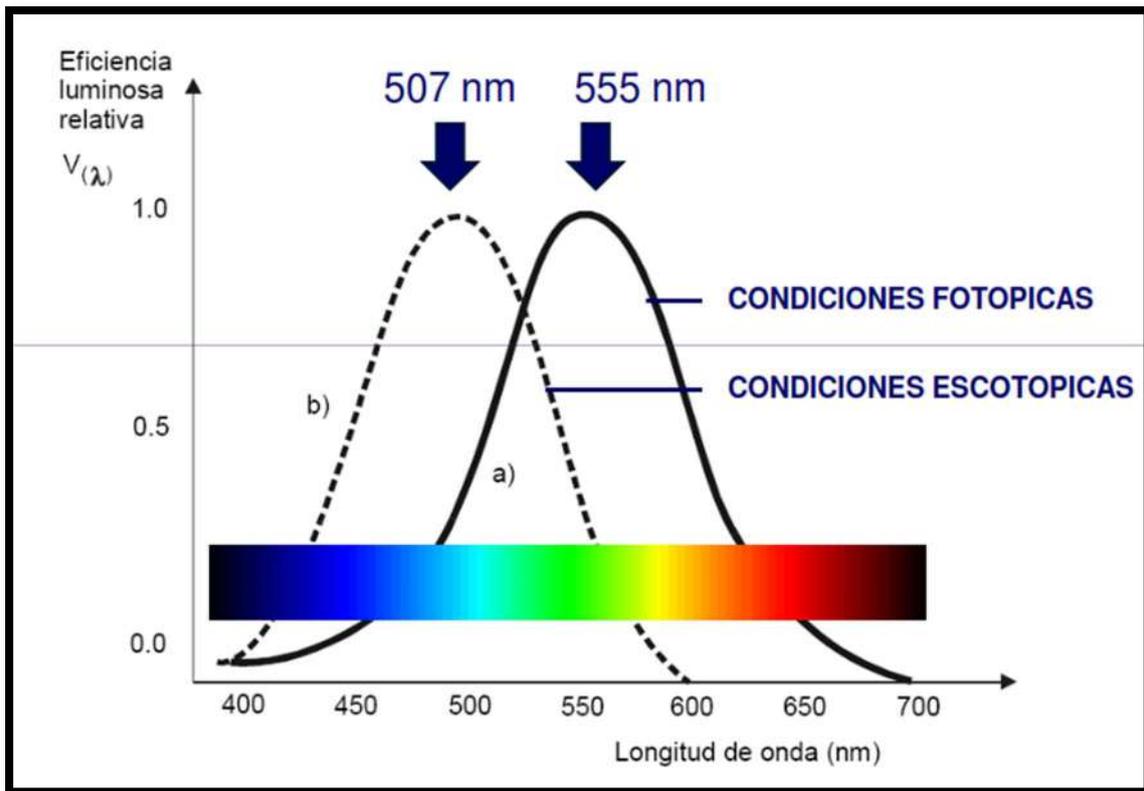
En la siguiente tabla se indica y describe los resultados de una fuente de luz luego de la aplicación del TM-30 sobre. (Rodríguez Trejo, 2018).

Tabla 4: Resultados de la aplicación de TM-30 a una fuente de luz.

Medida	Abreviatura	Descripción
Índice de Fidelidad	Rf	Análogo a CIE Ra (CRI). Caracteriza el promedio de cambios de color de las 99 CES para caracterizar el nivel de similitud entre la fuente de referencia y la fuente a estudiar. Rango de valor entre 0 y 100.
Índice de Saturación	Rg	Compara el área a estudiar por la media de coordenadas de cromaticidad en de los 16 matices para caracterizar el promedio del nivel de saturación comparando con la fuente de referencia. Un valor neutro es 100, superior al 100 indica un aumento de la saturación, y por debajo de 100 un descenso de la saturación. El valor aumenta con el descenso de la fidelidad.
Gráfica Color Vector		Da un valor de a la representación visual del matiz y la saturación basándose en el promedio de cada matiz, en relación con la referencia. El gráfico ofrece un rápido análisis sobre la diferencia de matices en diferentes sentidos.
Gráfica de Saturación de color		Ofrece una simple representación visual de los cambios de saturación, basándose en los cambios de cada matiz.
Índices de Fidelidad de matiz	Rf,hx (siendo x=1 a 16)	Ofrece una caracterización numérica de la fidelidad del color en cada uno de los 16 matices. Este índice puede ser usado para evaluar con qué fidelidad la fuente testada es capaz de reproducir los rojos, amarillos, verdes, azules, y otros matices intermedios. Los valores van de 0 a 100. Los valores obtenidos son análogos a los obtenidos por el método de la CIE, pero más exhaustivos ya que combinan distintas muestras con diferentes distribuciones espectrales.
Cambio de Chroma por índices de matiz	Rg,hx (siendo x=1 a 16)	Ofrece una caracterización numérica del cambio de chroma en cada uno de los 16 matices, lo cual puede ser utilizado para evaluar saturación (valor +), desaturación (valor -) de los rojos, amarillos, verdes, azules, y otros matices intermedios.
Índice de fidelidad de piel	Rf, skin	Caracteriza distintos tonos de piel (CES15 y CES18) renderizados por la fuente a estudiar, comparándola con la fuente patrón. El rango de valor va del 0 al 100, y puede ser utilizado junto con el resto de valores que ofrece el TM 30-15 cuando la piel es punto importante a tener en cuenta.
Índices de fidelidad de muestra	Rt,CESx (siendo x=1 a 99)	Caracteriza la similitud de cada uno de los índices CES de la fuente testada respecto a la fuente patrón. Teniendo en cuenta todos los índices, podremos obtener un valor final bastante consistente.

Fuente: Smart Lighting: <https://smart-lighting.es/wp-content/uploads/2018/04/5-tabla-descripcion-medidas-tm-30-optimizada.jpg>

Figura 12: Temperatura de fidelidad de color aproximada.



Fuente: 2do. Congreso Iberoamericano y X Jornada “Técnicas de Restauración y Conservación del Patrimonio”.

2.4.5 Origen histórico de la tecnología LED.

La primera publicación acerca de la electroluminiscencia, la escribió Henry Joseph Round (1881 – 1966), este científico se dio cuenta de que algunos semiconductores producían una luz cuando la corriente eléctrica los atravesaba. Luego remitió sus anotaciones a la revista (Electrical Word) para ser publicadas el 9 de febrero de 1907.

Figura 13: Henry Joseph Round (1881 – 1966).



Fuente: Circuits Today: <https://www.circuitstoday.com/wp-content/uploads/2013/10/Henry-Round.jpg>.

El científico Oleg Vladimirovich Lósev en 1927 publicó el primer estudio de los LEDs en un periódico ruso y luego en varios medios alemanes y británicos. Se dio cuenta de lo antes visto por Henry Joseph y entonces fabricó un diodo de cristal con carburo de silicio y óxido de zinc, y tal como había previsto, emitió una luz cuando una corriente eléctrica lo atravesaba. Luego Lósev lo patentó como “Light Relay” para su uso en telecomunicaciones.

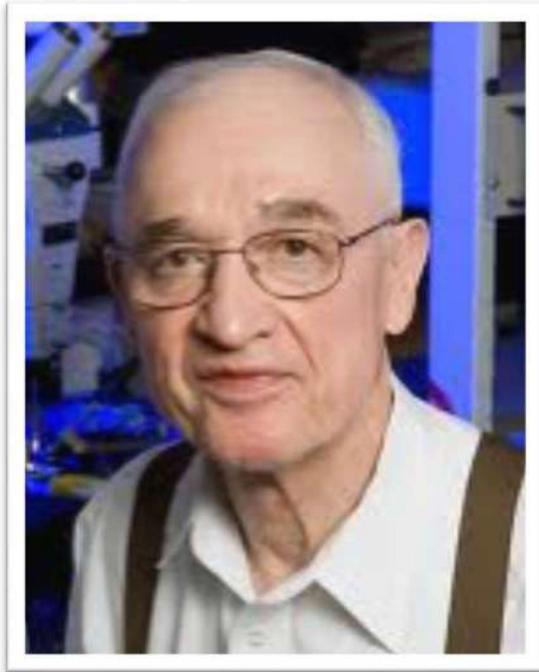
Figura 14: Oleg Vladimirovich Lósev (1903 – 1942).



Fuente: Circuits Today: <https://www.circuitstoday.com/wp-content/uploads/2013/10/Oleg-Losev.jpg>.

Nick Holonyak. Este ingeniero norteamericano trabajaba para General Electric, cuando en 1962 inventó el LED en el espectro de luz visible, desde este hecho se iniciaron las investigaciones con la mira puesta en la sustitución de lámparas incandescentes.

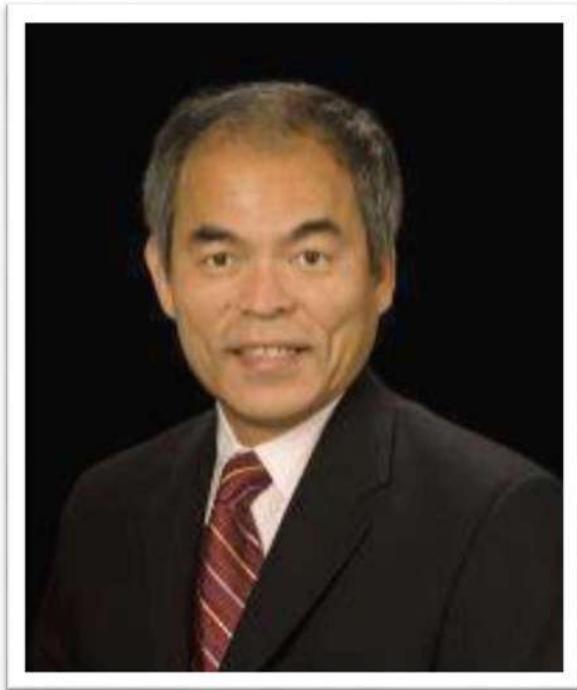
Figura 15: Nick Holonyak. (1928 - Actualidad).



Fuente: Circuits Today: <https://www.circuitstoday.com/wp-content/uploads/2013/10/Nick-Holonyak.jpg>.

Shuji Nakamura, es un ingeniero electrónico, catedrático de la universidad de Santa Barbara, es responsable del descubrimiento de la luz azul a partir de los LEDs, y a su vez este descubrimiento hizo posible que se descubriera la luz de color blanco que ahora se utiliza en iluminación. Desarrolló también los LEDs UV que sirven para esterilizar el agua, los blue ray.

Figura 16: Shuji Nakamura (1954 - Actualidad).

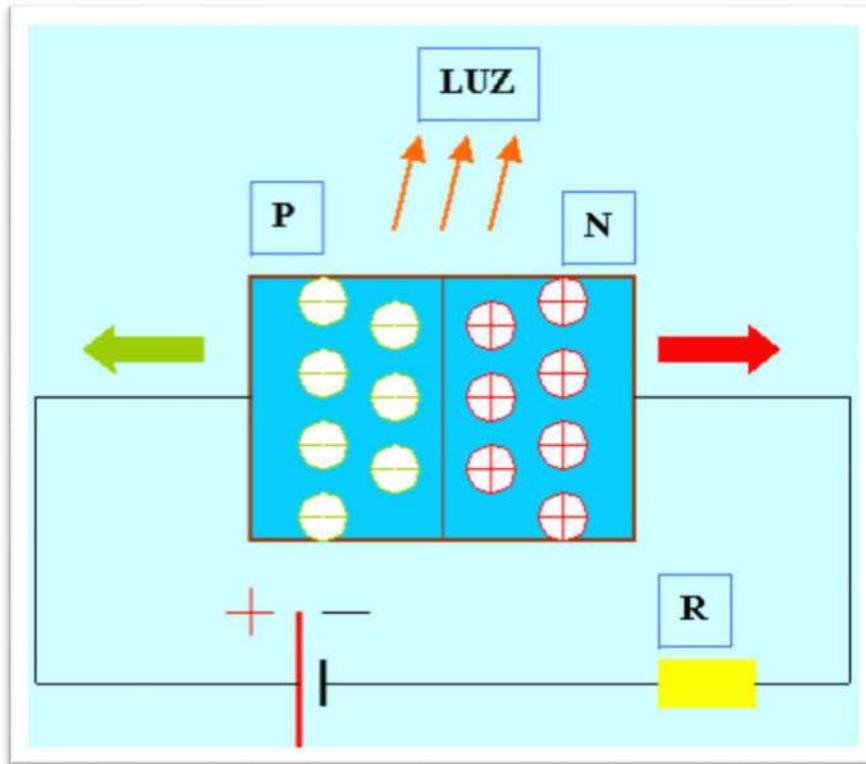


Fuente: EcuRed: <https://www.ecured.cu/Archivo:Shuji-nakamura.jpg>

2.4.6 Diodo emisor de luz.

El diodo LED funciona como un diodo común, que cuando es atravesado por una corriente eléctrica, emite una luz. Este normalmente tiene envoltura de plástico, que tiene mayor resistencia que el vidrio de las lámparas incandescentes, el color del plástico no influye en el color de luz emitido. Comúnmente la luz del LED se compone de diferentes partes, por esta razón el patrón de intensidad de luz producida puede ser muy complejo.

Figura 17: Diagrama de funcionamiento de diodo emisor de luz, polarizado de forma directa.



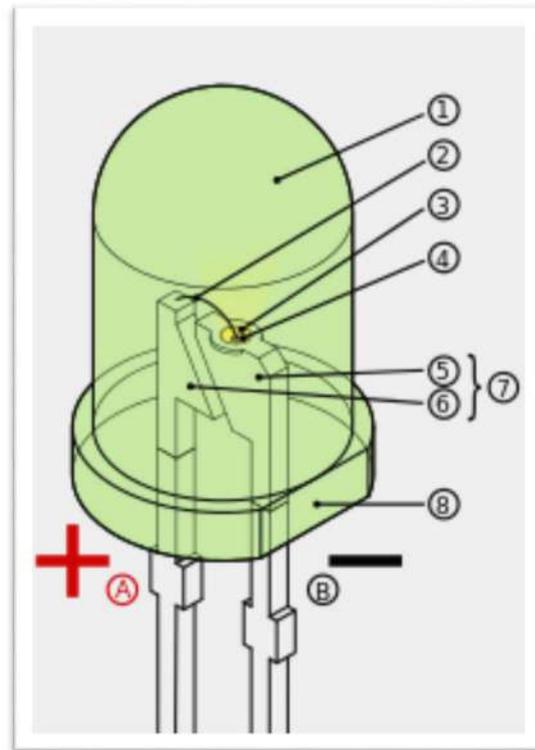
Fuente: Monografias.com: <https://www.monografias.com/trabajos60/diodo-led/Image5.gif>.

Si se desea obtener una óptima intensidad luminosa, se debe escoger con rigurosidad la cantidad de corriente que pasa por el LED sin dañarlo. La también hay que tomar en cuenta que la tensión de operación está entre 1.8 y 3.8 voltios, esto dependerá del material de fabricación además del color que emite, del mismo modo la cantidad de corriente dependerá del uso que se le dé. Los valores característicos de corriente directa están entre 10 mA y los 20mA, para el LED de color rojo entre 20 mA y los 40mA, a diferencia de un diodo de silicio, los LED se instalan en sentido opuesto.

Los LED tienen mayor eficiencia a menor corriente y se suele buscar el equilibrio entre la cantidad de luz que producen que es mayor cuanto más grande es la intensidad que circula por ellos y la eficiencia que es mayor cuando la corriente es pequeña.

Figura 18: Características constructivas de diodo emisor de luz

- A: Ánodo
- B: Cátodo
- 1: Lente/encapsulad (cápsula plástica).
- 2: Contacto metálico (hilo conductor).
- 3: Cavity reflectora (copa reflectora).
- 4: Terminación del semiconductor
- 5: Yunque
- 6: Poste
- 7: Marco conductor
- 8: Borde plano



Fuente: (Ventura, 2008). Tomado de Led tecnología: <https://i0.wp.com/www.ledtecnologia.com/wp-content/uploads/2016/09/led-caracteristicas.png?resize=414%2C286&ssl=1>

2.4.7 Composición.

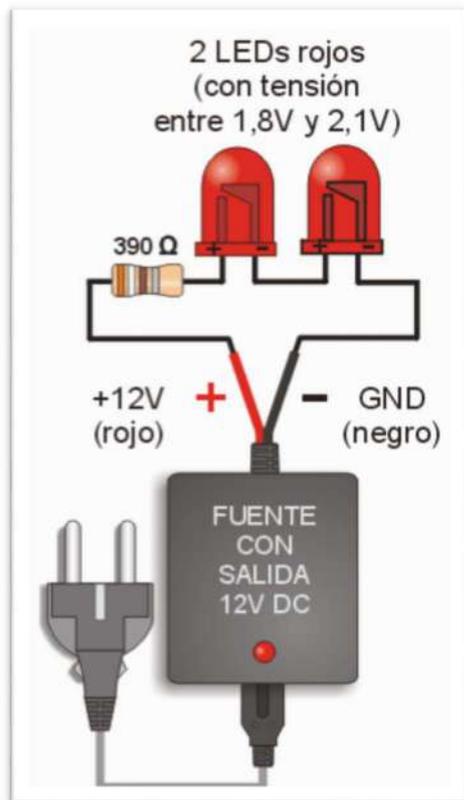
De la composición de LED y de la corriente que circula por esta, depende el color que finalmente será emitido.

2.4.8 LED rojo

Está formado por GaP con una unión p-n que se obtiene por el método del crecimiento epitaxial del vidrio en su período líquido. La fuente de luz está conformada por una cobertura de vidrio p junto con ZnO, cuya concentración es limitada, por lo que su brillo es saturado a una alta densidad de corriente. El LED que está constituido por GaAsP está formado por

una envoltura obtenida a partir de la fusión de Zn en el crecimiento del cristal n de GaAsP, conformado en sustrato de GaAs, mediante el método de crecimiento epitaxial en estado gaseoso. En la actualidad se usa los LED de GaAlAs gracias a su mayor luminosidad. Su radiación máxima está a una longitud de onda de 660 nm. (Juanki, s.f.)

Figura 19: Diagrama de instalación de circuito con diodo Led de color Rojo



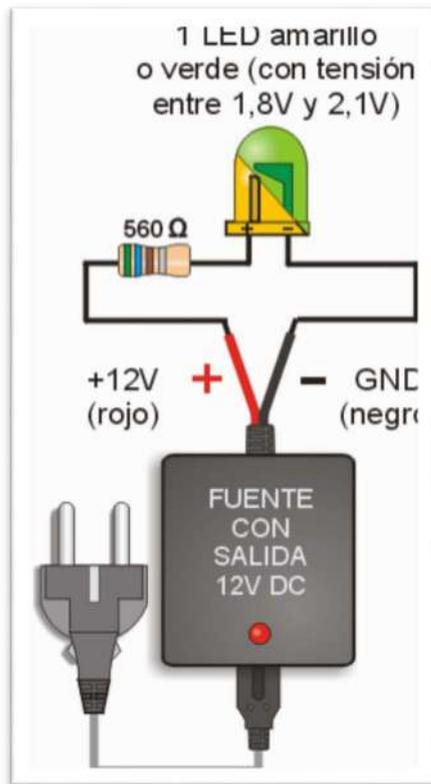
Fuente: Taringa:

http://www.inventable.eu/media/73_Leds_por_ejemplos/Leds_por_ejemplos23.png.

2.4.9 LED amarillo y verde

Esto están conformados por GaAsP del mismo modo que los LED rojos, pero para obtener luz amarilla y verde, así como luminiscencia de ondas más pequeñas, lo que se hace es ampliar la banda prohibida aumentando el fósforo en el diodo. Su construcción es similar a la de los diodos rojos, por el método de crecimiento epitaxial del cristal en estado gaseoso, la conformación de la unión p-n se efectúa por difusión de Zn. La particularidad de estos LED es que, para mejorar el rendimiento, el área emisora está mezclada con una trampa isoelectrónica. (Juanki, s.f.)

Figura 20: Diagrama de instalación de circuito con diodo Led de color Amarillo / Verde



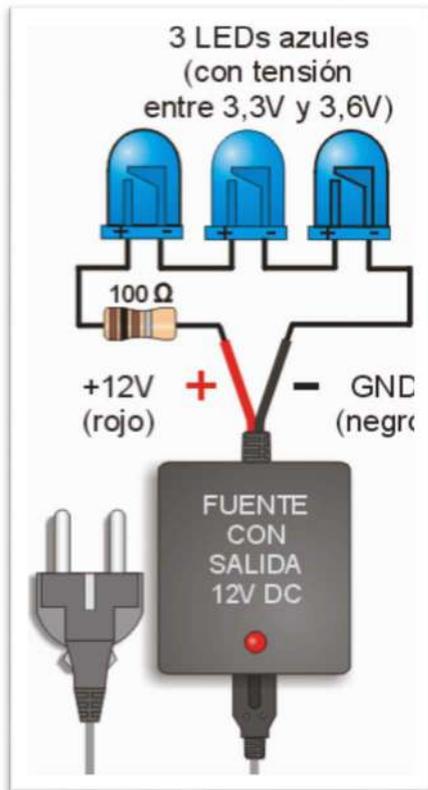
Fuente: Taringa:

http://www.inventable.eu/media/73_Leds_por_ejemplos/Leds_por_ejemplos23.png

2.4.10 LED azul

Para la obtención del color azul se usan (ZnS, SiC, GaN y ZnSe). para casos con voltajes de alimentación más de 5V o 9V, los de 12V permiten la conexión de varios LED en serie, como se pueden ver en los arreglos de hasta 4 LEDs rojos verdes o amarillos, 3 led azules o blancos, aumentando el rendimiento y facilitando las conexiones ya que se necesita solo una resistencia. (Juanki, s.f.).

Figura 21: Diagrama de instalación de circuito con diodo Led de color Azul



Fuente: de Taringa:

http://www.inventable.eu/media/73_Leds_por_ejemplos/Leds_por_ejemplos24.png

2.4.11 Colores y materiales

Tabla 5: Colores según longitudes de onda y tensión en semiconductores.

	Color	Longitud de Onda [nm]	Diferencia de potencial [ΔV]	Material semiconductor
	Infrarrojo	$\lambda > 760$	$\Delta V < 1.63$	- Arseniuro de Galio (GaAs) - Arseniuro de galio-aluminio (AlGaAs)

	Rojo	$610 < \lambda < 760$	$1.63 < \Delta V < 2.03$	<ul style="list-style-type: none"> - Arseniuro de galio-aluminio (AlGaAs) - Fosfuro de galio y arsénico (GaAsP) - Fosfuro de aluminio-galio-indio (AlGaInP) - Fosfato de galio (GaP)
	Naranja	$590 < \lambda < 610$	$2.03 < \Delta V < 2.10$	<ul style="list-style-type: none"> - Fosfuro de galio y arsénico (GaAsP) - Fosfuro de aluminio-galio-indio (AlGaInP) - Fosfato de galio (GaP)
	Amarillo	$570 < \lambda < 590$	$2.10 < \Delta V < 2.18$	<ul style="list-style-type: none"> - Fosfuro de galio y arsénico (GaAsP) - Fosfuro de aluminio-galio-indio (AlGaInP) - Fosfato de galio (GaP)
	Verde	$500 < \lambda < 570$	$1.972 < \Delta V < 4.0$	<p>Verde clásico:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fosfato de galio (GaP) - Fosfuro de aluminio-galio-indio (AlGaInP) - Fosfuro de galio-aluminio (AlGaP) <p>Verde puro:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nitruro de galio-indio (InGaN) / Nitruro de galio (GaN)
	Azul	$450 < \lambda < 500$	$2.48 < \Delta V < 3.7$	<ul style="list-style-type: none"> - Seleniuro de zinc (ZnSe) - Nitruro de galio-indio (InGaN) - Carburo de silicio (SiC) como sustrato - Silicio (Si) como sustrato
	Violet	$400 < \lambda < 450$	$2.76 < \Delta V < 4.0$	<ul style="list-style-type: none"> - Nitruro de galio-indio (InGaN)

Púrpura	distintos tipos	$2.48 < \Delta V < 3.7$	<ul style="list-style-type: none"> - Ledes duales azul/rojo - Azul con fósforo rojo, - Blanco con plástico púrpura.
Rosa	distintos tipos	$\Delta V \sim 3.379$	<ul style="list-style-type: none"> - Azul con una o dos capas de fósforo, - Amarillo con fósforo rojo, naranja o rosa. - Blanco con plástico rosa, o fósforo blanco con tinte rosa por encima
Blanco	Espectro amplio	$2.8 < \Delta V < 4.2$	<ul style="list-style-type: none"> - Blanco puro: Led azul o UV con fósforo - Blanco cálido: Led azul con fósforo naranja.

Fuente: Wikipedia: <https://es.wikipedia.org/wiki/Led>

2.4.12 Categoría lana azul.

Al respecto, la comisión internacional de iluminación (CIE) a través de sus asociados presenta un cálculo llamado (categorías de lana azul). Esta categoría de lana azul es una categoría normalizada con valor internacional (ISO) que sirve para detallar la sensibilidad de los materiales a la luz según 8 tintas azules en lana, usadas como referencia en la mayoría de los exámenes de resistencia a la luz y degradación del color según el material, este se expresa en Mlx/h (millones de lux por hora) y los valores se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 6: Sensibilidad a la luz de los materiales con color.

	Gran sensibilidad a l			Sensibilidad media			Baja sensibilidad a la luz			No sensibilidad a la luz		
	<p>Mayor parte de los extractos vegetales, por lo tanto, la mayor parte de las tintas antiguas brillantes y los pigmentos de lacas en cualquier disolvente; verdes, amarillos, naranjas, azules, muchos rojos, púrpura. pigmentos de insectos, como la (cochinilla) en cualquier disolvente. Mayor parte de los colores primarios sintéticos como la anilina, en cualquier disolvente. Colorantes sintéticos en cualquier disolvente. La mayor parte de los fieltros (incluidos los negros). La mayor parte de las tinturas usadas para el papel a lo largo de este siglo. Las fotos en color, con la palabra “color” en su nombre, ejemplo (Kodakcolor)</p>			<p>Algunos extractos históricos vegetales, por ejemplo, la alizarina, tintura en lana o laca en cualquier disolvente. La sensibilidad varía en función de la concentración del disolvente, el substrato y el mordiente. La mayor parte de las pieles y plumas. La mayor parte de las fotos en color que en su nombre llevan “cromo”, ejemplo, (Cibacromo).</p>			<p>Paletas de artistas llamadas “permanentes” Y pinturas de baja sensibilidad a la luz, ejemplo, Winsor and Newton AA.), ASTM D4303 Categoría I. Colores estructurales de insectos, solo si se bloquean los rayos UV. Algunos extractos históricos de vegetales, principalmente el índigo en lana. Pruebas en negro y blanco en gelatinobromuro de plata, pero no el papel satinado mate con resina, y solo en ausencia de rayos UV. La mayoría de pigmentos modernos como el Bermellón oscurecido a la luz, que fue desarrollado para uso exterior como los autos.</p>			<p>La mayor parte de los pigmentos minerales. Las paletas de pintura al fresco, concuerda con la necesidad de estabilizar los óxidos metálicos. Los esmaltes de las cerámicas, no confundir con (pinturas esmaltadas). Mayor parte de imágenes monocromas sobre papel, como tintas al carbono, no obstante, el tinte del papel y el tinte añadido suelen ser muy sensibles. Gran parte de pigmentos modernos desarrollados para uso exterior por ejemplo, (automóviles).</p>		
Categorías a escala de lana azul.	1	2	3	4	5	6	7	8	Más de 8			
Mlx/h. para una decoloración perceptible en presencia de UV	0.22	0.6	1.5	3.5	8	20	50	120				
Exposición luminosa en Mlx/h. Para una decoloración Perceptible en ausencia de UV.	0.3	1	3	10	30	100	300	1000				

Fuente: Cómo administrar un museo: manual práctico, 2006, UNESCO, pág.90

Tabla 7: Recomendación CIE sobre niveles de iluminación y exposición anual máximos.

Categoría	Iluminancia máxima[lux]	Exposición máxima [lux-hora/año]
Insensible.	sin límite.	sin límite.
Sensibilidad Baja.	200	600000
Sensibilidad media.	50	150000
Sensibilidad Alta.	50	15000

Fuente: https://www.editores-srl.com.ar/revistas/lu/136/zamora_casa_historica

2.4.13 Valor Universal Excepcional.

El valor universal excepcional VUE, quiere decir que un elemento posee una importancia natural y/o cultural de valor extraordinario para la humanidad y es de trascendental importancia para todas las generaciones a lo largo del desarrollo de la humanidad.

Por esta razón, estos bienes requieren de protección ininterrumpida, ya que forman parte de un capital significativo para la humanidad. Los criterios de evaluación de los bienes que serán parte del patrimonio mundial son definidos por (Comité del patrimonio mundial). (Patrimonio Mundial En España, 2008).

La Convención Mundial del Patrimonio, adjudica el Valor Universal Excepcional solo si un bien cumple por lo menos uno de los siguientes criterios.

