



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior

Trabajo Fin de Grado

ESTUDIO PROYECTO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA PARA EL DISEÑO DE LA ILUMINACIÓN INTERIOR Y EXTERIOR DE LA TUMBA Qh31 EN LA NECRÓPOLIS QUBBET EL-HAWA (ASUÁN)

Alumno: Antonio Jesús Parras Rodríguez

Tutor: Prof. D^a. M^a de los Ángeles Medina Quesada
Dpto: Ingeniería Eléctrica

Septiembre, 2015



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior

Trabajo Fin de Grado

ESTUDIO PROYECTO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA PARA EL DISEÑO DE LA ILUMINACIÓN INTERIOR Y EXTERIOR DE LA TUMBA Qh31 EN LA NECRÓPOLIS QUBBET EL-HAWA (ASUÁN)

Tutor:
Prof. D^a. M^a de los Ángeles
Medina Quesada

Alumno:
Antonio Jesús
Parras Rodríguez

Septiembre, 2015



ÍNDICE

FIGURAS.....	i
TABLAS.....	ii
1. INTRODUCCIÓN.....	8
1.1.- OBJETO DEL PROYECTO.	8
1.2.- ALCANCE DEL PROYECTO.....	9
1.3.- ANTECEDENTES.....	10
1.3.1.- Situación y emplazamiento	10
1.3.2.- Descripción de las instalaciones	11
1.3.3.- Distribución de las instalaciones	13
1.3.4.- Características constructivas	23
1.3.5.- Clasificación del local y la actividad	24
1.3.6.- Cálculo del aforo	24
1.4.- NORMAS Y REFERENCIAS	25
1.4.1.- Disposiciones legales y normas aplicadas	25
1.4.2.- Normativa iluminación	25
1.4.3.- Normativa aplicada a la redacción del proyecto	26
1.5.- PROGRAMAS UTILIZADOS	26
1.5.1.- Software luminotécnico. DIALUX 4.12. ©.....	26
1.5.2.- AutoCAD 2015 ©.....	28
1.6.- CONCEPTOS PREVIOS	28
1.6.1.- La luz.....	28
1.6.2.- Ondas electromagnéticas.....	29
1.6.3.- Espectro electromagnético	31
1.6.4.- Incandescencia	34
1.6.5.- Luminiscencia.....	34
1.6.6.- La naturaleza dual de la luz	35
1.6.7.- El ojo humano	36
1.6.8.- Curvas de sensibilidad	38



1.6.9.- Acomodación.....	39
1.6.10.- Contraste.....	40
1.6.11.- Sensibilidad al contraste	40
1.6.12.- Adaptación	41
1.6.13.- Deslumbramiento	41
1.6.14.- Propiedades ópticas de la materia	42
1.7.- MAGNITUDES LUMINOSAS	50
1.7.1.- Flujo luminoso (potencia luminosa)	50
1.7.2.- Cantidad de luz (Energía luminosa)	51
1.7.3.- Intensidad luminosa	51
1.7.4.- Iluminancia	52
1.7.5.- Luminancia	53
1.7.6.- Otros conceptos importantes.....	55
1.7.7.- Representación gráfica de las magnitudes luminosas	55
1.8.- LÁMPARAS Y LUMINARIAS	59
1.8.1.- Lámparas	59
1.8.2.- Iluminación 'tradicional'	60
1.8.3.- Iluminación de estado sólido	64
1.9.- CLASIFICACIÓN DE LAS LUMINARIAS	68
1.9.1.- Según el grado de protección eléctrica	68
1.9.2.- Clasificación de las luminarias según las condiciones operativas.....	68
1.9.3.- Grado de inflamabilidad de la superficie de montaje.....	70
1.9.4.- Luminarias para instalaciones de interior	70
1.9.5.- LUMINARIAS PARA INSTALACIONES DE EXTERIOR.....	74
1.9.6.- Eficiencia de las luminarias	76
1.10.-REQUISITOS DE DISEÑO	77
1.10.1.- Composición de la obra.....	77
1.10.2.- Factores fundamentales en la conservación	79
1.10.3.- Factor de deterioro	80
1.10.4.- Iluminación interior	81
1.10.5.- Iluminación exterior	101



1.11.- CONSIDERACIONES RESPECTO A LA ILUMINACIÓN	111
1.11.1.- Consideraciones generales	111
1.11.2.- Interior	112
1.11.3.- Exterior	114
1.11.4.- Control de las luminarias	115
1.12.- ALUMBRADO DE EMERGENCIA	116
1.12.1.- Alumbrados especiales de emergencia.....	116
1.12.2.- Alumbrado de evacuación	118
1.12.3.- Alumbrado anti-pánico	118
1.12.4.- Requisitos del alumbrado de emergencia	119
1.13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	120
1.13.1.- Aspectos generales.....	120
1.13.2.- Características de la alimentación.....	120
1.13.3.- Prescripciones generales para locales de pública concurrencia	121
1.13.4.- Acometida	123
1.13.5.- Instalaciones de enlace	123
1.13.6.- Derivación Individual (DI)	125
1.13.7.- Interruptor de Control de Potencia (ICP)	126
1.13.8.- Interruptor General Automático (IGA).....	126
1.13.9.- Cuadro General de Distribución (CGD).....	126
1.13.10.- Líneas interiores.....	127
2.- ANÁLISIS DE SOLUCIONES GENERALES ADOPTADAS	143
2.1.- SOLUCIONES ADOPTADAS PARA EL ALUMBRADO.....	143
2.1.1.- Exterior	144
2.1.2.- Interior	147
2.1.2.- Alumbrado de emergencia	165
2.1.3.- Control del alumbrado	172
2.1.4.- La solución ‘económica’	174
2.2.- PREVISIÓN DE POTENCIA	179
2.2.1. – Previsión de potencia para la iluminación en el Escenario Controlado	179



2.2.2. – Previsión de potencia para la iluminación de emergencia	180
2.2.3. – Previsión de potencia para el Escenario ‘Económico’	181
3. CÁLCULOS Y RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS LUMÍNICOS	183
3.1. RESULTADOS PARA EL ESCENARIO CONTROLADO	186
3.2. RESULTADOS PARA EL ESCENARIO ECONÓMICO	188
3.2. RESULTADOS PARA LA ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA	191
4. CÁLCULOS ELÉCTRICOS	193
4.1. FÓRMULAS GENERALES	193
4.2. CONSIDERACIONES	196
4.3. RESULTADOS ELÉCTRICOS	203
5. RENDERIZACIONES EN 3D.....	209
5.1. ASPECTOS GENERALES.....	209
5.1.1. Exterior - Escenario Controlado.....	209
5.1.2. Exterior - Alumbrado de Emergencia.....	211
5.1.3. Túnel de entrada - Escenario Controlado.....	212
5.1.4. Túnel de entrada - Alumbrado de Emergencia.....	213
5.1.5. Sala de Entrada - Escenario Controlado	214
5.1.6. Sala de Entrada – Alumbrado de Emergencia	217
5.1.7. Pasillo - Escenario Controlado	219
5.1.8. Pasillo - Alumbrado de Emergencia	222
5.1.9. Sala de Ofrendas - Escenario Controlado	223
5.1.10. Sala de Ofrendas – Alumbrado de Emergencia	225
5.1.11. Nicho - Escenario Controlado.....	226
5.2.1. Exterior – Escenario ‘Económico’	229
5.2.2. Túnel de Entrada - Escenario ‘Económico’	229
5.2.3. Sala de Ofrendas - Escenario ‘Económico’	230
6. MEDICIONES.....	232
6.1. MEDICIONES REALIZADAS	232
7. PRESUPUESTO	236
7.1. PRESUPUESTO PARA EL ESCENARIO CONTROLADO.....	236
7.2. PRESUPUESTO PARA EL ESCENARIO ‘ECONÓMICO’	243



8. ANÁLISIS ENERGÉTICO Y ECONÓMICO	251
8.1.- INTRODUCCIÓN	251
8.1.1.- Comparativa energética entre los escenarios propuestos.....	251
8.1.2.- Comparativa consumo energético entre los escenarios propuestos. ...	252
8.1.3.- Clasificación energética del alumbrado en los escenarios propuestos.	252
8.1.4.- Análisis económico.....	255
9.- DATOS TÉCNICOS DE LAS LUMINARIAS UTILIZADAS	260
10.- DATOS TÉCNICOS DE LOS DISPOSITIVOS DE CONTROL UTILIZADOS..	265
11.- BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS.....	268
11.1. LIBROS.....	268
11.2. ARTÍCULOS DE REVISTA	268
11.3. RECURSOS ELECTRÓNICOS	268
12.- PLANOS.....	272
- Plano de Situación y Emplazamiento P.S. – 1	
- Plano General del Complejo Interior P.G. – 1	
- Plano General del Complejo Exterior P.G. – 2	
- Plano de Instalación E. Controlado Exterior P.I.C. – 1	
- Plano de Instalación E. Controlado Interior P.I.C. – 2	
- Plano de Instalación E. Económico Exterior P.I.E. – 1	
- Plano de Instalación E. Económico Interior P.I.E. – 2	
- Plano de Instalación Alumbrado de Emergencia Exterior P.I.EM. – 1	
- Plano de Instalación Alumbrado de Emergencia Interior P.I.EM. – 2	
- Esquema Unifilar de la Instalación E.U. - 1	



Índice de Figuras

FIGURA 1. EMPLAZAMIENTO DE ASUÁN.	11
FIGURA 2. SECCIONES DE LA TUMBA QH31: 1 PATIO, 2 ENTRADA, 3 SALA ENTRADA, 4 PASILLO, 5 SALA DE OFRENDAS, 6 NICHOS FUNERARIOS	12
FIGURA 3. EXTERIOR DE LA TUMBA QH31.	14
FIGURA 4. EXTERIOR DE LA TUMBA QH31.	14
FIGURA 5. VISTA DESDE LA ENTRADA AL COMPLEJO.	15
FIGURA 6. DETALLE DE LA MESA DE OFRENDAS.	16
FIGURA 7. VISTA DESDE EL ACCESO AL PASILLO.	17
FIGURA 8. DETALLE DE ESTATUAS MOMIFORMES.	17
FIGURA 9. DETALLE DE ESTATUA DEL PASILLO.	18
FIGURA 10. DETALLE DEL MURAL EN EL PASILLO.	18
FIGURA 11. SALA DE OFRENDAS.	19
FIGURA 12. DETALLE DEL NICHOS AL FINAL DE LA SALA.	20
FIGURA 13. PARED FRONTAL DEL NICHOS.	21
FIGURA 14. PARED IZQUIERDA DEL NICHOS.	21
FIGURA 15. PARED DERECHA DEL NICHOS.	22
FIGURA 16. DETALLE DEL TECHO DEL NICHOS.	23
FIGURA 17. SOFTWARE DE ILUMINACIÓN.	27
FIGURA 18. LONGITUD DE ONDA.	29
FIGURA 19. REPRESENTACIÓN DEL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO SEGÚN LA FRECUENCIA.	31
FIGURA 20. FRANJA VISIBLE DEL ESPECTRO.	33
FIGURA 21. DISTRIBUCIÓN ESPECTRAL DE LÁMPARA INCANDESCENTE.	34
FIGURA 22. DISTRIBUCIÓN ESPECTRAL DE UNA LÁMPARA DE MERCURIO.	35
FIGURA 23. ESTRUCTURA FISIOLÓGICA DEL OJO.	37
FIGURA 24. CURVAS DE SENSIBILIDAD.	39
FIGURA 25. EJEMPLO DE CONTRASTE.	40
FIGURA 26. CURVA DE DESLUMBRAMIENTO.	42
FIGURA 27. REFLEXIÓN ESPECULAR.	43
FIGURA 28. REFLEXIÓN COMPUESTA.	43
FIGURA 29. REFLEXIÓN DIFUSA.	44
FIGURA 30. REFLEXIÓN MIXTA.	44
FIGURA 31. TRANSMISIÓN REGULAR.	45
FIGURA 32. TRANSMISIÓN DIFUSA.	45
FIGURA 33. TRANSMISIÓN MIXTA.	45
FIGURA 34. REFRACCIÓN.	46
FIGURA 35. DESCOMPOSICIÓN DE UN HAZ DE LUZ BLANCA.	47
FIGURA 36. DIAGRAMA C.I.E.	47
FIGURA 37. ÁNGULO SÓLIDO.	52
FIGURA 38. REPRESENTACIÓN DE LUMINANCIA DE UNA SUPERFICIE.	54
FIGURA 39. SÓLIDO FOTOMÉTRICO.	56
FIGURA 40. CURVA FOTOMÉTRICA.	57
FIGURA 41. DISTRIBUCIÓN LÁMPARA CON REFLECTOR.	57
FIGURA 42. CURVAS ISOCANDELAS.	58
FIGURA 43. CURVAS ISOLUX.	58
FIGURA 44. CURVAS DE ISOLUMINANCIA.	59
FIGURA 45. LED TIPO T.	66
FIGURA 46. LED TIPO SMD.	67
FIGURA 47. LED TIPO COB.	67
FIGURA 48. DISTRIBUCIÓN DEL FLUJO.	71
FIGURA 49. CURVA DE DISTRIBUCIÓN POLAR.	72
FIGURA 50. DIAGRAMA DE FLUJO HORIZONTAL.	72



FIGURA 51. EFICIENCIA DE FUENTES DE LUZ TRADICIONALES.	74
FIGURA 52. APERTURA DEL HAZ.	75
FIGURA 53. DIAGRAMA CARTESIANO.	76
FIGURA 54. DIAGRAMA DE ISOCANDELAS.	76
FIGURA 55. PLANTILLA PARA ESTABLECER FACTORES DE REFLEXIÓN SEGÚN COLOR.	84
FIGURA 56. RANGO DE ILUMINANCIAS HORIZONTALES.	89
FIGURA 57. ORIENTACIÓN DE LA LUMINARIA.	93
FIGURA 58. ÁNGULOS DE APANTALLAMIENTO.	94
FIGURA 59. CURVAS DE KRUIHOF.	97
FIGURA 60. EJEMPLO DEL USO DEL COLOR.	110
FIGURA 61. CAJA GENERAL DE PROTECCIÓN Y MEDIDA.	124
FIGURA 62. ESQUEMA DE TIPO TT.	140
FIGURA 63. DISTRIBUCIÓN DE LUMINARIAS ZONA EXTERIOR.	145
FIGURA 64. ALZADO DE LA ZONA EXTERIOR.	146
FIGURA 65. RENDER 3D DE LA ILUMINACIÓN EXTERIOR.	146
FIGURA 66. DISTRIBUCIÓN DE LAS LUMINARIAS DEL TÚNEL DE ENTRADA.	148
FIGURA 67. RENDER 3D DEL TÚNEL DE ENTRADA.	149
FIGURA 68. ILUMINACIÓN LED DEL TÚNEL DE ENTRADA.	149
FIGURA 69. DISTRIBUCIÓN DE LAS LUMINARIAS EN LA SALA DE ENTRADA.	150
FIGURA 70. RENDER 3D DE LA SALA DE ENTRADA.	151
FIGURA 71. REPRESENTACIÓN 3D DE LA SALA DE ENTRADA AL ATRAVESAR EL TÚNEL DE ACCESO.	152
FIGURA 72. REPRESENTACIÓN 3D DE LA SALA DE ENTRADA AL ATRAVESAR EL PASILLO.	153
FIGURA 73. REPRESENTACIÓN DE LA MESA DE OFRENDAS 1.	154
FIGURA 74. REPRESENTACIÓN DE LA MESA DE OFRENDAS 2.	154
FIGURA 75. RENDER 3D DE LA SALA DE ENTRADA CON MESA DE OFRENDAS ILUMINADA.	155
FIGURA 76. RENDER 3D DEL PASILLO ILUMINADO.	156
FIGURA 77. DETALLE DE LOS MURALES JEROGLÍFICOS.	157
FIGURA 78. REPRESENTACIÓN 3D DEL PASILLO 2.	158
FIGURA 79. REPRESENTACIÓN 3D DEL PASILLO 3.	158
FIGURA 80. DISTRIBUCIÓN DE LUMINARIAS DEL PASILLO.	159
FIGURA 81. DISTRIBUCIÓN DE LUMINARIAS EN LA SALA DE OFRENDAS.	160
FIGURA 82. DETALLE DE LAS COLUMNAS CON LOS CAPITULES.	161
FIGURA 83. RENDER 3D DE LA SALA DE OFRENDAS.	162
FIGURA 84. RENDER 3D DEL NICHILUMINADO 1.	163
FIGURA 85. RENDER 3D DEL NICHILUMINADO 2.	164
FIGURA 86. DISTRIBUCIÓN DE LAS LUMINARIAS DEL NICHILUMINADO.	165
FIGURA 87. ISOLÍNEAS PARA ALUMBRADO DE EMERGENCIA EN SALA DE ENTRADA.	169
FIGURA 88. ISOLÍNEAS PARA ALUMBRADO DE EMERGENCIA EN SALA DE OFRENDAS.	170
FIGURA 89. ISOLÍNEAS PARA ALUMBRADO DE EMERGENCIA EN PASILLO.	171
FIGURA 90. ISOLÍNEAS PARA ALUMBRADO DE EMERGENCIA EN LA ZONA EXTERIOR.	171
FIGURA 91. DISTRIBUCIÓN DE LAS LUMINARIAS EN EL EXTERIOR.	174
FIGURA 92. EXTERIOR.	175
FIGURA 93. DISTRIBUCIÓN DE LUMINARIAS EN EL TÚNEL DE ENTRADA.	176
FIGURA 94. ESQUEMA GENERAL.	197
FIGURA 95. ESQUEMA SIMPLIFICADO.	198
FIGURA 96. FOTOGRAFÍA DEL EXTERIOR DEL COMPLEJO FUNERARIO.	209
FIGURA 97. RENDER 3D DEL EXTERIOR DEL COMPLEJO.	210
FIGURA 98. RENDER 3D DEL EXTERIOR DEL COMPLEJO 2.	210
FIGURA 99. RENDER 3D DEL EXTERIOR DEL COMPLEJO PARA EL ALUMBRADO DE EMERGENCIA.	211
FIGURA 100. RENDER 3D DEL TÚNEL DE ENTRADA.	212
FIGURA 101. RENDER 3D DEL TÚNEL DE ENTRADA 2.	212
FIGURA 102. RENDER 3D DEL TÚNEL DE ENTRADA 3.	213
FIGURA 103. RENDER 3D DEL TÚNEL DE ENTRADA PARA EL ALUMBRADO DE EMERGENCIA.	213
FIGURA 104. FOTOGRAFÍA DE LA ENTRADA AL COMPLEJO.	214
FIGURA 105. RENDER 3D DE LA SALA DE ENTRADA.	215
FIGURA 106. RENDER 3D DE LA SALA DE ENTRADA 2.	215
FIGURA 107. RENDER 3D DE LA SALA DE ENTRADA 3.	216
FIGURA 108. RENDER 3D DE LA SALA DE ENTRADA PARA LA ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA.	217
FIGURA 109. RENDER 3D DE LA SALA DE ENTRADA PARA LA ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA 2.	217
FIGURA 110. RENDER 3D DE LA SALA DE ENTRADA PARA LA ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA 3.	218



FIGURA 111. FOTOGRAFÍA DEL PASILLO.	219
FIGURA 112. RENDER 3D DEL PASILLO.	219
FIGURA 113. RENDER 3D DEL PASILLO 2.	220
FIGURA 114. RENDER 3D DEL PASILLO 3.	221
FIGURA 115. RENDER 3D DEL PASILLO 4.	221
FIGURA 116. RENDER 3D DEL PASILLO PARA ALUMBRADO DE EMERGENCIA.	222
FIGURA 117. FOTOGRAFÍA DE LA SALA DE OFRENDAS.	223
FIGURA 118. RENDER 3D DE LA SALA DE OFRENDAS.	223
FIGURA 119. RENDER 3D DE LA SALA DE OFRENDAS 2.	224
FIGURA 120. RENDER 3D DE LA SALA DE OFRENDAS 3.	224
FIGURA 121. RENDER 3D DE LA SALA DE OFRENDAS PARA ALUMBRADO DE EMERGENCIA.	225
FIGURA 122. RENDER 3D DE LA SALA DE OFRENDAS PARA ALUMBRADO DE EMERGENCIA 2.	225
FIGURA 123. FOTOGRAFÍA DEL NICHOS.	226
FIGURA 124. RENDER 3D DEL NICHOS.	226
FIGURA 125. RENDER 3D DEL NICHOS 2.	227
FIGURA 126. RENDER 3D DEL NICHOS 3.	227
FIGURA 127. RENDER 3D DEL NICHOS 5.	228
FIGURA 128. RENDER 3D DEL NICHOS 6.	228
FIGURA 129. ALUMBRADO EXTERIOR PARA LA SOLUCIÓN ECONÓMICA.	229
FIGURA 130. ALUMBRADO DEL TÚNEL DE ENTRADA.	229
FIGURA 131. RENDER 3D PARA LA SALA DE OFRENDAS.	230
FIGURA 132. RENDER 3D PARA LA SALA DE OFRENDAS 2.	230
FIGURA 133. ETIQUETA DE CALIFICACIÓN ENERGÉTICA.	253
FIGURA 134. VALORES PARA LA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA.	253



Índice de Tablas

TABLA 1. MEDIDAS DEL COMPLEJO FUNERARIO QH31.	13
TABLA 2. CLASIFICACIÓN SEGÚN TEMPERATURA DE COLOR.	48
TABLA 3. CLASIFICACIÓN SEGÚN IRC.	49
TABLA 4. TEMPERATURAS DE COLOR.	63
TABLA 5. PRIMER NÚMERO IP.	69
TABLA 6. SEGUNDO NÚMERO IP.	69
TABLA 7. TERCER NÚMERO IP.	70
TABLA 8. CLASIFICACIÓN SEGÚN LA DISTRIBUCIÓN DE FLUJO LUMINOSO.	71
TABLA 9. CARACTERÍSTICAS LÁMPARAS TRADICIONALES.	73
TABLA 10. CLASIFICACIÓN SEGÚN EL HAZ.	75
TABLA 11. NIVELES DE ILUMINANCIA RECOMENDADOS.	80
TABLA 12. VALORES ACUMULATIVOS RECOMENDADOS.	80
TABLA 13. PODERES REFLECTANTES.	83
TABLA 14. ILUMINANCIAS EN SERVICIO.	91
TABLA 15. CLASIFICACIÓN DE TAREAS SEGÚN EL GRADO DE LUMINANCIA.	92
TABLA 16. FACTORES DE MANTENIMIENTO.	98
TABLA 17. VALORES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.	100
TABLA 18. FACTORES DE UNIFORMIDAD.	101
TABLA 19. CLASIFICACIÓN DE ZONAS.	105
TABLA 20. VALORES LÍMITE DEL FLUJO HEMISFÉRICO SUPERIOR.	106
TABLA 21. LIMITACIONES DE LUZ MOLESTA.	107
TABLA 22. REQUISITOS MÍNIMOS DE PROYECTORES.	108
TABLA 23. NIVELES MÍNIMOS DE ILUMINANCIA.	109
TABLA 24. SECCIÓN MÍNIMA DE LOS CONDUCTORES DE PROTECCIÓN.	127
TABLA 25. VALORES DE RESISTENCIA AL AISLAMIENTO.	129
TABLA 26. LUMINARIAS PARA LA ILUMINACIÓN EXTERIOR.	144
TABLA 27. LUMINARIAS PARA LA ILUMINACIÓN DEL TÚNEL DE ENTRADA.	148
TABLA 28. LUMINARIAS PARA LA ILUMINACIÓN DE LA SALA DE ENTRADA.	151
TABLA 29. LUMINARIAS UTILIZADAS EN LA ILUMINACIÓN DEL PASILLO.	159
TABLA 30. LUMINARIAS UTILIZADAS PARA LA ILUMINACIÓN DE LA SALA DE OFRENDAS	160
TABLA 31. LUMINARIAS UTILIZADAS PARA LA ILUMINACIÓN DEL NICHOS.	165
TABLA 32. LUMINARIAS UTILIZADAS PARA ALUMBRADO DE EMERGENCIA.	168
TABLA 33. ELEMENTOS DE CONTROL ASOCIADOS.	173
TABLA 34. LUMINARIAS UTILIZADAS EN EL EXTERIOR EN EL ESCENARIO ECONÓMICO.	175
TABLA 35. LUMINARIAS UTILIZADAS EN LA SALA DE OFRENDAS.	177
TABLA 36. PREVISIÓN DE POTENCIA PARA LA ILUMINACIÓN DEL ESCENARIO CONTROLADO.	179
TABLA 37. PREVISIÓN DE POTENCIA PARA LA ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA.	180
TABLA 38. PREVISIÓN DE POTENCIA PARA EL ESCENARIO ECONÓMICO	181
TABLA 39. RESULTADOS PARA EL ESCENARIO CONTROLADO.	187
TABLA 40. RESULTADOS PARA EL ESCENARIO ECONÓMICO.	188
TABLA 41. RESULTADOS PARA LA ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA.	191
TABLA 42. ESCENARIO CONTROLADO.	204
TABLA 43. RESUMEN DE CÁLCULOS ELÉCTRICOS 1.	206
TABLA 44. RESUMEN DE CÁLCULOS ELÉCTRICOS 2.	207
TABLA 45. COMPARATIVA ENERGÉTICA DE AMBOS ESCENARIOS.	251



INTRODUCCIÓN



1. INTRODUCCIÓN

1.1.- OBJETO DEL PROYECTO

El presente trabajo, titulado: "Estudio Proyecto de instalación eléctrica para el diseño de la iluminación interior y exterior de la tumba Qh 31 en la necrópolis Qubbet el-Hawa (Asuán)", forma parte de los requisitos necesarios que conducen a la obtención del título de Graduado en Ingeniería Eléctrica, según lo establecido en El RD 1393/2007 de 29 de octubre, modificado por el RD 861/2010 de 2 de julio.

En el caso de que este estudio estuviera enfocado a una ejecución real, el objeto sería el de exponer ante los Organismos Competentes en Egipto, que la instalación reúne todas las condiciones y garantías que exige la legislación vigente en el país, de forma que se pudiera obtener la Autorización Administrativa y la de Ejecución de la Instalación.

Sin embargo, este trabajo constituirá un estudio destinado a aportar soluciones que pudieran ser consideradas por el equipo que trabaja en la colina.

Debido a la dificultad de encontrar normativa egipcia de referencia, todo el desarrollo se basa principalmente en normas de aplicación en España, junto con algunas recomendaciones que la UNESCO aporta de cara a la conservación del recinto monumental.

La finalidad de este trabajo es la de simular diferentes escenarios del sistema de iluminación del interior y el exterior de la tumba QH31 de forma que se incremente el valor del monumento funerario así como la iluminación de la colina para que pueda constituir una atracción turística que revierta en una mejora en la economía de la zona.

En la actualidad, el sistema de iluminación existente es muy rudimentario. Éste, se compone simplemente de una serie de focos proyectores, que se han distribuido a lo largo del complejo, sobre el suelo, sin tener en cuenta cálculo de iluminación alguno.

Este estudio analizará varias tecnologías posibles para realizar la instalación y que favorezcan la conservación de las pinturas murales y el entorno artístico. Una vez realizado el análisis de las propuestas, se realizará una comparativa técnica y económica entre ellas, de modo que se pueda ofrecer la solución que se considere más óptima.



1.2.- ALCANCE DEL PROYECTO

Como indica el título del trabajo, éste consistirá en un estudio que servirá para aportar una serie de ideas que puedan resultar válidas desde el punto de vista de la conservación y mejora del atractivo turístico. Estas ideas pueden representar un punto de partida para la realización de un futuro proyecto.

Para desarrollar estas propuestas, nos centraremos en los siguientes puntos:

- 1.- Estudio luminotécnico de los diferentes escenarios de iluminación en el interior y exterior de la tumba.
- 2.- Instalación eléctrica:
 - Estudio de las necesidades energéticas para la iluminación: previsión de potencia.
 - Cálculo de la acometida.
 - Cálculo de redes de alimentación de baja tensión.
- 3.- Estudio económico y análisis de sensibilidad.
- 4.- Planos.

1.3.- ANTECEDENTES

1.3.1.- Situación y emplazamiento

Qubbet el-Hawa ¹(colina de los vientos en árabe), también llamado Valle de los príncipes, es un lugar rocoso donde hay varias tumbas. En la cima de la montaña se encuentra la tumba del jeque musulmán jeques Sidi Ali Bin el-Hawa, y algo más abajo las ruinas del monasterio copto de San Jorge.

¹ Visitar página web del proyecto: '<http://www.ujaen.es/investiga/qubbetelhawa/resumen.php>'



Figura 1. Emplazamiento de Asuán.

La necrópolis de Qubbet el-Hawa se halla enfrente de la ciudad de Asuán, unos mil kilómetros al sur de El Cairo (Egipto). En ella se han encontrado unas 60 tumbas talladas en la roca de la colina, algunas de las cuales no han sido investigadas. Todas ellas fueron excavadas directamente en la roca calcárea local, lo que nos da una idea del esfuerzo y la magnitud de recursos que se invirtieron para completar estos monumentos funerarios.

La mayoría de las tumbas pertenecieron a los nobles del Reino Antiguo y del Reino Medio (2600 – 1750 a.C.), aunque hay tumbas de época posterior. Las inscripciones que se han encontrado en ellas son de una enorme relevancia, por lo que se consideran uno de los yacimientos más importantes de Egipto.

Desde el 2008, la Universidad de Jaén ha llevado a cabo un estudio y excavación de la tumba QH33, donde fueron enterrados los gobernadores de Elefantina Heqaib III y su hermano y sucesor, Ameny-Seneb (1810-1790 a. C.). A raíz de estos trabajos, se han descubierto nuevas tumbas que están ahora en proceso de investigación.

Desde 2015, el complejo ha ampliado la zona de estudio a los pozos funerarios de la Dinastía XII: Sarenput I (QH36), QH32 (reutilizada en el Reino Nuevo por un tal Aku), Sarenput II (QH31) y Heqaib II (QH30).

La tumba de Sarenput I es la número 36 y la de Sarenput II, la número 31 de las Tumbas de los Nobles en Asuán.

La tumba de Sarenput II (QH31) es la que se trata en este trabajo. Sarenput II era nieto de Sarenput I. Su madre se llamaba Hetepet y su hijo Ankhu. Vivió durante la Dinastía XII el reinado de rey Amenemhat II.

También llamado Nubkaure-nakht, Sarenput II fue un hombre de clase humilde que llegó a ser nomarca (jefe supremo de la administración local) en el Reino Medio (1850-1795 a.C). Ostentaba los títulos de Supervisor de los Profetas de Khnum de Elefantina, Comandante de la guarnición de la frontera de las Tierras del Sur y Canciller del Bajo Egipto.

1.3.2.- Descripción de las instalaciones

La tumba de Sarenput II es considerada una joya arquitectónica, a pesar de estar decorada de forma sobria. Es una de las mejor conservadas de Asuán.

A continuación se presenta la representación de la sección longitudinal y en planta de la tumba QH31, facilitada por los arquitectos Fernando Martínez Hermoso y Juan Antonio Martínez Hermoso:

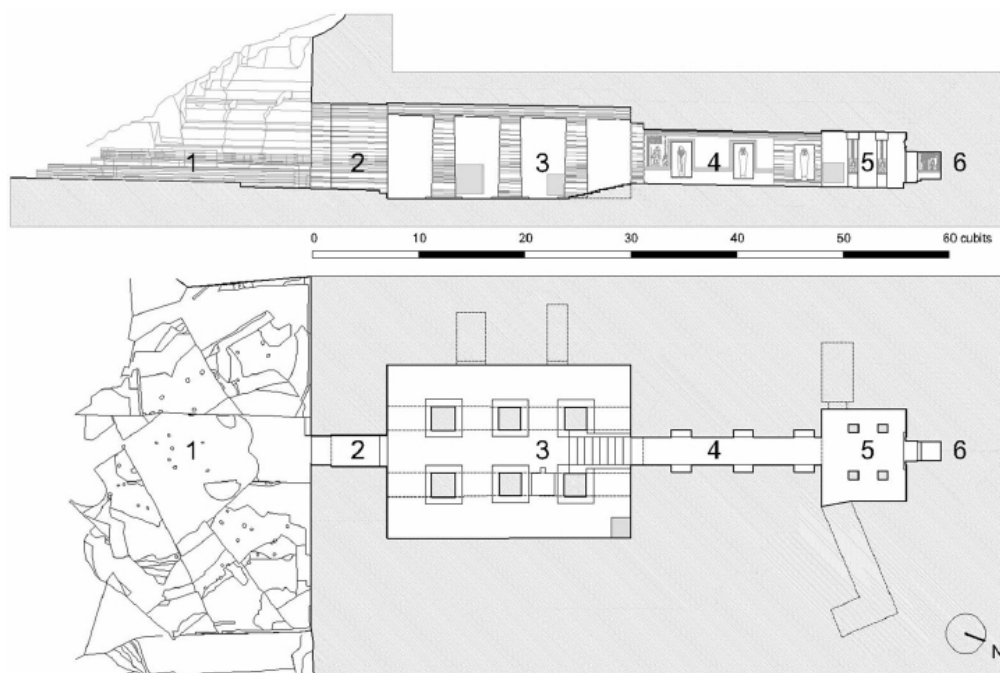


Figura 2. Secciones de la tumba QH31: 1 patio, 2 entrada, 3 sala entrada, 4 pasillo, 5 sala de ofrendas, 6 nicho funerario

Las medidas de cada dependencia se pueden observar en la siguiente tabla:

MEDIDAS DEL COMPLEJO FUNERARIO DE SARENPUT II (en metros)							
	LARGO	ANCHO	ALTURA	ÁREA	%	VOLÚMEN	%
PUERTA DE ENTRADA	1,05	1,3	4,2				
TÚNEL DE ENTRADA	2,65	1,55	4,3	4,1	2,93	17,63	3,27
SALA ENTRADA	12,05	8,55	4,2	103,03	73,58	432,73	80,18
PASILLO*	9,5	1,45	2,6	13,78	9,84	35,83	6,64
CÁMARA DE LAS OFRENDAS	4,2	4,55	2,8	19,11	13,65	53,51	9,91
PUERTA DEL NICHOS	0,53	1,03	1,56				
NICHOS	0,96	1,14	1,33				
TOTAL	30,94			140,02	100	539,7	100

Tabla 1. Medidas del complejo funerario QH31.

* El pasillo tiene un techo abovedado. La altura se toma al punto más alto.

En el archivo CAD adjunto al presente trabajo se puede comprobar de forma exhaustiva cada una de las medidas en el caso de que se desee consultar alguna. Ya que no se trata de una construcción ‘convencional’, existen multitud de desniveles y detalles a los que hay que prestar atención.

1.3.3.- Distribución de las instalaciones

La tumba Qh31 presenta un enterramiento de tipo hipogeo. Según [1] Jiménez Serrano (2013, p.32): “Se trata de tumbas excavadas en la roca que están precedidas, generalmente, por un patio o una entrada con fachada más o menos elaborada y que en algunos casos presenta inscripciones jeroglíficas. El hipogeo propiamente dicho se divide en una cámara de culto que, dependiendo de su tamaño, puede tener uno o varios pilares”. Diferenciaremos principalmente:

1.3.3.1.- El patio exterior

El 'patio' desde el que podemos acceder a la tumba está emplazado en un corte del acantilado que se ha excavado en la piedra. En este 'patio' no existen pilares. Se accede al interior de la tumba desde una gran entrada.

Se pueden ver varios estratos que indican la heterogeneidad de la roca:



Figura 3. Exterior de la tumba QH31.

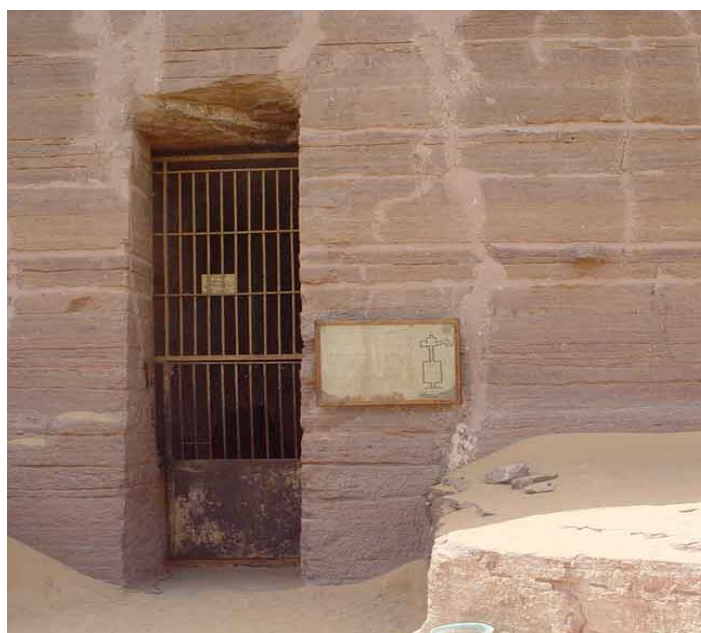


Figura 4. Exterior de la tumba QH31.

1.3.3.2.- La entrada

La vista desde la entrada nos muestra una disposición simétrica y armoniosa, con una perspectiva que centra la atención sobre el elemento más importante: el nicho al final.

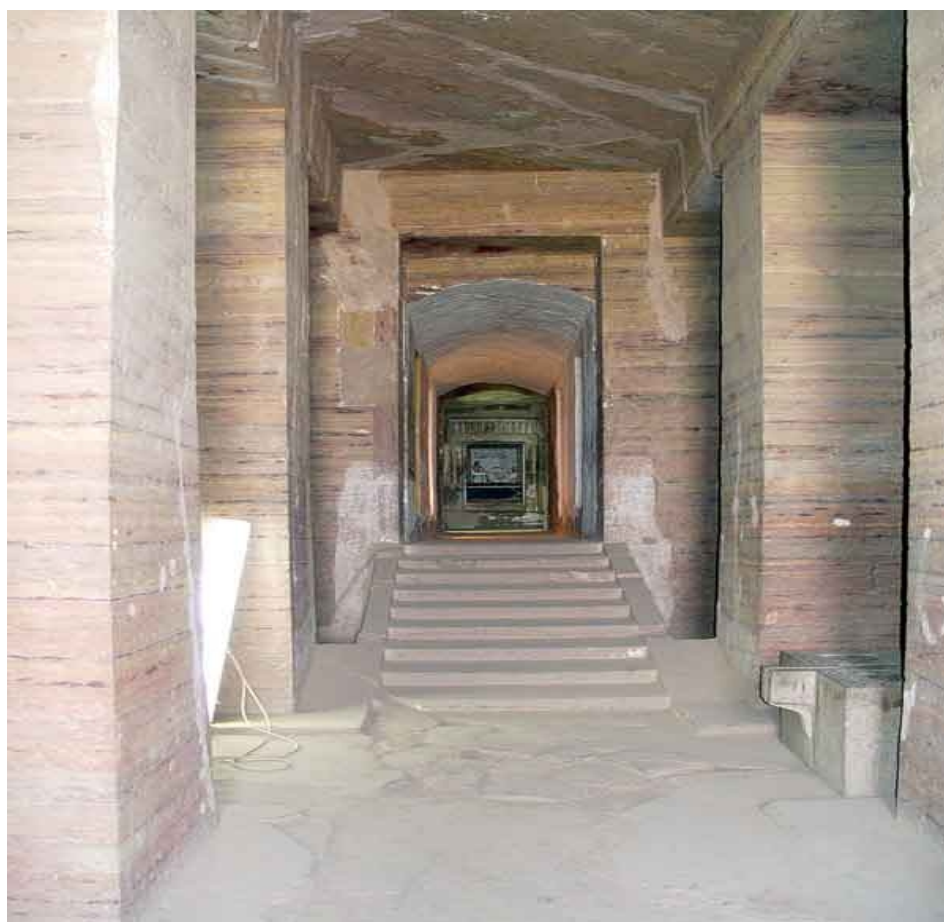


Figura 5. Vista desde la entrada al complejo.

1.3.3.3.- Sala de entrada

Al entrar, lo primero que apreciamos es que hay 6 pilares tallados en la roca, que soportan el techo. No están decorados, ni tampoco las paredes de esta primera

estancia. No obstante, el efecto de las líneas que producen los estratos de la piedra es muy impresionante. A esta estancia llega bastante luz natural.

Ente el segundo y el tercer pilar hay una mesa de ofrendas, que lleva el nombre y los títulos del propietario. La familia, los sacerdotes o quizás los visitantes, podrían haber emplazado sus ofrendas aquí.



Figura 6. Detalle de la mesa de ofrendas.

1.3.3.4.- Pasillo

Subiendo las escaleras al final de la sala de entrada, llegamos a un pasillo abovedado flanqueado por 6 nichos que contienen estatuas momiformes del príncipe fallecido.



Figura 7. Vista desde el acceso al pasillo.

Hay tres nichos simétricos excavados en cada lado. En cada uno de ellos están las estatuas talladas en la roca:



Figura 8. Detalle de estatuas momiformes.

La columna de jeroglíficos sobre el fondo amarillo nos relata los títulos y las funciones del fallecido:



Figura 9. Detalle de estatua del pasillo.

Las paredes entre los nichos están decoradas con representaciones del fallecido:

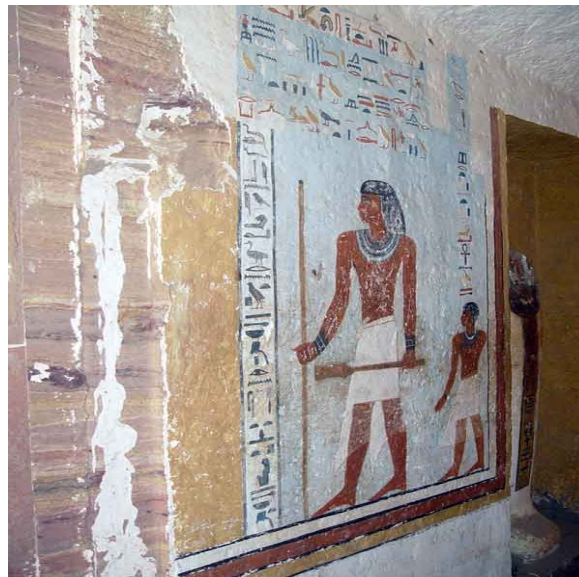


Figura 10. Detalle del mural en el pasillo.

1.3.3.5.- Sala de las ofrendas

Atravesando el pasillo accederemos a otra sala con columnas, mucho más pequeña que los de la primera sala. Ahora nos encontramos con cuatro pilares de sección cuadrada, decorados en una de sus caras con imágenes del fallecido coronado por una columna de jeroglíficos negros sobre un fondo amarillo, recordándonos los títulos y las funciones sacerdotales de Sarenput II.



Figura 11. Sala de ofrendas.



Figura 12. Detalle del nicho al final de la sala.

1.3.3.6.- Nicho Funerario

El pequeño nicho al final constituye la razón de ser de la tumba. Esta capilla enlucida y tallada en la roca está repleta de representaciones de Sarenput y otros miembros de su familia. Ha conservado todas las pinturas jeroglíficas con sus colores originales.

En el muro de frente al acceso al nicho, podemos ver al gobernador fallecido pintado con gran tamaño, sentado en un dintel y extendiendo su mano hacia la mesa de ofrendas.

Delante de la mesa y representado mucho más pequeño, como es costumbre, su hijo Ankhu que sostiene una flor de loto abierta, símbolo del renacimiento.



Figura 13. Pared frontal del nicho.

En el muro de la izquierda, Sarenput camina hacia el exterior portando dos símbolos de su poder. La caña y el cetro de Sekhem. Su hijo Ankhu le sigue, con el brazo doblado sobre el pecho, símbolo de deferencia. De cara a ellos, la esposa o un dignatario sosteniendo dos flores de loto abiertas. La columna de jeroglíficos sobre el fondo amarillo da el nombre de ella (no se puede leer) y su función: sacerdotisa en el templo de Khnum.