- i. Representar alguna obra maestra de la genialidad creadora del ser humano.
- ii. Atestiguar intercambios considerables de los valores humanos, a través de un periodo específico o en un espacio cultural determinado, en los dominios de la arquitectura o tecnología, el arte monumental, la proyección urbana o creación de paisajes.
- iii. Aporta algún testimonio único o excepcional, acerca de alguna tradición cultural o alguna civilización existente o desaparecida.
- iv. Ser un ejemplo particularmente representativo de un modelo de construcción arquitectónica o tecnológica, o de paisaje que exponga una o más etapas significativas de la historia de la humanidad.

- v. Ser ejemplo notorio de métodos tradicionales de asentamiento humano o formas de utilización del mar o de la tierra, característica de una o varias culturas, o de interrelación del hombre con el entorno, especialmente en situaciones vulnerables debido a impactos provocados por cambios irreversibles.
- vi. Estar directamente asociado con sucesos o costumbres vivas, pensamientos, dogmas u obras literarias o de arte y que estas tengan importancia universal excepcional. Se considera que este criterio se debería utilizar en conjunto con los demás criterios.
- vii. Constituir áreas de belleza natural o fenómenos naturales de importancia estética excepcionales.
- viii. Ser ejemplo representativo de alguna de las grandes fases de la historia del planeta, incluyendo atestigüamiento de la vida, procesos geológicos en el curso de la evolución de la morfología terrestre o de elementos fisiográficos o geomórficos significativos.
- ix. Ser ejemplo representativo de algún proceso biológicos y ecológicos en el transcurso evolutivo y desarrollo de ecosistemas marinos, costeros, terrestres, marinos y acuáticos.
- x. Alojar hábitats naturales representativos y de mayor importancia para la conservación de la diversidad biológica, entre ellos, los espacios en los que habitan especies en riesgo y tienen un VUE desde puntos de vista de científicos o conservativos.

3 CAPITULO III: Estado actual.

El museo casa horno de la ciudad de Ollantaytambo. CATCO, que significa (centro andino de tecnología tradicional y cultural de las comunidades de Ollantaytambo. Fue fundado en 1997 como museo etnográfico, que está inscrito como Patrimonio Cultural de la Nación, mediante resolución N° 0505-74-ED, en fecha 15 de octubre de 1974, Ubicado en la calle Patacalle del barrio Qosqo Ayllu a pocos metros de la plaza principal de Ollantaytambo, instalado en una casona antigua que fue construida Sobre una antigua cancha Inca. Contiene una vasta información histórica y cultural del distrito de Ollantaytambo y del Cusco.

El museo ha tenido una larga y variada historia. El local fue restaurado mediante el plan COPESCO, pero en la actualidad todos los programas de funcionamiento se encuentran cancelados por falta de mantenimiento y riesgo de deterioro de los elementos exhibidos.

El local Contiene cinco salas de exposición en donde se muestra una variedad de textiles de la época prehispánica, estas piezas fueron encontradas en las excavaciones arqueológicas de los diferentes sitios Arqueológicos de Ollantaytambo; exhibe también información etnográfica, etnológica y arqueológica, mostrando elementos de la arqueología, artesanía, geografía, historia, agricultura, y cosmovisión de Ollantaytambo. Este recinto también cuenta con un taller de cerámica, en donde se pueden realizar compras de cerámica de buena calidad. Todas las descripciones y exposiciones cuentan con información bilingüe, en inglés y español.

3.1 El ambiente para exposición 1 (Secuencia 1).

Está revestido con yeso revocado blanco, el piso es de piedra pulida y una capa de barniz, también se puede observar hornacinas para exposición en las paredes; en esta sala denominada (Orígenes) se pretenden exponer el contexto histórico, geográfico y social en los que se desarrollaron algunas actividades alimentarias en la ciudad de Ollantaytambo; para esto se cuenta con un circuito formado por 3 paneles infográficos en los muros y 6 paneles en medio del salón.

La metodología de iluminación actual está compuesta por una iluminación general más iluminación localizada, conformada por lámparas dicróicas y fluorescentes, las lámparas dicróicas utilizadas para iluminación puntual mientras que las lámparas fluorescentes se utilizan para la iluminación de todo el ambiente; adicional a esta iluminación existen dos tragaluces ubicados en el techo.

Figura 22: Fotografía del interior del ambiente para exposición 1 (secuencia 1)



Fuente: elaboración propia

3.2 El ambiente para exposición 2 (secuencia 2).

Está revestido con yeso revocado blanco, piso de piedra pulida más una capa de barniz, además en la pared se pueden observar hornacinas en las cuales se exponen herramientas; en esta sala cuya denominación es “ocupaciones” se exponen herramientas, alimentos, productos derivados e infografía referente. Para esto se cuenta con 6 paneles infográficos en las paredes, así como también en las hornacinas ubicadas en las paredes, adicionalmente vitrinas de cristal ubicadas en medio del circuito.

La metodología de iluminación aplicada es el método de iluminación general, y está compuesta por 6 lámparas fluorescentes, estas lámparas se utilizan para la iluminación de todo el ambiente.

Figura 23: Fotografía del interior del ambiente para exposición 2 (secuencia 2)



Fuente: elaboración propia

3.3 El ambiente para exposición 3 (secuencia 3).

Está revestido con yeso revocado blanco, piso de piedra pulida más una capa de barniz, además en la pared se pueden observar hornacinas en las cuales se exponen herramientas; en esta sala cuya denominación es “arquitectura de Ollantaytambo” se exponen herramientas, modelos de métodos constructivos, maquetas e infografía referente. Para esto se cuenta con 2 paneles infográficos en las paredes, así como también en las hornacinas ubicadas en las paredes, adicionalmente vitrinas de cristal ubicadas en medio del circuito.

La metodología de iluminación aplicada es el método de iluminación general, y está compuesta por 3 lámparas fluorescentes tipo globo, estas lámparas se utilizan para la iluminación de todo el ambiente; adicionalmente el ambiente cuenta con dos tragaluces triangulares en el techo.

Figura 24: Fotografía del interior del ambiente para exposición 3 (secuencia 3).



Fuente: elaboración propia

3.4 El ambiente para exposición 4 (secuencia 4).

Está revestido con yeso revocado blanco, piso de madera pulida, además en la pared se pueden observar hornacinas en las cuales se exponen herramientas; en esta sala cuya denominación es “ubicación y traza Inca” se exponen herramientas, cerámica, mantas, indumentaria, maquetas e infografía referente. Para esto se cuenta con 4 paneles infográficos en las paredes, así como también en las hornacinas ubicadas en las paredes, adicionalmente 3 vitrinas de cristal ubicadas en medio del circuito.

La metodología de iluminación aplicada es la de iluminación indirecta, y está compuesta por 6 lámparas reflectoras dirigidas hacia el techo del ambiente, estas lámparas se utilizan para la iluminación de todo el ambiente.

Figura 25: Fotografía del interior del ambiente para exposición 4 (secuencia 4).



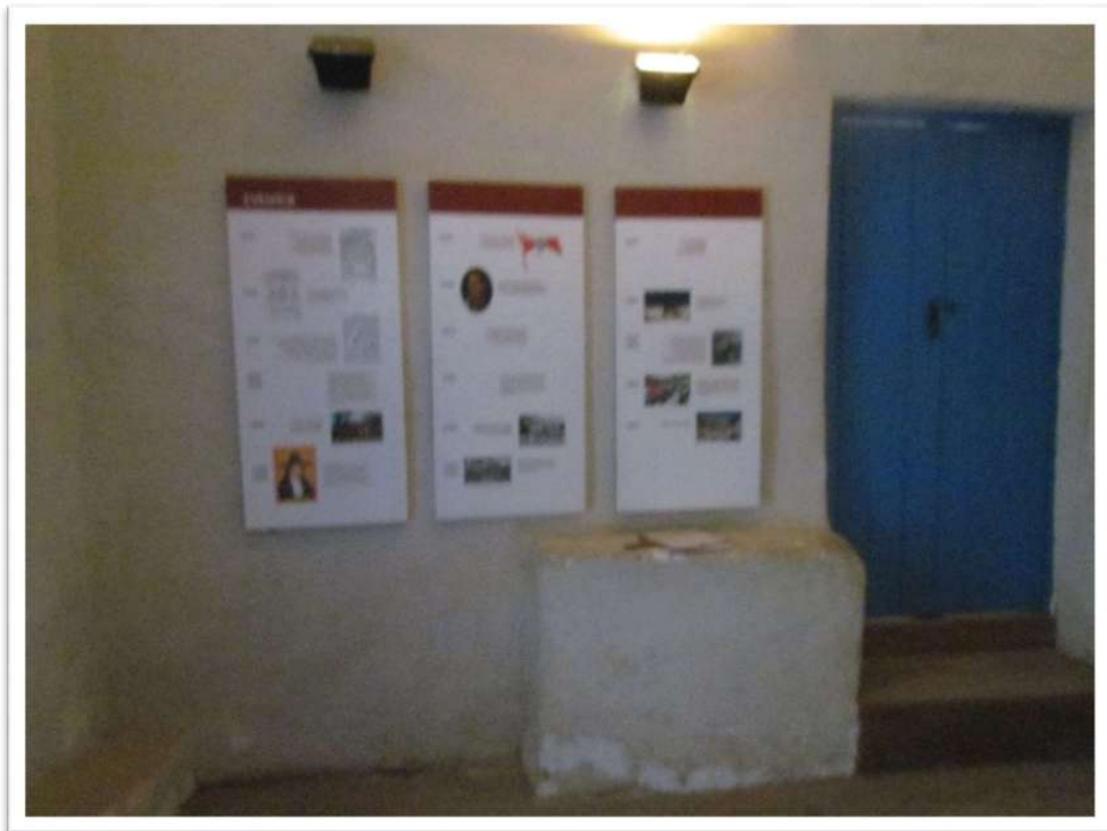
Fuente: elaboración propia

3.5 El ambiente para exposición 5 (secuencia 5).

Está revestido con yeso revocado blanco, piso de madera pulida, además en la pared se pueden observar hornacinas en las cuales se exponen herramientas; en esta sala cuya denominación es “ubicación y traza Inca” se exponen Backlights por debajo del nivel del piso e infografías en las paredes. Para esto se cuenta con 5 paneles infográficos en las paredes, así como también en las hornacinas ubicadas en las paredes.

La metodología de iluminación aplicada es la de iluminación indirecta, y está compuesta por 4 lámparas reflectoras dirigidas hacia el techo del ambiente, estas lámparas se utilizan para la iluminación de todo el ambiente.

Figura 26: Fotografía del interior del ambiente para exposición 5 (secuencia 5).



Fuente: elaboración propia

3.6 Diagnóstico de la iluminación actual.

Para la evaluación del estado actual de la iluminación del museo CATCO se tomarán valores en puntos y áreas específicas, ya que la tarea visual realizada en el recinto está enmarcada solo en la percepción visual de estos puntos y áreas.

Figura 27: Proyección Directa De Dicroico 50w. 1042 Lx.



Fuente: elaboración propia

En la figura 27 se muestran proyectores en hornacinas, en el lado izquierdo se muestra la ubicación del haz de la luminaria y el equipo de medición, al lado derecho se observa el valor de la medición del equipo en lx (1042 lx).

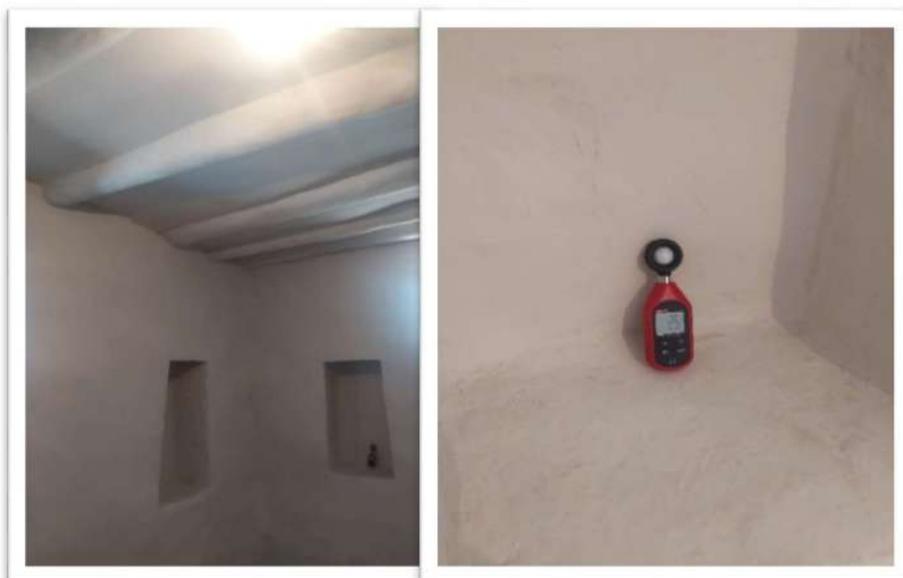
Figura 28: Proyección Indirecta De Dicroico 50 w. 319 Lx.



Fuente: elaboración propia

En la figura 28 se muestran proyectores en pared, en el lado izquierdo se muestra la ubicación del haz de la luminaria y el equipo de medición, al lado derecho se observa el valor de la medición del equipo en lx (319 lx).

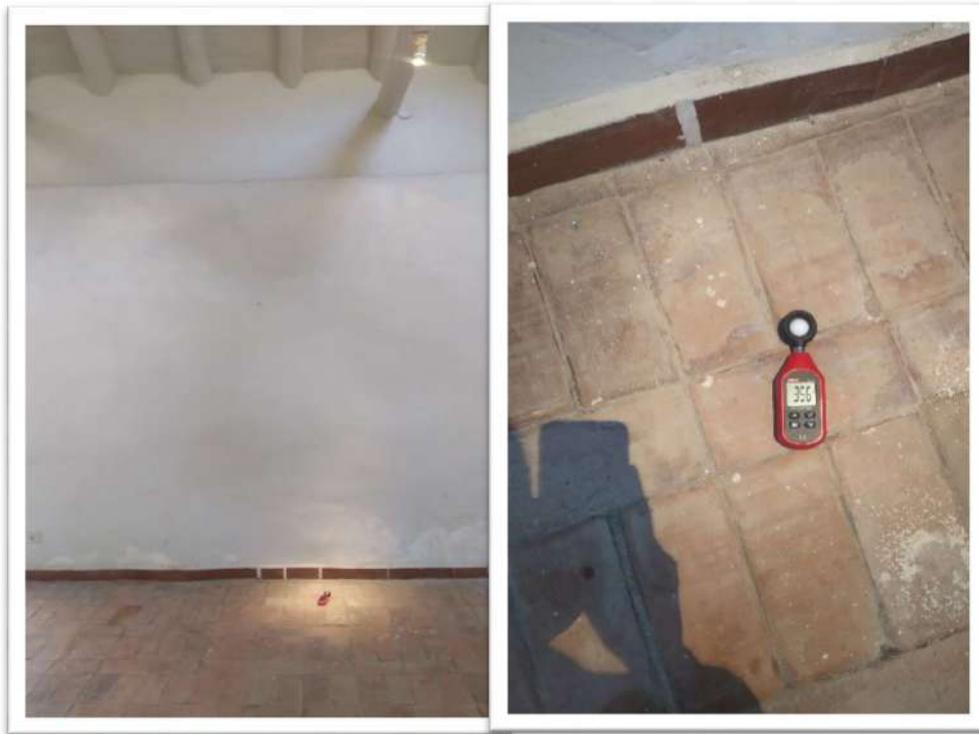
Figura 29: LED Tipo Globo 8w. 25Lx.



Fuente: elaboración propia

En la figura 29 se muestra una iluminación central para todo el ambiente, en el lado izquierdo se muestra la ubicación de la luminaria y el equipo de medición, al lado derecho se observa el valor de la medición del equipo en lx (25 lx).

Figura 30: Proyector Dicroico En Piso 50 w. 356 Lx.



Fuente: elaboración propia

En la figura 30 se muestra una iluminación puntual en piso, en el lado izquierdo se muestra la dirección del haz de luz y el equipo de medición, al lado derecho se observa el valor de la medición del equipo en lx (356 lx).

Figura 31: Halógeno Directo 60w. 290Lx.



Fuente: elaboración propia

En la figura 31 se muestra una iluminación zonal, en el lado izquierdo se muestra la ubicación luminaria y el equipo de medición, al lado derecho se observa el valor de la medición del equipo en lx (290 lx).

Figura 32: Reflector Halógeno 500w. 46 Lx.



Fuente: elaboración propia

En la figura 32 se muestra una iluminación indirecta, en el lado izquierdo se muestra la ubicación luminaria y el haz de iluminación que produce, al lado derecho se observa la ubicación y el valor de la medición del equipo en lx (46 lx).

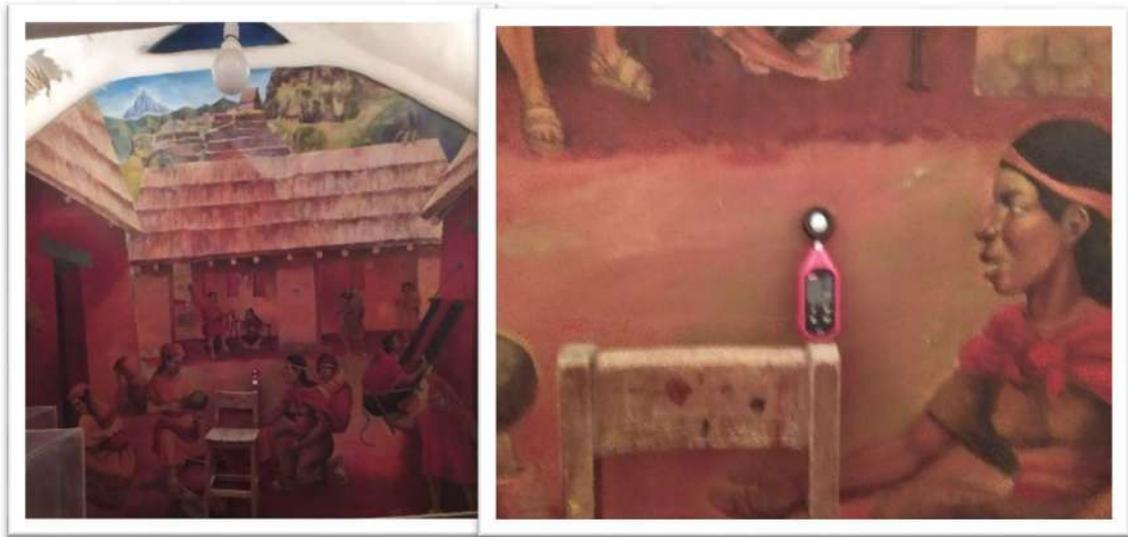
Figura 33: Reflector Halógeno 500w. 16 Lx.



Fuente: elaboración propia

En la figura 33 se muestra una iluminación central para todo el ambiente, en el lado izquierdo se muestra la ubicación de la luminaria y el equipo de medición, al lado derecho se observa el valor de la medición del equipo en lx (16 lx).

Figura 34: Reflector Halógeno500w. 15 Lx.



Fuente: elaboración propia

En la figura 34 se muestra una iluminación central para todo el ambiente que está dirigida a una pintura mural, en el lado izquierdo se muestra la ubicación de la luminaria y el equipo de medición, al lado derecho se observa el valor de la medición del equipo en lx (15 lx).

Figura 33 Reflector Halógeno 500w. 26 Lx



Fuente: elaboración propia

De los valores mostrados en las figuras se puede afirmar que la cantidad de iluminación en cada superficie, es en algunos casos muy inferior al valor deseado, llegando hasta un valor mínimo de (15 Lx), y en algunos casos tomando valores muy altos (356 Lx) y también se ven espacios que cuentan iluminación que no necesitan. este hecho nos permite afirmar que, en la actualidad, el museo CATCO no cuenta con una iluminación concordante con las recomendaciones mínimas de UNESCO.

Los valores presentados en la tabla 8, han sido tomados en los puntos donde se ejecuta la tarea visual, según la tabla 6, los elementos expuestos en el museo Catco se encuentran en la calificación de sensibilidad media y alta, por lo tanto, en nivel de iluminación requerido para todo el museo será de 50 lux, teniendo en cuenta que los 50 lux son medidos donde se ejecuta la tarea visual, es decir el cálculo de iluminación es por objeto y no por ambiente.

Tabla 8: Valores de iluminación actual.

Ambiente	valor 1 lx	valor 2 lx	valor 3 lx	Requerido lx
Sala 1	1042	319	356	50
Sala 2	25	18	66	50
Sala 3	74	116	125	50
Sala 4	46	16	35	50
Sala 5	15	26	19	50

Fuente: elaboración propia

En la siguiente tabla se muestra las características de las luminarias instaladas actualmente.

Tabla 9: Tipos y Características de equipos instalados actualmente.

Tipo	Descripción	Potencia (w)	Cantidad	Carga (w)
LED GLOBO		6	10	60
HALÓGENO		60	2	120
FLUORESCENTE TUBULAR		40	2	80
PROYECTOR DICROICO		50	35	1750

REFLECTOR HALÓGENO		500	18	9000
INCANDESCENTE		100	2	200

Fuente: elaboración propia

A continuación, se muestra una tabla con las tecnologías encontradas en el museo Catco y sus características más relevantes para una iluminación de museo

Tabla 10. Tecnologías utilizadas para la iluminación del museo Catco.

Tecnología de iluminación	Modo de conversión de energía		
Incandescente	Conversión de energía eléctrica a través de la incandescencia de un filamento de tungsteno, que emite luz y calor.	Alrededor de 2700-3000 Kelvin (K)	Radiación visible y cercana al infrarrojo (700 nm - 2500 nm). Baja emisión de radiación ultravioleta (UV).
Halógena	Conversión de energía eléctrica a través de la incandescencia de un filamento de tungsteno en una atmósfera halógena, que produce luz y calor.	Alrededor de 2700-3000 K	Radiación visible y cercana al infrarrojo (700 nm - 2500 nm). Baja emisión de radiación ultravioleta (UV)

Fluorescente compacta	Conversión de energía eléctrica en luz mediante la excitación de un gas en el tubo fluorescente y la posterior fluorescencia de los recubrimientos fluorescentes internos.	Varía según la elección, generalmente disponible en una amplia gama desde cálida (2700 K) hasta blanca fría (6500 K)	Radiación visible (400 nm - 700 nm). Algunas emisiones de radiación ultravioleta (UV) en el rango de 280 nm - 400 nm
Tubo fluorescente	Conversión de energía eléctrica en luz mediante la excitación de un gas en el tubo fluorescente y la posterior fluorescencia de los recubrimientos fluorescentes internos.	También varía según la elección, comúnmente disponible en una gama de 2700 K a 6500 K	Radiación visible (400 nm - 700 nm). Algunas emisiones de radiación ultravioleta (UV) en el rango de 280 nm - 400 nm.
LED	Conversión de energía eléctrica en luz a través de la emisión de fotones en un diodo de semiconductores de estado sólido.	Amplia variedad de opciones, desde cálida (2700-3000 K) hasta blanca fría (5000-6500 K) y más	Radiación visible (400 nm - 700 nm). Baja emisión de radiación ultravioleta (UV) e infrarroja (IR) en comparación con otras tecnologías.

Fuente: elaboración propia

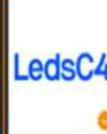
3.7 Tecnología LED disponible.

En el mercado existen una amplia variedad de productos dirigidos a la iluminación, para la elección de la luminaria más adecuada se efectuarán algunas discriminaciones en función de la certificación de los fabricantes, tipos de uso de las luminarias, luminarias especializadas para este caso y luminarias que se acomoden a los espacios dispuestos en el museo.

Para la selección de las marcas de luminarias se considerarán solo las que estén adscritas a las normas de la unión europea, para conseguir esto se utilizará todo el universo de luminarias que contiene el software informático Dialux Evo. El cual se suscribe en normas EN, DIN Y CIE.

A continuación, se muestran las marcas de luminarias suscritas a dialux.

Figura 34: Fabricantes de luminarias.

									
3F Filippi	AIRAM	Ares s.r.l.	Arkoslight	Arlight	LED Linear	LED LUKS	LEDS C4 S.A.	LEDVANCE	Lightnet
									
Artemide S...	Ateljé Lyktan	Aura Light	BEGA	Cardi Belysni...	LIGMAN	Lival	Louis Poulsen	LTS Licht &...	Luxonic
									
Current	Delta Light	Deluxe Lighti...	Disano Illumi...	Eaton Emerg...	Mitsubishi El...	Modular Ligh...	Molto Luce	MPE	Nimbus Group
									
eglo	Endo Lighting	ERCO	ETAP	Experience B...	Occhio	Oktalite	Opplé Lighting	PAK 三维极光	Panasonic
									
FAGERHULT	FLOS S.p.A.	Glamox	GRIVEN S.r.l.	Hess GmbH...	Paulmann	Performance...	Philips	PRACHT	PROLED
									
iGuzzini	I-Valo	JOKERLIGHT	LAMP	Lampara	Regent	rutec	RZB	SALIOT	SCHMITZ ...

Fuente: Recorte de Dialux Evo.

Figura 35: Fabricantes de luminarias.

L&L Luce&LI...	Lamilux	lednux	Leipziger Le...	Lemvigh-Mül...	Schröder	SG	SITECO	SLV	Solar A/S
LIGHTRON...	Linea Light...	Luceplan Spa	LUG Light Fa...	Malmbergs	Stahl	Thorn Lighting	TRILUX	Veko	Vulkan
martinelli luce	MAZINOOR	MEGALITE	Midea Lighting	M-Light Inte...	WE-EF	Whitecraft L...	XAL	ZUMTOBEL	
MP Lighting	NIKKON	Nokalux	NORKA	NVC	ACEVEL	ADUROLIGHT	AEON	ALTO CO.,Ltd	Anolis
PARAGON	Petridis	Planlicht	Prilux	Prolights	Appleton	ARLUCE S...	Arlight Rus L...	ASTZ	Beghelli SPA
psmlighting	Ragni	Regiolux	RIDI	RIO	BELED	Bergmeister...	DRIGHT SPC...	CDN Light	COLLINGWO...
LED Linear	LED LUKS	LEDS C4 S.A.	LEDVANCE	Lightnet	L&L Luce&LI...	Lamilux	lednux	Leipziger Le...	Lemvigh-Mül...
LIGMAN	Lival	Louis Poulsen	LTS Licht &...	Luxonic	LIGHTRON...	Linea Light...	Luceplan Spa	LUG Light Fa...	Malmbergs
Mitsubishi El...	Modular Ligh...	Molto Luce	MPE	Nimbus Group	martinelli luce	MAZINOOR	MEGALITE	Midea Lighting	M-Light Inte...
Occhio	Oktalite	Opplle Lighting	PAK 三维极光	Panasonic	MP Lighting	NIKKON	Nokalux	NORKA	NVC
Paulmann	Performance...	Philips	PRACHT	PROLED	PARAGON	Petridis	Planlicht	Prilux	Prolights
Regent	rutec	RZB	SALIOT	SCHMITZ ...	psmlighting	Ragni	Regiolux	RIDI	RIO

Fuente: Recorte de Dialux Evo

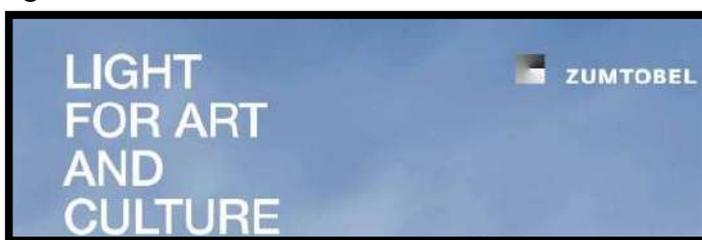
Figura 36: Fabricantes de luminarias.

Rooster Ligh...	RP-TECHNIK	SIMES S.p.A.	SIMON	Simon China	COLORS	CPS LED Lig...	CSV T	DEFA	Dextra
Slighting	SPECTRAL	StakoLux	TEC-MAR	tempLED	Dialight	Dien Quang	DREES	EAE	Eaton 's Cro...
THIEN MINH	Thorlux Ligh...	Unilamp	VARTON	V-TAC	ELBA	EMOS	Ensto	ES-SYSTEM	ESYLUX
Warema	Westal	YANKON ligh...	ZEMPER	Zero	Exenia	Franklite	Gewiss	Ghidini Lighti...	Golnoor
舞光 DANCE...					GRAU	Halla, a.s	Hawthorne...	Hella	Heper
					here&after	Hide-a-lite	HLINEAR	Huayi Lighting	IEK Lighting

Fuente: Recorte de Dialux Evo

De estas marcas, se han seleccionado las marcas que tienen líneas de productos exclusivos para museos, a continuación, mostramos marcas de productos exclusivos para exposición.

Figura 37: Fabricante de luminarias.



Fuente: recorte de www.zumtobel.com

Figura 38 Fabricante de luminarias.



Fuente: recorte de www.erco.com

Figura 39: Fabricante de luminarias.



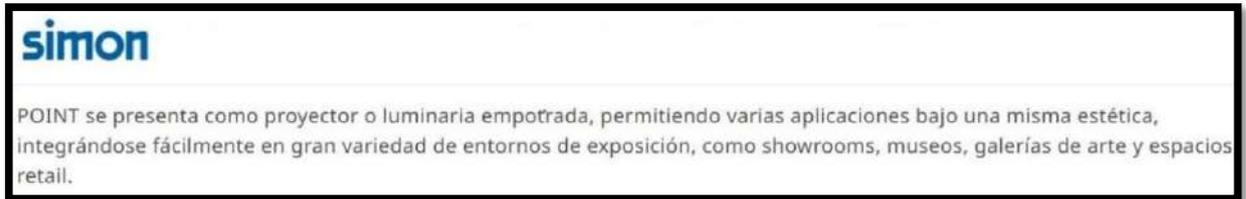
Fuente: recorte de www.flos.com

Figura 40 Fabricante de luminarias.



Fuente: recorte de www.philips.com

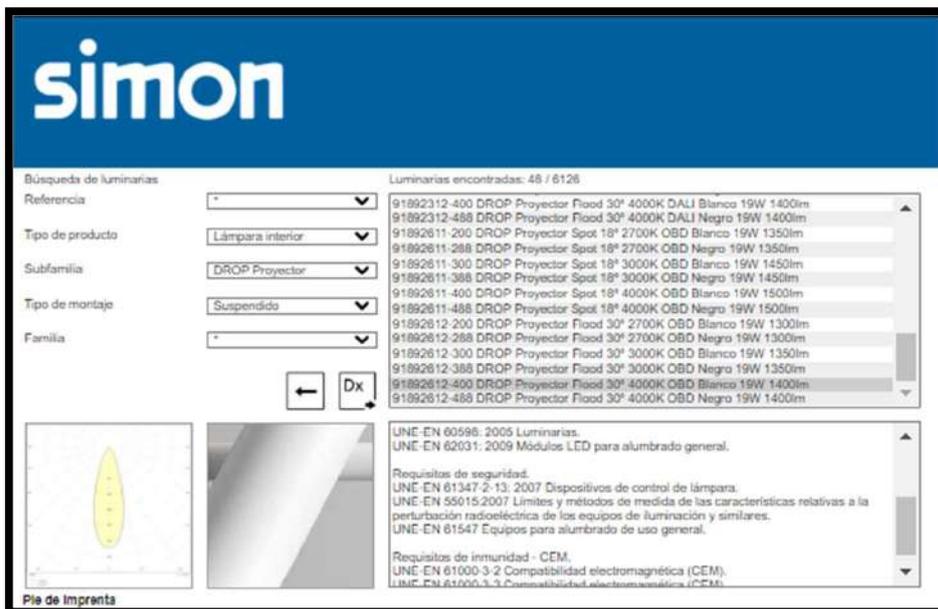
Figura 41: Fabricante de luminarias.



Fuente: recorte de www.simon.com.

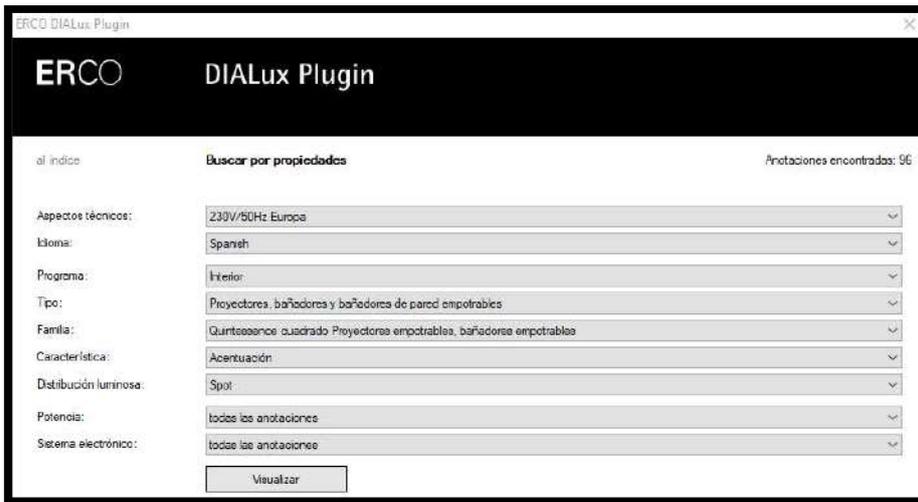
Teniendo en cuenta que la mayoría de las luminarias de las marcas elegidas tienen el potencial de cumplir con las necesidades de conservación que los objetos expuestos requieren, el siguiente paso para seleccionar la luminaria es seleccionar las curvas polares que se ajusten a la disposición geométrica del objeto dentro del ambiente. Para esto se deberá simular cada luminaria sobre plano o espacio a ser iluminado e ir descartando o añadiendo luminarias según su fotometría, flujo luminoso y temperatura de color.

Figura 42: Catálogo de luminarias SIMON ofrece 48 opciones.



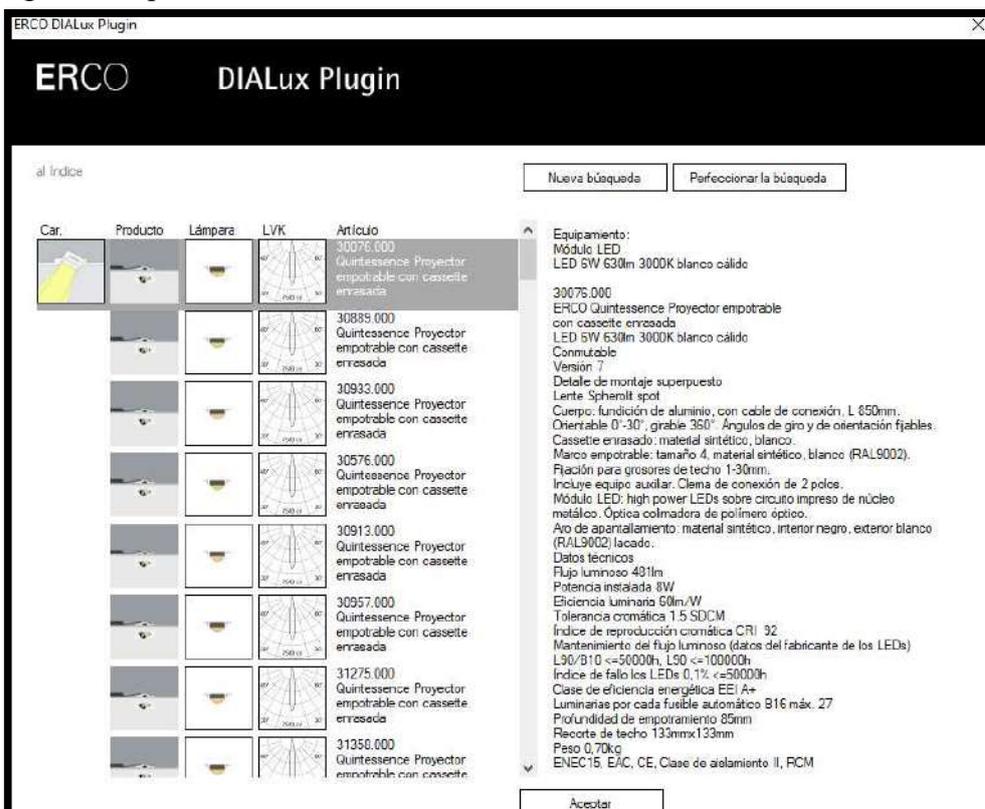
Fuente: recorte de www.dialuxplugins.net

Figura 43: Catalogo de erco con 48 opciones de proyectores.



Fuente: recorte de www.philips.com

Figura 44: Opciones fotométricas de erco.



Fuente: recorte de www.philips.com

A continuación, se muestran las luminarias seleccionadas durante la simulación en el software informático Dialux Evo en su versión 12.03.

Estas han sido seleccionadas mediante método de prueba y error hasta encontrar la luminaria o luminarias que más se adecuen a las dimensiones geometrías de los objetos a ser iluminados, también se ha considerado la temperatura de color e iluminancia y finalmente se han seleccionado proyectores de instalación suspendida o en rieles.

Figura 45: Ficha de Luminaria SIMON.

SIMON - Proyector 630 DOT.9c empotrado WW UPRIGHT FLOOD 1-10V Blanco

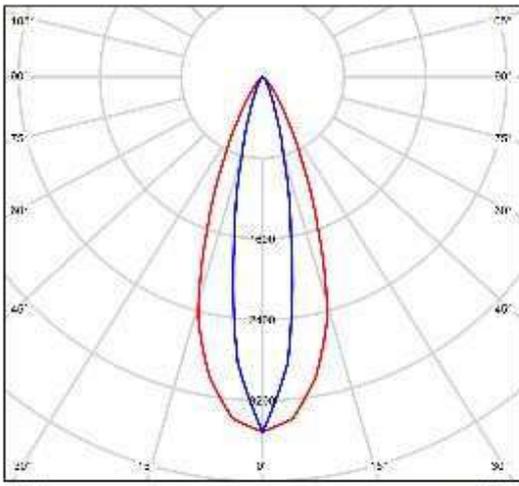




Nº de artículo	63002000-153
P	14.0 W
Φ Lámpara	100 lm
Φ Luminaria	100 lm
η	100.00 %
Rendimiento lumínico	7.1 lm/W
CCT	5000 K
CRI	92

SIMON 63002000-153. Luminaria tipo proyector empotrado y orientable.
 Características técnicas:
 IP20. Flujo 1000. Tc LED WW. Óptica UPRIGHT FLOOD. CRI 90.
 Potencia 18W.
 Equipo electrónico 1-10V.
 Acabado en blanco, 1,75 Kg.

Certificaciones:
 2006/95/CE - Directiva Baja Tensión.
 2004/108/CE - Directiva CEM.
 UNE-EN 60598: 2005 Luminarias.
 UNE-EN 62031: 2009 Módulos LED para alumbrado general. Requisitos de seguridad.



CDL polar

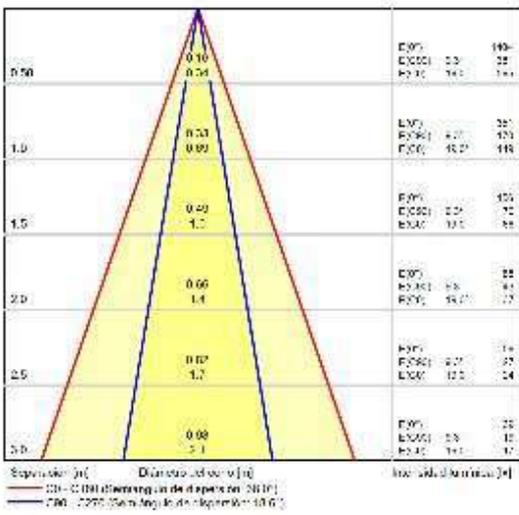


Diagrama conico

Fuente: recorte de www.dialux-plugins.net

Figura 46: Ficha de Luminaria ZUMTOBEL.

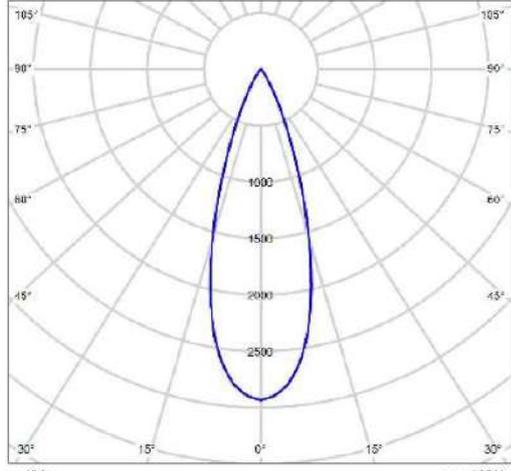
Ficha de producto

ZUMTOBEL - MICROS Q80 6/2,3W LED840 700MA WFL AL [STD]



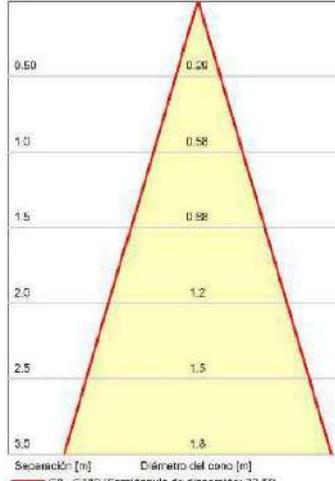

Nº de artículo	60 813 925
P	13.8 W
$\Phi_{\text{Lámpara}}$	120 lm
$\Phi_{\text{Luminaria}}$	120 lm
η	100.00 %
Rendimiento lumínico	90.4 lm/W
CCT	4500 K
CRI	100

LED ceiling-recessed luminaire (beam angle); lamp(s): 6/2,3 W LED840, colour temperature: neutral white (4000K); Luminaire luminous flux: 780 lm, Luminaire efficacy: 57 lm/W; colour rendering index: RA80; 50,000h service life at 70% luminous flux; LED recessed luminaire designed as replacement for 50W low-voltage halogen lamp; die-cast aluminium housing, aluminium ceiling surround in brushed finish; includes 0.62m power lead (halogen-free) with power socket for multiplug system; fixing clips provided for tool-free installation in ceilings of thickness 1-25 mm; ceiling cut-out: 80x80 mm, recessed depth: 100 mm; weight: 0.29 kg; Please note: please order control gear (700mA) separately as accessory; please also order one extra power lead (60700226) per control gear unit; luminaire can also be operated using 350mA or 500mA control gear, which results in a lower luminaire luminous flux and higher luminaire efficiency.



cd/klm
— C0 - C180 — C90 - C270 $\eta = 100\%$

CDL polar



Sección [m]	Diámetro del cono [m]	$E_{\text{av}}(E_{\text{av}})$	$E_{\text{av}}(E_{\text{av}})$
0.50	0.26	16.3°	287 / 128
1.0	0.58	16.3°	701 / 314
1.5	0.88	16.3°	913 / 400
2.0	1.2	16.3°	1178 / 509
2.5	1.5	16.3°	1500 / 658
3.0	1.8	16.3°	1878 / 835

— C0 - C180 (Semiángulo de dispersión: 32.6°)

Diagrama conico

Fuente: recorte de www.dialux-plugins.net

Figura 47: Ficha de Luminaria ERCO. recorte de

Ficha de producto

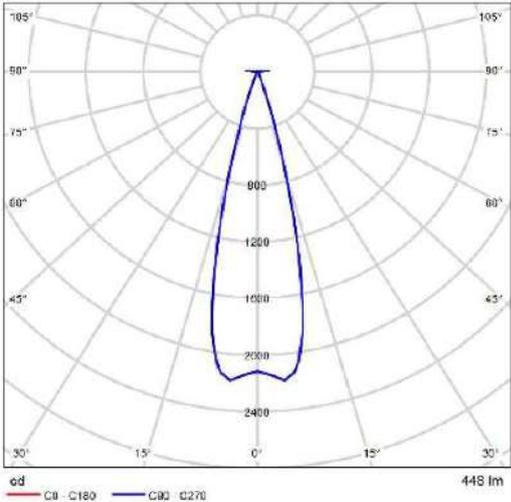
ERCO - Quintessence Projector empotrable 1xLED 6W warm white





Nº de artículo	41362000
P	8.0 W
$\Phi_{Luminaria}$	448 lm
Rendimiento lumínico	56.0 lm/W
CCT	4000 K
CRI	95

41362.000
 ERCO Quintessence Projector empotrable con cassette enrasada
 LED 6W 620lm 2700K blanco cálido
 DALI-2
 Versión 7
 Detalle de montaje superpuesto
 Lente Spherolit flood
 Cuerpo: fundición de aluminio, con cable de conexión, L 850mm.
 Orientable 0°-40°, girable 360°. Ángulos de giro y de orientación fijables.
 Cassette enrasado: material sintético, blanco.
 Aro empotrable: tamaño 4, material sintético, blanco (RAL9002).
 Resorte extensible para grosores de techo 1-25mm.
 Incluye equipo auxiliar DALI de ERCO. Clema de conexión de 4 polos.
 Módulo LED: high power LEDs sobre circuito impreso de núcleo metálico. Óptica colimadora de polímero óptico.
 Aro de apantallamiento: material sintético, interior negro, exterior blanco (RAL9002) lacado.
 Regulación con pulsadores (pulsador de atenuación) posible.
 Datos técnicos



CDL polar

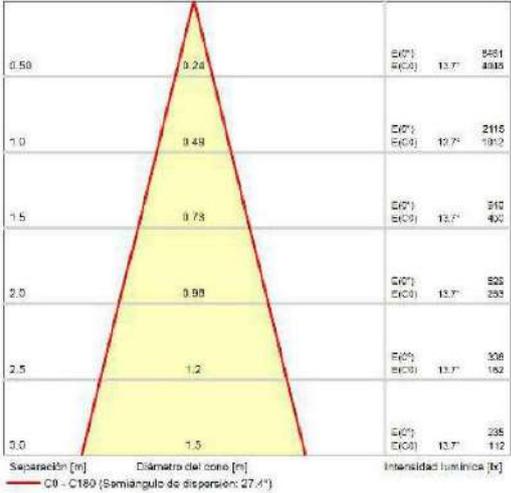


Diagrama conico

Fuente: www.dialux-plugins.net

Figura 48: Ficha de Luminaria SIMON.

Ficha de producto

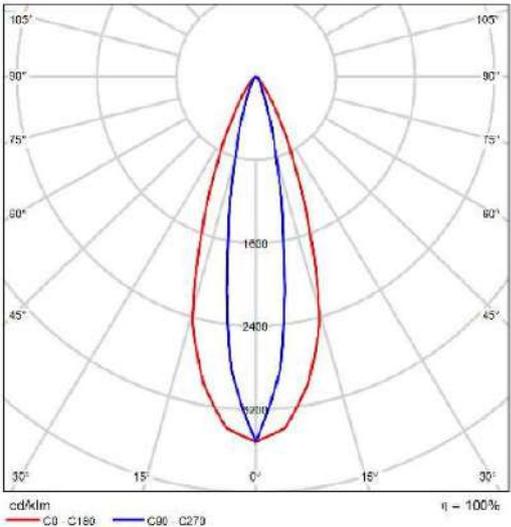
SIMON - Proyector 630 DOT.9c empotrado WW UPRIGHT FLOOD 1-10V Blanco




N° de artículo	63002000-153
P	8.0 W
Φ Lámpara	90 lm
Φ Luminaria	90 lm
η	100.00 %
Rendimiento lumínico	11.3 lm/W
CCT	4000 K
CRI	92

SIMON 63002000-153. Luminaria tipo proyector empotrado y orientable.
 Características técnicas:
 IP20. Flujo 1000. Tc LED WW. Óptica UPRIGHT FLOOD. CRI 90.
 Potencia 18W.
 Equipo electrónico 1-10V.
 Acabado en blanco, 1,75 Kg.

Certificaciones:
 2006/95/CE - Directiva Baja Tensión.
 2004/108/CE - Directiva CEM.
 UNE-EN 60598: 2005 Luminarias.
 UNE-EN 62031: 2009 Módulos LED para alumbrado general. Requisitos de seguridad.



CDL polar

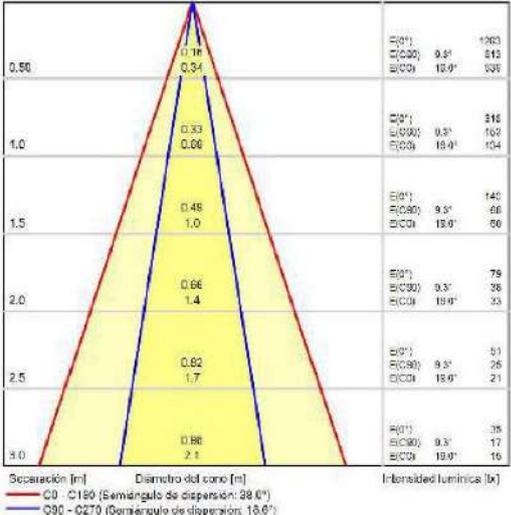


Diagrama conico

Fuente: recorte de www.dialux-plugins.net

Figura 49: Ficha de Luminaria ZUMTOBEL.

Ficha de producto

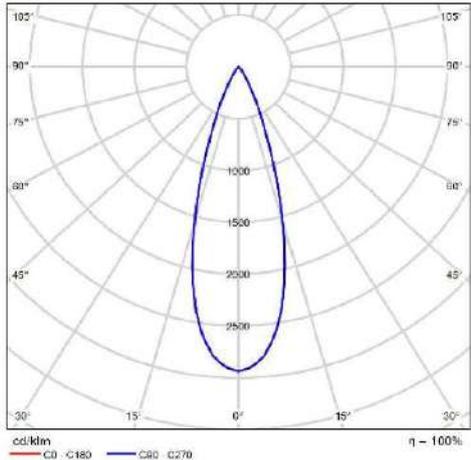
ZUMTOBEL - MICROS Q80 6/2,3W LED840 700MA WFL AL [STD]





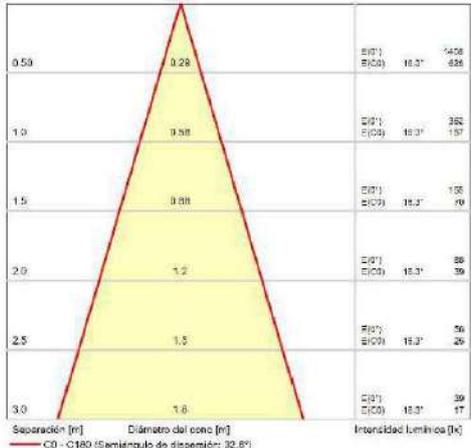
Nº de artículo	60 813 925
P	13.8 W
Φ Lámpara	120 lm
Φ Luminaria	120 lm
η	100.00 %
Rendimiento lumínico	8.7 lm/W
CCT	3000 K
CRI	100

LED ceiling-recessed luminaire (beam angle); lamp(s): 6/2,3 W LED840, colour temperature: neutral white (4000K); Luminaire luminous flux: 780 lm, Luminaire efficacy: 57 lm/W; colour rendering index: RA80; 50,000h service life at 70% luminous flux; LED recessed luminaire designed as replacement for 50W low-voltage halogen lamp; die-cast aluminium housing, aluminium ceiling surround in brushed finish; includes 0.62m power lead (halogen-free) with power socket for multiplug system; fixing clips provided for tool-free installation in ceilings of thickness 1-25 mm; ceiling cut-out: 80x80 mm, recessed depth: 100 mm; weight: 0.29 kg; Please note: please order control gear (700mA) separately as accessory; please also order one extra power lead (60700226) per control gear unit; luminaire can also be operated using 350mA or 500mA control gear, which results in a lower luminaire luminous flux and higher luminaire efficiency.



cd/klm
— C0 - C180 — C90 - C270 η = 100%

CDL polar

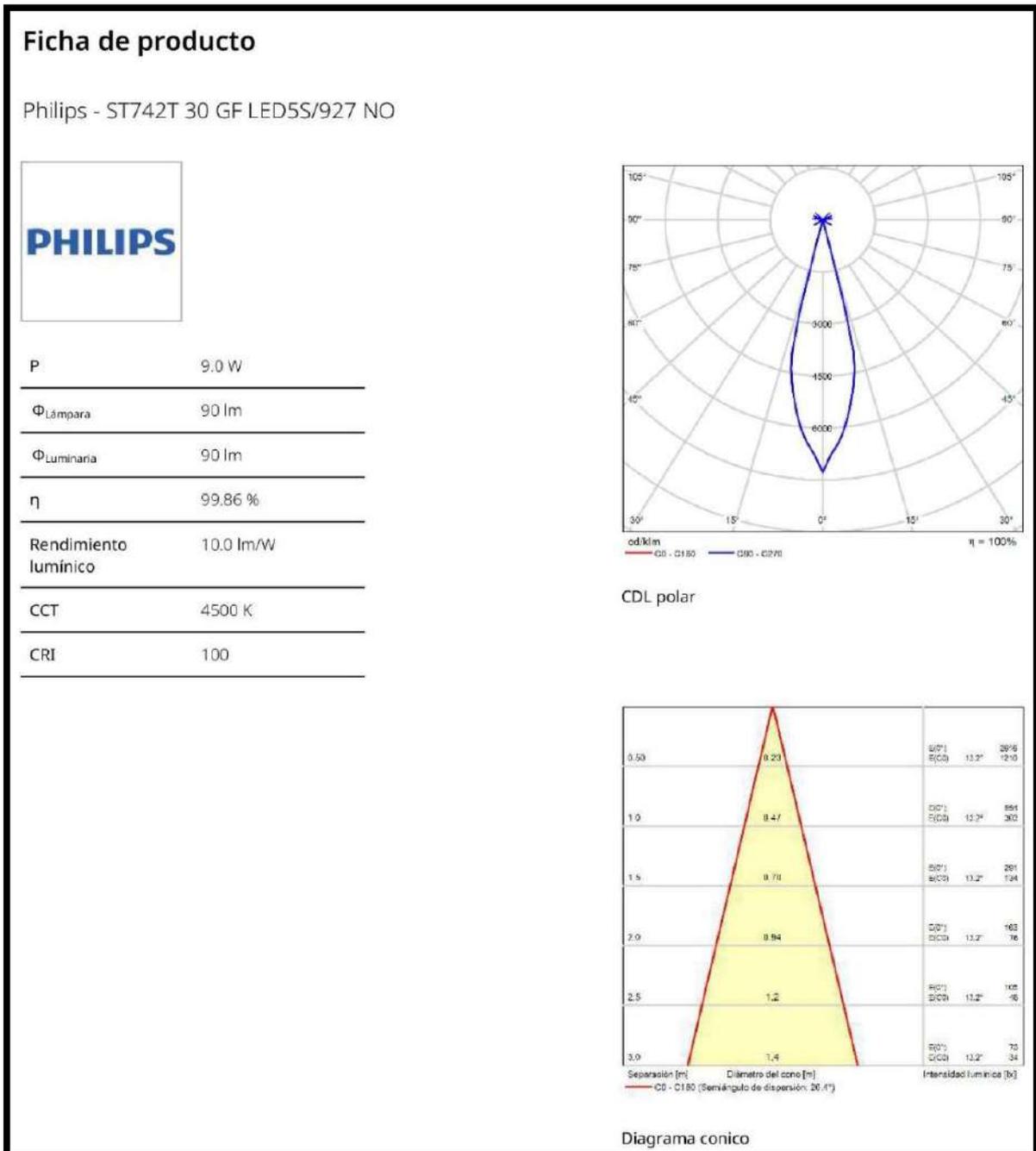


Separación [m]	Díámetro del cono [m]	E [0°] E [C0]	E [90°] E [C90]	Intensidad lumínica [lx]
0.50	0.28	16.0°	16.0°	408 636
1.0	0.58	16.0°	16.0°	202 137
1.5	0.88	16.0°	16.0°	135 90
2.0	1.2	16.0°	16.0°	88 59
2.5	1.5	16.0°	16.0°	58 39
3.0	1.6	16.0°	16.0°	39 17

Diagrama conico

Fuente: recorte de www.dialux-plugins.net

Figura 50: Ficha de Luminaria PHILIPS.



Fuente: recorte de www.dialux-plugins.net

4 CAPITULO IV: MONTAJE DE EQUIPOS DE ILUMINACIÓN.

Los aspectos que establecen un adecuado montaje de exposiciones están directamente vinculados al espacio, el observador y los mismos objetos.

A pesar de que, los elementos de la expositivos y de montaje están inherentemente entrelazados con estos aspectos, algunos elementos tienen mucha más relación con el espectador y su posición frente a los objetos por ejemplo la escala. (López Barbosa, 1993, pág. 23)

4.1 La escala para la ubicación de objetos.

Todo lo que construye el hombre está hecho para su propio servicio. Por lo tanto, los tamaños de estos elementos están diseñados según sus propias dimensiones. La escala viene a ser el elemento más importante del montaje, ya que esta indica las que dimensiones que se deben tomar, (a partir de criterios antropométricos) ya que la percepción de este es el fin ulterior de una obra.

Entonces, para ejecutar el montaje es preciso un pertinente uso de la escala con la finalidad de que los bienes en exposición sean perceptibles en toda su plenitud y con todas sus. Para determinar la escala se debe considerar tres aspectos de la exposición, objetos bidimensionales, (en pared) tridimensionales y espacios de tránsito. (López Barbosa, 1993, pág. 23).

4.2 Objetos sobre pared.

Como regla general, la escala indica que el punto medio de un objeto expuesto en pared debe estar a la altura de los ojos del espectador.

La aplicación de esta regla pone como limitante la diversidad fisiológica respecto de la altura de los observadores, ya que solo las diferencias dentro del país entre región y región son marcadas, contando además que las diferencias de altura entre varones y mujeres es notable y también hay que añadir que con frecuencia las exposiciones no solo están diseñadas para público adulto, por lo tanto, se debe considerar cada uno de estos casos.

Para incluir a todos estos rangos, se puede tomar un punto medio entre 140 y 145 centímetros, tomando en cuenta que los ojos están más o menos diez centímetros por debajo de la altura máxima del hombre. De esta forma se satisface a mayor número de personas, sin demasiada afectación de personas ubicadas en los extremos de la escala.

Otro punto a considerar en el montaje son las incomodidades u obstáculos espaciales que se le podrían presentar a un visitante, por ejemplo, si tenemos un cuadro “A” situado a 180 cm del piso y otro cuadro “B” situado a 85 cm. Este hecho representaría una incomodidad, ya que el cambio entre alturas extremas produce incomodidad respecto de la altura del hombre.

De los casos anteriores la situación a se da con mucha más frecuencia y este error produce un efecto de fatiga en el espectador y por ende se daña el objetivo principal de la exposición.