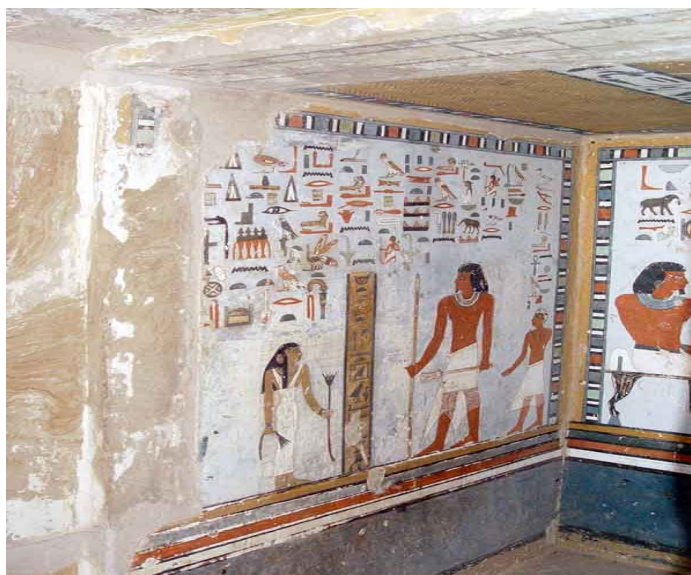


Figura 14. Pared izquierda del nicho.

En el muro de la derecha, Sarenput está otra vez caminando hacia el exterior de la tumba. Detrás de él, una mujer está sentada mirando hacia la tumba, enfrente de una mesa de ofrendas. Esta es su madre, Hetepet, también sacerdotisa del templo de Khnum. Vemos que Sarenput le ha reservado un papel en su tumba mucho más importante que a su mujer.

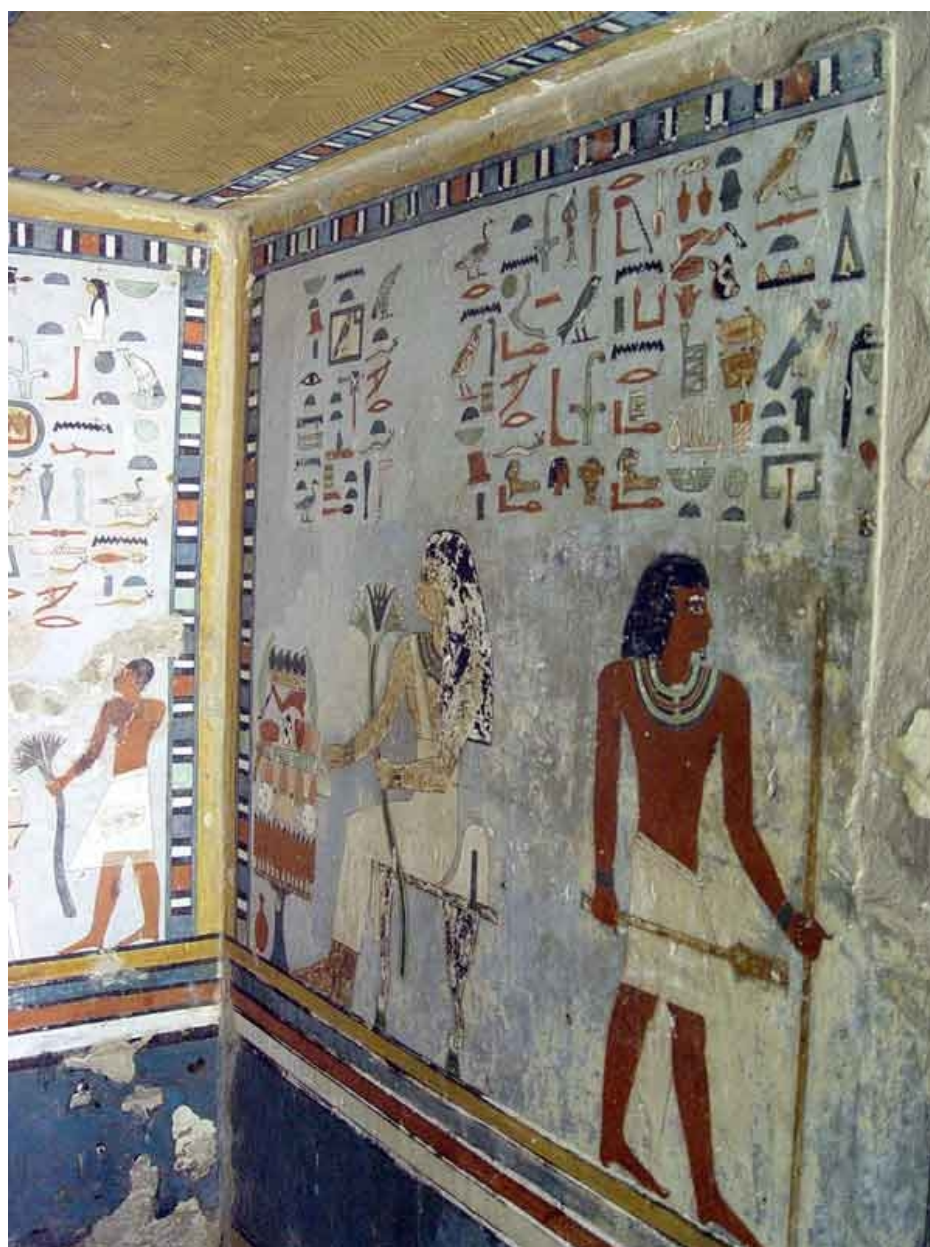


Figura 15. Pared derecha del nicho.



Figura 16. Detalle del techo del nicho.

1.3.4.- Características constructivas

Según [1] Jiménez Serrano (2013, p.32): “Desde el punto de vista geológico, Qubbet el-Hawa forma parte del Grupo Nubio, que se caracteriza por la presencia de rocas sedimentarias en las que predomina la arenisca”.

Así, las tumbas se excavaban directamente, golpeando la roca. Las grietas y otras imperfecciones que se originaban, eran arregladas con mortero de cal y arena mezclado con yeso.

Como ya hemos visto, la entrada da acceso a una sala principal, cuyo techo está sujeto con grandes pilares. Estos elementos constructivos se utilizaban para mantener la estructura, de la misma forma que se utilizan hoy en día.

En cuanto a las pinturas que encontramos en el interior, los egipcios mezclaban pigmentos naturales con aglutinantes como huevo, grasas animales, aceite, etc. La técnica pictórica es bastante similar a la que actualmente, consideramos ‘fresco’.

El clima influye en gran medida en estas construcciones ya que Egipto es un país caluroso, árido y seco. Sin embargo, en el Delta del Nilo y en el valle del Alto



Egipto es más moderado, con temperaturas en verano entre los 20 y los 30 grados centígrados y alta humedad. En el resto del país se pueden alcanzar temperaturas de más de 50 grados. Las noches del desierto suelen ser frescas, por lo que la diferencia térmica es muy acusada.

1.3.5.- Clasificación del local y la actividad

Como ya se ha explicado anteriormente, se tomará la legislación española como base para la realización del estudio.

Si bien no es fácil catalogar el local que se trata en el presente trabajo, lo lógico es considerar el recinto como un templo – museo, de forma que el REBT (Reglamento Electrotécnico de Baja tensión) en su ITC-28 (Instrucción Técnica Complementaria), cataloga a nuestro recinto como “Local de Pública Concurrencia”, cualquiera que sea su ocupación. Así, todas las zonas de este se considerarán también de pública concurrencia y se contemplarán como tal en cuanto a normativas y legislación.

1.3.6.- Cálculo del aforo

Según el ITC-BT-28, al clasificar el local como ‘local de pública concurrencia’ tendremos una ocupación prevista que se calculará como 1 persona por cada 0,8 m^2 de superficie útil, a excepción de pasillos, repartidores, vestíbulos y servicios.

Por otra parte, el CTE en su Sección SI 3 (Evacuación de ocupantes), prevé para locales de pública concurrencia de este tipo una densidad de ocupación de 2 m^2 / persona. Si tenemos en cuenta este criterio y tomamos en cuenta la superficie total del recinto (140 m^2), la previsión de ocupación sería de 70 personas. Esto sería suponiendo como superficie útil todo el recinto, algo que en realidad no ocurre. Habría que tener en cuenta el espacio ocupado por pilares, obstáculos, etc. No está claro si el público podría tener a todas las estancias del recinto o no.

Además, existen normativas para limitar el aforo a estos monumentos para preservarlos y lógicamente, el Gobierno Egipcio dispondrá de legislación a tal efecto. Por tanto, no es posible determinar un aforo máximo y la información reflejada en este apartado queda a título informativo.



1.4.- NORMAS Y REFERENCIAS

1.4.1.- Disposiciones legales y normas aplicadas

- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, reflejado en el Real Decreto 842 / 2002 de 2 de agosto de 2002 y publicado en el BOE nº. 224 con fecha de 18 de septiembre de 2002.
- Instrucciones Técnicas Complementarias del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión. (Instrucciones ITC BT). Orden del 2 de Agosto de 2002 del Ministerio de Ciencia y Tecnología.
- Normas Tecnológicas de la Edificación, Instalaciones: IEB: Baja tensión; IEI: Alumbrado interior; IEP: Puesta a tierra.
- Real Decreto 1955/2000 de 1 de Diciembre, por el que se regulan las Actividades de Transporte, Distribución, Comercialización, Suministro y Procedimientos de Autorización de Instalaciones de Energía Eléctrica.
- Código Técnico de la Edificación, DB HE sobre Ahorro de energía.
- Código Técnico de la Edificación (CTE) Documento Básico de Seguridad.

1.4.2.- Normativa iluminación

En cuestiones de iluminación, la legislación europea es amplia. Las normas más importantes de iluminación a las que nos regiremos son:

- Norma Española UNE-EN 12464-1: Iluminación en los lugares de trabajo. Parte 1: Lugares de trabajo en interiores.
- Norma Española UNE-EN 12464-2: Iluminación en los lugares de trabajo. Parte 2: Lugares de trabajo en exteriores.
- Norma Española UNE-EN 1838: Iluminación de emergencia.
- Norma Española UNE-EN 50172: Sistemas para alumbrado de emergencia.
- Norma Española UNE-EN 13032: Presentación y transferencia de datos fotométricos.
- Norma Española UNE-EN 62471: Requisitos de seguridad foto-biológicos.



- Norma Española UNE-EN 62031: Iluminación general. Requisitos de Seguridad.
- Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones técnicas complementarias.
- Recomendaciones de la UNESCO para la conservación del patrimonio.

1.4.3.- Normativa aplicada a la redacción del proyecto

- Norma española: UNE 157001, febrero 2002, "Criterios generales para la elaboración de proyectos".
- UNE 50132 "Documentación. Numeración de las divisiones y subdivisiones en los documentos escritos".
- UNE-EN ISO 5455 "Dibujos técnicos. Escalas".
- UNE-EN ISO 5457 "Documentación técnica de producto. Formatos y presentación de los elementos gráficos de las hojas de dibujo".
- UNE 82100 partes 0 a 13 "Magnitudes y unidades".

1.5.- PROGRAMAS UTILIZADOS

Para la elaboración de este proyecto se utiliza software ofimático y algunos programas más especializados como son:

1.5.1.- Software luminotécnico. DIALUX 4.12. ©

A la hora de afrontar la elaboración de un proyecto de iluminación, hay que tener en cuenta tanto los criterios cuantitativos como los cualitativos.

El cálculo cuantitativo de alumbrado que se refleja en un proyecto de iluminación, nos conduce a determinar el tipo de fuente de luz y luminarias necesarias, así como la distribución y el número necesario, para obtener las condiciones de luz adecuadas para el entorno y la tarea.

Se hace necesario determinar además, el número de conexiones, la potencia eléctrica, las secciones de cableado, etc.

Desde el punto de vista cuantitativo, no es imprescindible disponer de un software específico, ya que podemos realizar todos estos cálculos de forma 'tradicional'.

El cálculo cualitativo implica atender en cambio, no sólo los criterios de iluminancia, sino las características propias de la luz y la percepción visual, de forma que atenderemos también a un componente 'artístico', que generará sensaciones o estados de ánimo.

Para el cálculo cualitativo, necesitaremos conocer cuál será el resultado según se va realizando el proyecto, de forma que es necesario disponer de aplicaciones específicas y una gran potencia de cálculo.

Las primeras soluciones aparecen desde grandes empresas del sector que utilizan sus productos en exclusiva, en programas como Calculux, Candelux, etc.

A mediados de los años noventa, aparecen programas como Dialux o Relux, que permiten la utilización de luminarias de varios fabricantes. Además, con la reducción de precio de los equipos informáticos, se posibilita que el gran público pueda acceder a estas aplicaciones que muy pronto se volverán populares y pasarán a ser un estándar dentro del sector.



Figura 17. Software de iluminación.

Para este trabajo se utilizará Dialux como Software de referencia. Con él se puede:

- Importar datos de lámparas y luminarias (.ies o .ldt) y planos de CAD (.dxf o .dwg).
- Elaborar cualquier tipo de local, recinto exterior o vial, incluyendo los objetos típicos.
- Calcular los parámetros luminotécnicos, incluyendo deslumbramientos y valores de eficiencia energética.



- Obtener los resultados en un documento tipo 'proyecto'.
- Simular escenas con diferentes tipos de luz y modificar colores, texturas, etc. Podemos comprobar cómo quedará la instalación, valorando de esta forma el aspecto cualitativo.

1.5.2.- AutoCAD 2015 ©

AutoCAD es un software CAD utilizado para el dibujo 2D y modelado 3D. En este proyecto, se utiliza AutoCAD para manejar los planos del complejo funerario, tomar las medidas pertinentes directamente del plano y exportar los que necesitamos a Dialux.

1.6.- CONCEPTOS PREVIOS

1.6.1.- La luz

Si miramos a nuestro alrededor, podemos observar cómo las plantas crecen, los animales se trasladan y las máquinas y herramientas, realizan las más variadas tareas. Todas estas actividades tienen común que precisan del concurso de energía.

La energía puede presentarse de diversas formas:

- Energía mecánica. La forma de energía que poseen los cuerpos debido a su movimiento (un motor), su posición (una manzana en un árbol posee más energía mecánica que una manzana en el suelo) o su estado de compresión (un muelle).
- Energía térmica. Es la energía que tiene un cuerpo en función de la cantidad de calor que puede absorber o ceder. Cuando calentamos agua, le transferimos energía térmica.
- Energía química. La que tiene un cuerpo debido a su estructura interna. Cuando quemamos madera, por ejemplo, extraemos la energía que enlaza unos átomos con otros. Las pilas o los combustibles nucleares son otros buenos ejemplos.
- Energía sonora. Es la que transporta el sonido.

- Energía eléctrica. Es el tipo de energía que poseen las cargas eléctricas en movimiento.
- Energía luminosa. Se transmite por medio de ondas electromagnéticas. Cuando encendemos una bombilla, obtenemos energía luminosa.

Así, puesto que la energía luminosa es transmitida por medio de las ondas electromagnéticas, es conveniente hacer un breve repaso de sus características.

1.6.2.- Ondas electromagnéticas

Son perturbaciones que se propagan, en forma de energía, desde el punto que se producen a lo largo de una región del espacio. Las ondas transmiten energía. Las ondas mecánicas, como por ejemplo el sonido, necesitan de un medio para propagarse (el aire en este caso). Pero en cambio, las ondas electromagnéticas pueden propagarse por el vacío (como la luz, la radio o las microondas). La verdad es que es algo difícil de imaginar, pero eso es lo que hay.

Si pensamos en la representación gráfica típica de una onda, podemos identificar una serie de conceptos en ella:

- La longitud de onda (λ) es la distancia que hay entre dos crestas consecutivas (o entre el mismo punto en dos ondulaciones consecutivas).

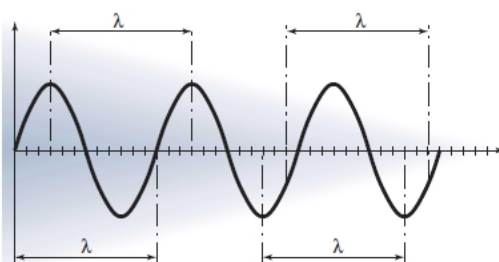


Figura 18. Longitud de onda.

La longitud de onda es una característica muy importante para clasificar el espectro electromagnético. Este parámetro también se puede definir mediante el producto de la velocidad de propagación (v) por el tiempo que tarda en realizar un ciclo o periodo (T):

$$\lambda = v \cdot T \quad (1.1)$$



Donde:

λ es la longitud de onda (m).

u es la velocidad de propagación (m/s).

T es el periodo (seg).

La frecuencia es las veces que se repite la vibración en un segundo. Como el periodo es inverso de la frecuencia, tenemos que:

$$T = \frac{1}{f} \quad (1.2)$$

Donde:

T es el periodo (seg).

f es la frecuencia (H_z).

Entonces, podemos considerar que la ecuación que teníamos para la longitud de onda se transforma en:

$$\lambda = v/f \quad (1.3)$$

Así, la frecuencia se puede escribir de la siguiente forma:

$$f = \frac{v}{\lambda} \quad (1.4)$$

Se puede deducir fácilmente que la longitud de onda disminuirá con el aumento de la frecuencia.

Además, sabemos que la frecuencia no depende del medio por el que se propaga la onda, de forma que es una de las características que podemos utilizar para su clasificación.

La velocidad de propagación es la velocidad a la que se transmite la onda (u). La velocidad de propagación depende del tipo de onda, de la elasticidad del medio y de la rigidez del mismo. Si tenemos un medio homogéneo e isótropo, la velocidad de

propagación será la misma en todas las direcciones. Calcularemos la velocidad de propagación de la siguiente forma:

$$v = \lambda \cdot f \quad (1.5)$$

En el vacío, las ondas electromagnéticas viajan a la velocidad de la luz ($3 \cdot 10^8$ m/s). Puedes hacer las cuentas de lo que tardarías en llegar a la capital del país que más te guste, viajando a esa velocidad.

1.6.3.- Espectro electromagnético

El tipo de radiación electromagnética depende de una serie de características como son la frecuencia, la longitud de onda, etc. Si se clasifican todas ellas en un gráfico, obtendrás lo que llamamos espectro electromagnético. El gráfico nos es útil para clasificar las ondas en grupos (aunque los límites entre unos y otros no están claramente diferenciados).

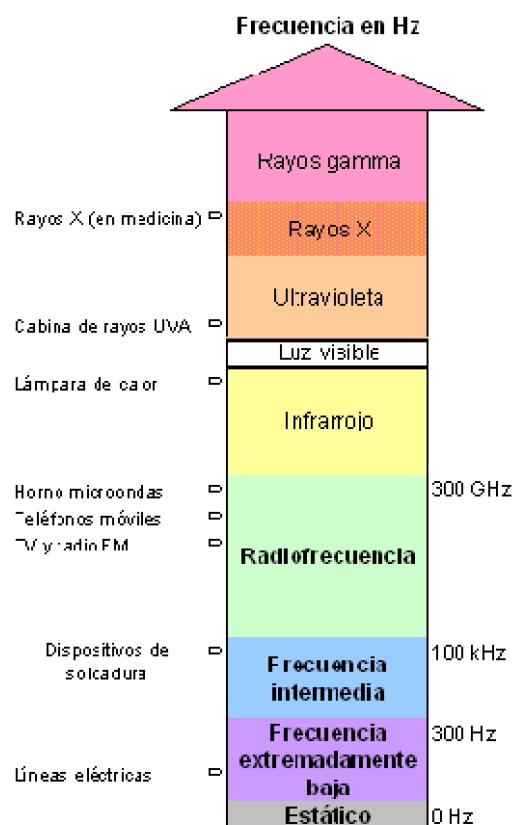


Figura 19. Representación del espectro electromagnético según la frecuencia.



- Ondas de radio: tienen la longitud de onda más larga (desde millones de metros hasta aproximadamente 30 cm y frecuencia entre 10^2 y 10^9 H_z). En este grupo están las ondas gracias a las cuales puedes escuchar la radio o ver la tv. Pueden atravesar edificios, lo cual es una gran ventaja de cara al uso en las telecomunicaciones y además, son baratas de producir. Las ondas de radio pueden viajar en todas las direcciones grandes distancias, por lo que no hay necesidad de que el emisor y el receptor se encuentren alineados.
- Microondas: la longitud de onda va desde 30 cm hasta 1 mm y frecuencia entre 10^9 y 3×10^{11} H_z . A frecuencias altas las ondas tienden a viajar en línea recta. No atraviesan tan bien los obstáculos como las ondas de radio de baja frecuencia. Las microondas pueden atravesar las capas de la atmósfera y salir al espacio exterior, para transmitirse mediante los satélites de comunicaciones.
- El infrarrojo IR: las longitudes de onda van desde 1mm hasta 10^{-6} m y la frecuencia entre 3×10^{11} y 3×10^{14} H_z . Son emitidos por cuerpos calientes, como el hierro al rojo o el sol. En 1800, William Herschel descompuso la luz blanca haciendo que esta atravesara un prisma y midió con un termómetro la temperatura. Descubrió que por debajo de la luz roja, no había ningún color, pero la temperatura era mayor. Por lo tanto, llamó a este color 'invisible' infrarrojo. Los infrarrojos son relativamente económicos y sencillos de construir, por eso se usan mucho para la comunicación de corto alcance. Como no atraviesan objetos sólidos, son perfectos para por ejemplo, utilizarlos para el mando a distancia de la tv.
- Visible: es la parte del espectro que nuestros ojos son capaces de captar. Las longitudes de onda que abarca van desde 10^{-6} m y 390 nm y frecuencias entre 3×10^{14} y 7×10^{14} H_z . Según la longitud de onda, tenemos diferentes colores. Desde el rojo (620 a 1000 nm) hasta el violeta (390 a 430 nm).

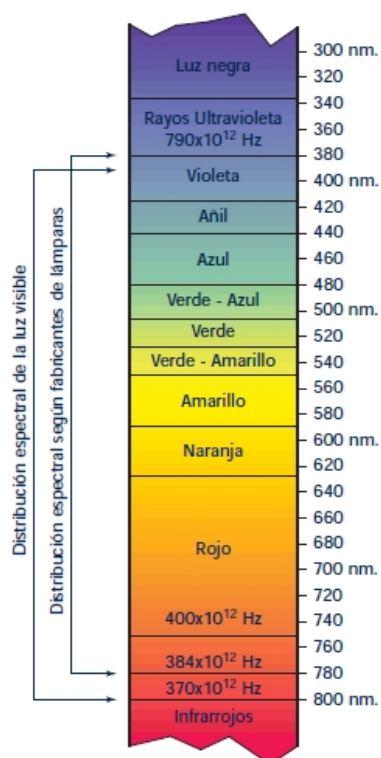


Figura 20. Franja visible del espectro.