Un caso particular se da cuando se conoce la altura promedio de los visitantes, por ejemplo, el público infantil, en estos casos se puede colocar los objetos en exposición según la estatura prevista en la siguiente tabla.

Tabla 11: Edad y altura de montaje de exposiciones dirigida a público infantil.

EDAD (años)	ALTURA DE MONTAJE (metros)
5	1.08
6	1.13
8	1.23
10	1.33
12	1.41

Fuente: Tomado de Manual de montaje de exposiciones, López B. Fernando, 1993, pág. 26.

Es importante tener en cuenta de que, a mayor detalle de un objeto, se debe tener mayor cuidado en la escala, mientras que, si un elemento tiene menos detalle, este podría soportar algún alejamiento del centro de altura, (en caso de que haya algún obstáculo que impida cumplir con el montaje ideal). Para casos particulares se debe tomar en cuenta la intención expositiva del objeto en cuestión, por ejemplo, la exhibición de una tumba de piso versus una obra cuyo montaje especifique zonas altas del ambiente. (López Barbosa, 1993, págs. 24-26)

4.3 Los textos.

Una parte importante de los ambientes de exposición son los paneles icnográficos, estos en su mayoría tienen formas bidimensionales y para su montaje se debe tomar en cuenta el mismo criterio que para los bienes expuestos con la ventaja de que si no se puede cumplir rigurosamente con la posición de la altura del centro, se puede aumentar el tamaño de letra para moverlo respecto de su centro de altura, respetando siempre la comodidad y facilidad de lectura. (López Barbosa, 1993, pág. 26).

4.4 Objetos tridimensionales

El montaje de elementos tridimensionales, tales como (utensilios, esculturas, etc.), también sigue la metodología de aplicación de la escala, siempre tomando en cuenta la precisión perceptiva que requiere el objeto y también el volumen, estas dos variables determinarán la altura. Esto quiere decir que cuanto un objeto tenga mayor volumen y menor detalle, se podría alejar el objetivo de la escala ideal. (López Barbosa, 1993, pág. 28)

4.5 distancia horizontal visitante-objeto

Un parámetro de mucha importancia es la distancia horizontal entre el objeto expuesto y el visitante, esta distancia dependerá directamente del tamaño y el nivel de detalle que el objeto posea, los objetos que tengan menor detalle y mayor volumen se deberán exponer en espacios

amplios, de tal modo que se pueda apreciar sin tener que cambiar de posición. Análogamente los objetos pequeños y de gran detalle deben situarse cerca del observador incluso con ayuda de ampliadores ópticos que ayuden su percepción. (López Barbosa, 1993, pág. 29)

4.6 Ubicación de Fuentes de luz.

Cuando se trata de lienzos expuestos en forma horizontal, se debe evitar el fenómeno de deslumbramiento, ya sea por incidencia directa o por reflexión de la luz dirigida hacia el objeto observado, se tiene las siguientes recomendaciones.

Tener en cuenta el índice de deslumbramiento unificado (Unified Glare Rating). Que indica que una luminaria no debe estar en la dirección de la tarea visual hasta los 16 grados,

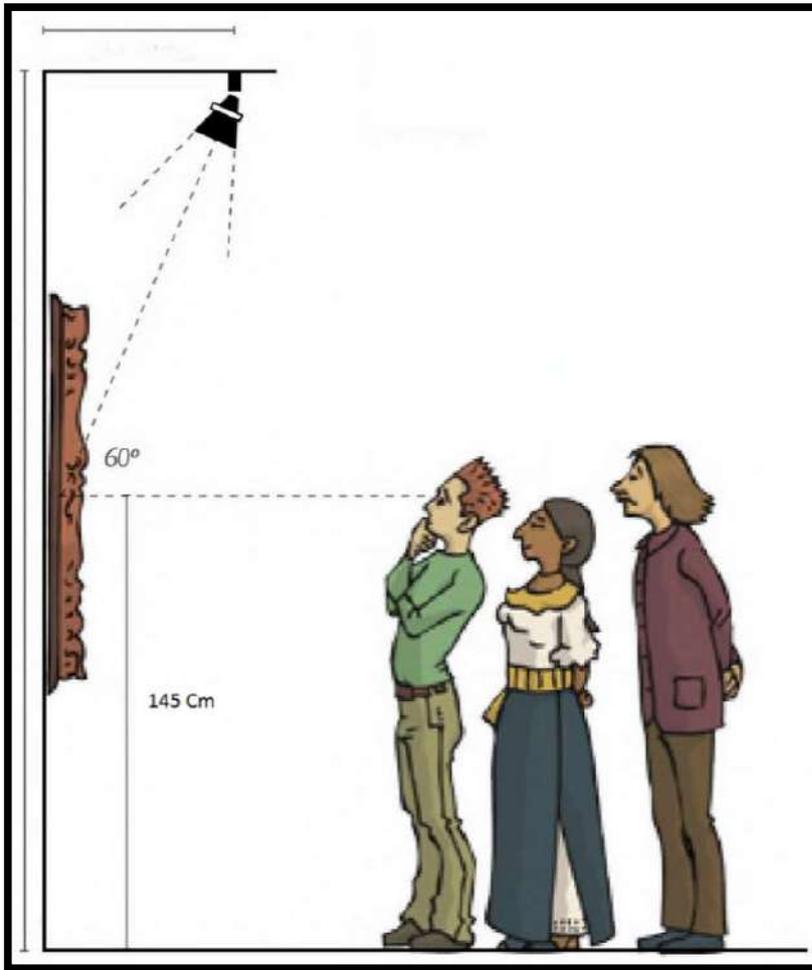
Figura 51 URG índice de deslumbramiento unificado.



Fuente: (www.ecoluzled.com, 2021)

En lo posible, la luminaria debe estar alejada de la pared hasta hacer un ángulo de 60° con la horizontal como máximo, tal como se muestra en la siguiente figura.

Figura 52: Ubicación de luminaria en exposición de lienzos



Fuente: Tomado de Guía de medidas preventivas para el manejo de bienes culturales, pág. 35, IMPC, 2011.

Cuando se trata de objetos volumétricos se debe decidir qué aspecto de la obra se desea ponderar, si el volumen o aspectos más puntuales como la textura, color etc.

Si se desea mostrar el volumen se debe colocar una luminaria en la parte superior de la obra, de esta manera se iluminará las partes más sobresalientes del volumen y las sombras generadas por esta, marcarán el volumen en exposición.

Figura 53: Ubicación de luminaria para ponderación de volumen, en objeto volumétrico.



Fuente: Tomado de Guía de medidas preventivas para el manejo de bienes culturales, pág. 36, IMPC, 2011.

Por otro lado, si se desea mostrar aspectos más precisos, se debe usar la regla de los 60°.

Figura 54: Iluminación para ponderación de textura y color en objetos volumétricos



Fuente: Tomado de Guía de medidas preventivas para el manejo de bienes culturales, pág. 35, IMPC, 2011.

4.7 Tipo de material expuesto en el museo Catco.

Se toman en cuenta los materiales de los objetos expuestos dentro de los ambientes cerrados dentro del recinto, en los cuales se expone distintos artefactos, maquetas, tejidos, pinturas, paneles y utensilios que procuran explicar la cultura e historia del pueblo inca de ollantaytambo.

Tejidos de color original. Compuestos por fibras animales cubiertas por colores de origen mineral y animal como la cochinilla. La clasificación según (lana azul) sería de gran sensibilidad y para su iluminación se debería utilizar 50 lux como máximo.

Cerámica de color original. Compuestos por una base de arcilla recocida y colores de origen mineral y animal como la cochinilla. La clasificación según (lana azul) sería de gran sensibilidad y para su iluminación se debería utilizar 50 lux como máximo.

Pintura al óleo de la escuela cusqueña. Compuestos por una fibra vegetal y cubiertas por colores de origen mineral y animal como la cochinilla. La clasificación según (lana azul) sería de gran sensibilidad y para su iluminación se debería utilizar 50 lux como máximo.

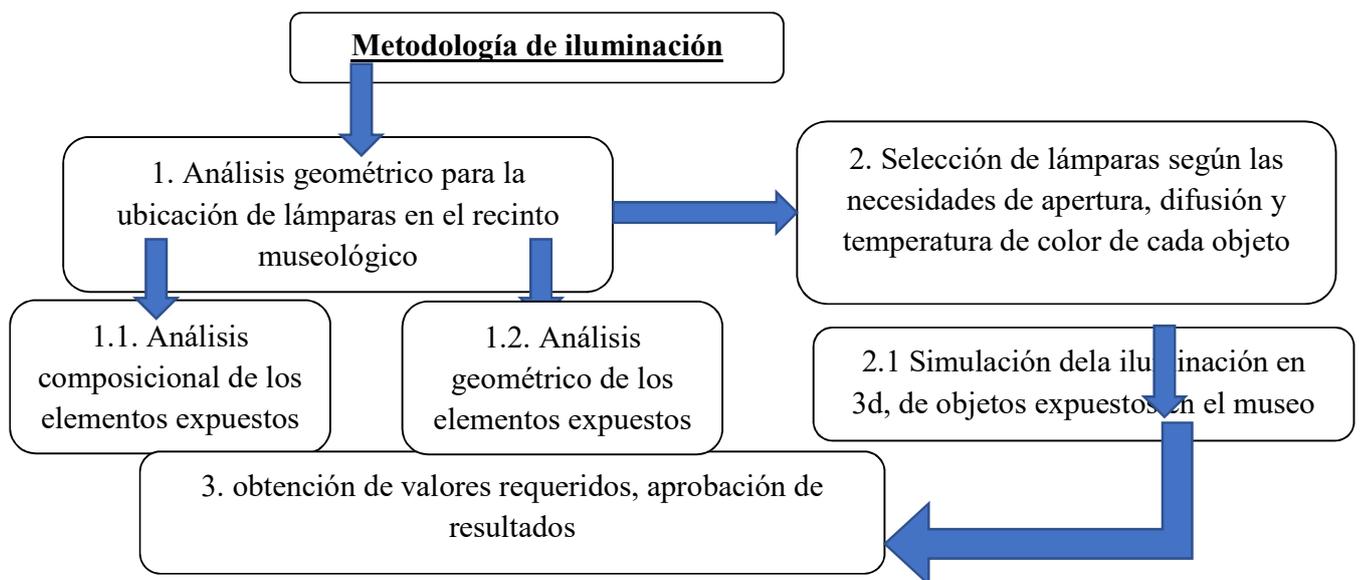
Epígrafes informativos. Elaborados con resinas plásticas hechas de acrílico y polivinilo, la base sellante acrílica. La clasificación según (lana azul) sería de sensibilidad media.

Pintura mural. Elaborados con resinas plásticas hechas de acrílico y polivinilo, la base sellante acrílica. Estos materiales estarían en la categoría de sensibilidad media.

Se debe tomar en cuenta la sensibilidad de los materiales que recubren los objetos a ser expuestos a la iluminación, de las descripciones anteriores, se tiene que en el museo Catco, la sensibilidad de los materiales oscila entre sensibilidad media y alta. Según la tabla 7 : Recomendación CIE sobre niveles de iluminación y exposición anual máximos. Para este caso se deberá aplicar parámetros para sensibilidad alta, ya que, si utilizamos parámetros para sensibilidad media, podríamos dañar a los materiales más sensibles.

5 CAPITULO V: IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA

En este capítulo se aplicarán todas las consideraciones aplicables que han expuestas a lo largo de los capítulos anteriores.



5.1 Categoría de iluminación.

Según la tabla 7: Recomendación CIE sobre niveles de iluminación y exposición anual máximos. Ya que se trata de materiales muy sensibles a la luz, para el caso del museo Catco se debe utilizar 50 lux para iluminar.

Según la Figura 42, Temperatura de fidelidad de color aproximada. La temperatura de color que se utilizará en el museo Catco será de 5550°k (grados kelvin).

5.2 Aspectos geométricos del espacio.

El recinto data de la época precolombina, ya que su construcción fue ordenada por el emperador Pachacutec, la altura de los muros es de tres metros (3m) y están recubiertos de yeso revocado, los muros interiores en su parte alta tienen hornacinas trapezoidales en donde se pueden exponer objetos.

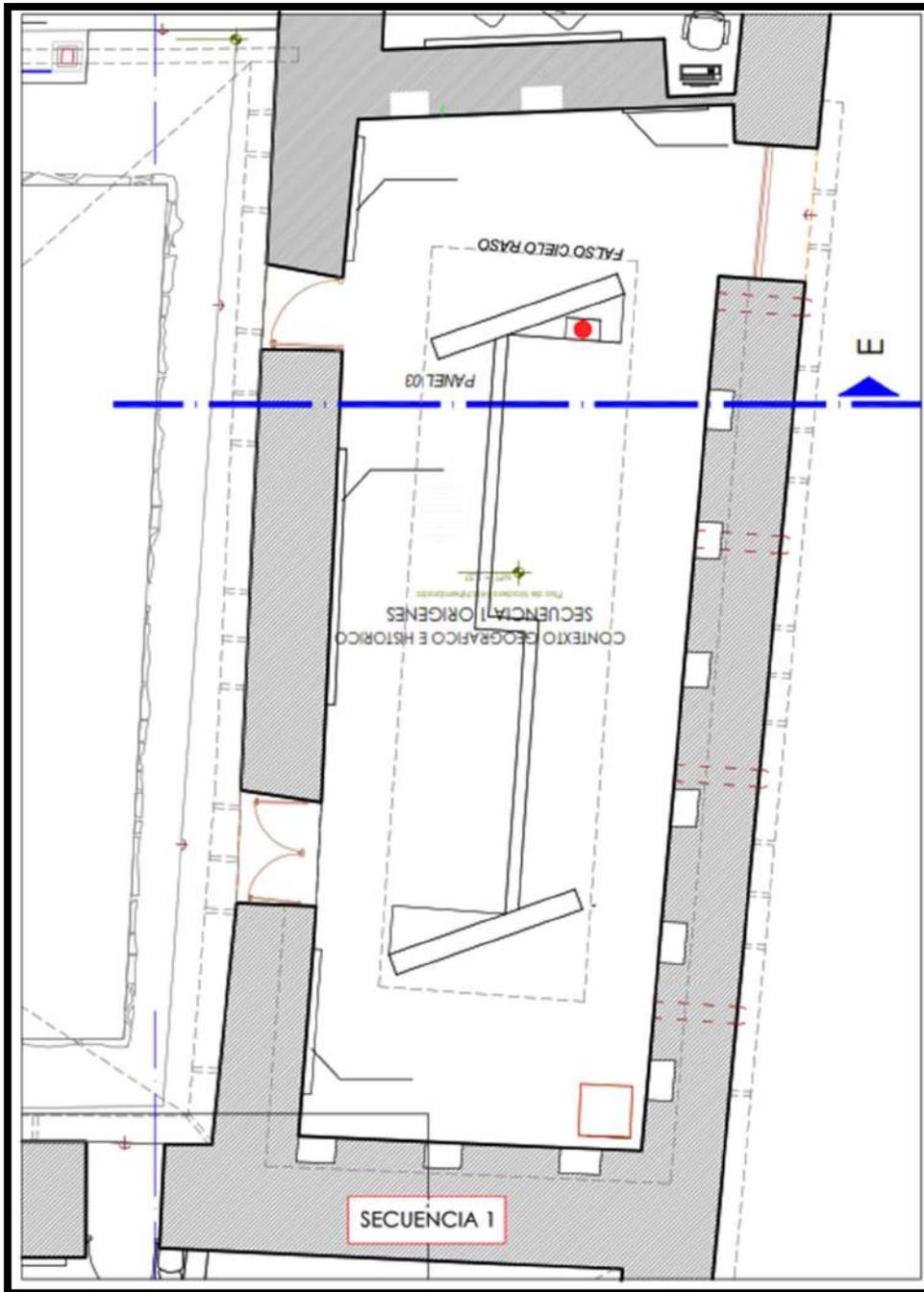
Las luces serán ubicadas como mínimo, a la misma distancia a la que se ubican los espectadores de los elementos expuestos, de esta manera se eliminarán los efectos de deslumbramiento.

5.3 Aspectos geométricos de los elementos expuestos

En el museo se exponen objetos de exposición bidimensional, los cuales se exponen en los muros de cada ambiente. Estos objetos son; tejidos, pinturas, murales y paneles.

También se exponen objetos de exposición tridimensional, los cuales se exhiben en hornacinas ubicadas en muros y vitrinas. Estos objetos son; Artefactos, maquetas y utensilios

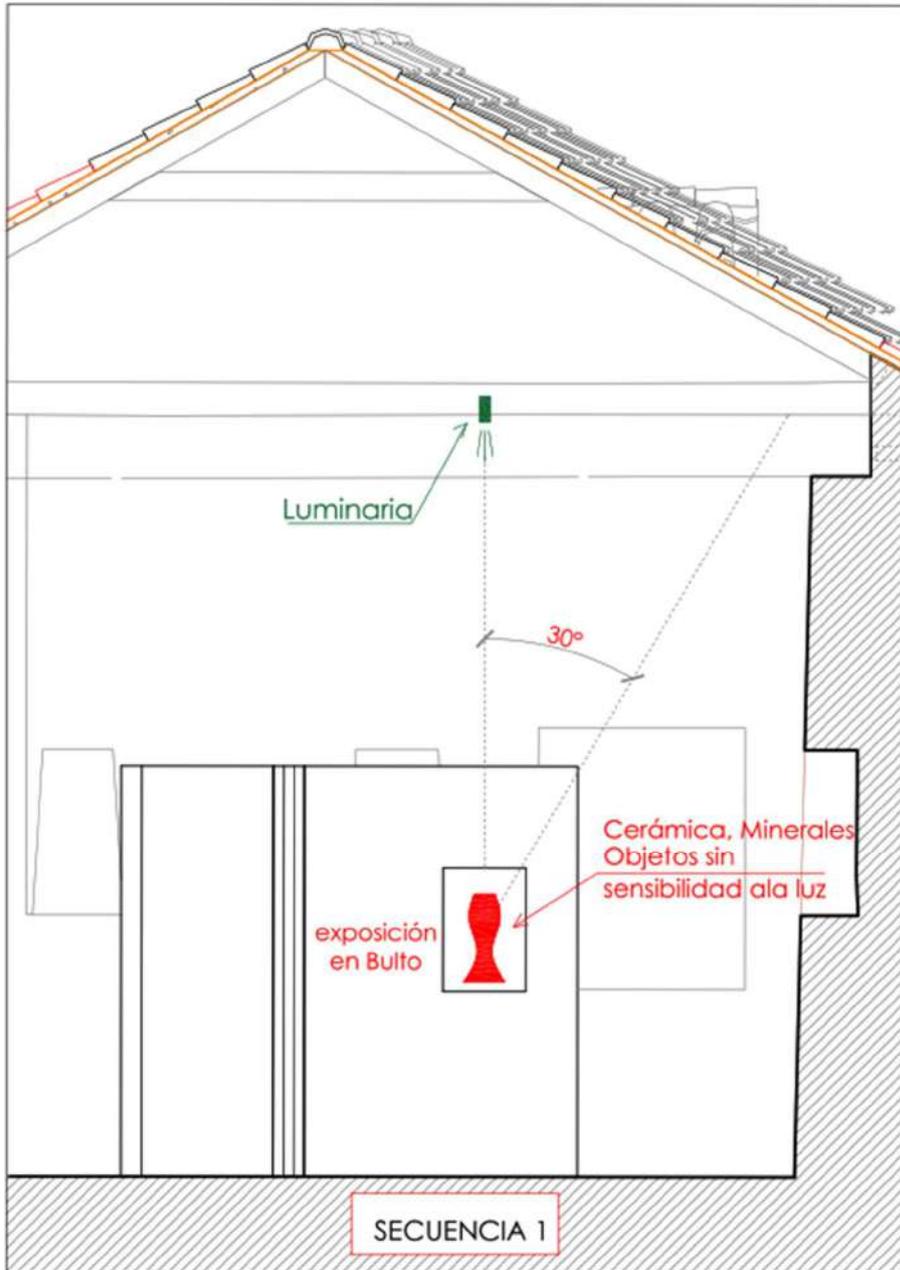
Figura 55: plano de la sala. Secuencia 1



Fuente: elaboración propia

Plano de planta de la sala Secuencia 1, en el cual se muestra la sección del ambiente y el lugar de la colocación del objeto en exposición.

Figura 56: Corte de la sala. Secuencia 1



Fuente: elaboración propia

Plano de elevación de la sala Secuencia 1, en el cual se muestran en líneas punteadas, los posibles vectores de ubicación; vertical y con el Angulo de 30° que sugiere la figura 35. según la intensidad del expositor. (en este tipo de iluminación, la altura de ubicación del objeto expuesto es irrelevante).

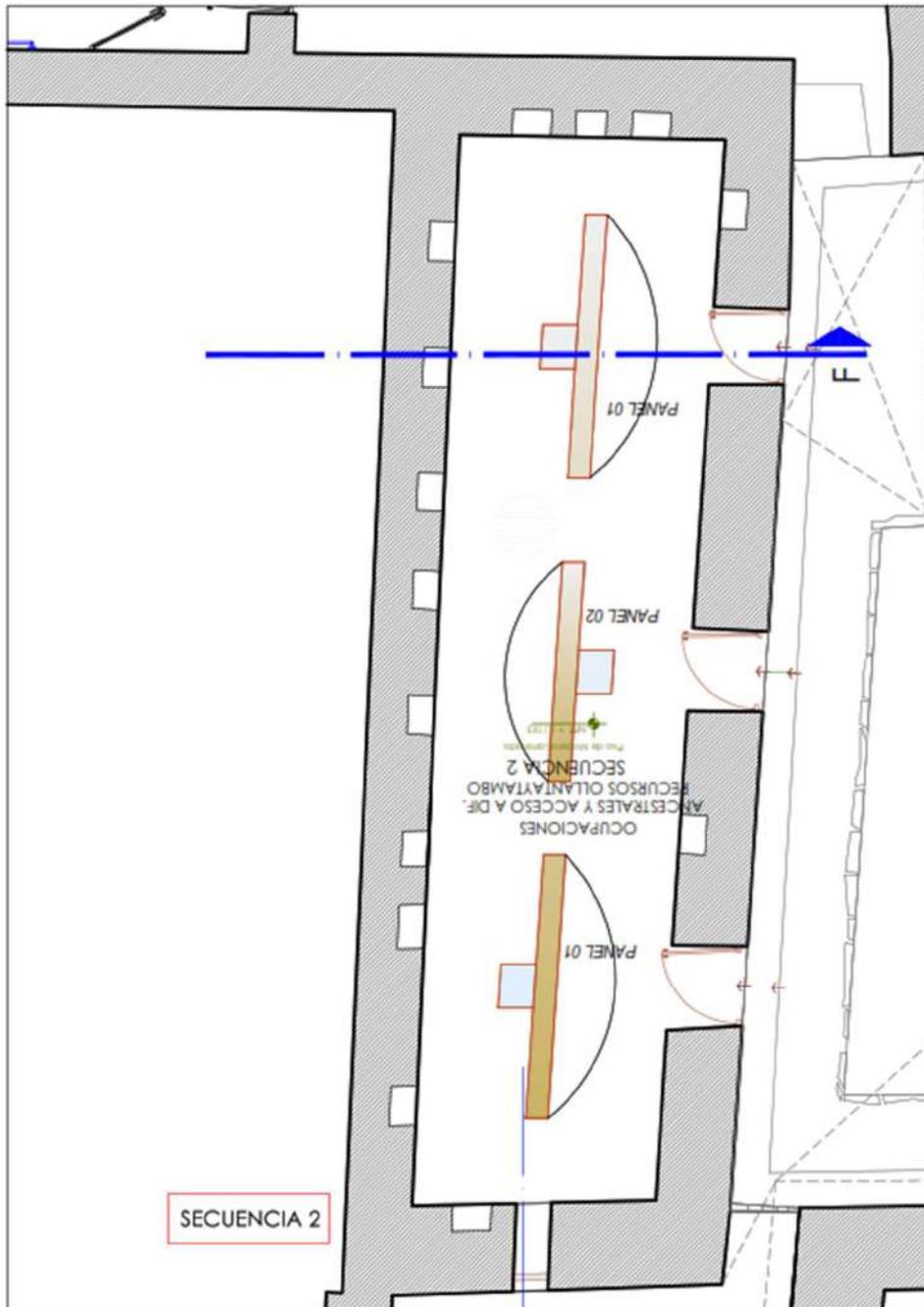
Figura 57: simulación de la sala. Secuencia 1



Fuente: elaboración propia

Plano de elevación de la sala Secuencia 1, la iluminación de un objeto sólido, con intenciones de exposición volumétrica, el resultado pone de manifiesto el volumen, acentuando las sombras del objeto. Para este caso se utiliza iluminación vertical con un proyector.

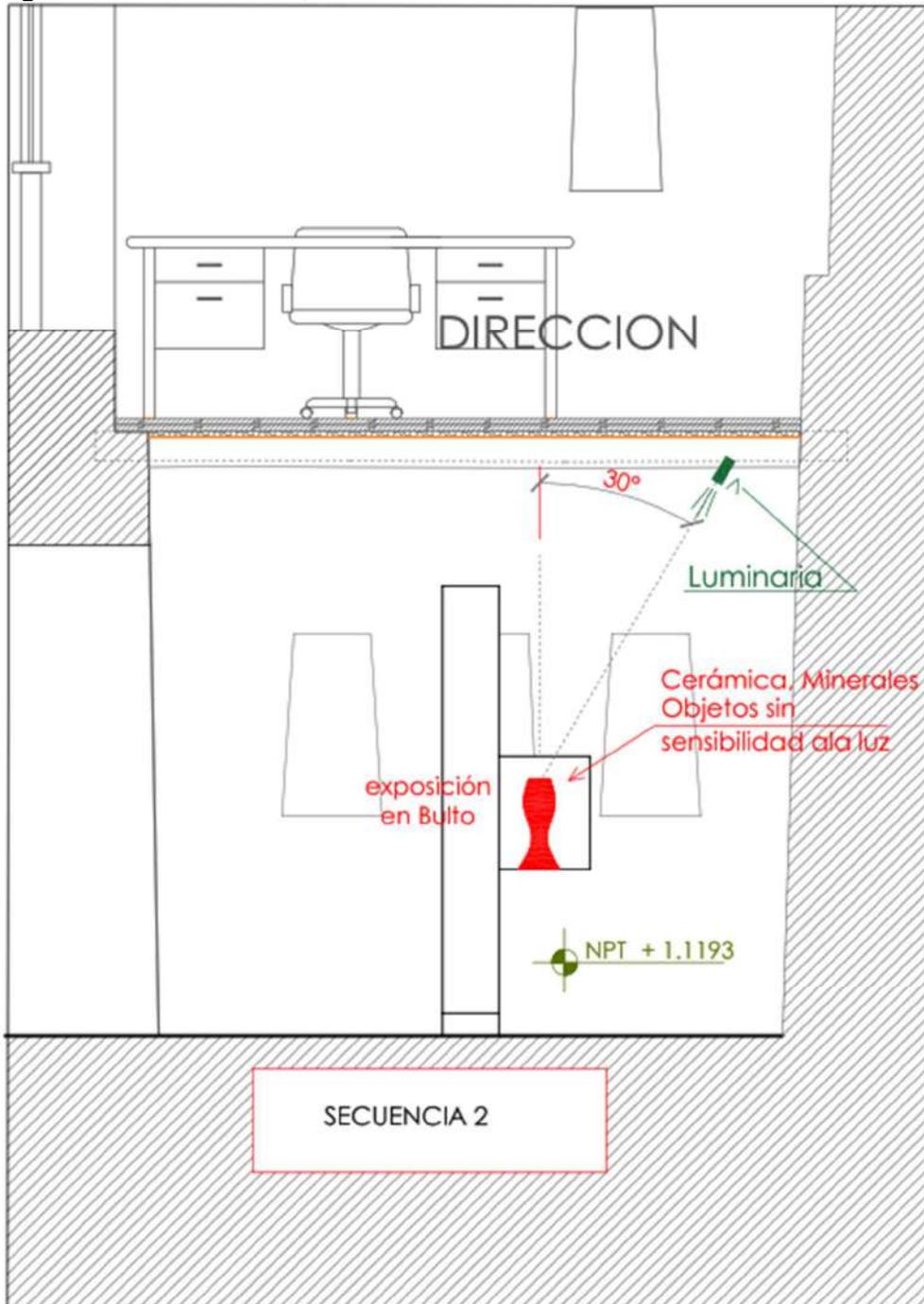
Figura 58: plano de la sala, Secuencia 2



Fuente: elaboración propia

Plano de planta de la sala Secuencia 2, en el cual se muestra la sección del ambiente y los lugares de la colocación de los objetos en exposición.

Figura 59: corte de la sala, Secuencia 2



Fuente: elaboración propia

Plano de elevación de la sala Secuencia 2, en el cual se muestran en líneas punteadas, los posibles vectores de ubicación; vertical y con ángulo de 30° según la intensidad del expositor. (en este tipo de iluminación, la altura de ubicación del objeto expuesto es irrelevante)

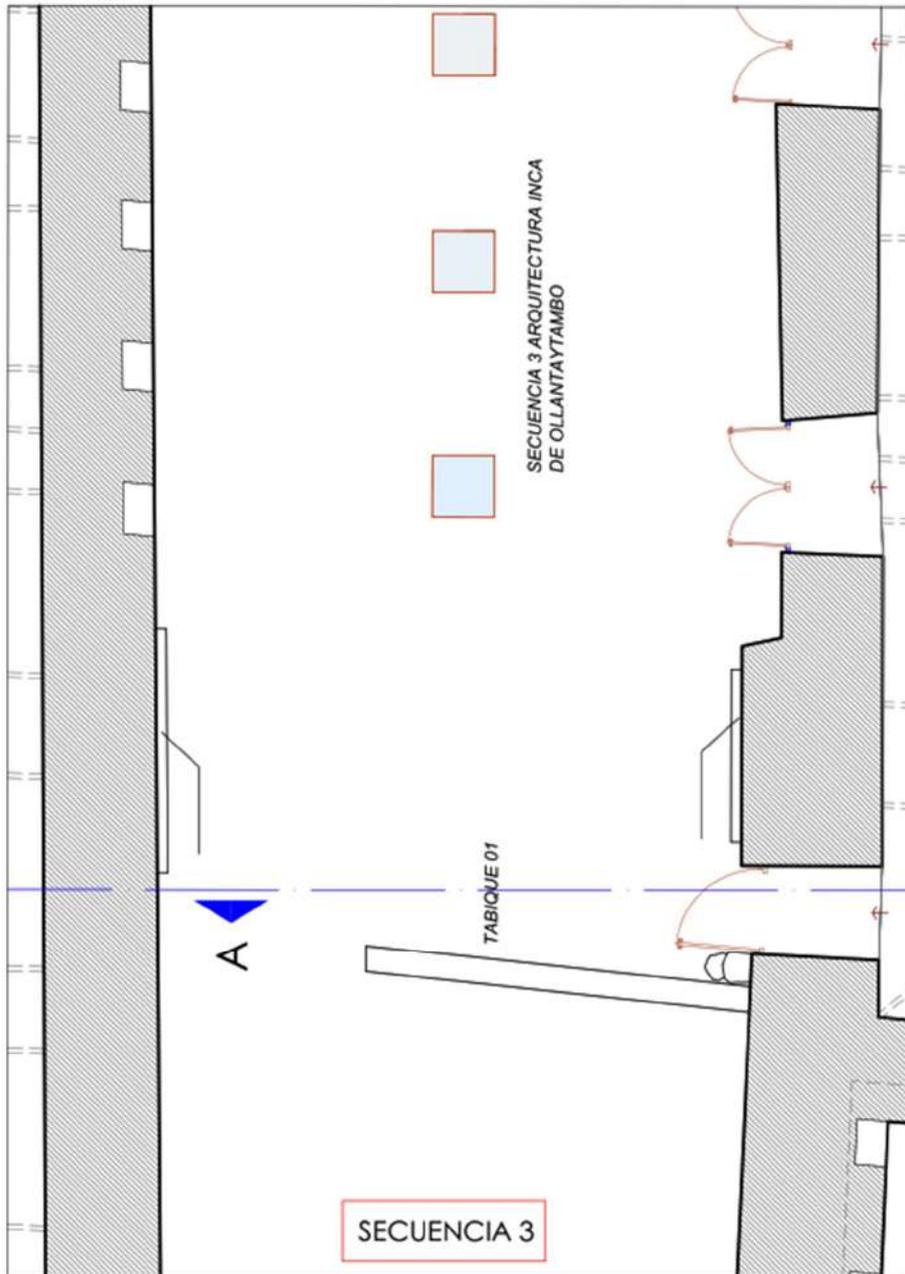
Figura 60: simulación de la sala, Secuencia 2



Fuente: elaboración propia

Plano de elevación de la sala Secuencia 2, la iluminación de un objeto sólido, con intenciones de exposición volumétrica, el resultado pone de manifiesto el volumen, acentuando las sombras del objeto. Para este caso se utiliza iluminación con ángulo de 30°.

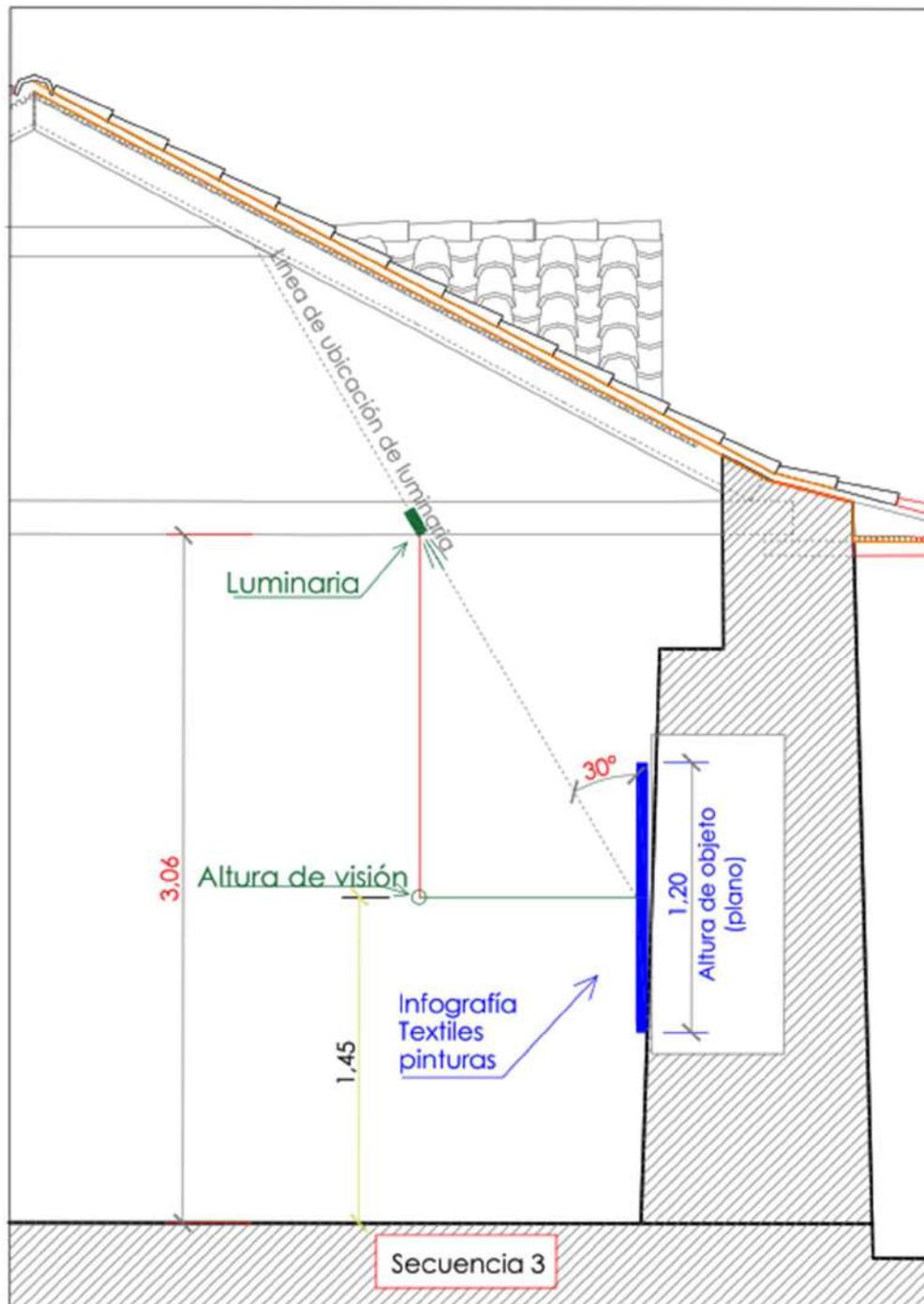
Figura 61: plano de la sala, Secuencia 3



Fuente: elaboración propia

Plano de planta de la sala Secuencia 3, en el cual se muestra la sección del ambiente y el lugar de la colocación del objeto en exposición.

Figura 62: corte de la sala, Secuencia 3



Fuente: elaboración propia

Plano de elevación de la sala Secuencia 3, en el cual se muestra en línea punteada, el vector de ubicación del proyector; con intención de exposición bidimensional. (en este tipo de iluminación, la altura de ubicación del objeto es importante).

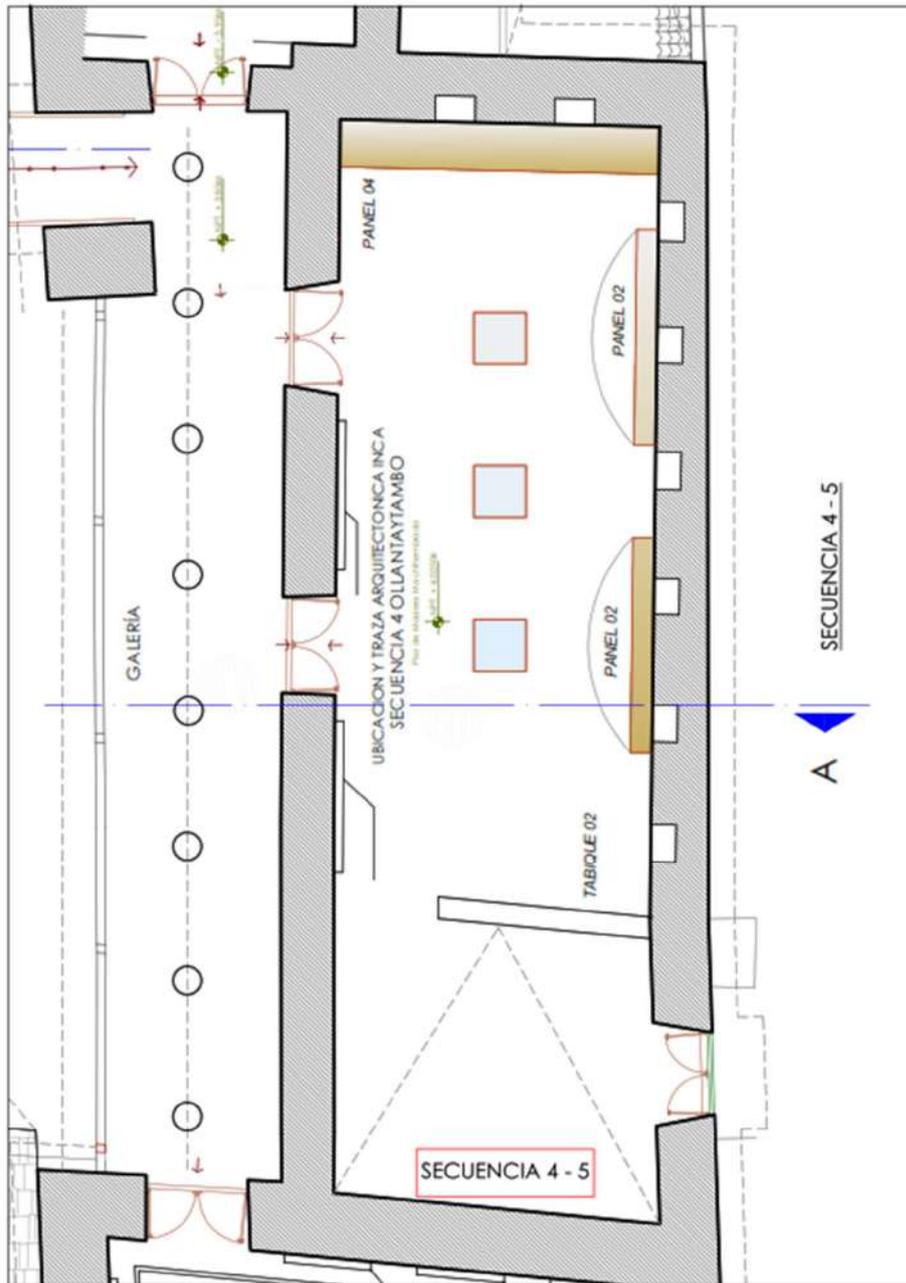
Figura 63: Simulación de la sala, Secuencia 3



Fuente: elaboración propia

Plano de elevación de la sala Secuencia 3, la iluminación de un objeto bidimensional, con intenciones de exposición plana vertical, el resultado se centra en poner de manifiesto el color real y la uniformidad del plano.

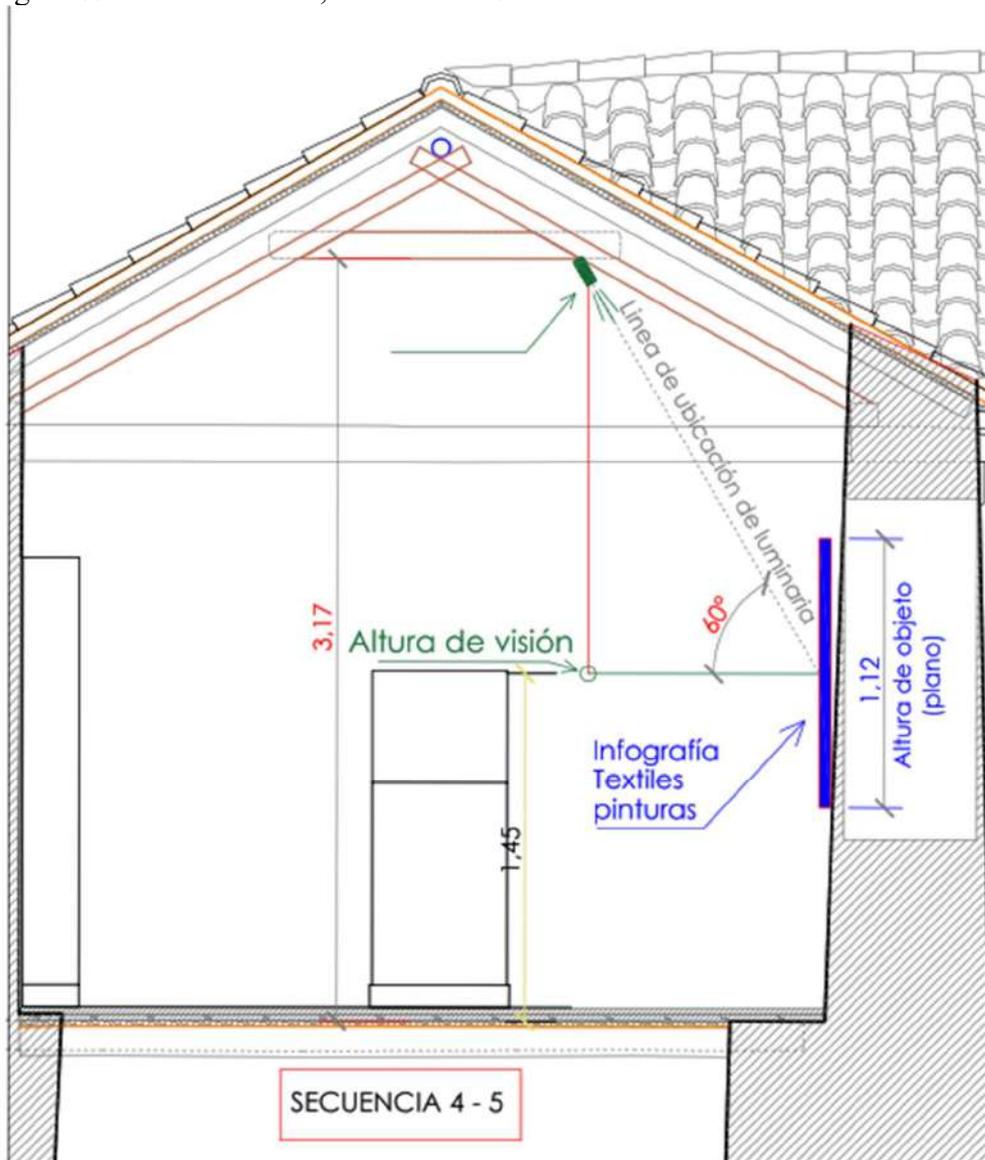
Figura 64: plano de la sala, Secuencia 4-5



Fuente: elaboración propia

Plano de planta de la sala Secuencia 4-5, en el cual se muestra la sección del ambiente y los lugares de la colocación de los objetos en exposición.

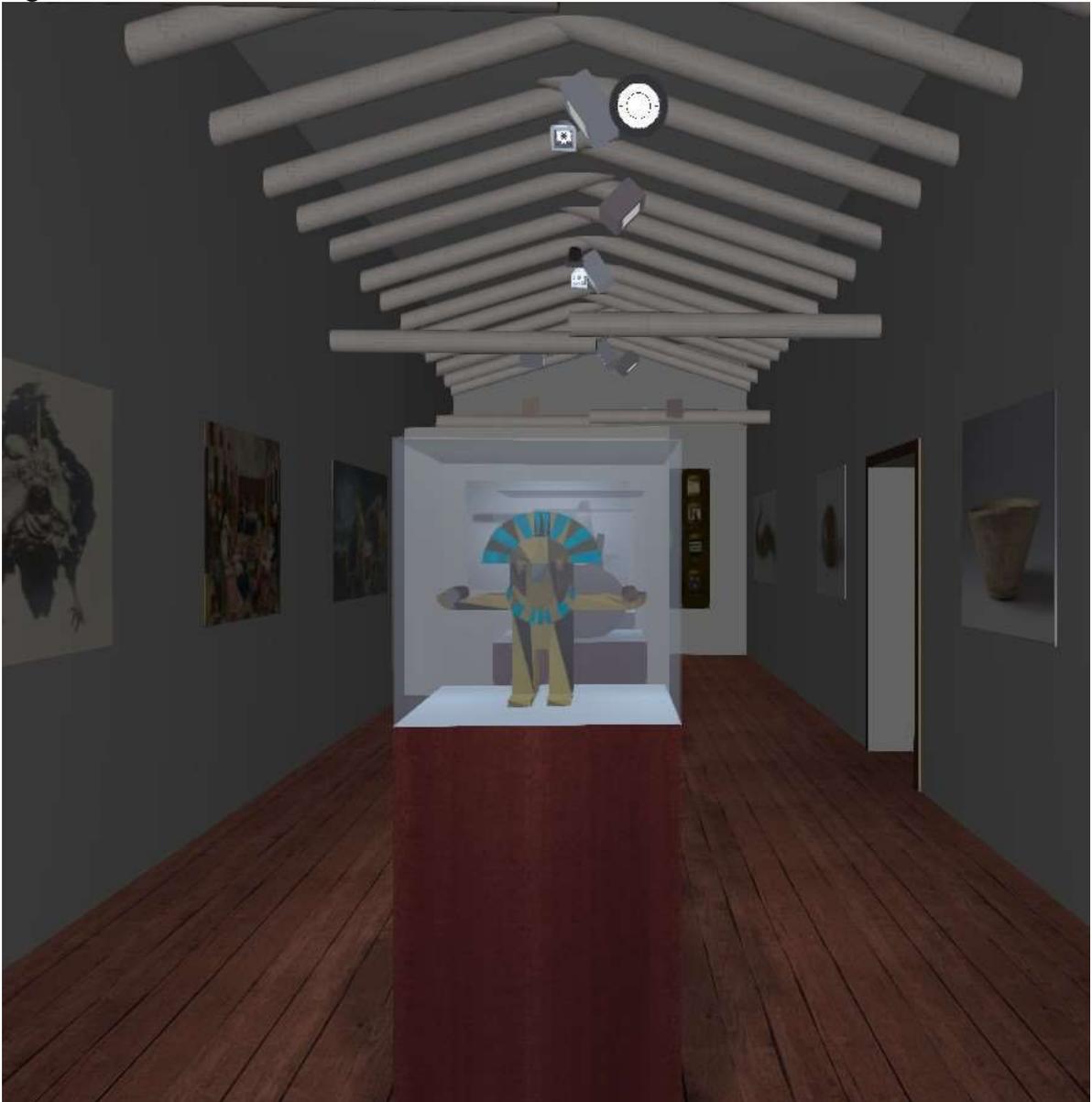
Figura 65: Corte de la sala, Secuencia 4-5



Fuente: elaboración propia

Plano de elevación de la sala Secuencia 4-5, en el cual se muestra en líneas punteadas, la ubicación del proyector, utilizando el Angulo de 30° que sugiere la figura 35. Con intenciones de exposición bidimensional, adicionalmente se muestra el resultado de iluminación con un angulo menor a 30°

Figura 66: Simulación de la sala, Secuencia 4-5



Fuente: elaboración propia

En la figura se muestra un render de iluminación en una sala con trama exposición mixta, en la cual se debe cuidar la uniformidad de color en todo el ambiente.

5.4 Resultados de la simulación de iluminación en el museo CATCO.

A continuación, se presentan los resultados de la simulación de todos los ambientes que contienen objetos en exposición y se exponen mostrando el espectro cromático y el render correspondiente. Su lectura se puede mostrar en el siguiente ejemplo.

Figura 67: Render de simulación y curvas isolux



Fuente: elaboración propia

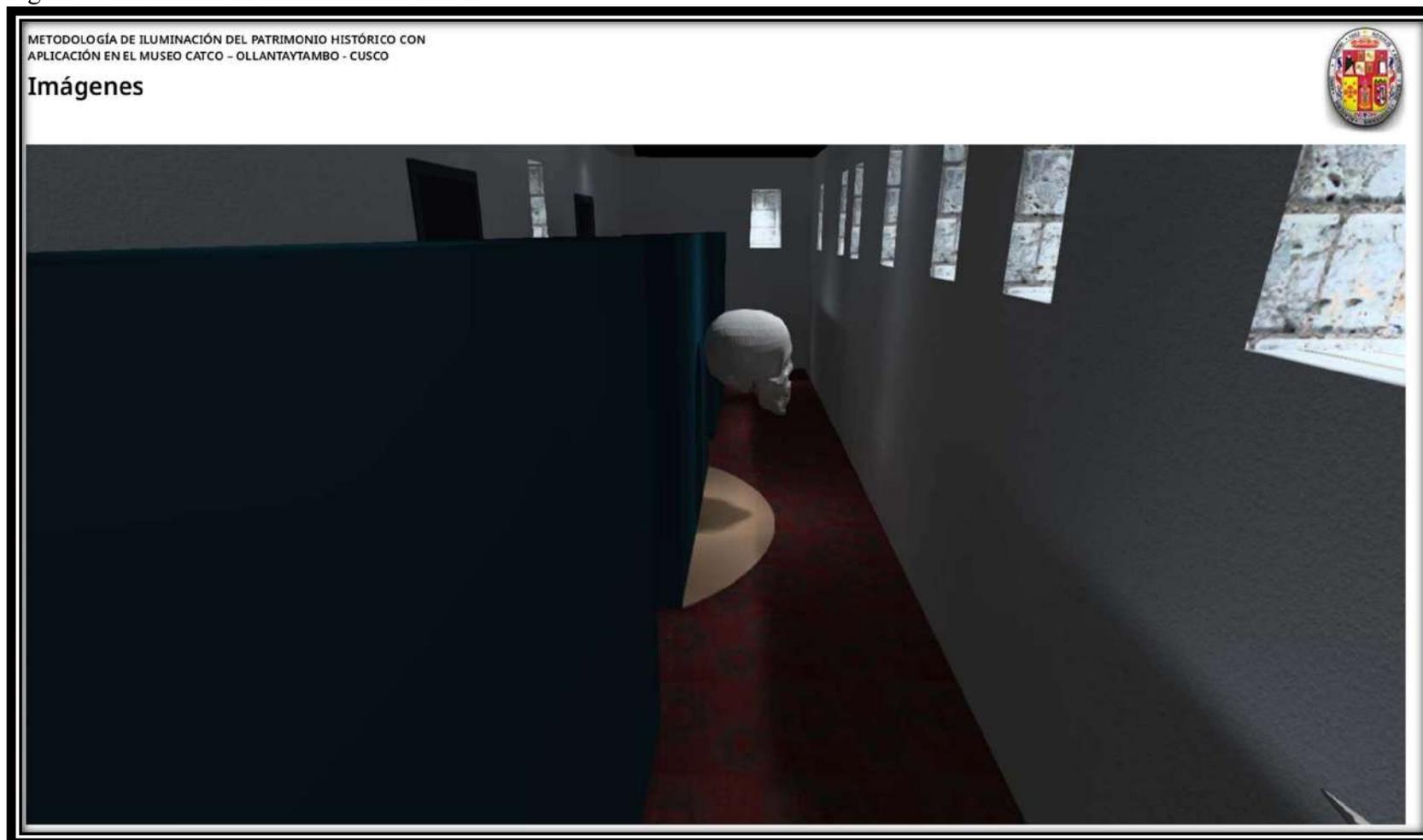
Figura 68 Espectro cromático y curvas isolux



Fuente: elaboración propia

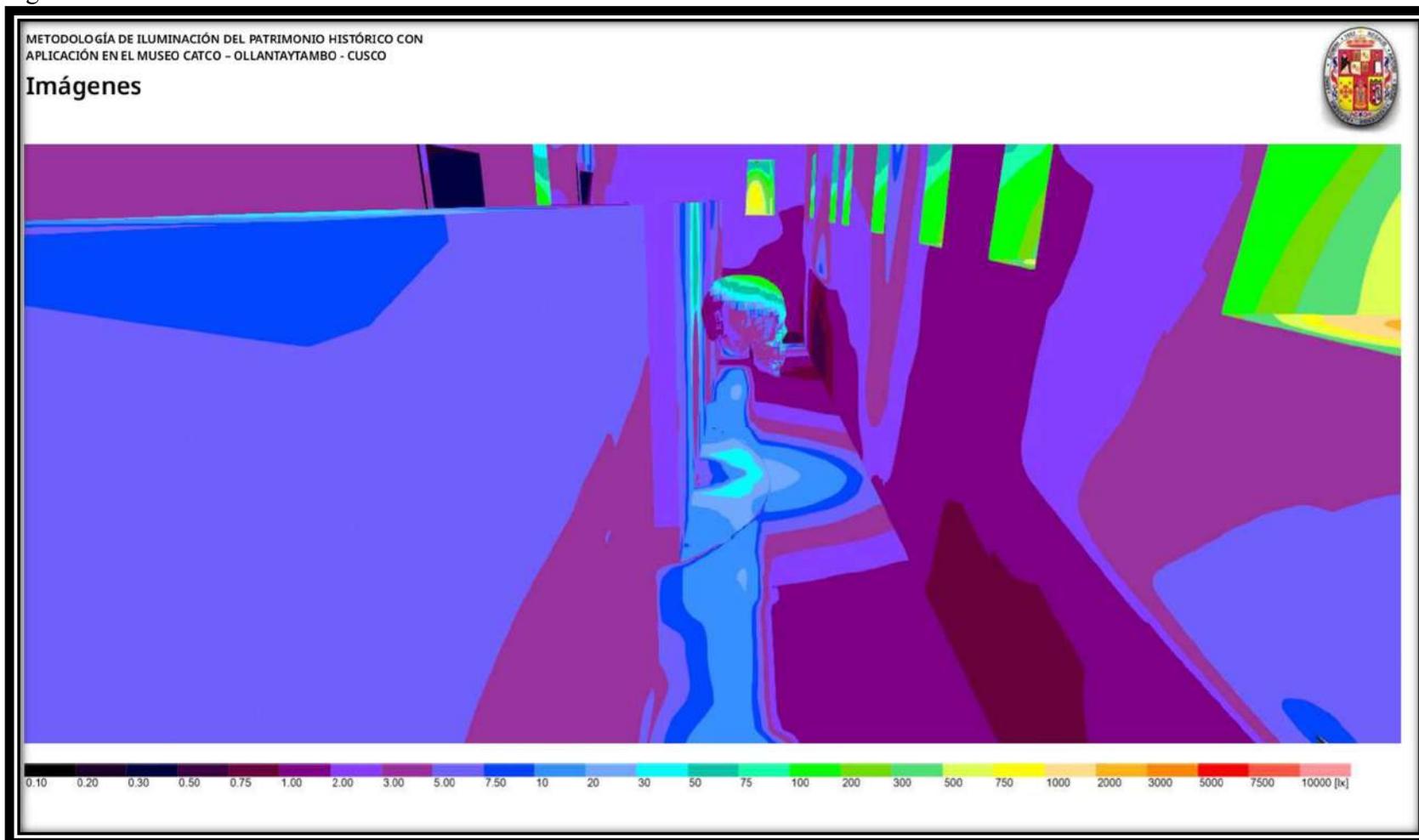
A continuación se muestran los resultados de simulación de todo lo expuesto en el museo Catco.