- Ultravioleta UV: Radiaciones más allá del violeta. Longitudes de onda que van desde 390 nm hasta 1nm (frecuencias entre $7 \times 10^{14} H_z$ y $3 \times 10^{17} H_z$). La energía de las radiaciones UV ya es suficiente para ionizar los átomos y romper los enlaces químicos.
- Rayos X: longitudes de onda que van desde 1nm hasta 10^{-11} m(frecuencias entre 3×10^{17} y $3 \times 10^{19} H_z$). Son muy energéticos.
- Rayos gamma: Desde 10^{-11} m hasta valores infinitesimales. Las frecuencias son mayores a $3 \times 10^{19} H_z$ (altísimas). La energía es muy grande y por lo tanto son muy peligrosos.

Los fabricantes de lámparas suelen poner a disposición del cliente las curvas radioespectrométricas con valores que están comprendidos entre 380 nm y 780 nm.

1.6.4.- Incandescencia

Cualquier cuerpo que se encuentre a una temperatura superior al cero absoluto, irradiará energía en un amplio rango de longitud de onda. Esta radiación se llama incandescencia o radiación de temperatura. Algunas fuentes de luz artificial incandescentes son, por ejemplo, la llama de una vela, una barra de hierro al rojo vivo o el filamento de una bombilla.

Así, la incandescencia está íntimamente asociada a la temperatura. Si queremos conocer cómo se distribuye la potencia radiada entre las longitudes de onda, se utiliza un instrumento llamado espectrorradiómetro. La función espectrorradiométrica o curva de distribución espectral obtenida, representa en el eje de abscisas las longitudes de onda en nm y en el eje de ordenadas los valores de energía respecto a la máxima radiada.

Para una lámpara incandescente, la distribución espectral sería:

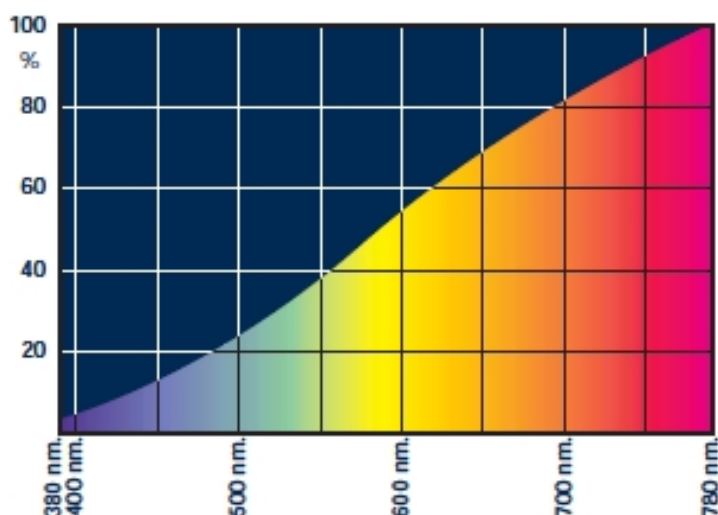


Figura 21. Distribución espectral de lámpara incandescente.

1.6.5.- Luminiscencia

La energía que radia una fuente de descarga gaseosa, como la de una lámpara de vapor de sodio, está compuesta por pequeños intervalos de longitud de onda que se llaman picos de emisión.

Cada gas tiene una longitud de onda característica de su radiación que dependerá de la estructura molecular del gas. Este tipo de descarga se llama luminiscencia y su característica principal es que la radiación no depende de la temperatura.

Por ejemplo, los tubos fluorescentes, las lámparas de vapor de mercurio, de vapor de sodio o de inducción, se corresponderían con este apartado.

De la misma forma que con la incandescencia obteníamos la curva de distribución espectral, ahora también podemos obtener esta curva. Para una lámpara de vapor de mercurio sería:

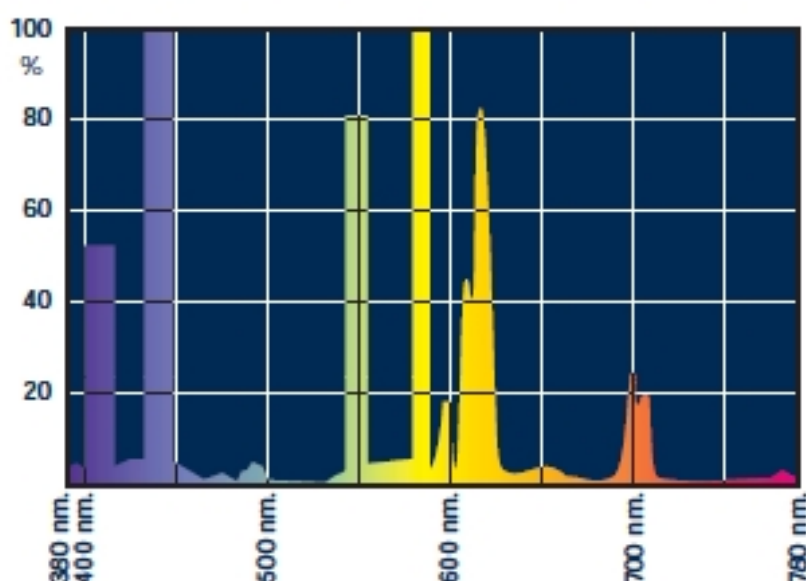


Figura 22. Distribución espectral de una lámpara de mercurio.

1.6.6.- La naturaleza dual de la luz

La luz ha sido objeto de controversia desde tiempos remotos. Algunos hechos eran ya de sobra conocidos desde la Antigüedad, como la propagación rectilínea en un medio homogéneo, que fue deducida a partir del fenómeno de la formación de sombras y la ley de la reflexión. Estos aspectos ya aparecen en la obra *Catóptrica*, que se atribuye a Euclides (siglo III a.C.).

Sin embargo, hasta el siglo XVII no se abren paso dos concepciones que intentaban explicar la naturaleza de la luz desde diferentes puntos de vista. Una, la teoría corpuscular defendida principalmente por Newton, que suponía que la luz



estaba constituida por corpúsculos o partículas. La segunda, la teoría ondulatoria, defendida principalmente por Robert Hooke y enunciada por Christian Huygens.

A principios del siglo XIX, Thomas Young (1773 – 1829) y Agustin Fresnel (1788 – 1827) introdujeron el principio fundamental de la superposición o interferencia en la teoría ondulatoria. Esto empezó a inclinar un poco la balanza a favor de la teoría ondulatoria.

En 1865, Maxwell publicó la Teoría dinámica del campo electromagnético, concluyendo finalmente que la luz es una onda electromagnética. La Teoría Electromagnética de Maxwell se puede resumir en 4 ecuaciones que describen el comportamiento de los campos eléctricos y magnéticos, su relación con las cargas y las corrientes. La velocidad de la onda electromagnética, en los cálculos de Maxwell, se correspondía con la que la medida por los físicos franceses Fizeau y Foucault en 1849 (aunque ya otros habían hecho predicciones previamente) había medido para la velocidad de la luz.

Posteriormente, en 1888, Rudolph Hertz publicó una serie de experimentos que verificaban la existencia de ondas electromagnéticas y establecía la forma de producirlas y detectarlas. Mediante estos experimentos se observó además el efecto fotoeléctrico.

En 1905, Einstein explicó este fenómeno basándose en la hipótesis de Planck, volviendo así a la teoría corpuscular en las que se hablaba de ‘cuantos’ o ‘paquetes de energía’, que acabarían recibiendo el nombre de fotones.

En la actualidad, la postura que se ha adoptado es la de considerar el comportamiento de la luz como dual, en la que los fenómenos de difracción e interferencia y su naturaleza corpuscular se ponen de manifiesto al interaccionar con la materia.

1.6.7.- El ojo humano

El ojo es el órgano encargado del sentido de la vista, mediante el que podemos experimentar las sensaciones de luz y color.

El ojo recibe la energía luminosa y la transforma en imágenes que se envían al cerebro para su interpretación.

En el siguiente esquema, podemos apreciar la estructura fisiológica del ojo:

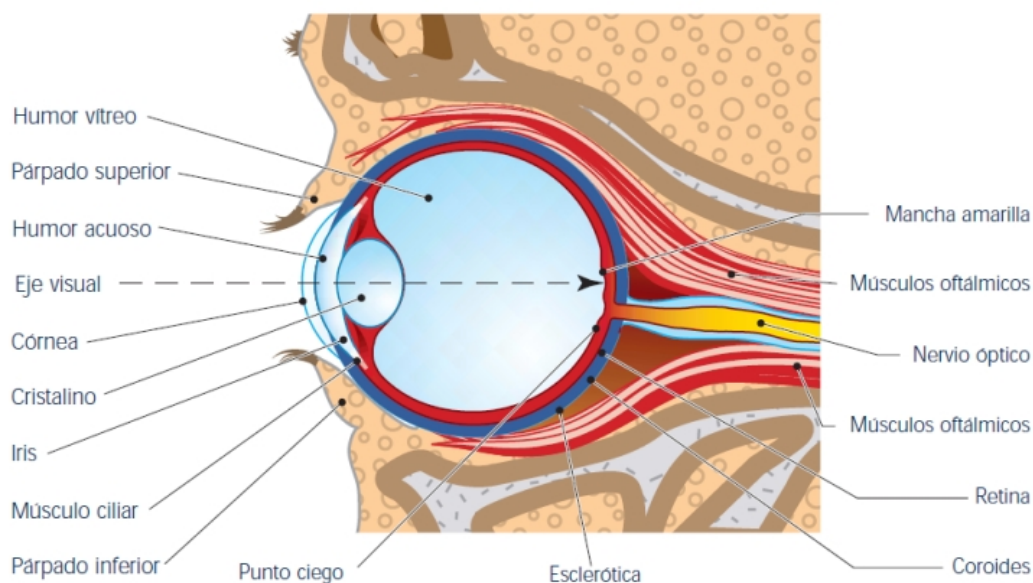


Figura 23. Estructura fisiológica del ojo.

- Globo ocular: la cámara encargada de la formación de imagen en la retina.
- Córnea: su misión es recibir y transmitir las impresiones visuales y constituye el elemento óptico refractor fundamental del ojo.
- Cristalino: es una lente biconvexa que se sitúa tras el iris. Puede cambiar su forma para enfocar los objetivos.
- Iris: es una lámina circular que se sitúa al frente del cristalino y está muy pigmentada. Puede contraer la pupila para controlar la cantidad de luz que pasa al cristalino.
- Pupila: se sitúa en el centro del iris y a través de ella, pasan los rayos luminosos. Su abertura la controla el iris.
- Retina: es la película interna posterior del ojo y está constituida por una membrana nerviosa. Su función es recibir y transmitir imágenes. Contiene una capa fina de células fotosensibles (conos y bastones).
- Conos: fotorreceptores de la retina muy sensibles a los colores y casi insensibles a la luz. Su funciones principales son distinguir los detalles y percibir los colores.



- Bastones: son fotorreceptores muy sensibles a la luz y al movimiento y casi insensibles al color. La misión de los bastones es la claridad con que están iluminados los objetos.
- Mácula: mancha amarilla que se sitúa en la parte posterior de la retina y es donde se produce la fijación nítida y precisa de los detalles y colores.
- Punto ciego: es el punto de la retina por donde el nervio óptico conduce las imágenes o sensaciones de luz al cerebro.

Si miramos un espacio en el que la iluminación es escasa, la agudeza visual es baja porque no actúan los conos y por lo tanto, no se distinguirán los colores ni los detalles. Esta visión nocturna se denomina escotópica y en ella participan principalmente los bastones.

En alumbrados públicos, como avenidas, carreteras, grandes superficies, etc. El alumbrado se efectúa con lámparas de vapor de sodio que reproducen mal los colores, pero aportan mucha luz.

Cuando la luz es diurna o cuando el nivel de iluminación es lo bastante elevado, los objetos se ven con bastante detalle porque actúan los bastones y los conos, con lo que se pueden distinguir los colores. La luz diurna se denomina fotópica.

1.6.8.- Curvas de sensibilidad

El campo visual del hombre está limitado por un ángulo de 130° verticalmente y unos 180° horizontalmente, dependiendo de la persona. Normalmente, con la edad se va reduciendo tanto el ángulo visual como la agudeza. Además, dependiendo de si la iluminación es escotópica o fotópica, la sensibilidad será diferente.

En la siguiente imagen, se aprecia la curva de sensibilidad del ojo a las distintas longitudes de onda del espectro visible:

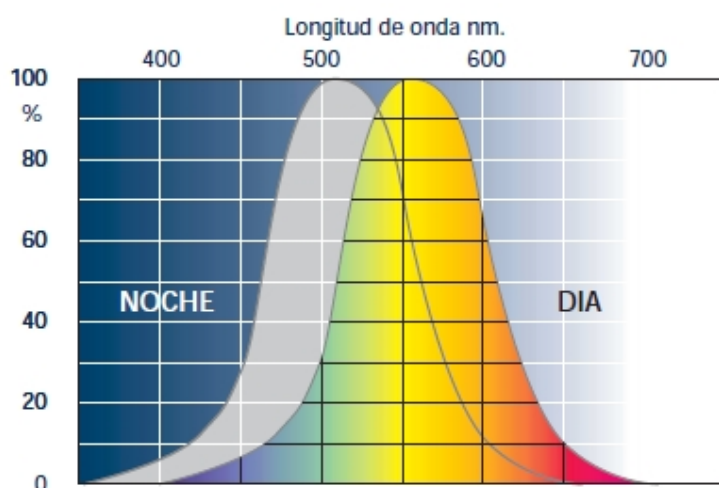


Figura 24. Curvas de sensibilidad.

Nuestro ojo es capaz de transmitir al cerebro imágenes cuando las radiaciones que recibe están comprendidas entre las longitudes de onda correspondiente al ultravioleta y los infrarrojos. Si nos salimos de este rango, el ojo no percibirá nada. La luz blanca del medio soleado es la suma de todas las longitudes de onda del espectro visible. Observamos que para la luz blanca, la máxima sensibilidad del ojo se da para una longitud de onda de 555 nm y al color amarillo y la mínima, para los colores rojo y violeta.

Así, las fuentes luminosas con longitudes de onda que se corresponden con amarillo-verde son las más eficaces.

En el caso de la luz escotópica o nocturna, el máximo de sensibilidad está desplazado a longitudes de onda menores. Por consiguiente, las radiaciones correspondientes azul- violeta producen mayor 'intensidad de sensación'.

En resumen, en locales que están muy iluminados los colores que tienden a realizarse son los naranjas-rojos y en los locales poco iluminados, los azules y violetas.

1.6.9.- Acomodación

El ojo se puede ajustar a diferentes distancias de los objetos para obtener imágenes nítidas en la retina. Para esto, se juega con la curvatura del cristalino. A este proceso se le denomina acomodación o enfoque.

La acomodación es mejor con valores altos de luminancia, permitiendo una visión más nítida de objetos que se encuentran a diferente distancia del ojo.

1.6.10.- Contraste

Los objetos se perciben por los contrastes de color y de luminancia en las distintas partes de su superficie y en relación al fondo en que aparece el objeto.

La diferencia de luminancia entre el objeto observado y el espacio inmediato es lo que se llama contraste.

Si el nivel de iluminación es suficientemente elevado, el ojo es sensible a los colores. Para niveles bajos, como ya se ha explicado anteriormente, los objetos se perciben principalmente por el contraste de luminancias con respecto al fondo.

Si tenemos un objeto claro sobre un fondo oscuro, el contraste será positivo. En cambio, si el objeto es más oscuro que su fondo tendrá un contraste negativo y ser verá en silueta.

En el siguiente ejemplo se aprecia como el caso de la izquierda es más fácil de distinguir:



Figura 25. Ejemplo de contraste.

1.6.11.- Sensibilidad al contraste

La sensibilidad al contraste es un concepto que se deriva del anterior y que es equivalente al mínimo contraste de luminancias que puede percibir el ojo humano.



1.6.12.- Adaptación

La adaptación es la capacidad del ojo para ajustarse a diferentes iluminaciones de los objetos, ajustando el tamaño de la pupila.

Si la iluminación es intensa, la pupila se contrae y reduce la luz que llega al cristalino. Si es baja, la pupila se abre.

Al pasar de locales con mucha iluminancia a otros a oscuras el ojo necesita de un proceso de ajuste de unos 30 minutos. Si pasamos de locales a oscuras a otros con mucha iluminancia, el proceso de adaptación es de segundos.

1.6.13.- Deslumbramiento

Llamamos deslumbramiento a un proceso que produce molestia o disminución en la capacidad para distinguir objetos (o ambas). Se puede deber a una distribución inadecuada de las luminancias o bien a cambios de contraste muy rápidos en el tiempo. Los efectos inmediatos son una sensación de molestia y perturbación.

El deslumbramiento se puede producir de forma directa, si proviene de lámparas, luminarias o ventanas dentro del campo visual. También se puede dar debido a la reflexión en superficies de gran reflectancia.

El deslumbramiento de las fuentes luminosas es proporcional a la iluminación que produce la fuente de luz sobre la pupila del ojo y a un factor que depende del ángulo 'q', tal y como se aprecia en la siguiente figura:

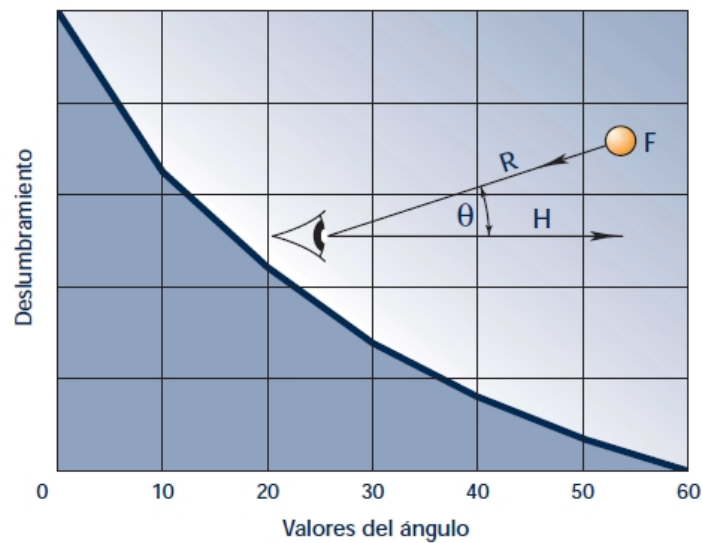


Figura 26. Curva de deslumbramiento.

El valor mínimo admisible para el ángulo es de 30° .

Las superficies que no son completamente mates son propensas a dar lugar a deslumbramientos. Por este motivo, cuando sea posible se intentará evitar superficies pulidas innecesarias y si se utilizan superficies semi-pulidas (como encerados), se iluminarán con la menor luminancia posible y calculando la posición óptima.

Así, el deslumbramiento puede ser fisiológico, reduciendo la capacidad visual pero sin causar necesariamente molestias. También puede ser psicológico, resultando molesto para la vista.

1.6.14.- Propiedades ópticas de la materia

Como sabemos, cuando la luz viaja a través de un medio y llega al límite que lo separa de otro medio, puede suceder que vuelva al primero mediante reflexión, o que pase por el segundo, convirtiéndose parte en calor (absorción) y otra parte no cambie (transmisión).

Naturalmente, la suma de los fenómenos de transmisión, absorción y reflexión tiene que ser igual a la energía que teníamos al principio.

En los fenómenos en los que interviene la luz, debemos considerar también otro fenómeno importante: la refracción.

A continuación se realizará un breve repaso de estos conceptos fundamentales.

1.6.14.1.- Reflexión

Cuando la luz es reflejada por una superficie, una parte de esta luz se pierde por absorción. La relación que existe entre la luz que se refleja y la que incide sobre la superficie se llama reflectancia.

Cualquier superficie que no sea completamente negra puede reflejar luz.

Podemos distinguir cuatro tipos: especular, compuesta, difusa y mixta.

- Reflexión especular: se da cuando la superficie es lisa.

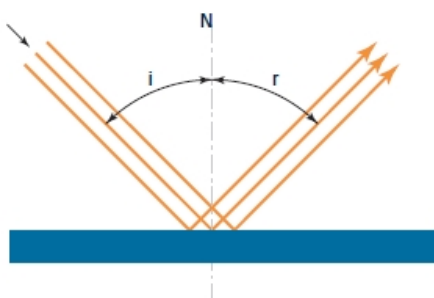


Figura 27. Reflexión especular.

- Reflexión compuesta: se da cuando la superficie es irregular o rugosa.



Figura 28. Reflexión compuesta.

- Reflexión difusa: se da en superficies como el blanco mate, las paredes de yeso, la nieve, etc. La luz incidente se refleja en todas las direcciones.



Figura 29. Reflexión difusa.

- Reflexión mixta: es un tipo intermedio entre la especular y la difusa. Se presenta en los metales no pulidos, el papel brillante, las superficies barnizadas etc.



Figura 30. Reflexión mixta.

1.6.14.2.- Transmisión

El rayo viaja a través de un medio sin que cambien la frecuencia de las radiaciones monocromáticas que lo componen. Es un fenómeno que se da en vidrios, cristales, plásticos, aire, etc.

Como hemos dicho antes, parte de la energía se perderá por la reflexión de la superficie del medio siguiente y otra parte se absorberá. La relación entre la luz que se transmite y la incidente se llama transmitancia del material.

Podemos distinguir entre transmisión regular, difusa y mixta.

- Transmisión regular: se da en medios transparentes. Nos permiten ver nítidamente los cuerpos colocados tras ellos.

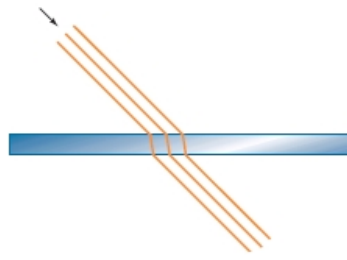


Figura 31. Transmisión regular.

- Transmisión difusa: se da en medios traslúcidos. El haz sale en múltiples direcciones.

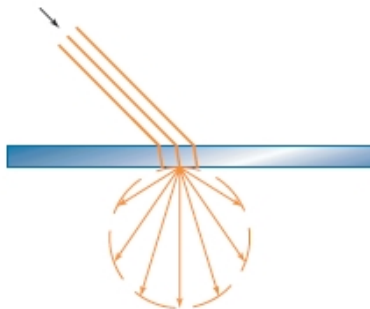


Figura 32. Transmisión difusa.