Figura 69: resultados de simulación de sala 2



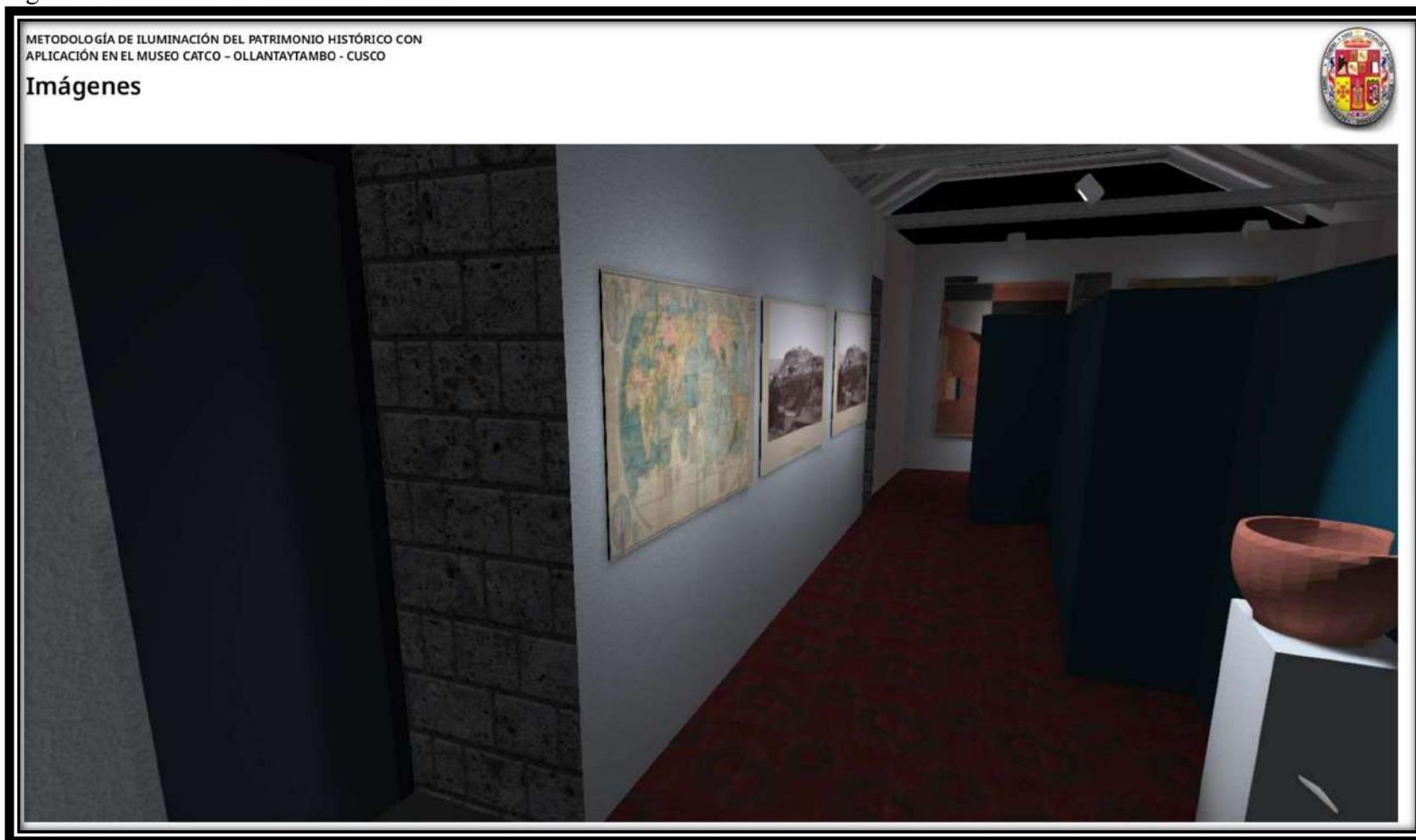
Fuente: elaboración propia

Figura 70: resultados de simulación de sala 2



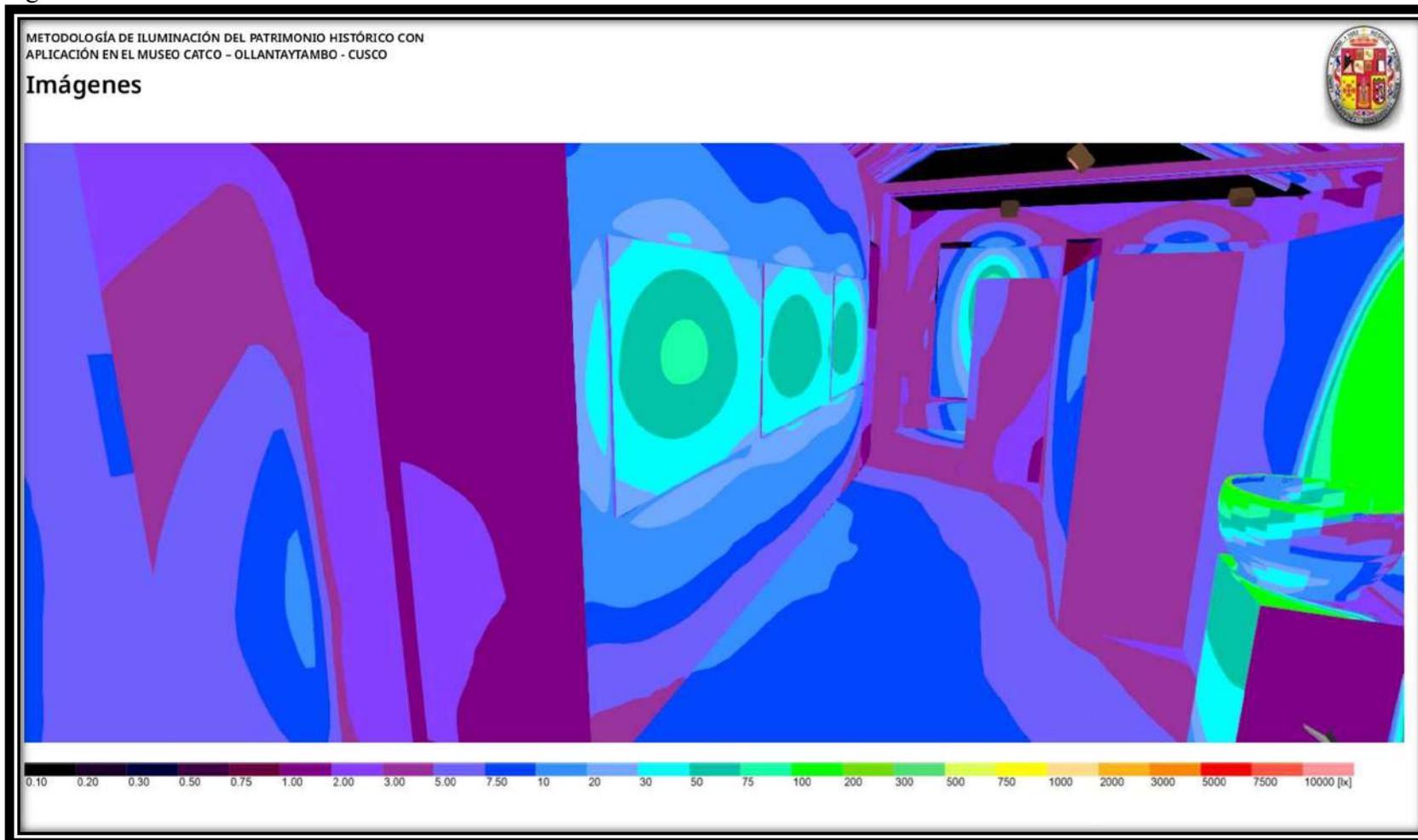
Fuente: elaboración propia

Figura 71: resultados de simulación de sala 1



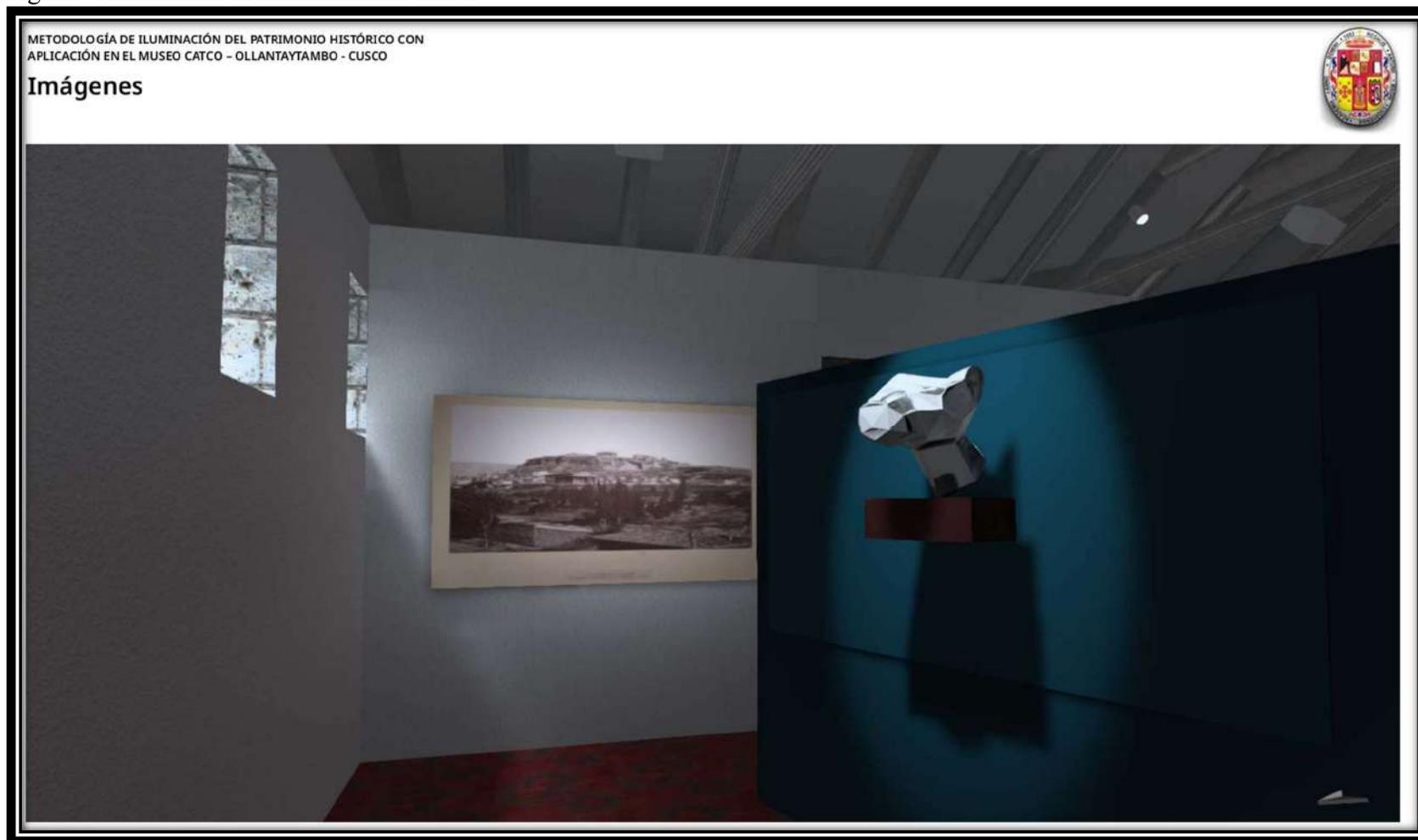
Fuente: elaboración propia

Figura 72: resultados de simulación de sala 1



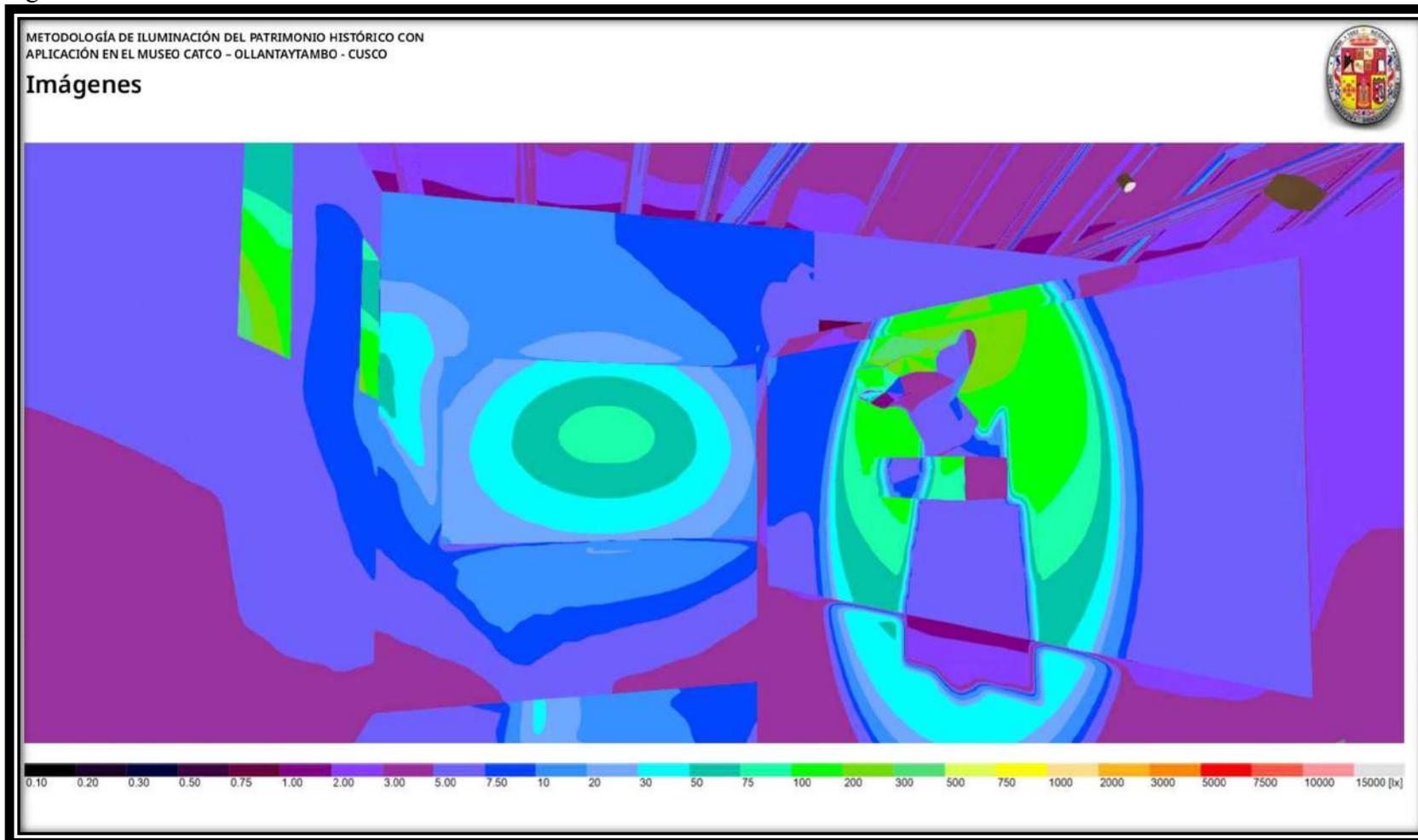
Fuente: elaboración propia

Figura 73: resultados de simulación de sala 1



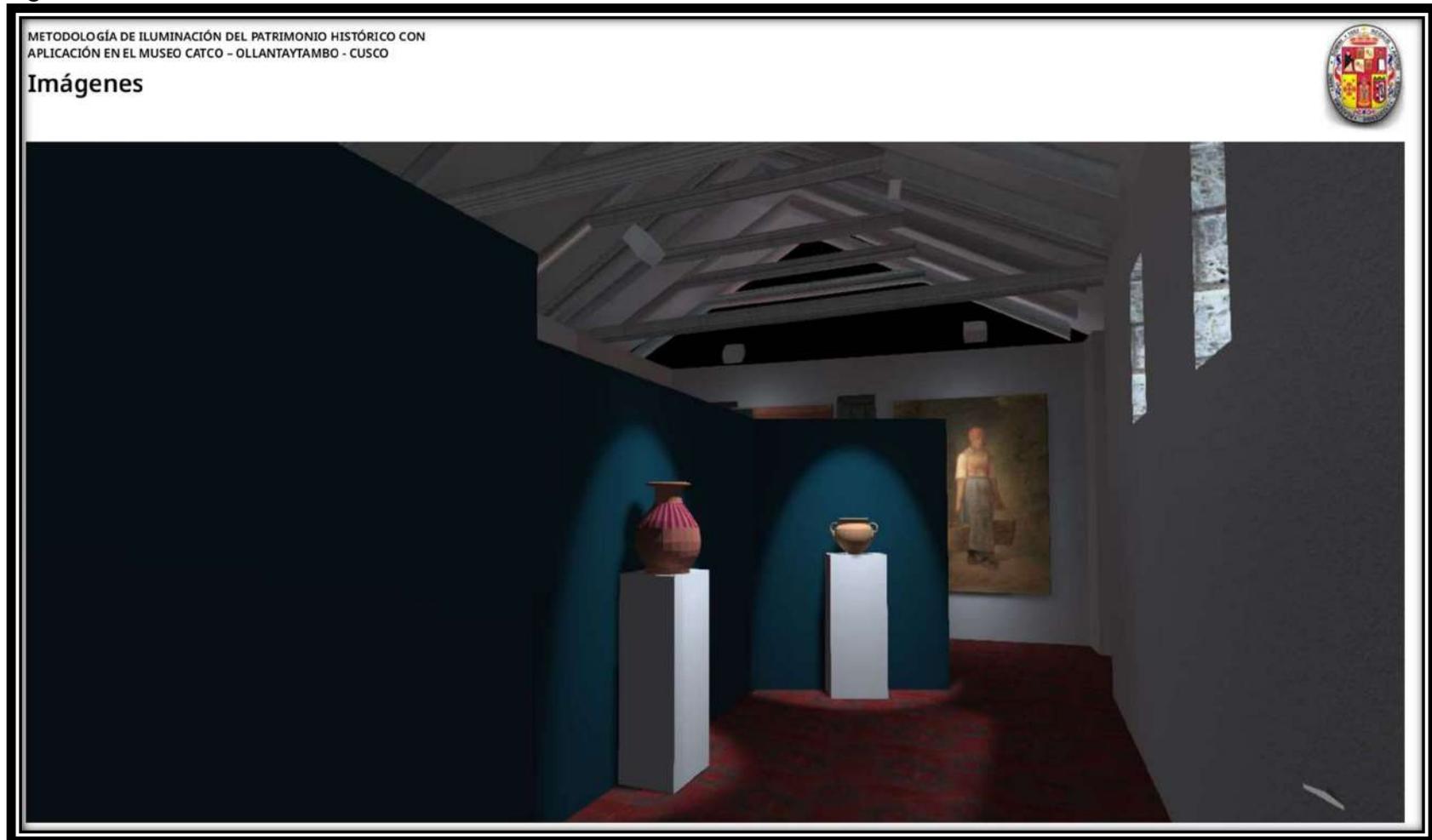
Fuente: elaboración propia

Figura 74: resultados de simulación de sala 1



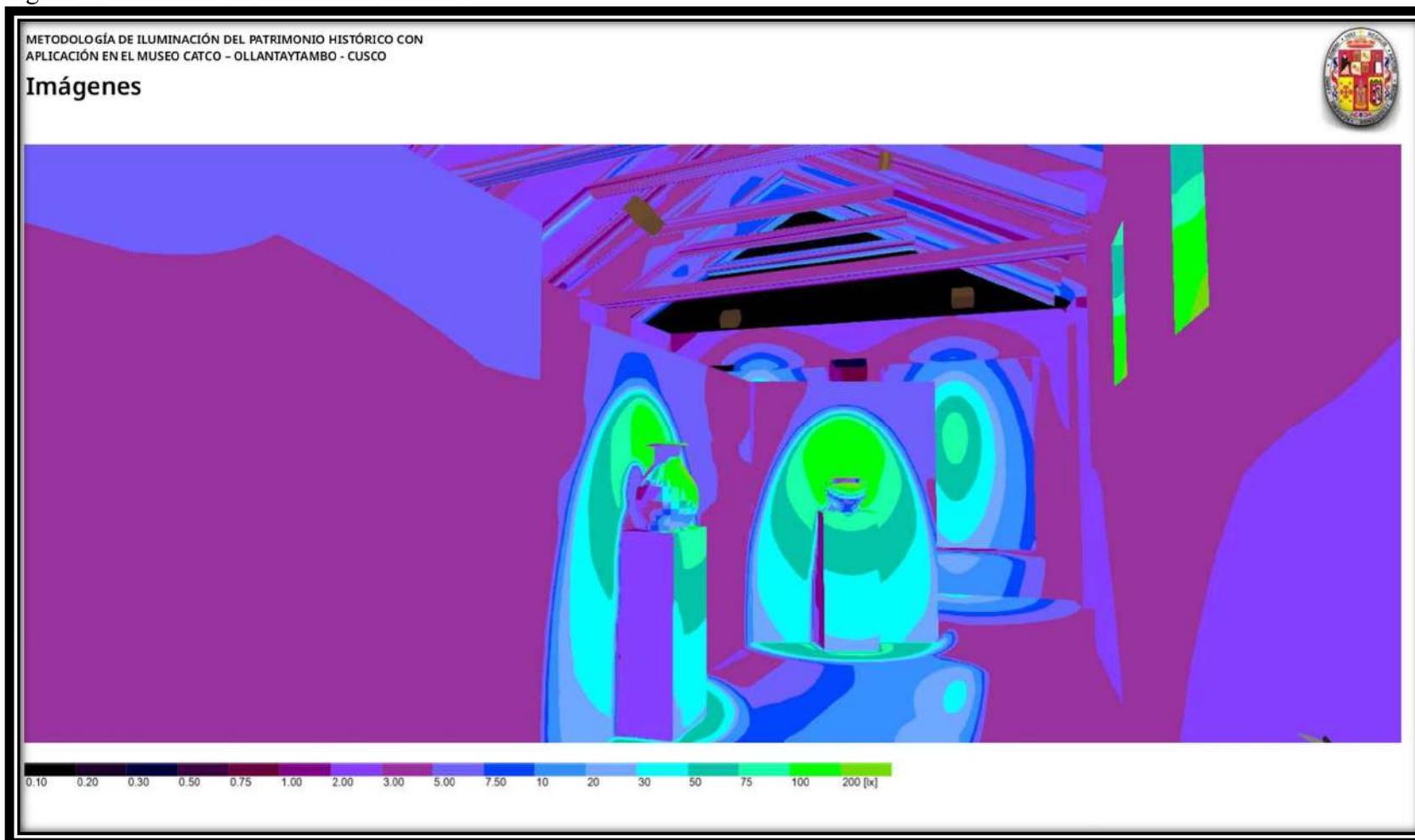
Fuente: elaboración propia

Figura 75: resultados de simulación de sala 1



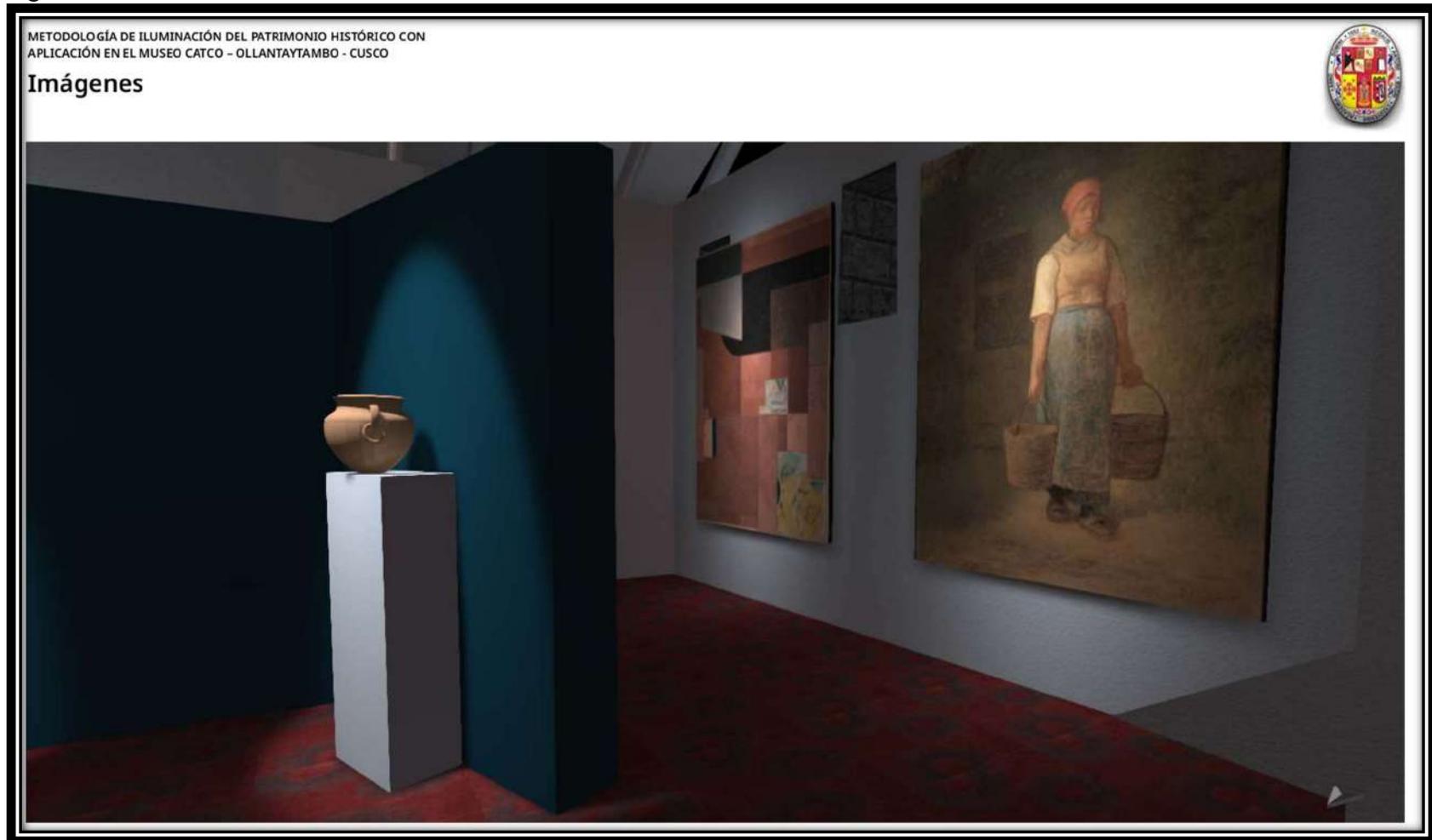
Fuente: elaboración propia

Figura 76: resultados de simulación de sala 1



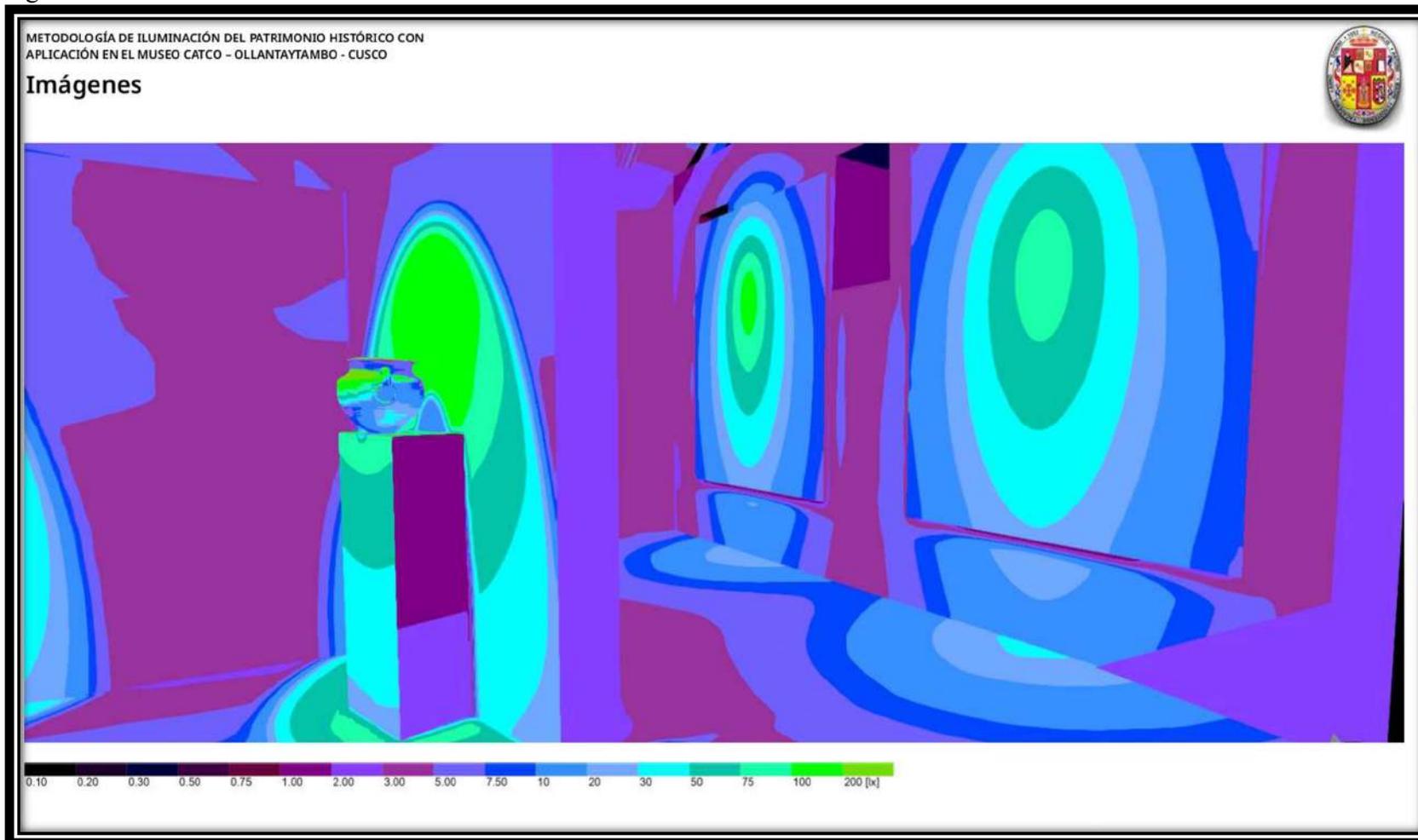
Fuente: elaboración propia

Figura 77: resultados de simulación de sala 1



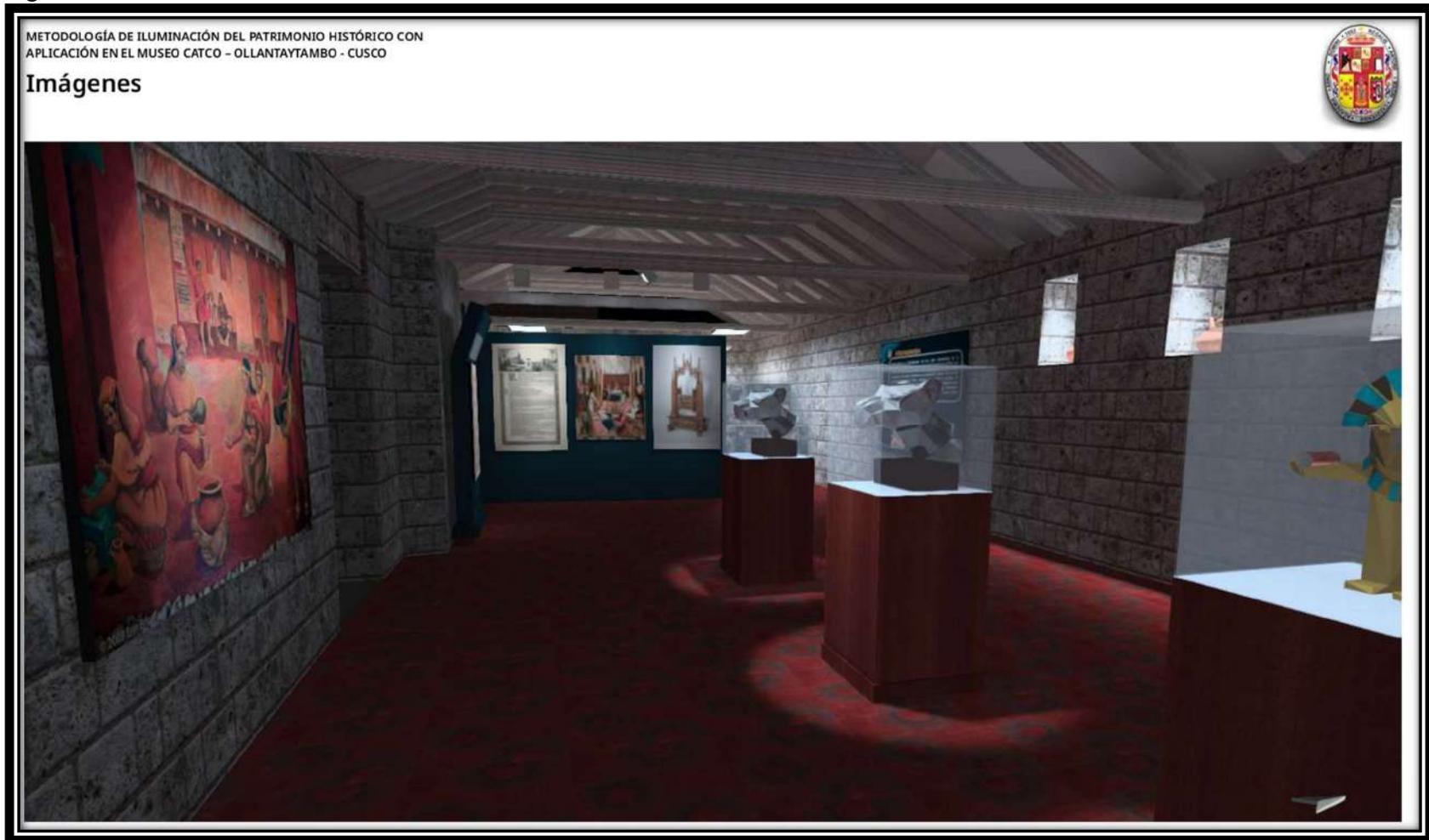
Fuente: elaboración propia

Figura 78: resultados de simulación de sala 1



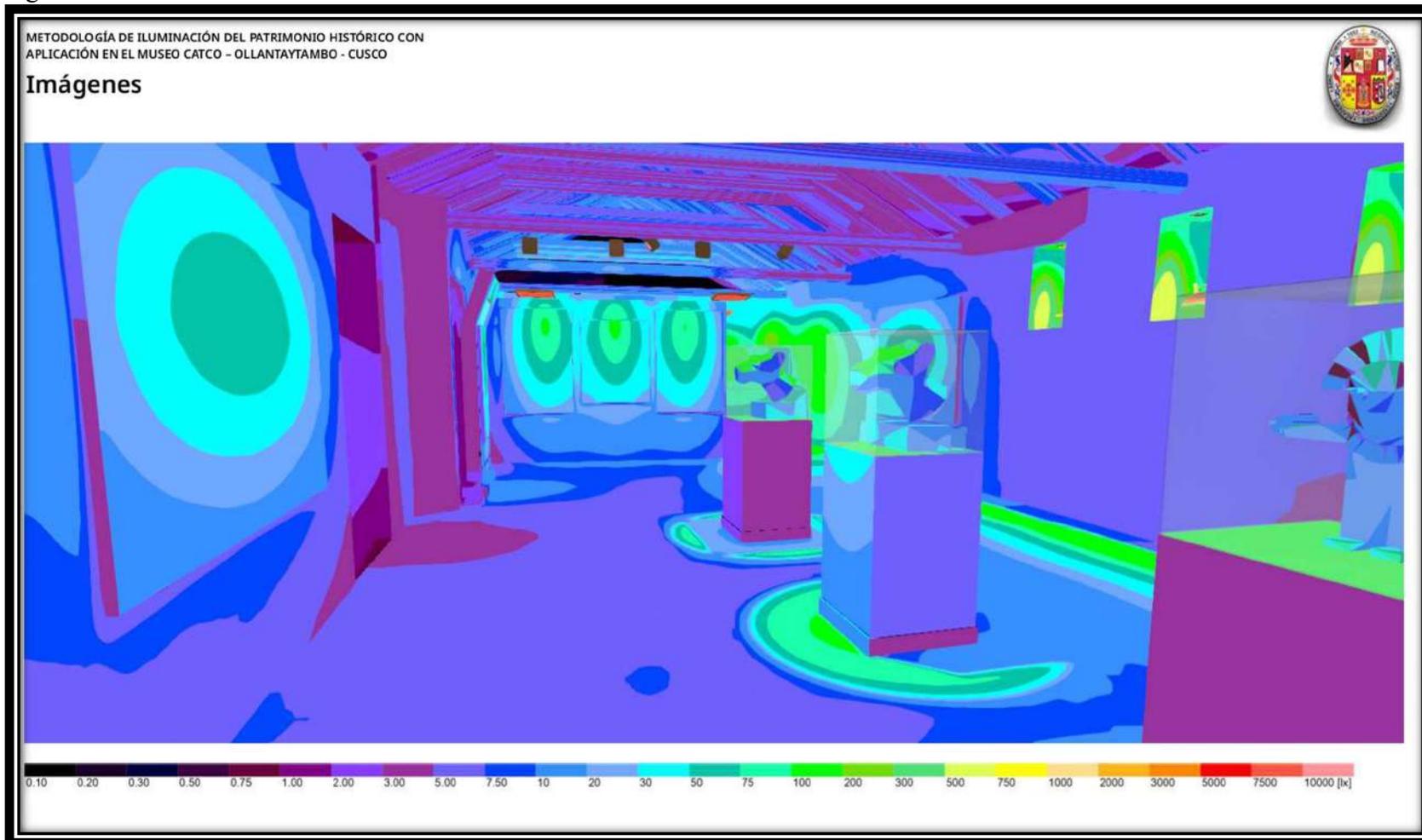
Fuente: elaboración propia

Figura 79: resultados de simulación de sala 3



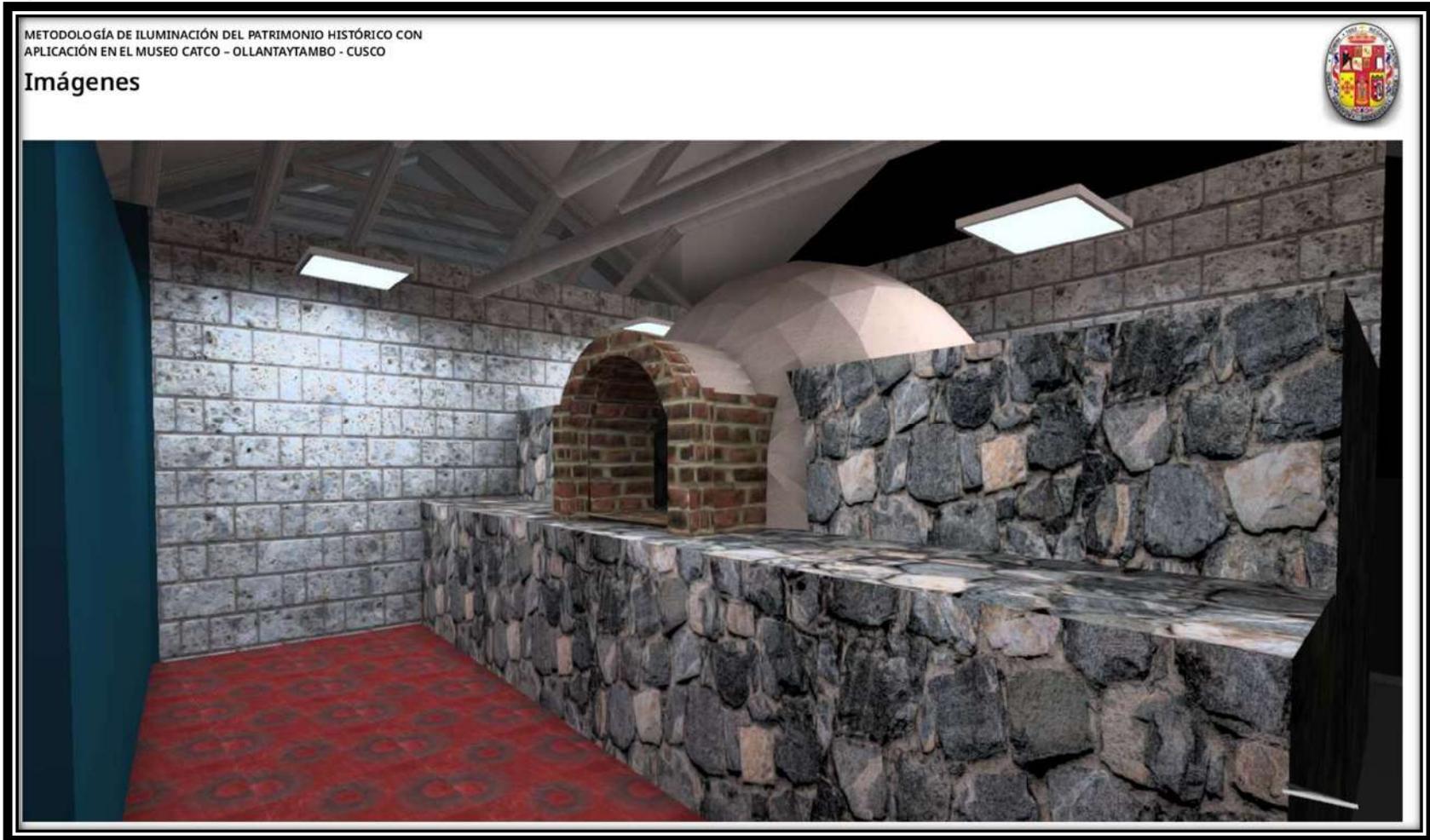
Fuente: elaboración propia

Figura 80: resultados de simulación de sala 3



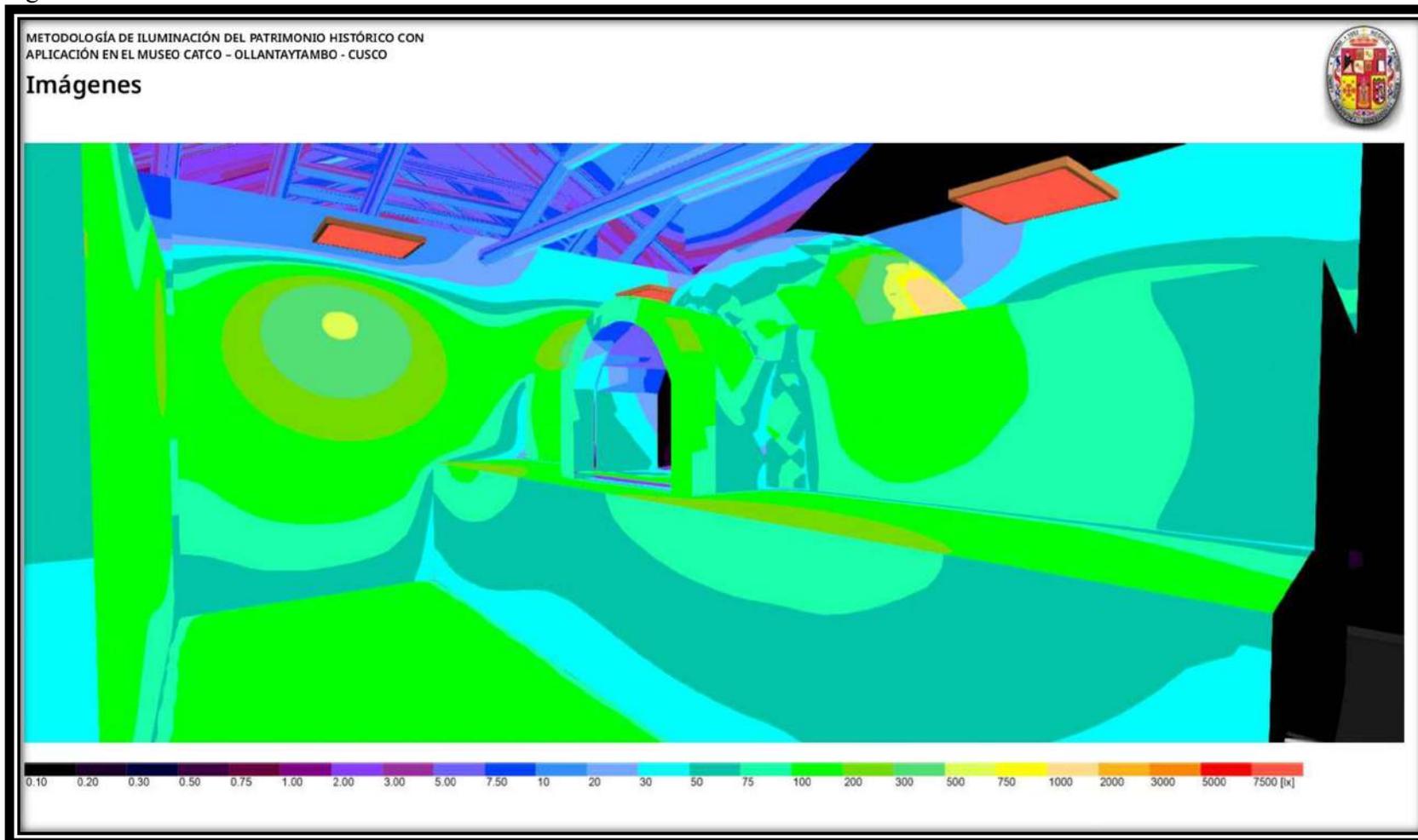
Fuente: elaboración propia

Figura 81: resultados de simulación de sala 3



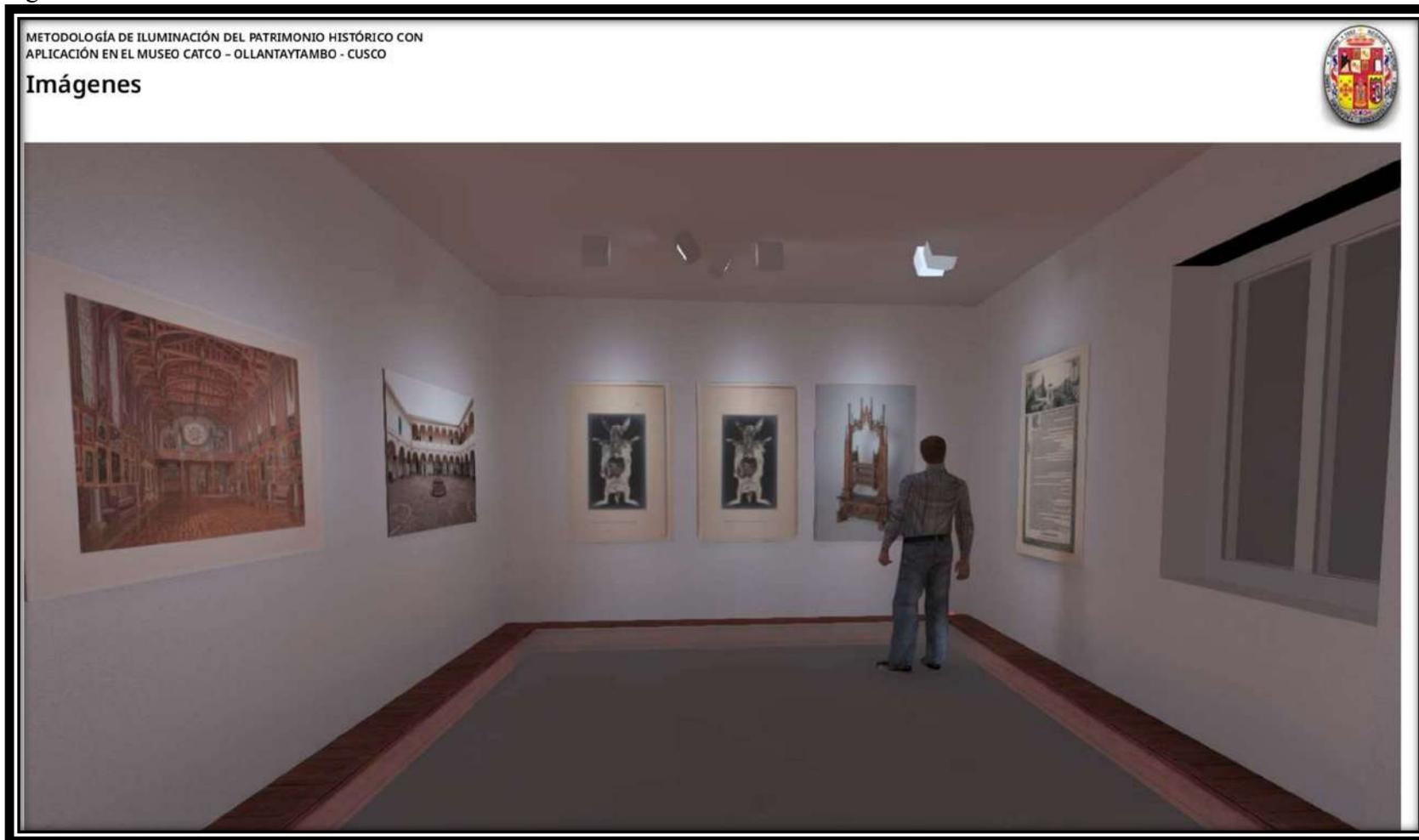
Fuente: elaboración propia

Figura 82: resultados de simulación de sala 3



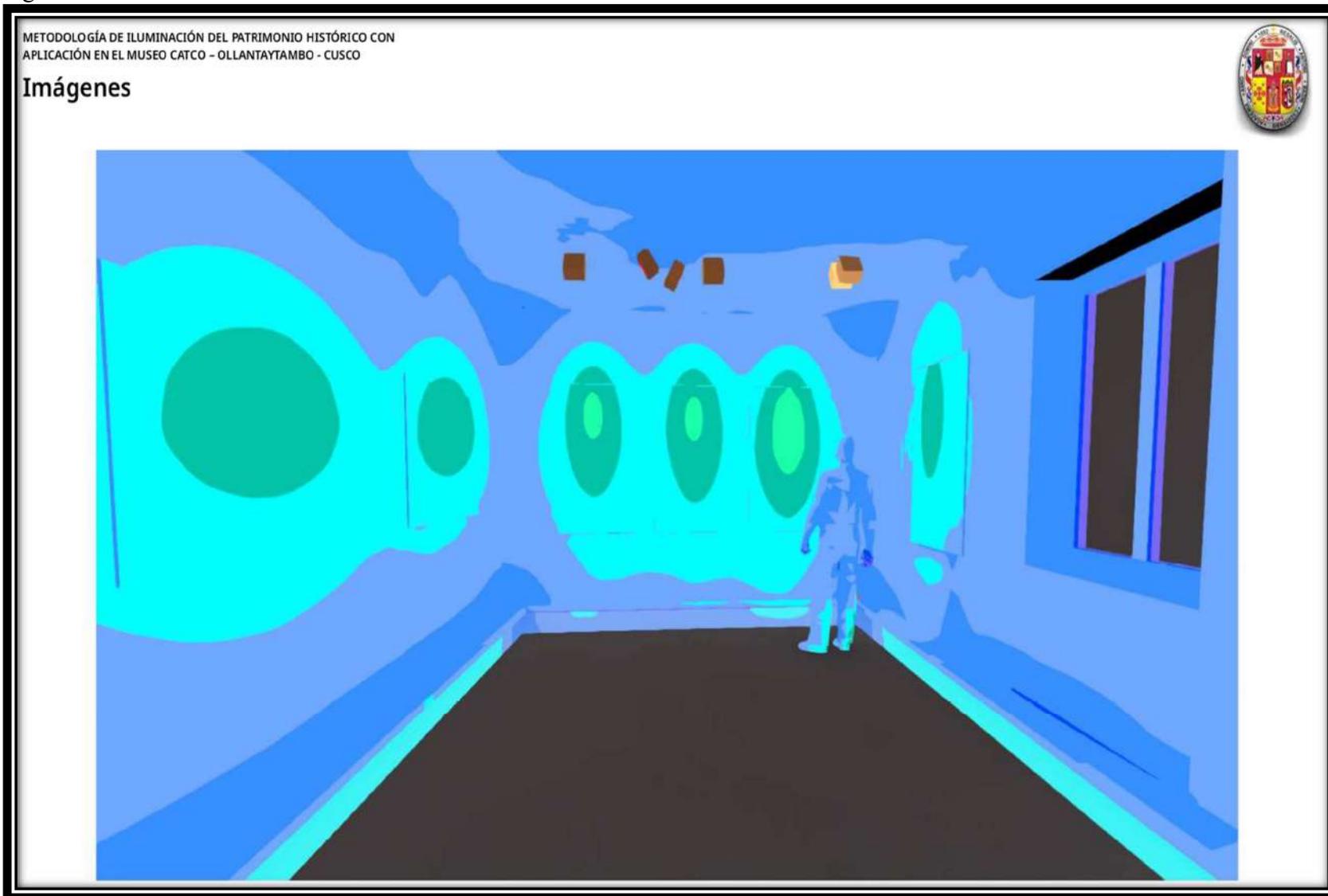
Fuente: elaboración propia

Figura 83: resultados de simulación de sala 5



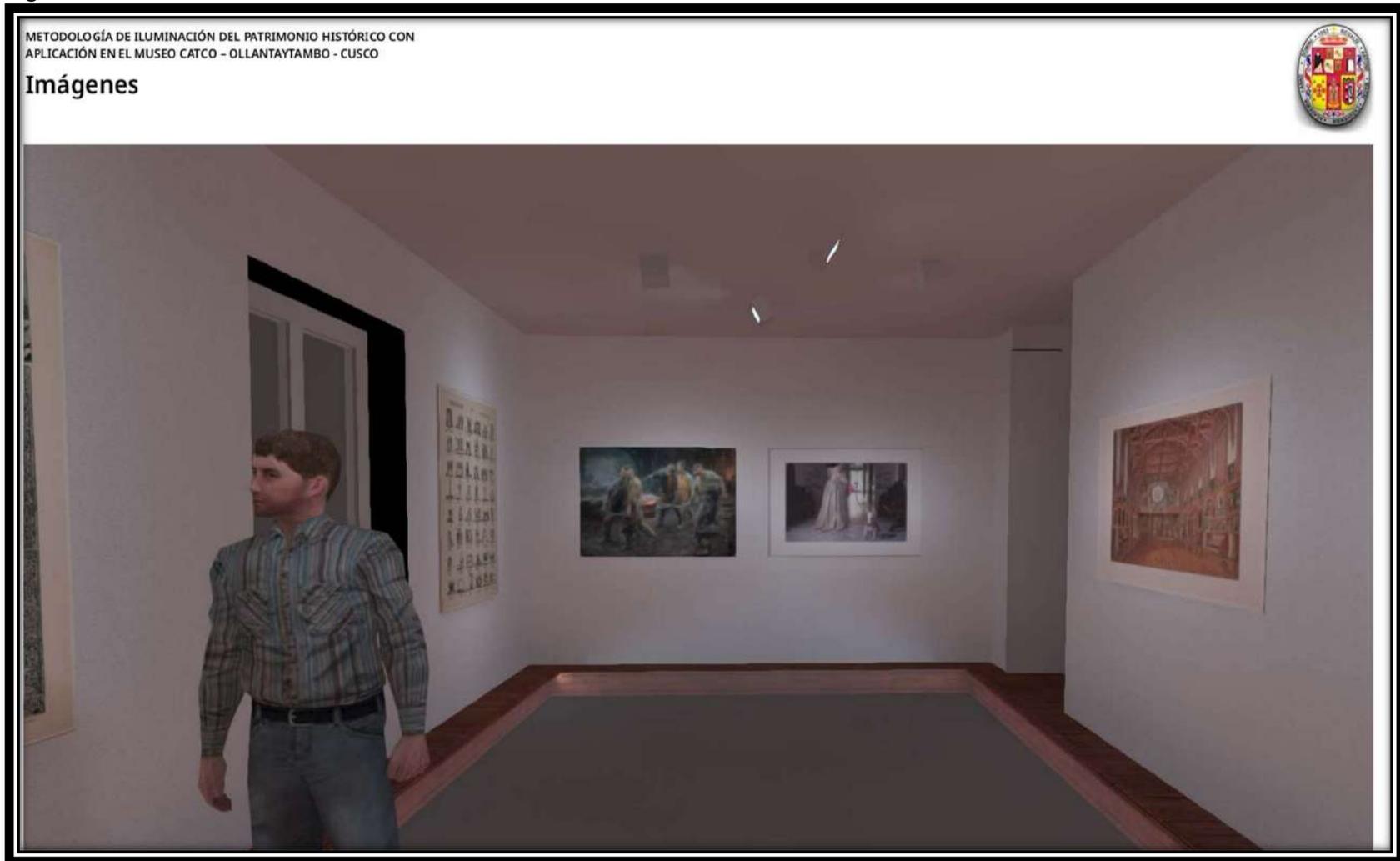
Fuente: elaboración propia

Figura 84: resultados de simulación de sala 5



Fuente: elaboración propia

Figura 85: resultados de simulación de sala 5



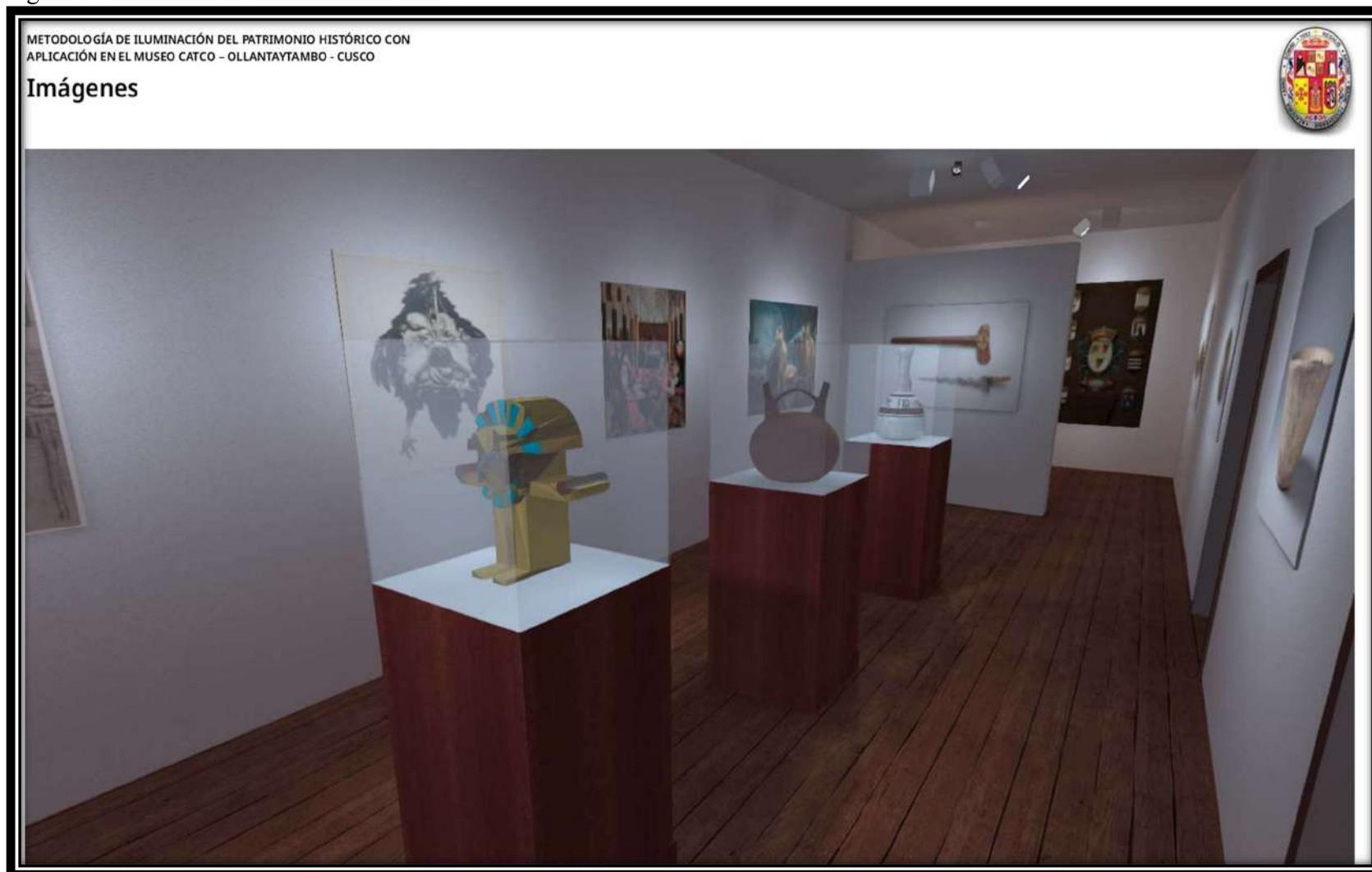
Fuente: elaboración propia

Figura 86: resultados de simulación de sala 5



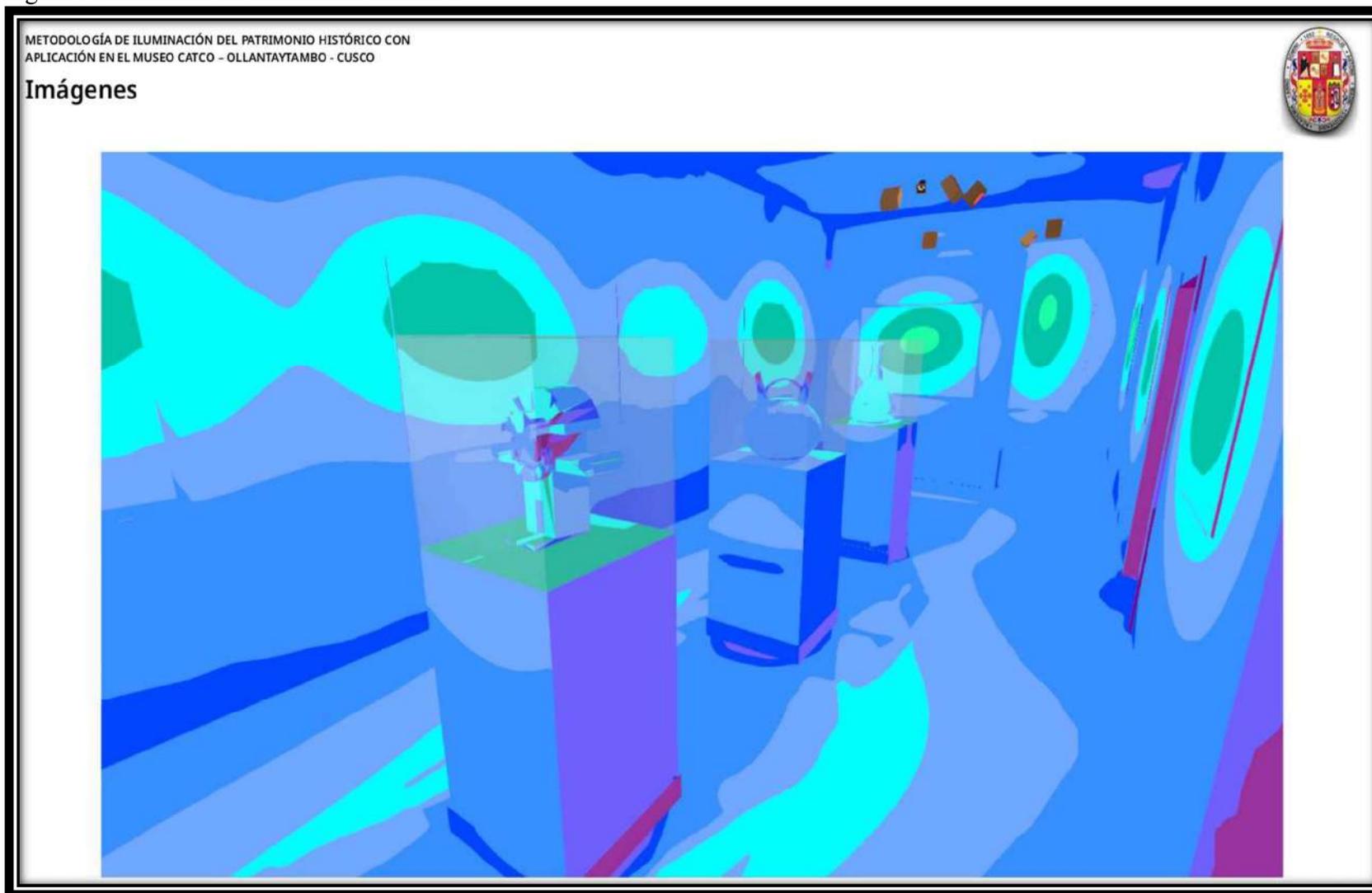
Fuente: elaboración propia

Figura 87: resultados de simulación de sala 4



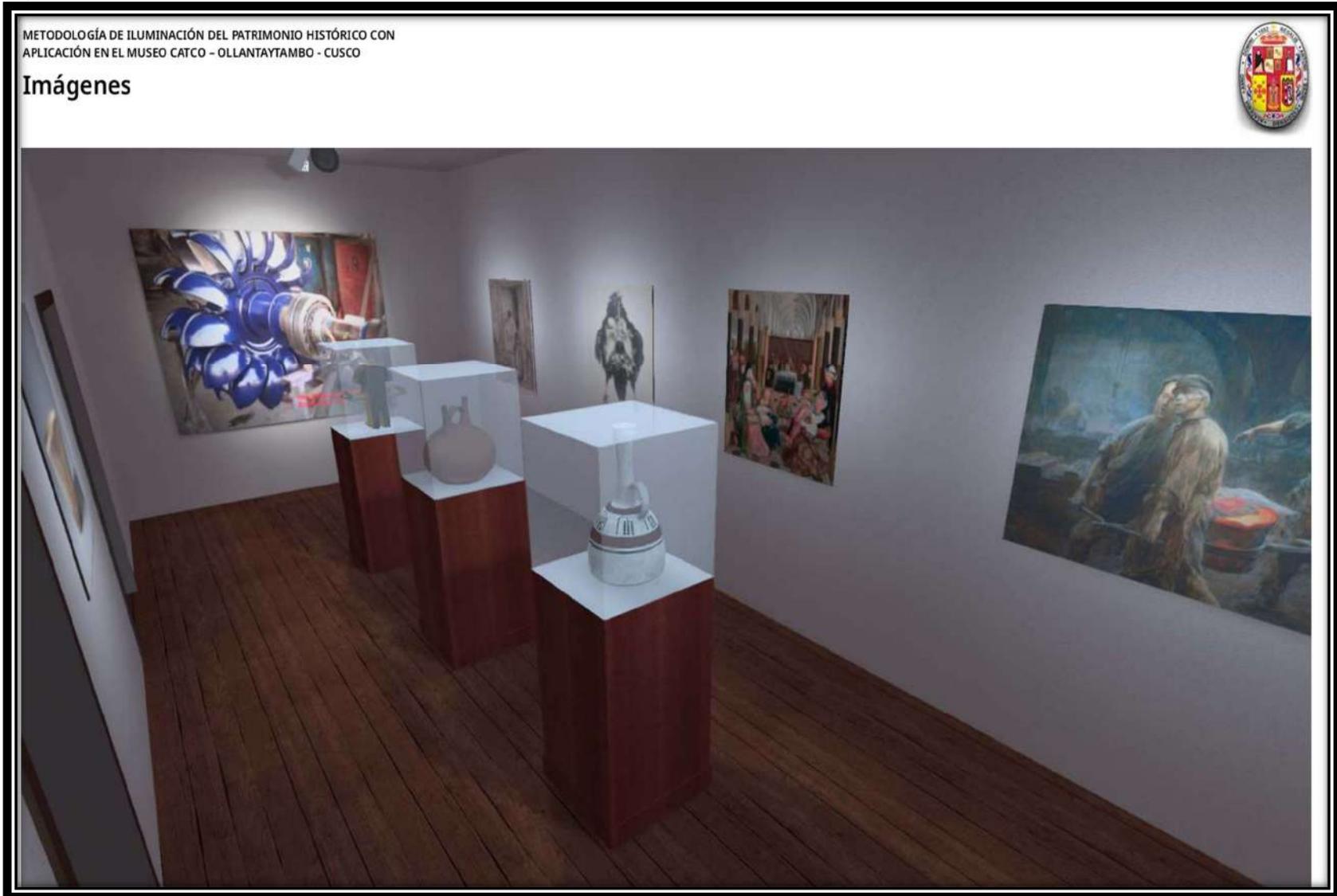
Fuente: elaboración propia

Figura 88: resultados de simulación de sala 4



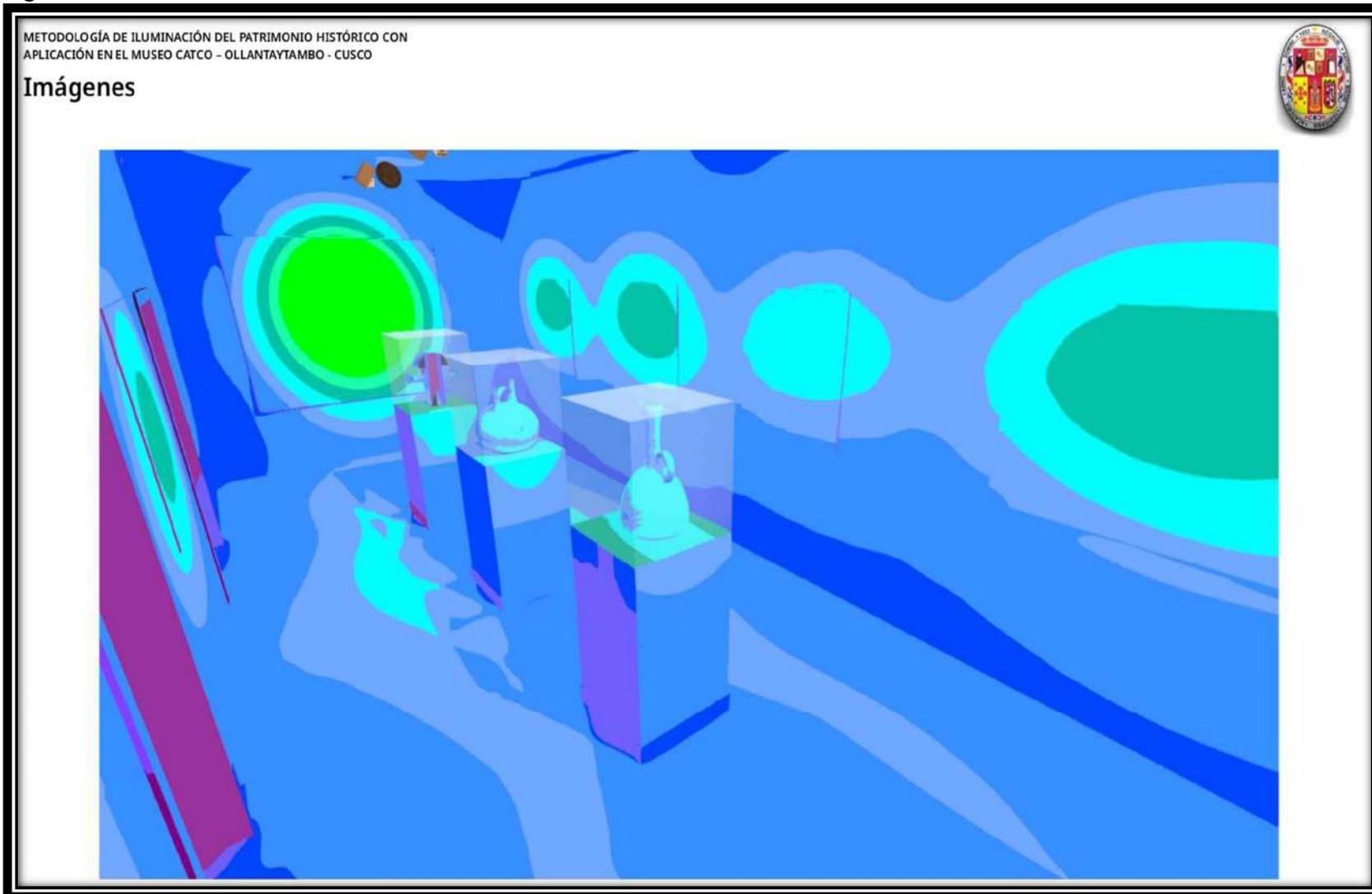
Fuente: elaboración propia

Figura 89: resultados de simulación de sala 4



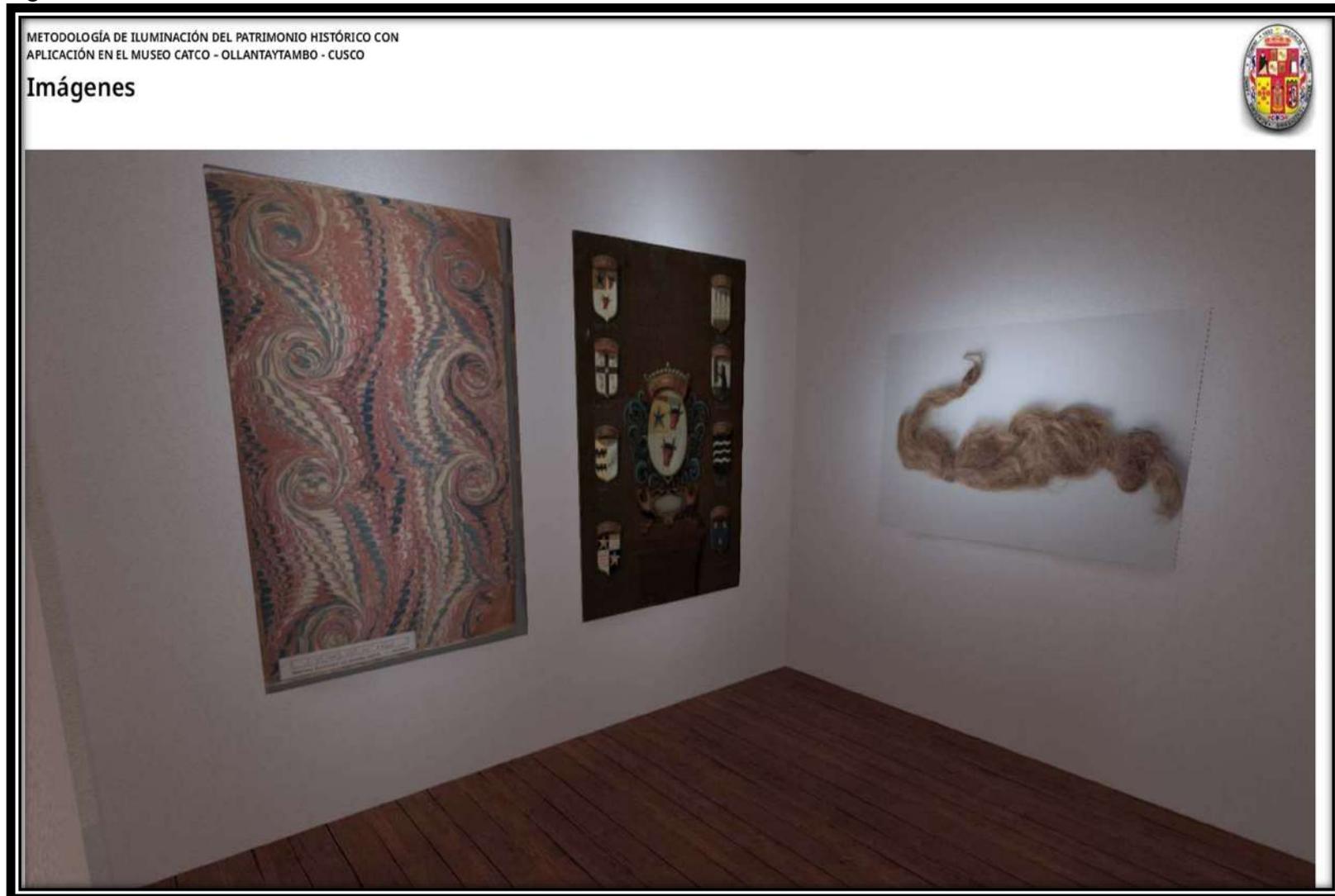
Fuente: elaboración propia

Figura 90: resultados de simulación de sala 4



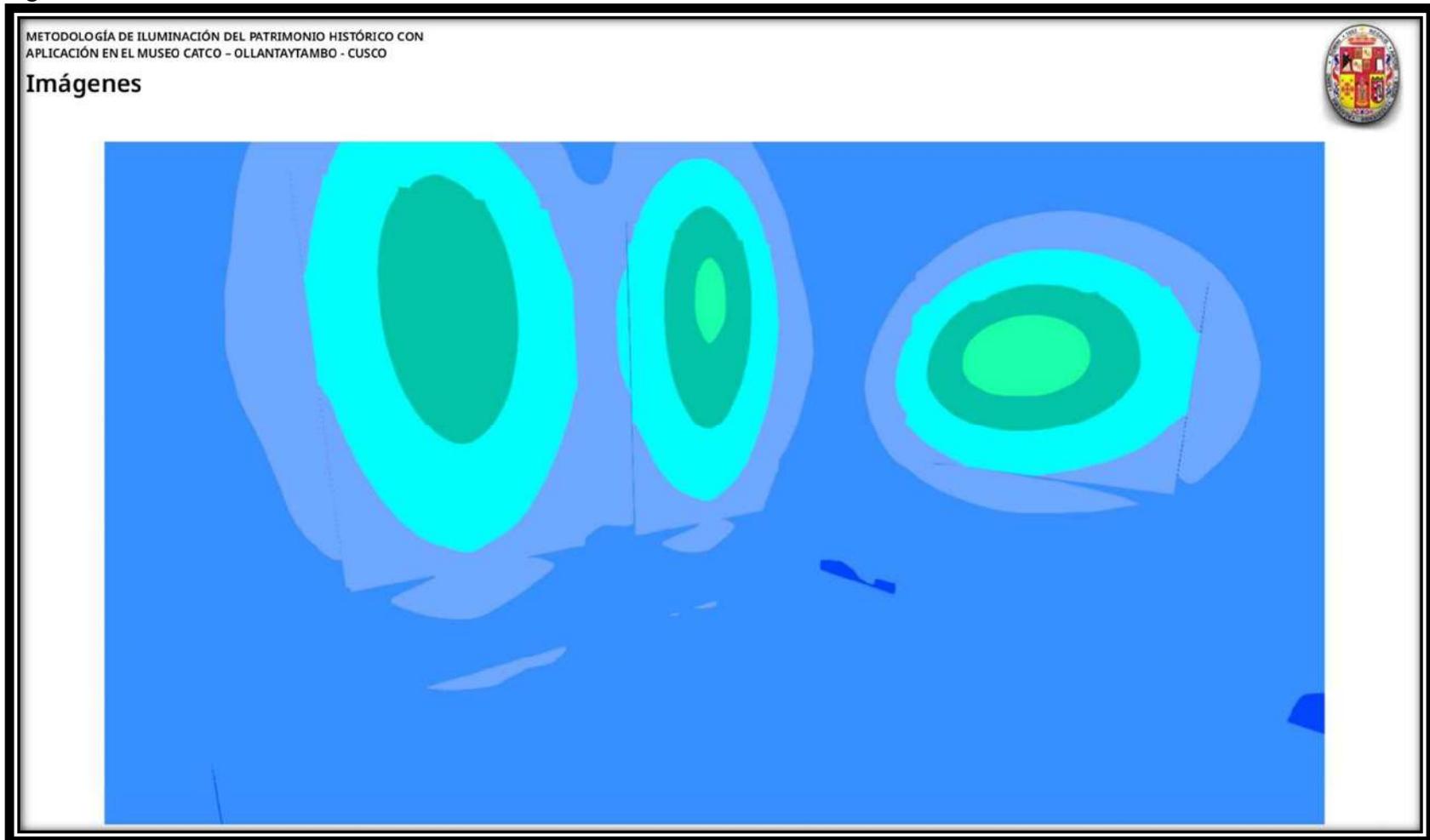
Fuente: elaboración propia

Figura 91: resultados de simulación de sala 4



Fuente: elaboración propia

Figura 92: resultados de simulación de sala 4



Fuente: elaboración propia

5.5 Planos y cuadro de cargas. -

CONCLUSIONES.

Como conclusión general tenemos que. Luego de evaluar la composición y tipificación de las obras de arte del museo Casa Horno se ha determinado que. Se puede diseñar una metodología de iluminación y deben utilizar equipos que ofrezcan IRC mayores a 0.75; se deben utilizar equipos eficientes, de tal manera que no emitan temperaturas excesivas; se debe utilizar una iluminación puntual de tecnología LED construido en el marco de la norma TM – 30 – 2015.