- Transmisión mixta: una transmisión intermedia entre las anteriores.

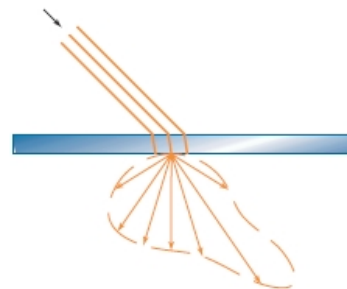


Figura 33. Transmisión mixta.

1.6.14.3.- Absorción

Mediante la absorción, parte de la energía radiante se transforma en calor. Es un fenómeno característico de las superficies que no son completamente reflectoras y materiales que no son completamente transparentes.

La relación entre la luz absorbida y la incidente es la absortancia del material.

Si sólo se absorben determinadas longitudes de onda, se da la absorción selectiva y, generalmente, es la causa de que los objetos tengan un color u otro.

1.6.14.4.- Refracción

Es el fenómeno que se da cuando al pasar de un medio a otro, el rayo cambia la dirección que lleva debido a la alteración de la velocidad de la luz.

La refracción varía según sea la longitud de onda. Este hecho se utiliza para separar la luz blanca en sus componentes. El grado de separación de color, se denomina dispersión.

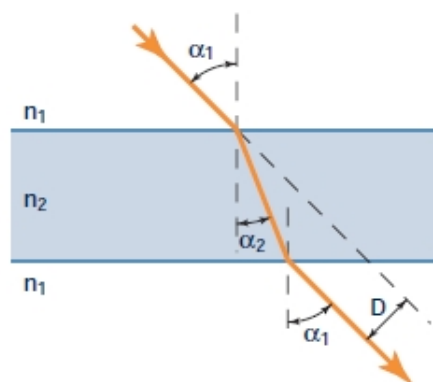


Figura 34. Refracción.

1.6.15.- El color

Las sensaciones luminosas que se dan en la retina, al ser enviadas al cerebro, se interpretan como una serie de sensaciones monocromáticas que conforman el color de la luz. Es decir, los objetos en realidad no tienen ningún color, pero si propiedades ópticas que hacen que nuestro cerebro los interprete de una forma u otra.

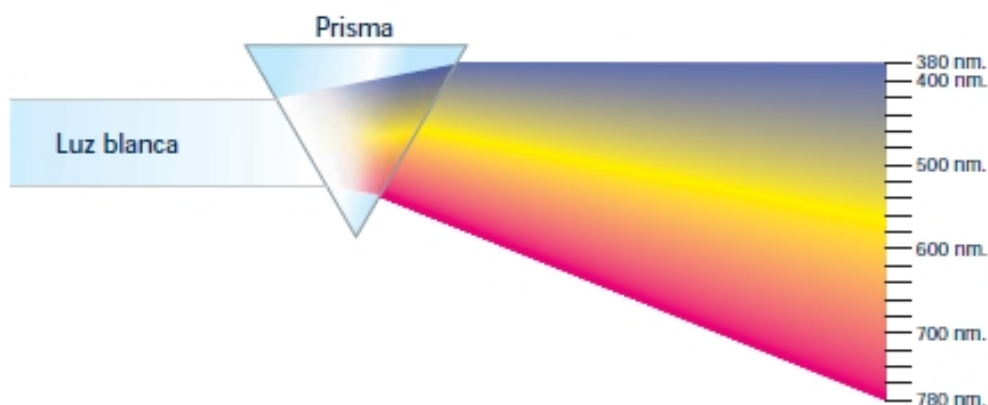


Figura 35. Descomposición de un haz de luz blanca.

Al evaluar los colores, podemos distinguir ciertos atributos como:

- Claridad o esplendor: más claro cuando más se aleja del negro en la escala de grises.
- Tono o matiz: hace referencia a la longitud de onda (rojo, verde, etc.).
- Pureza o saturación: proporción en que está mezclado con el blanco.

Para que la evaluación de un color no sea subjetiva podemos recurrir al diagrama cromático facilitado por la C.I.E. (Comité Español de Iluminación), que está representado a continuación:

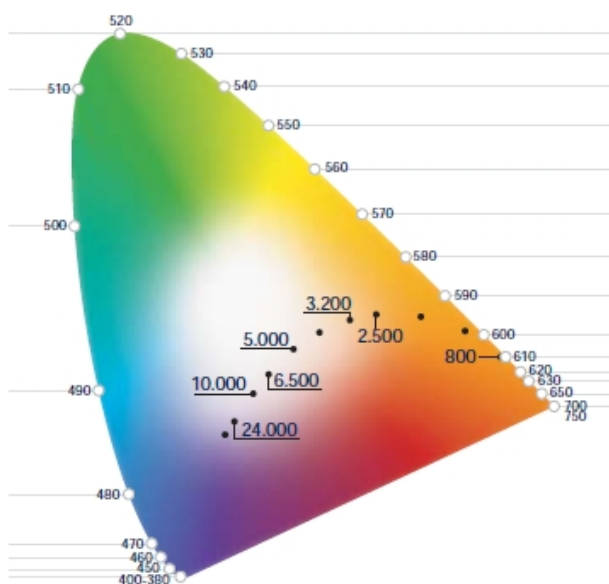


Figura 36. Diagrama C.I.E.



1.6.15.1.- Temperatura de color (T_c)

En el diagrama anterior podemos apreciar además que existe una curva en la que se representa el color que emite un cuerpo negro en función de la temperatura que tenga.

La temperatura de color es una magnitud importante ya que indica el color aparente de las fuentes luminosas, así como la sensación que produce. Se mide en grados Kelvin mediante el termocolorímetro. El rango que encontramos va desde las temperaturas frías (6500 °K) hasta las cálidas (2800 °K). Normalmente, las lámparas de incandescencia y halógenas tienen valores cálidos. Las luces 'frías' se suelen corresponder con lámparas de descarga, fuentes de luz tipo LED, etc.

Así, la Temperatura de color es en realidad una medida que definirá un color y debe ser aplicada a fuente que tenga semejanza de color con el cuerpo negro.

En la siguiente tabla tenemos un pequeño esquema que puede resultar práctico a efectos de clasificación:

GRUPO APARIENCIA DE COLOR	APARIENCIA DE COLOR	TEMPERATURA DE COLOR (K)
1	CÁLIDA	< 3300 K
2	INTERMEDIA	3300 A 5300
3	FRÍA	>5300

Tabla 2. Clasificación según Temperatura de Color.

1.6.15.2.- Índice de Reproducción Cromática (IRC, R_a)

El Índice de Reproducción Cromática (IRC) representa la capacidad de reproducción cromática de los objetos iluminados con una fuente de luz y nos indica la capacidad de una fuente de luz para reproducir colores normalizados en comparación con una luz de referencia.

Las fuentes pertenecientes al espectro continuo tienen una $R_a = 100$, que se correspondería con la mejor reproducción cromática posible. Las lámparas de incandescencia son las mejores desde el punto de vista de reproducción cromática, pero muy malas respecto a la eficiencia. El resto de fuentes tienen valores inferiores (entre 70 y 90) porque no emiten todo el espectro visible y por tanto, si un color no es emitido, tampoco podrá ser reproducido. En cambio, estos tipos de lámparas son más eficientes. Este factor está relacionado con la eficiencia energética ya que las fuentes de luz que peor reproducen los colores, suelen ser las más eficientes.



A efectos prácticos, se representa a continuación una tabla en la que se pueden consultar los distintos datos:

GRUPO	IRC	APARIENCIA DE COLOR	EJEMPLOS DE USO PREFERIBLE	EJEMPLOS DE USO ACCEPTABLE
1A	$IRC \geq 90$	Cálido, intermedio, frío	Galerías de arte	
1B	$90 > IRC \geq 80$	Cálido, intermedio	Casas, hoteles, restaurantes, tiendas, oficinas, escuelas, hospitales	
		Intermedio, cálido	Imprenta, industria de pintura y textiles, trabajo industrial	
2	$80 > IRC \geq 60$	Cálido, Intermedio, frío	Trabajo industrial	Oficinas, escuelas
3	$60 > IRC \geq 40$		Industrias bastas	Trabajo industrial
4	$40 > IRC \geq 20$			Trabajos bastos, trabajo industrial con bajo rendimiento de color

Tabla 3. Clasificación según IRC.

1.6.15.3.- Efectos psíquicos del color:

Existe un alto grado de componente psíquico en lo que respecta al estudio del color, ya que puede influir sobre nuestro estado de ánimo y emociones. Por esta razón, hay que emplear los colores de forma adecuada en los espacios y, aunque no existen reglas fijas para elegir un determinado color, si que existen una serie de estudios que pueden ayudarnos.



Uno de los aspectos a los que debemos atender es a la diferencia entre colores cálidos o fríos. Los colores cálidos son los que van en el espectro desde el rojo al amarillo verdoso y los fríos, desde el verde hasta el azul.

Los colores cálidos producen sensación de proximidad, mientras que los fríos, calman y dan sensación de lejanía.

La claridad del color también tiene efectos psicológicos, ya que los colores claros animan y dan sensación de ligereza, mientras que los oscuros deprimen.

Si existe una buena combinación de colores en un espacio, diremos que el mismo está en armonía.

1.7.- MAGNITUDES LUMINOSAS

A continuación se estudiarán las magnitudes más importantes que debemos conocer para comparar las cualidades y los efectos de las fuentes de luz:

1.7.1.- Flujo luminoso (potencia luminosa)

La energía de las fuentes luminosas no se puede aprovechar totalmente para producir luz. Por ejemplo, una bombilla incandescente produce energía radiante, pero sólo una pequeña parte de ésta puede ser percibida por el ojo.

El flujo luminoso se corresponde con la cantidad total de luz que se emite en un segundo, en todas las direcciones. Es decir, es la energía radiada que recibe el ojo según su curva de sensibilidad y que transforma en luz durante un segundo.

El flujo luminoso se representa por Φ y su unidad es el lumen (lm). Para medir el flujo luminoso, se utiliza en un laboratorio un aparato conocido como Esfera de Ulbricht, dentro de la que se coloca la fuente que queremos medir.

Los fabricantes ofrecen el flujo de las lámparas en lúmenes para su potencia nominal. Ahora mismo se está empezando a cambiar las magnitudes de las lámparas que podemos encontrar en el mercado, de forma que además de encontrar la potencia eléctrica que consumen, también podemos consultar los lúmenes que ofrece. Esto es fundamental, ya que no es igual una lámpara de 100 W de incandescencia, que una de 100 W LED (*Light Emitting Diode*), por ejemplo.



El rendimiento luminoso es el flujo que emite la fuente por cada unidad de potencia eléctrica que se consume para su obtención.

Así:

$$\varepsilon = \frac{\Phi}{P} \quad (1.6)$$

Donde:

ε es el rendimiento luminoso (lm/W).

Φ es el flujo luminoso (lúmenes).

P es la potencia (W).

1.7.2.- Cantidad de luz (Energía luminosa)

Al introducir la variable del tiempo, tendremos la expresión de la cantidad de luz. Se representa por Q y se mide en lúmenes por hora. Su expresión es:

$$Q = \Phi \cdot t \quad (1.7)$$

Donde:

Q es la cantidad de luz (lm/h).

Φ es el flujo luminoso (lm).

t es el tiempo (h).

1.7.3.- Intensidad luminosa

Las magnitudes anteriores estaban referidas a todas las direcciones. En cambio la intensidad luminosa se refiere sólo a una dirección y a un ángulo sólido o w. Este ángulo sólido se mide en estereorradianes, que es el ángulo sólido correspondiente a un casquete esférico cuya superficie sea igual al cuadrado del radio de la esfera. La siguiente imagen ilustra la explicación anterior:

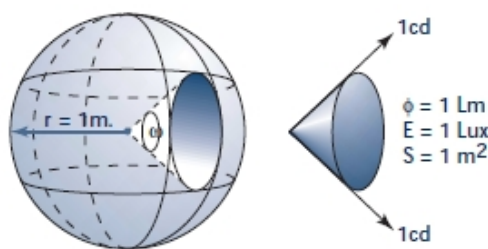


Figura 37. Ángulo sólido.

La intensidad luminosa de una fuente de luz es igual al flujo que se emite en una dirección por unidad de ángulo sólido en esa dirección. Tendremos así el diagrama polar, que nos describe cómo emite una luminaria en dos planos principales (en el plano de 0 a 180 grados y en el plano de 90 a 270 grados. Estos diagramas nos ofrecen información visual de cómo distribuirá espacialmente la luz y rápidamente sabemos si la luminaria se adecua a la instalación. Se representa por I y su unidad es la candela (cd):

$$I = \frac{\phi}{w} \quad (1.8)$$

Donde:

I es la intensidad luminosa (cd).

ϕ es el flujo luminoso (lm).

w es el ángulo sólido (estereorradianes).

1.7.4.- Iluminancia

La iluminancia es el nivel de iluminación de una superficie y se mide en lux. Se define para un entorno determinado (un local, una calle, etc.). Depende de la reflectancia de la superficie. Mediante la iluminancia, podemos establecer una relación entre el flujo luminoso y el área de la superficie. Hasta un cierto nivel, se puede decir que a más iluminancia, mejor es el rendimiento visual.

La iluminancia se simboliza mediante la letra E y su unidad es el lux (lx).



Su expresión matemática sería:

$$E = \Phi / S \quad (1.9)$$

Donde:

E es la iluminancia (lux).

Φ es el flujo luminoso (lm).

S es la sección (m^2).

De la expresión anterior se deduce que cuando mayor sea el flujo luminoso que incida en una superficie, mayor será la iluminancia y que, para un mismo flujo luminoso incidente, la iluminancia será mayor a medida que la superficie disminuya.

En función del tipo de tarea al que irá destinada la zona para la que realizamos el cálculo de iluminación, necesitaremos diferentes niveles de iluminancia. Si cumplimos con el nivel de iluminancia que marca la normativa, nos aseguramos que el desarrollo visual de la tarea sea satisfactorio.

Así, aparecen dos conceptos asociados a la iluminancia: la uniformidad y la diversidad.

La uniformidad es el cociente entre el valor mínimo de iluminancia y el medio en una superficie determinada. Este valor tiene que estar cercano a 1, que implica que no haya grandes variaciones.

La diversidad es otra forma de ver el mismo concepto (sería el cociente entre la mínima y la máxima iluminancia para una superficie determinada).

Podemos realizar medidas con luxómetros, que nos permitirán comprobar que se cumplen los niveles requeridos.

1.7.5.- Luminancia

La luminancia es el efecto de luminosidad que producirá una superficie en la retina del ojo, tanto si procede una fuente primaria como de una superficie que refleje la luz.

La luminancia mide el brillo de las fuentes luminosas primarias y de las fuentes que constituyen los objetos iluminados.

La percepción de la luz es en realidad, el grado de percepción de diferencias de luminancias. Así, el ojo ve diferencias de luminancias y no de iluminación (para una misma iluminación, diferentes objetos tendrán una luminancia diferente porque tendrán un grado de reflexión distinto).

La luminancia de una superficie es la relación entre la intensidad luminosa de una fuente de luz en una dirección y la superficie de la fuente proyectada según dicha dirección.

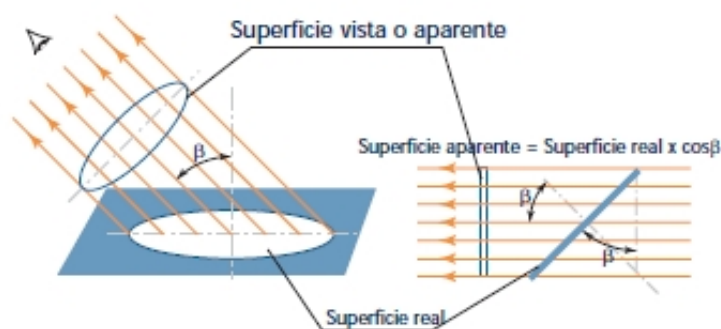


Figura 38. Representación de luminancia de una superficie.

Se representa por la letra L y su unidad es la candela/metro cuadrado (también llamada 'nit'). La fórmula matemática correspondiente sería:

$$L = \frac{I}{S \cdot \cos \beta} \quad (1.10)$$

Donde:

L es la iluminancia (cd/m).

β es el ángulo de incidencia (grados).

I es la intensidad luminosa (cd).

Es un parámetro más cualitativo que cuantitativo. Se puede establecer una relación entre la intensidad luminosa y la superficie proyectada verticalmente a la



dirección de irradiación $\left(\frac{cd}{m^2}\right)$. El ojo se adapta de manera natural a las diferencias de luminancia, pero éstas no deben ser muy elevadas por el riesgo de deslumbramientos, ni muy continuadas ya que el ojo se estaría adaptando constantemente con el consiguiente cansancio ocular. Tampoco pueden ser muy homogéneas, ya que el entorno sería muy monótono. Así, mediante nuestro estudio tendremos que llegar a considerar un rango de valores adecuados. La luminancia se puede medir por medio de un aparato llamado luminancímetro o nitómetro.

1.7.6.- Otros conceptos importantes

Aunque las anteriores son las más importantes, existen otras magnitudes que puede ser interesante conocer a la hora de abordar un estudio de iluminación. A continuación se expondrán brevemente:

- **Coeficiente de utilización:** es la relación entre el flujo luminoso recibido por un cuerpo y el flujo emitido por una fuente luminosa.
- **Reflectancia:** es la relación entre el flujo reflejado por un cuerpo (con o sin difusión) y el flujo recibido.
- **Absortancia:** es la relación entre el flujo luminoso absorbido por un cuerpo y el flujo recibido.
- **Transmitancia:** es la relación entre el flujo luminoso transmitido por un cuerpo y el flujo recibido.
- **Factor de uniformidad media:** es la relación entre la iluminación mínima y la media, de una instalación de alumbrado.
- **Factor de uniformidad extrema:** es la relación entre la iluminación mínima y máxima que hay en una instalación de alumbrado.
- **Factor de uniformidad longitudinal:** es la relación entre la luminancia mínima y la máxima longitudinal, de una instalación de alumbrado.
- **Factor de uniformidad general:** es la relación entre la luminancia mínima y media, de una instalación de alumbrado.
- **Factor de mantenimiento:** es el coeficiente que indica el grado de conservación de una instalación.

1.7.7.- Representación gráfica de las magnitudes luminosas

La distribución luminosa es el conjunto de la intensidad luminosa de una fuente de luz en todas direcciones. En la práctica, las fuentes de luz tienen una

superficie luminosa que puede ser mayor o menor y además, la intensidad de la radiación estará afectada por las características constructivas de la propia fuente, por lo que tendremos valores distintos dependiendo de la dirección.

Utilizando los instrumentos apropiados, se puede medir la intensidad luminosa de una fuente en todas direcciones. Si representamos estas magnitudes por medio de vectores, obtendremos un volumen que será el flujo total emitido. La expresión para el cálculo sería:

$$\Phi = \int I \cdot dw \quad (1.11)$$

Donde:

Φ es el flujo luminoso (lm).

I es la intensidad luminosa (cd).

dw es el diferencial del ángulo sólido (sr).

El sólido obtenido se llama sólido fotométrico. Por ejemplo, para una lámpara incandescente tendremos:

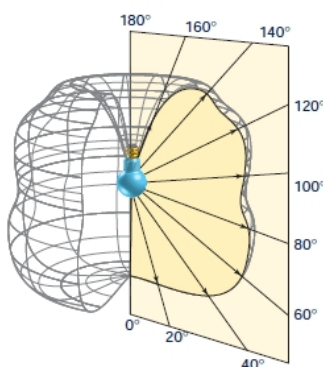


Figura 39. Sólido fotométrico.

Al pasar un plano por el eje de simetría, obtendremos ahora la curva fotométrica:

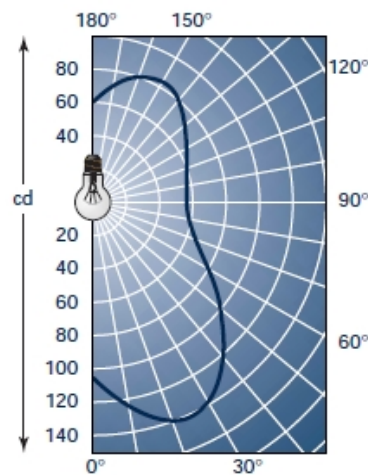


Figura 40. Curva fotométrica.

Mediante esta curva, podremos determinar la intensidad luminosa en cualquier dirección. Estos datos son bastante importantes para realizar los cálculos de iluminación.

Las curvas suelen referirse a un flujo luminoso emitido de 1000 lm y, como lo normal es que nuestra fuente de luz emita un flujo superior, los valores de intensidad luminosa se obtendrán mediante una regla de tres simple.

Si tenemos una lámpara dentro de un reflector, la curva de distribución será diferente dependiendo del plano que queramos. Así, debemos conocer la distribución del plano que queramos. En la siguiente imagen, tenemos un ejemplo de esto:

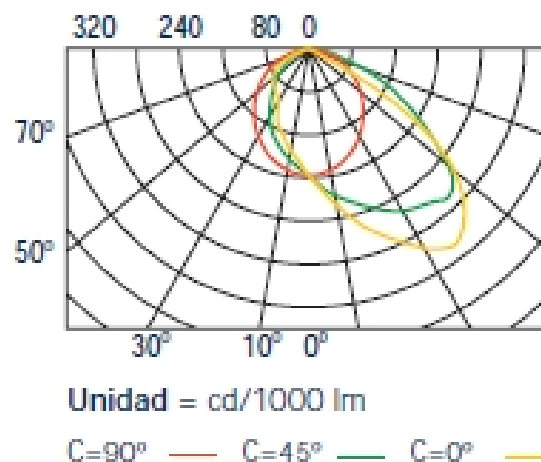


Figura 41. Distribución lámpara con reflector.