1. Se ha evaluado las tecnologías disponibles para la iluminación de bienes y se ha concluido en que la solución más ajustable a este trabajo es utilizar iluminación que tenga una incidencia media sobre los bienes culturales de 50 Lux, que en lo posible, el rango de la longitud de onda emitida por los equipos esté entre los (360nm – 720nm) Según norma TM – 30 – 2015.

2. Se ha simulado y proyectado los sistemas de iluminación en el museo casa horno y se han y se puede observar que la tecnología LED tiene un mayor volumen de producción de ondas que están dentro del rango de luz visible (360nm – 720nm) resultados que están dentro de los límites indicados por UNESCO.

3. Luego de realizar la metodología de iluminación realizado en el museo casa horno, se debe indicar que el tiempo de exposición máximo de una obra de arte será de tres horas por día a una radiación media de 50 Lx como máximo, por lo tanto. Si es factible implementar un estudio de iluminación que cumpla con los lineamientos de conservación de bienes históricos y que a su vez esté acorde con los estándares requeridos para la tarea visual que un museo requiere.

RECOMENDACIONES

Luego de los resultados obtenidos durante el presente trabajo se ha puesto de manifiesto que la relación entre iluminación, conservación y percepción contiene matices que deben ser mejorados y contrastados continuamente. Por lo tanto, se recomienda que toda vez que se desee iluminar un objeto de valor histórico, se tome en cuenta aspectos como: la intensidad comunicativa de la exposición, sus detalles geométricos, el material que lo compone, la tecnología disponible y la normativa de iluminación especializada correspondiente.

BIBLIOGRAFÍA

- Casal, J. M. (1984). Iluminacion de Museos. *Boletin de la ANABAD*, 34(2-4), 211-238.
- Casal, J. M. (1988). Pinacotecas: Iluminacion y Conservacion de los Cuadros. *Informes de la Construccion*, 40(395), 17-46.
- Castro Guaman, M. P., & Posligua Murillo, N. C. (2015). *Universaidad Politécnica Salesiana Repositorio Institucional*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10253/1/UPS-GT001344.pdf>
- CEI. (2011). *Libro blanco de la iluminacion, Vol. 4 - Aplicaciones de laumbrado interior*. España: MIC.
- Chedraui Flores, F. (2014). *Diseño de una Galería de Arte Contemporánea en un Contenedor Transportable, con Modulares Multifuncionales*. Obtenido de <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/20516/1/Dise%C3%B1o%20de%20una%20Galer%C3%ADa%20de%20Arte%20Contempor%C3%A1nea%20en%20un%20contenedor%20transportable%2C%20con%20modulares%20multifuncionales..pdf>
- Ciaflone, N., & Mello, Y. (2015). *Influência da Radiação de Luz Sobre Acervos Museológicos*. Obtenido de <http://www.scielo.br/pdf/anaismp/v8-9n1/06.pdf>.
- Convenio de Minamata sobre el mercurio Lennet, D., & Gutierrez, R. (2014). *Convenio de Minamata sobre el mercurio, Manual de ratificación y aplicación*. Obtenido de <https://www.nrdc.org/sites/default/files/minamata-convention-on-mercury-manual-SP.pdf>
- Cuttle, C. (1996). Damage to Museum Objects due to Ligth Exposure. *Lighting Research and Technology*, 28(1), 1-9.
- Cuttle, C. (1998). Lighting Works of Art for Exhibition and Conservation. *Lighting Research and Technology*, 20(2), 43-53.
- Diseño interior museográfico - Aguirre Castro, M. V. (2016). El arte como elemento constitutivo del diseño interior museográfico. 8,124.
- EcuRed. (s.f.). *Fotoquímica*. Obtenido de EcuRed: <https://www.ecured.cu/Fotoqu%C3%ADmica>