Otra forma de representar la distribución del flujo luminoso es mediante el diagrama de curvas isocandelas, que consiste en imaginar la luminaria en el centro de una esfera en la que la superficie exterior, está unida por una línea de puntos con igual intensidad. La siguiente imagen muestra un ejemplo de diagrama de curvas isocandelas:

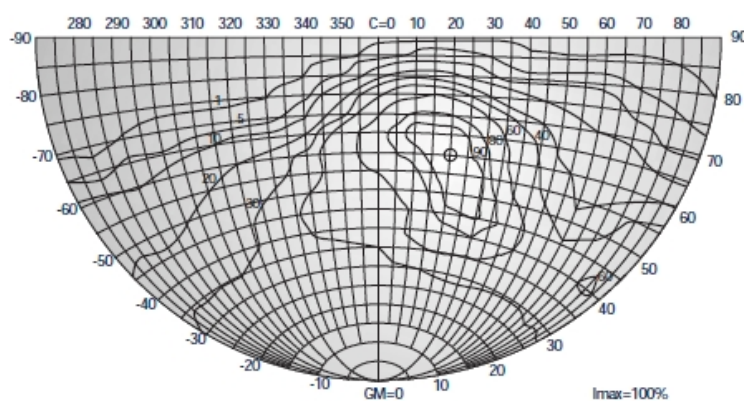


Figura 42. Curvas isocandelas.

De igual forma, podemos obtener las curvas isolux de la iluminancia en una determinada superficie:

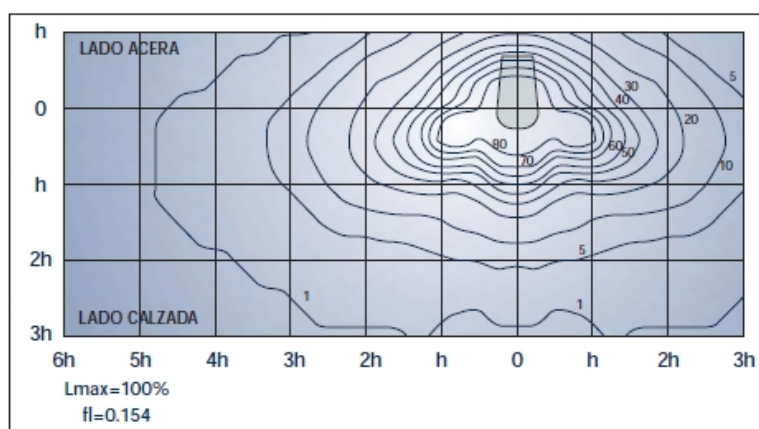


Figura 43. Curvas isolux.

También podríamos representar las luminancias, que dependerán del flujo luminoso reflejado por una superficie en la dirección del observador. Los valores están medidos en candelas por metro cuadrado y su representación se refleja mediante las curvas de isoluminancias:

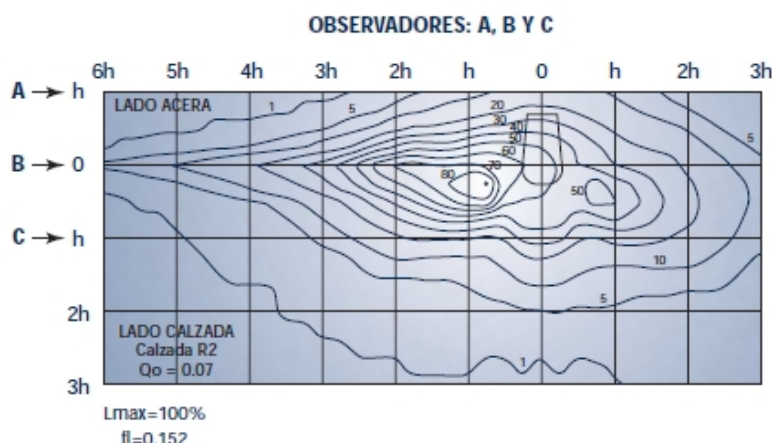


Figura 44. Curvas de isoluminancias.

1.8.- LÁMPARAS Y LUMINARIAS

1.8.1.- Lámparas

Como la luminancia de las lámparas es muy alta es necesario aumentar la superficie aparente de emisión para evitar los deslumbramientos. Hay que apantallas las lámparas para que dirijan el flujo de la forma más adecuada a nuestros propósitos.

Según la Norma UNE-EN 60598-1, *una luminaria es un aparato de alumbrado que reparte, filtra o transforma la luz emitida por una o varias lámparas y que comprende todos los dispositivos necesarios para el soporte, la fijación y la protección de lámparas, (excluyendo las propias lámparas) y, en caso necesario, los circuitos auxiliares en combinación con los medios de conexión con la red de alimentación.*

Así, la luminaria es un objeto que se compone a su vez de un conjunto de elementos cuya finalidad es proporcionar una radiación luminosa adecuada.

Los elementos más característicos son:

- La armadura o carcasa: sirve como soporte para la luminaria. Podemos diferenciar entre carcasas para interiores, exteriores, empotradas, etc.
- Equipo eléctrico/electrónico: dependiendo del tipo de fuente de luz, tendremos el equipo adecuado para lámparas incandescentes, halógenas, fluorescentes, etc.



- Reflectores: son superficies en el interior de la luminaria para modelar la forma y la dirección del flujo de la lámpara. Dependiendo de cómo se emita la radiación luminosa distinguiremos entre:
 - o Simétrico o asimétrico.
 - o Concentrador o difusor.
 - o Especular (con escasa dispersión) o no especular (con dispersión).
 - o Frío (no reflector dicróico) o normal.
- Difusores: elemento de cierre o recubrimiento de la luminaria en la dirección de la radiación luminosa. Los más usuales son:
 - o Opal liso (blanca) o prismática (metacrilato traslúcido).
 - o Reticular (con influencia directa sobre el ángulo de apantallamiento).
 - o Especular o no especular (con propiedades similares a los reflectores).
- Filtros: sirven para potenciar o mitigar determinadas características de la radiación.

1.8.2.- Iluminación 'tradicional'

1.8.2.1- Lámparas incandescentes

Es la fuente de luz más próxima a la luz del día. Se pueden clasificar en tradicionales y halógenas. En ambos grupos se las puede encontrar para funcionamientos en baja tensión y para 230 voltios.

Las incandescentes tradicionales se fabrican de tipo Standard clara y opalina, con filamento reforzado, decorativas, reflectoras de vidrio soplado, etc. Tienen una vida útil de unas 1000 horas. Este tipo de lámparas son muy sensibles a la tensión de aplicación. Si la lámpara trabaja a un 5% más de la tensión nominal, la vida útil disminuye hasta la mitad. En cambio, si la tensión disminuye un 5%, la vida útil de la lámpara se prolongará el 50%. Por eso se utilizan frecuentemente los Dimmers, que disminuyen la tensión de alimentación. Hay que tener en cuenta que también, al variar la tensión también variará la temperatura de color, el rendimiento lumínico y el consumo de potencia.

Las halógeneas se encuentran en los tipos Bi-pin, dicróica, super-spot con pantalla metálica, lineal de doble contacto, etc. La vida útil está entre las 2000 y



4000 horas, según el tipo (aunque hay algunas lámparas que utilizan gas Xenón como halógeno y tienen una duración muy superior).

1.8.2.2- Lámparas fluorescentes

El tubo fluorescente es un tipo de lámpara que une a su gran eficiencia, una larga vida útil por encima de las 8000 horas y una gran gama de temperaturas de color con una óptima reproducción cromática. Tenemos a nuestra disposición además, una gran variedad de potencias y tamaños.

Es un tipo de lámpara muy utilizada en la iluminación de oficinas, industrias, etc.

También tienen sus desventajas. La principal es que son unas lámparas diseñadas a trabajar a una temperatura de 25°C. Si la temperatura es superior o inferior, el flujo luminoso se reduce. Por este motivo, es conveniente no instalar en una luminaria hermética más de dos lámparas para evitar el recalentamiento. También es bueno evitar la colocación de luminarias abiertas en lugares donde pueda haber corrientes de aire.

1.8.2.3- Lámparas de descarga

Aunque este tipo de lámparas se asocia normalmente a fuentes de gran potencia, también existe una gran variedad de lámparas de pequeña y mediana potencia.

En interiores, son una buena solución cuando queremos iluminar espacios de doble y triple altura, que no presentan una fácil solución mediante lámparas incandescentes o fluorescentes. Para estos casos, las lámparas de descarga a pequeñas potencias, reducidas dimensiones y gran flujo luminoso, son una alternativa ideal.

1.8.2.4.- Condiciones que deben reunir las lámparas ‘tradicionales’

- Distribución espectral de la radiación total: para que las lámparas puedan trabajar con alto rendimiento, casi toda la energía absorbida se tendría que transformar en radiación visible. Además, su luz debería ser blanca y con buena reproducción cromática, para lo que se necesita un espectro continuo que contenga todos los colores principales. Como la sensibilidad del ojo es máxima para la radiación amarillo – verdosa, lo mejor en cuanto a rendimiento luminoso es que el porcentaje de radiación sea mayor en la zona 555 nm.
- Luminancia: las lámparas que se empleen al descubierto no tienen que tener una luminancia elevada para que su efecto de deslumbramiento esté dentro de unos límites soportables. El fin al que destinemos la lámpara será el que marque el valor de la luminancia admisible.
Generalmente, la luminancia que se obtiene de una lámpara dependerá del sistema adoptado para la producción de luz. La luminancia de las lámparas no puede aumentarse mediante un sistema óptico pero sí debilitarse (por ejemplo, con capas difusoras).
- Distribución de la intensidad luminosa: la radiación de una lámpara no será igual en todas las direcciones del espacio sino que se ve afectada por la posición del casquillo, el soporte del cuerpo luminoso, etc. El sistema óptico se tiene que ajustar a la curva de distribución luminosa de la lámpara para que la luz sea dirigida al punto que más interese.
- Efecto biológico de la radiación emitida: es importante que las lámparas no emitan ninguna radiación que pudiera ser perjudicial para el hombre. Algunas lámparas de descarga de gases tienen un porcentaje de emisión en ultravioleta, por lo que se suele utilizar junto a ellas un tipo de vidrio que absorba la radiación crítica.
- Color apropiado: el color de luz de una lámpara se determina por la composición espectral de su radiación. Las lámparas incandescentes tienen un alto contenido en rojo, por lo que sólo pueden radiar un color blanco cálido. En cambio, en las lámparas de descarga los colores de luz están definidos por los gases o vapores. En las lámparas fluorescentes existe la posibilidad de conseguir cualquier matiz mediante la mezcla de sustancias luminiscentes conocidas.



La siguiente tabla establece grupos de luz según la temperatura de color:

COLOR DE LUZ	TEMPERATURA DE COLOR
INCANDESCENTE – FLUORESCENTE	2600 – 2700 K
BLANCO CÁLIDO	2900 – 3000 K
BLANCO O BLANCO NEUTRAL	3500 – 4100 K
BLANCO FRÍO	4000 – 4500 K
BLANCO LUZ DÍA	6000 – 6500 K

Tabla 4. Temperaturas de color.

- Calidad de reproducción cromática: se refiere al aspecto del color que presentan las diferentes superficies iluminadas. Su calidad depende de la tonalidad de la luz incidente y de la composición espectral. Normalmente, una lámpara tiene que tener una buena reproducción cromática.
- Constancia del flujo luminoso: en la práctica no se puede mantener el valor del flujo luminoso al 100%, pero una buena lámpara tendrá un valor elevado de este.
- Rendimiento luminoso: en muchos casos habrá que decidir si es más importante para nosotros tener un elevado rendimiento luminoso a cambio de una reproducción cromática peor.
- Vida media y útil: la vida media representará la media aritmética de la duración en horas de cada una de las lámparas de un mismo modelo y tipo. La vida útil es una magnitud en horas referida a la práctica, al cabo de las cuales el flujo luminoso ha descendido a un valor tal para que la lámpara no resulte rentable.
- Repercusiones en la red de alimentación: la repercusión de las lámparas incandescentes se limita a una sobreintensidad en el momento de la conexión. En cambio, en las lámparas de descarga tendremos que tener en cuenta el factor de potencia debido a la inductancia., que supondrá una carga para el circuito.
- Variaciones de la tensión de alimentación: estas variaciones influirán en los datos luminotécnicos de cualquier lámpara.



- Tiempo hasta que el régimen luminoso alcance el régimen normal: mientras que las lámparas incandescentes se encienden inmediatamente emitiendo su flujo total, las lámparas fluorescentes tendrán un retardo. Las lámparas de descarga pueden tener valor de encendido de varios minutos.
- Posibilidad de reencendido inmediato: posibilita que la lámpara, después de apagada, se reencienda inmediatamente con plena emisión de flujo luminoso. Esta condición sólo la presentan las lámparas incandescentes.
- Efecto estroboscópico: todas las fuentes de luz que funcionan en corriente alterna se produce este efecto. Normalmente, el ojo no es capaz de apreciar variaciones tan rápidos de luz que se dan en lámparas que funcionan a 50 Hz, pero puede pasar que las lámparas iluminen zonas en las que se realicen movimientos rápidos, observándose estos como si se realizaran de forma intermitente. Este efecto se puede reducir por medio de montajes especiales en la alimentación de las lámparas.
- Posición de funcionamiento: hay que tener en cuenta las tolerancias que los catálogos ofrecen para evitar el agotamiento prematuro de la lámpara. Las principales posiciones de funcionamiento son:
 - S (s) = vertical (de pie, casquillo abajo).
 - H (h) = vertical (colgando, casquillo arriba).
 - P (p) = horizontal (casquillo a un lado).
 - HS (hs) = vertical (casquillo arriba o abajo).
 - Universal = permite cualquier posición.

1.8.3.- Iluminación de estado sólido

La iluminación LED utiliza lámparas eficientes basadas en la tecnología de semiconductores.

Lo que caracteriza a los diodos emisores de luz (LED) es su espectro de banda estrecha. Tienen múltiples ventajas respecto a la iluminación tradicional, como su forma pequeña, elevada saturación cromática, vida media (aprox. 50000 horas) y el reducido consumo energético. Además, son bastante resistentes a los impactos.

Cuando son conectados a la red, necesitan de equipos auxiliares que nos permitan disponer de una corriente correcta. La fuente de luz puntual nos permite dirigir la luz con exactitud.



La principal desventaja que tienen es que la potencia de la radiación del LED disminuye al aumentar la temperatura. Por esto, tenemos que disponer de una buena disipación de calor.

Es conveniente evitar la incidencia directa de los rayos solares, por lo que, debido a las altas temperaturas de Egipto, utilizaremos los LED exclusivamente para la iluminación en el interior de la tumba y no en el exterior.

El arranque no tiene ningún retardo y la reacción es inmediata a las ordenes procedentes del control. Además, cuando son regulados, el color de luz se mantiene constante.

Los fabricantes clasifican los LED según el flujo luminoso y la longitud de onda dominante. Para esto, se indica un código "Bin", de forma que la clasificación LED se denomina también binning.

Los LEDs son diodos semiconductores que forman parte de los proyectos electroluminiscentes. La producción de la emisión se lleva a cabo por la combinación de los pares de portadores de carga del semiconductor, con una distancia de bandas correspondiente. Los LEDs producen una radiación de banda estrecha. La temperatura de color se mantiene constante, aún cuando la intensidad luminosa disminuye. En el caso de los LEDs que se utilizan para iluminación, no se produce ninguna radiación ultravioleta (UV) ni infrarroja (IR). Por este motivo, los LEDs son ideales para llevar a cabo la iluminación en el interior de la tumba.

Si aplicamos una tensión al cátodo y al ánodo, el LED emitirá luz desde la capa barrera. Los electrones cambian su nivel energético y ceden fotones. La longitud de onda producida dependerá de los materiales semiconductores.

Los LEDs tienen una zona espectral de banda estrecha. La longitud de onda dominante establece el lugar de color del LED. En comparación con las lámparas fluorescentes de color, los LEDs cuentan con una saturación cromática mayor.

1.8.3.1.- Clasificación de los LEDs según la luz producida

1.8.3.1.1.- LED blanco

Para producir luz blanca no existen materiales semiconductores correspondientes. Por esta razón, se emplean actualmente dos tecnologías: la mezcla RGB o la conversión de luminiscencia. La reproducción cromática de diodos

luminosos blancos llega actualmente a un índice de reproducción cromática RA de 90. Hay LEDs de blanco cálido, blanco neutro y blanco de luz diurna, desde 2500K hasta 8000K.

1.8.3.1.2.- LED RGB

La combinación de tres diodos luminosos de colores rojo, verde y azul (RGB), permite mezclar los colores de luz dentro de una gran gama de colores y de esta forma producir también el blanco. El control compensa los flujos de los diferentes LEDs.

1.8.3.2.- LEDS según sus características constructivas

1.8.3.2.1.- LED tipo T

La forma T normal del LED tiene un cuerpo de material sintético de 3 – 5 mm de tamaño. La forma de lente determina el ángulo de salida de la luz.

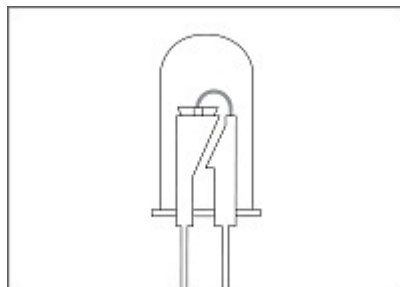


Figura 45. LED tipo T.

1.8.3.2.2.- LED tipo SMD

Del tipo “Surfaced Mounted Device”. El componente se pega directamente en el circuito impreso.

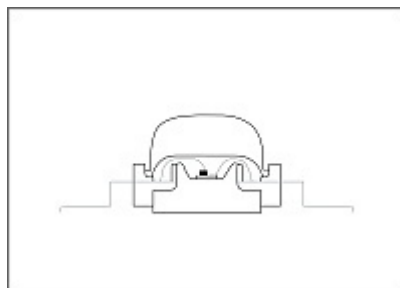


Figura 46. LED tipo SMD.

1.8.3.2.3.- LED tipo COB

Utiliza la tecnología "Chip on Board". El chip se coloca sobre el circuito impreso sin ningún cuerpo propio. El chip tiene que ser protegido mediante embebido contra las influencias externas.

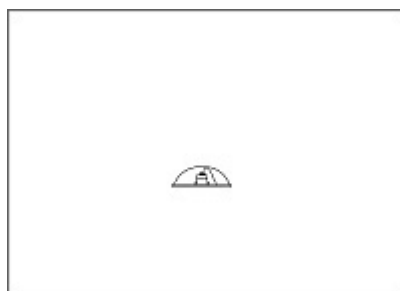


Figura 47. LED tipo COB.

1.8.3.2.4.- LED de alta potencia

Se denominan High Power LED. Son diodos que tienen un consumo de potencia por encima de 1W. Tienen que tener un montaje especial con una resistencia térmica muy baja entre el chip y el circuito impreso.



1.9.- CLASIFICACIÓN DE LAS LUMINARIAS

1.9.1.- Según el grado de protección eléctrica

Las luminarias tienen que asegurar la protección de las personas contra los contactos eléctricos. Según el grado de aislamiento de las luminarias, las podemos clasificar como:

- Clase 0: aislamiento funcional, pero sin aislamiento doble ni reforzado en su totalidad y sin conexión a tierra.
- Clase I: Luminaria con al menos aislamiento funcional en su totalidad y con el terminal o contacto de conexión a tierra.
- Clase II: Luminaria con aislamiento doble y/o aislamiento reforzado en su totalidad y sin provisión para descarga a tierra.
- Clase III: Luminaria diseñada para ser conectada a circuitos de voltaje extra-bajo, y que no tiene circuitos, ni internos ni externos, que operen a un voltaje que no sea el extra-bajo de seguridad.

1.9.2.- Clasificación de las luminarias según las condiciones operativas

Las luminarias se clasifican según el grado de protección que tienen contra el ingreso de cuerpos extraños como el polvo y la humedad, según el sistema IP (International Protection – Protección Internacional) que está fijado por la UNE-EN 60598.

Se establecen una serie de tablas en las que se establecen los grados de protección mediante tres letras características de IP, seguidas de dos números (tres en Francia) que indican el cumplimiento de las condiciones. El primer número hace referencia a la protección contra el ingreso de cuerpos extraños y polvo, el segundo el grado de estancamiento para evitar que entre agua y el tercero, en el sistema francés, el grado de resistencia a los impactos. Las tablas se representan a continuación:



PRIMER NÚMERO CARACTERÍSTICO	DESCRIPCIÓN
0	NO PROTEGIDA
1	PROTEGIDA CONTRA OBJETOS SÓLIDOS MAYORES DE 50 mm
2	PROTEGIDA CONTRA OBJETOS SÓLIDOS MAYORES DE 12,5 mm
3	PROTEGIDA CONTRA OBJETOS SÓLIDOS MAYORES DE 2,5 mm
4	PROTEGIDA CONTRA OBJETOS SÓLIDOS MAYORES DE 1 mm
5	PROTEGIDA CONTRA EL POVO
6	HERMÉTICA AL POVO

Tabla 5. Primer Número IP.

SEGUNDO NÚMERO CARACTERÍSTICO	DESCRIPCIÓN
0	NO PROTEGIDA
1	PROTEGIDA CONTRA GOTAS DE AGUA EN CAÍDA VERTICAL
2	PROTEGIDA CONTRA GOTAS DE AGUA VERTICALES CON UNA INCLINACIÓN MÁXIMA DE 15° DE LA ENVOLVENTE
3	PROTEGIDA CONTRA EL AGUA EN FORMA DE LLUVIA FORMANDO 60° CON LA VERTICAL COMO MÁXIMO
4	PROTEGIDA CONTRA PROYECCIONES DE AGUA EN TODAS DIRECCIONES
5	PROTEGIDA CONTRA CHORROS DE AGUA EN TODAS DIRECCIONES
6	PROTEGIDA CONTRA FUERTES CHORROS DE AGUA EN TODAS DIRECCIONES
7	PROTEGIDA CONTRA EFECTOS DE INMERSIÓN TEMPORAL EN AGUA
8	PROTEGIDA CONTRA LA INMERSIÓN CONTINUA

Tabla 6. Segundo Número IP.



SEGUNDO NÚMERO CARACTERÍSTICO	DESCRIPCIÓN
0	NO PROTEGIDA
1	PROTEGIDA CONTRA IMPACTO DE 0,225J
3	PROTEGIDA CONTRA IMPACTO DE 0,5J
5	PROTEGIDA CONTRA IMPACTO DE 2J
7	PROTEGIDA CONTRA IMPACTO DE 6J
9	PROTEGIDA CONTRA IMPACTO DE 20J

Tabla 7. Tercer Número IP.

En lugar de la tercera cifra, también se usa la Norma EN-50102 sobre “Grados de Protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra impactos mecánicos externos (código IK)”.

En esta norma, el grado de protección de la envolvente contra los impactos se indica mediante las letras IK seguidas del grupo de cifras características, del 00 al 10, según el grado de energía de impacto.

Generalmente, el grado de protección se aplica a la envolvente en su totalidad, pero si hay partes con grado de protección diferentes, debe indicarse.

1.9.3.- Grado de inflamabilidad de la superficie de montaje

En ocasiones, la inflamabilidad de la superficie en la que se quiere instalar la luminaria y la temperatura del cuerpo de ésta restringen el montaje. Si la superficie es no combustible, no hay problema, pero en caso contrario, debemos atenernos a la EN-60598, que clasifica las superficies entre fácilmente inflamables o normalmente inflamables.

1.9.4.- Luminarias para instalaciones de interior

Dentro de este grupo encontramos luminarias que tienen como finalidad la iluminación de locales y naves. Las luminarias para la iluminación general de interiores se clasifican por la C.I.E. según el porcentaje de flujo luminoso total distribuido por encima y por debajo del plano horizontal. La siguiente tabla refleja dicha clasificación:

CLASE DE LUMINARIA	% DISTRIBUCIÓN DEL FLUJO HACIA ARRIBA	% DISTRIBUCIÓN DEL FLUJO HACIA ABAJO
DIRECTA	0-10	10-100
SEMI-DIRECTA	10-40	60-90
DIRECTA-INDIRECTA	40-60	40-60
GENERAL DIFUSA	40-60	40-60
SEMI-INDIRECTA	60-90	10-40
INDIRECTA	90-100	0-10

Tabla 8. Clasificación según la distribución de flujo luminoso.

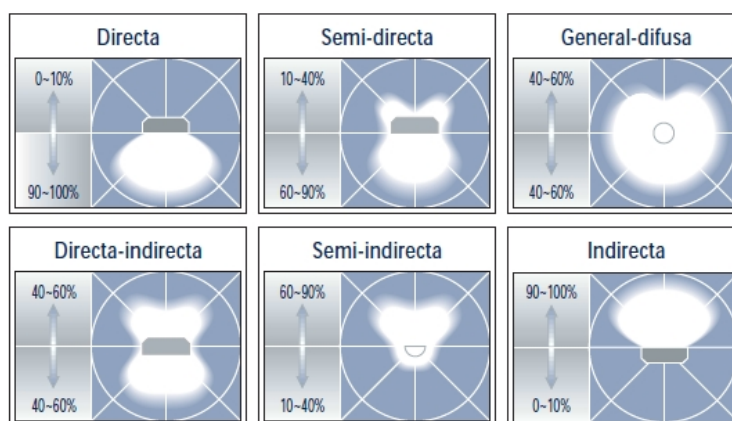


Figura 48. Distribución del flujo.

Además, respecto a la simetría del flujo emitido, distinguiremos:

- Luminarias de distribución simétrica: son las que el flujo luminoso se reparte de forma simétrica respecto al eje de simetría.
- Luminarias de distribución asimétrica: son las que el flujo luminoso se reparte de forma asimétrica respecto al eje de simetría.

Normalmente, las luminarias para iluminación interior están acompañadas de una serie de curvas que nos ofrecen información:

- Curvas de distribución polar: se dan en general tres planos C (0°, 45°, 90°). Están en las unidades de cd por 1000 lúmenes de flujo emitido por lámpara.

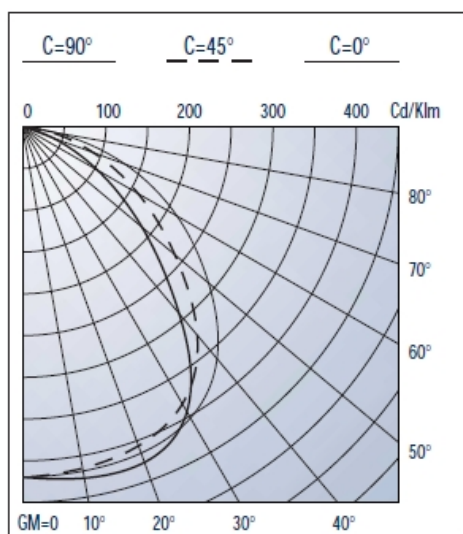


Figura 49. Curva de Distribución Polar.

- Diagrama de flujo zonal: nos indican el flujo recibido por la superficie a iluminar directamente desde la luminaria en función del ángulo γ .

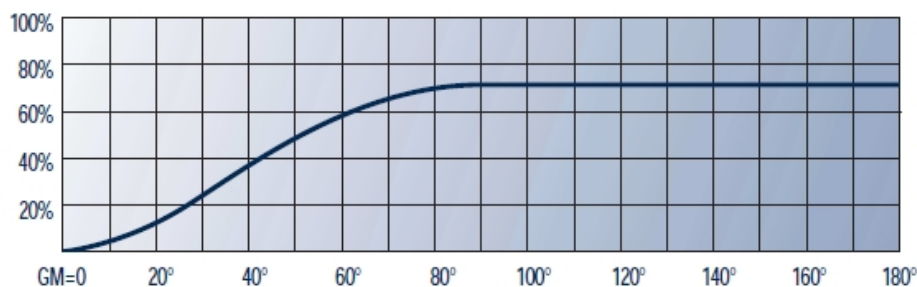


Figura 50. Diagrama de Flujo Horizontal.

Para luminarias concentradoras, a partir de ángulos pequeños se obtendrá un alto porcentaje de flujo.

Para luminarias dispersoras, el diagrama tendrá una curva de pendiente más atenuada porque el flujo varía poco a poco conforme aumentamos el ángulo.

- Diagrama de deslumbramiento: están basados en el Sistema de protección del deslumbramiento de la C. I. E. Las curvas de estos diagramas son de limitación de la luminancia. Estas curvas abarcan una escala de índices de deslumbramiento y distintos valores de iluminancia de servicio standard.

Hay que usar dos diagramas que dependen del tipo de luminaria y la orientación según la visión. La limitación de luminancia depende del tipo de orientación de la luminaria, el ángulo de apantallamiento, la clase de calidad y el valor de iluminancia en servicio.

1.9.4.1.- Lámparas ‘tradicionales’ más usadas en interiores

En el siguiente cuadro se representa las características de las lámparas que se han utilizado más (hasta la llegada de la Iluminación de Estado Sólido) en los interiores:

Tipo de lámpara	Rango de potencias (w)	Vida útil (hs)	Rendimiento (lm/w)	IRC
INCANDESCENTES HALOGENAS				
-Con reflector dicroico 12V	20 35 50	3000	15 a 20	100
-Con pantalla metálica 12V	20 35 50 75 100	3000	15 a 20	100
-Tipo Bi-pin 12V	10 20 35 50 75 90	3000	15 a 20	100
-Lineal doble contacto 220V	100 a 2000	2000	15 a 22	100
-Con rosca E27 220V	60 75 100 150 250	2000	14 a 18	100
-Par 18 rosca E27 220V	50	2000	~20	100
-Par 20 rosca E27 220V	50	2000	~20	100
-Par 30 rosca E27 220V	75	2000	~20	100
FLUORESCENTES LINEALES T8				
-Linea standard	18 36 58	8000	61 a 79	65
-Tipo trifósforo	18 36 58	10000	72 a 94	85
-Tipo trifósforo de lujo	18 36 58	10000	55 a 67	90
FLUORESCENTES LINEALES T5				
-Tipo trifósforo	14 21 28 35	10000	17 a 104	85
-Tipo trifósforo	24 39 54 80	10000	73 a 81	85
FLUORESCENTES CIRCULARES				
-Linea standard (FH)	22 32 40	8000	45 a 70	65
-Tipo trifósforo (FQ)	22 32 40	10000	60 a 72	85
FLUORESCENTES COMPACTAS				
-Simples standard	5 7 9 11	8000	50 a 82	85
-Simples L	18 24 36 40 55	8000	67 a 87	85
-Dobles	10 13 18 26	8000	60 a 69	85
-Triples	18 26 32 42	8000	67 a 69	85
-Dobles planas	18 24 36	8000	61 a 78	85
-Reflectoras	15 20 36	8000	47 a 50	85
-Tipo globo	15 20	8000	47 a 50	85
-Circulares	18 28	8000	55 a 64	85
MERCURIO HALOGENADO				
-Tipo doble contacto	70 150 250	8000	71 a 80	85
-Tipo Bi-pin	35 70 150	8000	93 a 97	85

Tabla 9. Características lámparas tradicionales.

El siguiente cuadro nos da una orientación sobre la eficiencia de varias fuentes de luz:

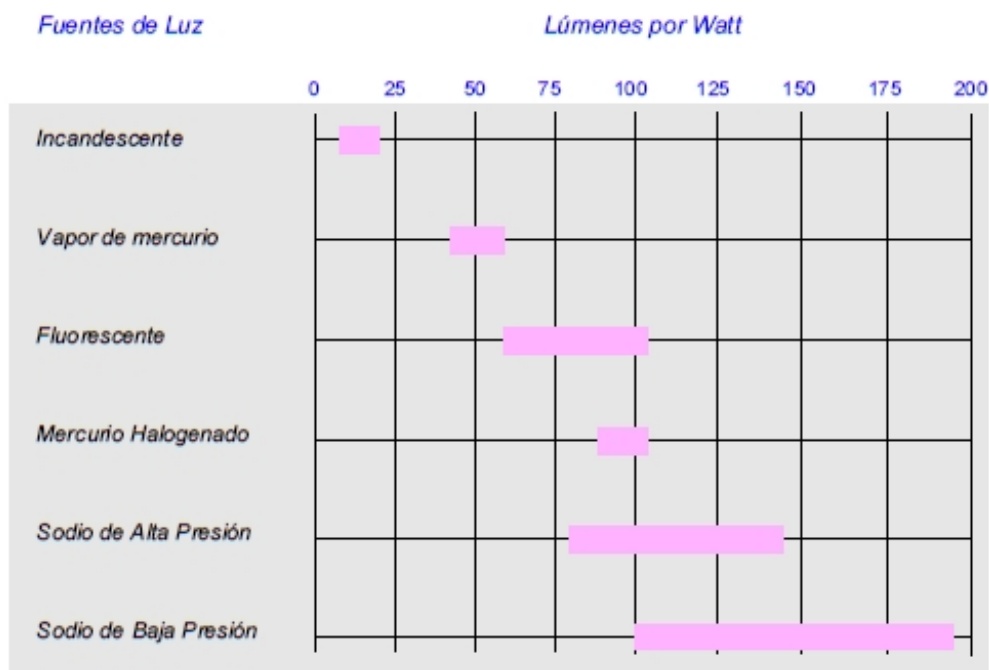


Figura 51. Eficiencia de Fuentes de Luz Tradicionales.

1.9.5.- LUMINARIAS PARA INSTALACIONES DE EXTERIOR

Nos centraremos en el alumbrado por proyección, ya que es el que se emplea en la iluminación de elementos arquitectónicos como el que nos ocupa.

Un proyector es una luminaria que concentra la luz en un ángulo sólido determinado por un sistema óptico (espejos o lentes), con el objetivo de conseguir una intensidad luminosa elevada.

Las lámparas que se utilizan para este tipo de iluminación pueden ser lámparas con reflectores de vidrio prensado, lámparas halógenas, lámparas de

mercurio, etc. Cada una funciona a un voltaje determinado y ofrecen un determinado tipo y cantidad especial de luz, eficiencia, etc.

Los proyectores se pueden clasificar en tres tipos básicos desde el punto de vista de distribución de la luz: con simetría, de rotación simétricos y asimétricos. Se pueden clasificar también dependiendo de la apertura de su haz:

DESCRIPCIÓN	APERTURA DEL HAZ
HAZ ESTRECHO	$< 20^\circ$
HAZ MEDIO	20° a 40°
HAZ ANCHO	$> 40^\circ$

Tabla 10. Clasificación según el haz.

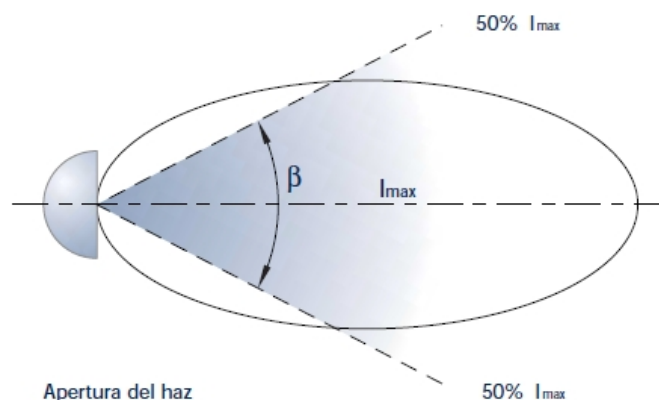


Figura 52. Apertura del haz.

1.9.5.1.- Información que acompaña a los proyectores

- Diagrama cartesiano: obtenidos en las fotometrías realizadas sobre proyectores. Aparecen tres líneas que representan al plano vertical, horizontal y al 50% de la intensidad máxima (línea paralela al eje de abscisas).

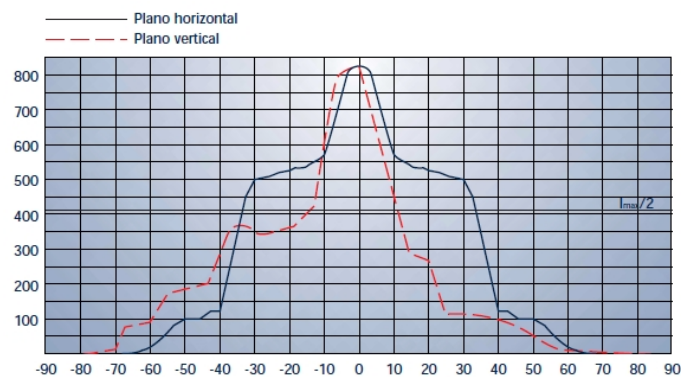


Figura 53. Diagrama Cartesiano.

- Diagrama de isocandelas: los ángulos de los planos C y B se dan sobre el eje horizontal, los ángulos γ y β en el vertical.

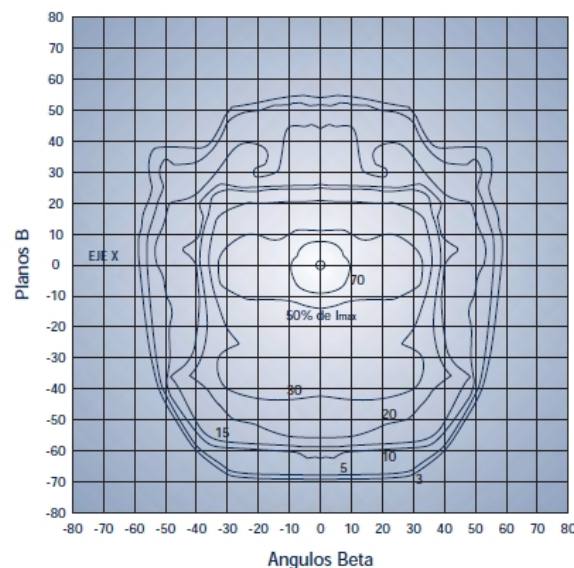


Figura 54. Diagrama de Isocandelas.

1.9.6- Eficiencia de las luminarias

La eficiencia de la luminaria se encuentra expresada en términos de su Índice de Salida de Luz (Light Output Ratio). Este índice representa la porción de salida de luz de la luminaria con respecto a la suma de las salidas individuales de luz de las lámparas cuando éstas se usan fuera de la luminaria.



1.10.-REQUISITOS DE DISEÑO

1.10.1- Composición de la obra

En el contexto de la iluminación artística, los márgenes de maniobra están definidos en función de la experiencia visual que se quiere ofrecer al visitante y también los problemas relativos a la conservación.

Nos enfrentamos a estas premisas en los museos, galerías y otros tipos de recintos destinados a la exhibición de arte u objetos históricos, en los que el riesgo de daño de los mismos se incrementa debido a múltiples factores. Cuanto más visible y accesible, mayor es el riesgo que tenemos.

En el caso que ocupamos, exhibir la tumba Qh31 implica la posibilidad de dañar los elementos que la constituyen, debido a la instalación que hay que llevar a cabo para iluminarla. Además, la luz puede causar daños por sí misma, que pueden ser de tipo fotoquímico e incluso fotomecánico (la luz tiene naturaleza y dual y se comporta también como partícula)

Desde luego, la opción de mantener la riqueza artística y cultural guardada en cofres aislados o cámaras selladas puede ser muy buena en cuanto a la conservación se refiere, pero es radicalmente opuesta al objetivo que se persigue, que es el de dar valor al monumento para que se convierta en una atracción turística capaz de producir un desarrollo socioeconómico en la región.

El deterioro será diferente dependiendo de los componentes químicos que conformen la obra o el monumento a exhibir. Podemos distinguir entre materiales orgánicos, inorgánicos y compuestos.

El deterioro se puede clasificar a su vez de tipo fotoquímico y térmico. Los efectos fotoquímicos se atribuyen normalmente a la emisión de ultravioleta por parte de la fuente luminosa y depende de la composición espectral de la misma. Es el efecto más importante ya que el daño causado es irreversible. El valor máximo recomendado para las fuentes de luz utilizadas en museos es de 75 mW/lumen.

La luz ultravioleta, normalmente constituye el 1 % del espectro de las fuentes lumínicas. El deterioro se ocasiona sobre materiales sensibles, especialmente los de componente orgánico. Los colorantes de las pinturas pierden color, mientras que los barnices y aglutinantes suelen volverse más oscuros. El papel se torna amarillo y se vuelve quebradizo.



Según las longitudes de onda, podemos clasificar los ultravioleta en:

- UV-A (onda-larga) 315-400 nm
- UV-B (onda-media) 280-315 nm
- UV-C (onda-corta) 100-280 nm

La solución generalizada es filtrar las fuentes de luz que emiten ultravioleta mediante filtros que recubren las lámparas o en los casos de iluminación natural, su instalación en ventanas y tragaluces.

Los efectos térmicos se deben a la radiación infrarroja y su atenuación también es de vital importancia, aunque los daños no sean tantos como los causados por la UV.

En algunas fuentes de luz, la proporción de infrarrojos puede rondar valores de hasta el 90%. Los daños térmicos en combinación con la humedad del aire, ocasiona hendiduras por contracción y dilatación en madera, rajaduras en vidrios y favorece la aparición de microorganismos en muchos materiales que ocasionan daños.

Podemos clasificar los IR dependiendo de la longitud de onda en:

- IR-A (onda-corta) 800-1400 nm
- IR-B (onda-media) 1400-3000 nm
- IR-C (onda-larga) 3000-10000 nm

1.10.1.1.- Luz natural

Este tipo de fuente de luz tiene un amplio espectro cromático y brinda espacialidad. Además, tiene la ventaja de que es gratuita y no tenemos que realizar instalación alguna.

Además de que debe ser filtrada para evitar los efectos dañinos de radiaciones como el infrarrojo y el ultravioleta, la luz diurna tiene el inconveniente de que varía en intensidad, orientación, etc.

Además, al ser las tumbas recintos excavados en la montaña, en los que no hay posibilidad de modificar los elementos del entorno para introducir luz cenital (mediante tragaluces o claraboyas) o indirecta (el coste sería altísimo y el resultado dudoso), tendremos que realizar el estudio teniendo en cuenta sólo la luz lateral que proviene de la abertura de entrada.



1.10.1.2.- Luz artificial

Los dos tipos de luz fundamentales que podemos distinguir en la iluminación decorativa son:

- Fuentes difusas: tienen que bañar las superficies sobre las cuales se colocan las obras de arte. Generalmente, se usan fuentes fluorescentes tubulares y compactas, o luminarias con ópticas asimétricas que permiten una distribución más amplia sobre las obras creando superficies homogéneas.
- Fuentes puntuales: utilizadas para enfatizar la obra e incorporar valores cromáticos más definidos. Se suelen utilizar halógenos, aunque en la actualidad se han sustituido prácticamente por iluminación de estado sólido. Hay que estudiar los haces de luz para conseguir una correcta percepción de los detalles.

1.10.2.- Factores fundamentales en la conservación

1.10.2.1.- Iluminancia

La energía luminosa que incide sobre una superficie es, como sabemos, en parte absorbida por la misma y en parte reflejada. Al reflejarse, la luz llega a nuestros ojos y finalmente, nuestro cerebro puede interpretar la información. Esto es lo que llamamos comúnmente 'visión'.

En cambio, la energía absorbida puede causar cambios químicos en la superficie, lo cual puede resultar fatal en el caso de, por ejemplo, pinturas. Es importante tener en cuenta que muchas de las pinturas se componen de moléculas orgánicas que se degradan con facilidad en determinadas condiciones.

Parece lógico pensar, que una de las soluciones para reducir el daño pasa por reducir la energía absorbida. Para esto, debemos realizar un buen estudio de iluminación para no excedernos en los niveles necesarios. Intentaremos que la luz emitida por las fuentes luminosas se encuentre dentro del espectro visible, propiciando además un aumento de 'visibilidad' sin tener que incrementar la 'intensidad'. La siguiente tabla nos ofrece valores de iluminancia máxima recomendada para obras artísticas realizadas en diferentes materiales:

Niveles de iluminancia máxima recomendada		
Grupo	Materiales	Iluminancia
A	Acuarelas, telas, papel, grabados, tapices, etc.	50 lux
B	Oleos, temperas, hueso marfil, cuero, etc.	200 lux
C	Piedra, metal, cerámica fotos en blanco y negro	300 lux

Tabla 11. Niveles de iluminancia recomendados.

Eliminar sombras y reflejos, iluminar los puntos clave, etc. Son sólo alguno de los puntos que debemos tener en cuenta a la hora de evaluar nuestra propuesta.

Con todo, el punto clave del estudio será la elección de las fuentes de luz adecuadas, eliminado la radiación no visible (UV e IR) y añadiendo filtros u otros dispositivos en el caso de que sea necesario. La luz natural viaja a través del aire compuesta por parte del espectro visible, infrarrojo y ultravioleta e incide sobre los materiales. Estos reflejan parte de los fotones, pero el resto interactúa con las moléculas que componen el material, dañando los enlaces atómicos. Cuanta más luz, más fotones y más daño.