- ELSE. (2021). *ELSE*. Obtenido de Simulador de Consumo Eléctrico: <https://www.else.com.pe/else/content/SimuladorConsumo/Index.html>

- Enrique, S. F. (30 de 12 de 2019). *Huella de carbono- emisiones de GEI por uso del sistema de iluminación de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Ingeniería, Lima-Perú*. Obtenido de ECIELO PERU: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2309-04132020000100121&lng=es&nrm=iso#f2
- Estudio e Implementacion de un Sistema de Iluminación- Alapont Ajo, David. (2015). *Estudio e Implementacion de un Sistema de Iluminación Tipo Led en el Museo Casa Lis de Salamanca*. Obtenido de https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/25091/PFC_David_Alapont_Ajo_2015.pdf
- Gutierrez Muñoz, J. (s.f.). *Bombillas de bajo consumo (BFC)*. Obtenido de Docencia e Investigacion: https://ddd.uab.cat/pub/vivataca/vivataca_a2008m9n98/docencia.htm
- Iluminación para interiores Alvarez Rodríguez, A. (s.f.). *Iluminación para interiores, Museos y galerías de arte*.
- Jhon. (s.f.). *Invention History of Light Emitting Diode (LED)*. Obtenido de Circuits Today: <https://www.circuitstoday.com/invention-history-of-light-emitting-diode-led>
- Juanki. (s.f.). *Los Diodos Led*. Obtenido de La web de Juanki: <https://www.ugr.es/~juanki/LED.htm>
- López Barbosa, F. (1993). *Manual de Montaje de Exposiciones*. Colombia: Museo Nacional de Colombia.
- MTC . (JULIO de 2017). *MAPAS*. Obtenido de https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/Mapas%20Distritales/Cusco/CU_081306%20OLLANTAYTAMBO.pdf
- Patrimonio Mundial En España. (2008). *Convencion del Patrimonio Mundial (1972)*. Obtenido de Patrimonio Mundial en España: <http://www.patrimonio-mundial.com/convencion.htm>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA]. (2012). *Instrumental para la Tansicion Global a la Iluminacion Eficiente*. Obtenido de https://united4efficiency.org/wp-content/uploads/2016/09/en_lighten_spanish_complete.pdf
- Ramos García, R. (2015). *¿Cómo se produce la luz?* Obtenido de Saberes y Ciencias: <https://saberesyciencias.com.mx/2015/01/07/como-se-produce-la-luz/>

- Rodriguez Trejo, M. (2018). *Todo lo que deberíamos saber sobre el IRC*. Obtenido de Smart Lighting: <https://smart-lighting.es/lo-deberiamos-saber-irc/>
- Toda Cultura. (s.f.). *Fundamentos de la Pintura con Acuarela, El color*. Obtenido de Toda Cultura: <http://www.todacultura.com/acuarelas/color.htm>
- Toda Cultura. (s.f.). *Fundamentos de la Pintura con Acuarela, Teoría del color*. . Obtenido de Toda Cultura: <http://www.todacultura.com/acuarelas/teoriacolor.htm>
- Vázquez Barbé, A., & Arconada R., C. (2011). *Aspecto Poco Difundido de la Vida de Louis Pasteur*. Obtenido de Plástica & Reconstructiva: <https://plasticayreconstructiva.wordpress.com/2011/06/14/aspecto-poco-difundido-de-la-vida-de-louis-pasteur-2/>
- Ventura, A. (2008). *Diodo LED*. Obtenido de Monografias.com: <https://www.monografias.com/trabajos60/diodo-led/diodo-led2.shtml>
- Wikipedia. (2020). *Campo visual*. Obtenido de Wikipedia: https://es.wikipedia.org/wiki/Campo_visual#La_estructura_del_campo_visual
- www.ecoluzled.com*. (2021).
- Zegarra Cuellar, V. R. (2012). *PUCP*. Obtenido de Repositorio Digital de Tesis y Trabajos de Investigación PUCP: https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/1518/ZEGARRA_CUELLAR_VICTOR_ILUMINACION_MUSEO.pdf?sequence=1&isAllowed=y