1.10.2.2.- Duración de la exposición a la luz

Obviamente, el tiempo de exposición es un factor determinante en su degradación. En la siguiente tabla observamos algunos valores acumulativos aceptados en la práctica para reducir el daño y a la vez, mantener condiciones adecuadas de visibilidad.

Valores acumulativos de exposición máximos recomendados		
Grupo	Materiales	Valores
A	Acuarelas, telas, papel, grabados, etc.	50 000 lux-h/año
B	Oleos, temperas, hueso, marfil, cuero, etc.	600 000 lux-h/año
C	Piedra, metal, cerámica, fotos en blanco y negro.	—

Tabla 12. Valores acumulativos recomendados.

1.10.3.- Factor de deterioro

Está ligado a los factores de daño que provocan un deterioro acumulativo y en ocasiones, irreversible, por la actuación de las radiaciones IR y UV.



Dependiendo de la fuente de luz, el factor de deterioro será diferente. Este factor se puede encontrar reflejado en tablas.

En definitiva, el deterioro de una obra es función proporcional de la cantidad de luz, el tiempo de exposición y el factor de deterioro.

1.10.4.- Iluminación interior

En los espacios interiores donde se va a realizar un trabajo, se hace imprescindible que la iluminación tenga unos niveles de intensidad necesarios para llevar a cabo las tareas visuales. Sin embargo, en zonas de circulación, salas de estar o galerías de arte (como las que nos ocupa), el criterio de la capacidad visual no es tan importante frente al componente artístico y de confort visual.

Los criterios más importantes relacionados con el diseño de la iluminación son la visibilidad y la satisfacción visual. Además, estos factores tienen que estar equilibrados respecto a los costes de la instalación y los de funcionamiento.

La percepción que tenemos del entorno en el que nos encontramos, queda definida en gran parte por la forma con que la luz interactúa con los objetos que nos rodean.

Cuando tenemos que iluminar de forma artificial un lugar, se hace necesario realizar una serie de cálculos para definir la instalación y obtener una idea de cómo quedará ésta finalmente. Este cálculo debe cumplir por supuesto, con toda la normativa establecida. Los factores que intervienen en este proceso son muchos, por lo que se hace imprescindible prestar atención a una gran variedad de detalles. Algunos de los requisitos más importantes que tendremos que atender son:

- Obviamente, obtener la luz adecuada al entorno y al uso al que va destinado. No es lo mismo diseñar la iluminación que tendrá una oficina, que la de un museo.
- Asegurar una luz de calidad y evitar deslumbramientos.
- Lograr un ambiente que sea 'confortable visualmente'. Es decir, cuidando al máximo la vista y que además cuide el factor 'estético'.
- Ajustar el consumo a las necesidades, de forma que la instalación sea eficiente desde el punto de vista energético.



1.10.4.1.- Diseño de la iluminación

El diseño de la iluminación tiene parte de arte y parte de ciencia, por lo que en la elaboración del mismo, aunque siempre se tiene que cumplir unos requisitos mínimos, tenemos cierto grado de flexibilidad. El propósito de un buen diseño de iluminación es crear una instalación de iluminación es proporcionar una buena visibilidad y un entorno visual satisfactorio.

Los requisitos visuales del espacio tienen que determinarse en primer lugar para posteriormente y basándose en los resultados del análisis, se tomarán las decisiones adecuadas para la selección de lámparas y luminarias.

1.10.4.1.1.- Distribución de luminancias

La distribución de las luminancias dentro del campo de visión es un criterio muy importante para el diseño de la iluminación. Se tiene que considerar como complementaria de la distribución de iluminación en el interior.

Para un determinado nivel de iluminación, las diferencias de luminancia se pueden deber a diferencias en la reflectancia de las superficies. Aunque la luminancia sea apropiada para una tarea visual, no tiene por qué proporcionar un nivel de luminancia aceptable en el interior. El balance dependerá de las reflectancias elegidas para las superficies.

Por tanto, hay que atender a:

- Luminancia de la tarea y luminancia de los alrededores.
- Valores extremos de la luminancia de techos y paredes.
- Suprimir el deslumbramiento limitando la luminancia de las luminarias y ventanas.

1.10.4.1.2.- Poder reflectante de las superficies

Juega un papel fundamental en el resultado final del proyecto. Las luminarias emiten luz de varias formas según el tipo de distribución luminosa. Si esta emisión

es de tipo abierto, gran parte de la luz llegará de forma directa al plano de trabajo y también, una proporción importante caerá sobre las paredes. Esta parte de la luz podrá ser reflejada y se podrá aprovechar en mayor o menor medida dependiendo del poder reflectante de estas superficies. A continuación, una tabla con diferentes poderes reflectantes dependiendo del color y la superficie:

Color	Refl. %	Material	Refl. %
Blanco	70-75	Revoque claro	35-55
Crema claro	70-80	Revoque oscuro	20-30
Amarillo claro	50-70	Hormigón claro	30-50
Verde claro	45-70	Hormigón oscuro	15-25
Gris claro	45-70	Ladrillo claro	30-40
Celeste claro	50-70	Ladrillo oscuro	15-25
Rosa claro	45-70	Marmol blanco	60-70
Marrón claro	30-50	Granito	15-25
Negro	4-6	Madera clara	30-50
Gris oscuro	10-20	Madera oscura	10-25
Amarillo oscuro	40-50	Vidrio plateado	80-90
Verde oscuro	10-20	Aluminio mate	55-60
Azul oscuro	10-20	Aluminio pulido	80-90
Rojo oscuro	10-20	Acero pulido	55-65

Tabla 13. Poderes reflectantes.

Según [2] Folguera.E. y Muros A., (2013): la reflectancia de la piedra arenisca es 0.35.

Mediante la plantilla que se presenta a continuación, podemos calcular la reflectancia de distintas zonas comparando los colores (el número de abajo es el porcentaje). En el caso de un color intermedio, simplemente realizaremos la media de las reflectancias.

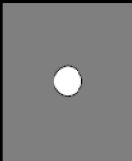
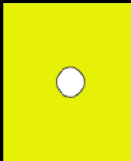
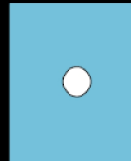
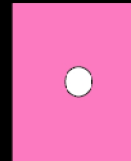
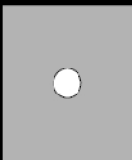
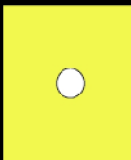
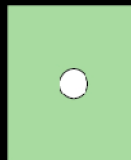
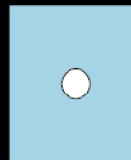
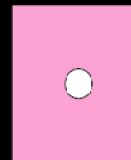
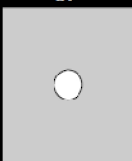
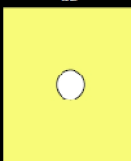
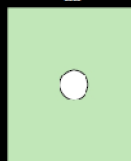
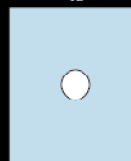
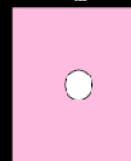
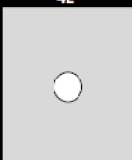
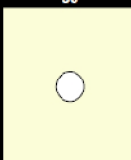
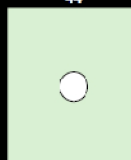
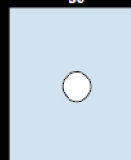
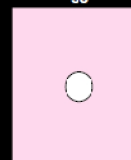
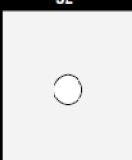
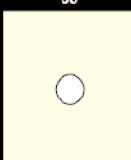
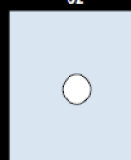
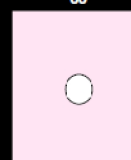
Factores de reflexión de algunos colores				
				
20	48	26	28	32
				
34	52	36	40	48
				
42	60	44	50	56
				
52	68	66	62	66
				
66	70	72	68	74

Figura 55. Plantilla para establecer factores de reflexión según color.

También puede pasar, como en el caso de las paredes pintadas por jeroglíficos, que existan múltiples colores. En tal caso, elegiremos la reflectancia del tono más abundante.



1.10.4.1.3.- Distribución de luminancias

Las luminancias de los alrededores inmediatos a la tarea tienen que ser más bajas que las de la tarea, pero a ser posible no menos de $1/3$ del valor. A veces, este requisito puede ser muy difícil o imposible de cumplir.

1.10.4.1.4.- Depreciación de la emisión de luz

La iluminancia instalada inicialmente disminuirá de manera gradual debido a la reducción en los lúmenes de la lámpara, las lámparas que se pudieran quemar y la acumulación de suciedad. Es posible mantener la iluminancia sobre el mínimo valor permitido (valor mantenido) realizando labores de mantenimiento.

- Suciedad en lámparas y luminarias: la mayor parte de la pérdida de luz se atribuye a la suciedad que se acumula en lámparas y las superficies de control de luz de las luminarias.
La velocidad de depreciación se ve influida por el ángulo de inclinación, la terminación, la temperatura de superficie, por el grado de ventilación o el hermetismo de la luminaria y por la contaminación de la atmósfera de la luminaria.
Se deben seleccionar las luminarias apropiadas para cada lugar. Las de bases abiertas y superficies cerradas acumulan suciedad a más velocidad que aquellas que tienen ventilación.
En atmósferas contaminadas es mejor utilizar luminarias herméticas o a prueba de polvo.
- Suciedad sobre las superficies de la habitación: la suciedad de los techos y paredes reduce el valor de la reflectancia de los mismos y con ello, la cantidad de luz reflejada. El efecto será más notable en habitaciones pequeñas.
- Depreciación del flujo de la lámpara: el rendimiento luminoso disminuye con el uso y la velocidad de esa disminución depende del tipo de lámparas y fabricantes. La temperatura ambiente, la posición de funcionamiento de la lámpara, el voltaje suministrado o el equipo de control son factores relevantes.



- Fallo de la lámpara: los fallos de las lámparas pueden causar una reducción de niveles de iluminancia a valores inaceptables, por lo que hay que prestar atención a esto.
- Factor de mantenimiento (f_m): es función proporcional al factor de pérdida del flujo de lámpara, el factor de pérdida luminaria y la depreciación de la superficie en la habitación.

Si se calcula el factor de pérdida de luz para diferentes situaciones de mantenimiento se puede predecir la situación de la iluminancia respecto al tiempo.

1.10.4.1.5.- Visibilidad/Rendimiento visual

El rendimiento de una persona en un trabajo es esencialmente, una combinación de la capacidad de la persona para realizar la tarea y, por otra parte, su actitud ante la ejecución de la tarea.

La actitud de ejecución determina hasta qué punto el potencial de ejecución se utiliza eficazmente e incluye factores como la motivación, la concentración, etc.

Lógicamente, la iluminación y otros factores del entorno físico pueden influir tanto en el potencial de ejecución como en la actitud de ejecución. El rendimiento visual es el término que se usa para describir la velocidad de funcionamiento del ojo y la exactitud con la que se lleva a cabo una tarea.

La visibilidad de una tarea que determinada principalmente, por la visibilidad del elemento de mayor dificultad para ser detectado en el trabajo que se esté realizando. Este detalle es lo que se llama 'detalle crítico' y depende entre otros factores del fondo sobre el que es visto y otros detalles en los alrededores inmediatos.

- Luminancia: para una buena visibilidad de trabajo, el factor más importante está relacionado con la luminancia de la tarea y su entorno. El efecto general de la luminancia sobre la visibilidad se debe a la adaptación del sistema visual conforme a las luminancias del campo visual. Para una determinada distribución en el campo visual, el proceso de adaptación alcanza un estado final expresado como luminancia de adaptación.



Las propiedades del sistema visual que se ven afectadas por adaptación a la luminancia son:

- Agudeza visual: la capacidad para discriminar entre detalles que están muy juntos.
- Sensibilidad al contraste: la capacidad del sistema para distinguir pequeñas diferencias de luminancia relativa.
- Eficiencia de las funciones motoras oculares para la acomodación, convergencia, contracción pupilar, etc.

La agudeza visual, la sensibilidad al contraste y la eficiencia de las funciones motoras oculares se ven incrementadas con el aumento de la luminancia de adaptación.

- Objetos difusores y su entorno: la luminancia de una superficie mate es proporcional al producto de la iluminancia en la superficie y su reflectancia. La luminancia como factor que influye en la visibilidad puede ser sustituido por la iluminancia y las reflectancias para superficies difusoras y su entorno.

La visibilidad de la tarea se incrementa con el aumento de la iluminación hasta un máximo nivel determinado. El efecto del incremento de la iluminancia sobre la visibilidad es mayor cuanto más pequeño sea el tamaño, o el contraste de detalle o la cantidad de exigencias de las funciones motoras de ojo.

- Objetos brillantes y sus alrededores: en la práctica, la mayor parte de las superficies no son ni de reflexión perfectamente difusa ni regular, sino que tienen mezcladas las propiedades de reflexión de forma que su luminancia depende, tanto de la iluminancia en la superficie como de las luminancias del ambiente. Para relacionar la luminancia de las superficies de reflexión mixta con la iluminancia de una marea similar a como la luminancia de una superficie mate está relacionada con la iluminancia por su reflectancia, se introduce el factor de luminancia.

El factor de luminancia de una superficie en una determinada dirección bajo unas determinadas condiciones, es la razón de la luminancia de la superficie en esa dirección a la luminancia de una superficie blanca difusora perfecta cuando se iluminan idénticamente. Así, el factor de luminancia de una superficie difusora perfecta es constante e igual a su reflectancia en todas las direcciones y bajo cualquier condición de iluminación.



Los contrastes en objetos que no son totalmente mates son afectados por la iluminación, porque están determinados por los factores de luminancia de los detalles y del fondo, los cuales pueden alcanzar valores diferentes en direcciones de visión diferentes, especialmente en las direcciones de reflexión de luminancias altas.

En tareas y contornos brillantes no es sólo importante la iluminancia para tener una buena visibilidad sino también la direccionalidad de la iluminación, que describe la distribución especial de la luz incidente en la tarea. Está determinada por la distribución de la luminancia y depende de factores como la geometría de la instalación, las luminancias de las luminarias y las reflectancias.

1.10.4.1.6.- Satisfacción visual

La satisfacción visual es un término que se utiliza para describir la aceptabilidad de las condiciones visuales. En trabajos interiores, la satisfacción visual está relacionada con la facilidad de trabajo en condiciones reales y de lo agradable que sea el ambiente visual.

La satisfacción visual es un término en cierta forma subjetivo (ya que depende de las preferencias visuales), pero hay reglas generales que se pueden aplicar.

En interiores con superficies y tareas mates, los factores que influyen en el ambiente luminoso son las iluminancias en las distintas superficies y son un factor importante que afecta a la satisfacción visual. En interiores con tareas o alrededores brillantes, serán en cambio las luminancias del ambiente que se ven reflejadas en las superficies.

Mediante estudios, se ha determinado que en Europa Occidental, en condiciones de iluminación fluorescente libre de brillos, el rango preferido de iluminancias horizontales en torno a los trabajos interiores es:

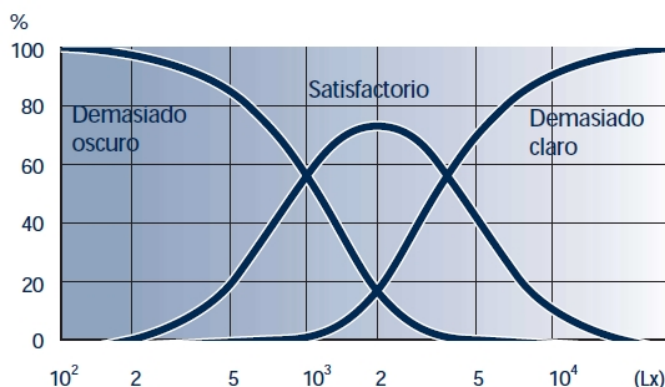


Figura 56. Rango de iluminancias horizontales.

1.10.4.1.7.- Capacidad visual

Las capacidades visuales son distintas dependiendo de la persona, ya que intervienen factores como la forma y la transparencia de los elementos del sistema óptico de los ojos, la capacidad de acomodación, el alineamiento de los ojos, la sensibilidad espectral de la retina, etc. Al envejecer, las capacidades visuales se ven disminuidas.

1.10.4.2.- Parámetros importantes de la instalación

En una instalación, podemos concluir que los parámetros más interesantes a atender son:

- Nivel de iluminación.
- Deslumbramientos.
- Sombras y modelado.
- Calidad de la luz.
- Diseño de la iluminación.

1.10.4.2.1.- Nivel de iluminación

El nivel de iluminación que se requiere en una situación determinada se expresa en términos de iluminancia.



- Superficie de referencia: la superficie de referencia es la superficie donde se va a suministrar la iluminancia recomendada. No necesitamos tener un área única, sino que puede comprender un número de áreas separadas.

En interiores de trabajo, la superficie de referencia será en general, el plano de trabajo. Si las tareas no están restringidas a lugares fijos, se considera el plano de trabajo como el plano horizontal limitado por las paredes del interior y a una altura de 0,85 m sobre el suelo. Si las zonas de trabajo son conocidas, las áreas de trabajo pueden constituir la superficie de referencia.

En el caso que nos ocupa, el área no es de trabajo, por lo que la superficie de referencia puede depender de cualquier plano importante del recinto.

- Uniformidad de iluminancia: aunque en la práctica la iluminancia no será totalmente uniforme, hay que procurar que la relación entre la iluminancia mínima y la media no sea, para la iluminación general, inferior a 0,8. Además, la relación entre las iluminancias medias para dos interiores adyacentes (por ejemplo, oficina y pasillo) no debe exceder 5:1.

A lo largo del tiempo, el flujo luminoso de la instalación disminuirá por la acumulación de suciedad en lámparas, luminarias y superficies. Hay que tener en cuenta los costes de mantenimiento.

La Norma Europea UNE-EN 12464-1, define los parámetros recomendados para los distintos tipos de áreas, tareas y actividades.

Esta norma incluye una serie de recomendaciones que nos ayudan a diseñar sistemas de iluminación que cumplan las condiciones de calidad y confort visual. Además, se busca conseguir una mayor eficiencia energética.

- Son valores mínimos en lux, recomendados y mantenidos con el tiempo de servicio.
- La escala se inicia en 20 lux, que es el nivel de iluminación mínimo requerido para discernir características del rostro humano.
- Aumenta el valor mínimo recomendado, con un factor de 1,5, aproximadamente, que representa la menor diferencia significativa en el efecto subjetivo de iluminancia.



- En áreas ocupadas de forma continua, la iluminancia mantenida no debe ser menor de 200 lux.

A modo de ejemplo, la siguiente tabla representa niveles de iluminancia en servicio en museos, galerías de arte e iglesias:

TIPO DE TAREA	ILUMINANCIA EN SERVICIO (lux)	CLASE DE CALIDAD
Exposición de objetos sensitivos a la lux en museos y galerías de arte	150	B-C
Exposición de objetos no sensitivos a la lux en museos y galerías de arte	100	B-C
Nave de Iglesias	100	B-C

Tabla 14. Iluminancias en servicio.

- Columna 1: es el número de referencia para cada área interior, tarea o actividad.
- Columna 2: recoge las áreas interiores, tareas o actividades, para las que están dados los requisitos específicos. Se el área interior, tarea o actividad no está recogida, deberían adoptarse los valores dados para una situación similar.
- Columna 3: da la iluminancia mantenida E_m en la superficie de referencia, que no debe caer por debajo de los valores reflejados.
- Columna 4: cuando los límites de UGR (límite de Índice de Deslumbramiento Unificado UGR) son aplicables a la situación de la columna 2.
- Columna 5: proporciona los Índices de rendimiento de colores (R_a) mínimos para la situación recogida en la columna 2.
- Columna 6: se dan avisos y pies de notas para excepciones y aplicaciones especiales.

1.10.4.2.2.- Deslumbramientos

En la práctica, en una iluminación interior, el deslumbramiento psicológico suele suponer un problema más grande que el fisiológico.

El deslumbramiento, sea del tipo que sea, puede ser directo o por reflexión. El deslumbramiento directo es causado principalmente por las luminarias de las fuentes de luz como lámparas, luminarias y ventanas, que están en el campo visual del observador. El deslumbramiento por reflexión es el que es causado por iluminancias



reflejadas por superficies de alta reflectancia, en especial las superficies especulares como metales brillantes.

Para controlar el deslumbramiento directo de lámparas y luminarias se puede controlar la luminancia de las mismas en dirección de los ojos del observador. Como también es un factor que dependerá del tipo de actividad, la C.I.E. nos ofrece una clasificación de tareas y actividades según el grado de luminancia que se requiera:

CLASE DE CALIDAD	ÍNDICE DE DESLUMBRAMIENTO	TIPO DE ACTIVIDAD
A, calidad muy alta	1,15	Tareas visuales muy exactas
B, calidad alta	1,50	Tareas con grandes demandas visuales. Tareas con demandas visuales moderadas pero alta concentración.
C, calidad media	1,85	Tareas con demandas visuales moderadas y demandas moderadas de concentración y cierto grado de movilidad del trabajado.
D, calidad baja	2,20	Tareas con niveles de demanda de concentración visual bajas con trabajadores en movimiento dentro del área establecida.
E, calidad muy baja	2,55	Interiores donde los trabajadores no sólo se mueven dentro de la estación de trabajo sino de un lugar a otro y realizan tareas de baja demanda visual.

Tabla 15. Clasificación de tareas según el grado de luminancia.

El control del deslumbramiento se puede llevar a cabo empleando materiales translúcidos, rodeando las lámparas con un material difusor.

Además, la C.I.E. dispone de una serie de tablas con una escala de índices de deslumbramientos, representando las clases de calidad desde A a E y diferentes valores de iluminancia de servicio. Mediante estas tablas se busca limitar el ángulo de luminancia requerida, que dependerá del tipo y orientación de la luminaria, del ángulo de apantallamiento, del grado de aceptación o clase de calidad y del valor de la iluminancia de servicio.

- Tipo de luminaria:
 - Elongada: se considera que es una luminaria es elongada si la relación entre la longitud y el ancho del área es superior a 2:1.
 - Laterales luminosos: una luminaria tiene laterales luminosos si tiene un panel lateral luminoso con una altura de más de 30 mm.
- Orientación de la luminaria:
 - Cuando las luminarias se montan en el plano $C_0 - C_{180}$ paralelo al eje del local, la distribución de la luminaria en dicho plano se usa para controlar la limitación del deslumbramiento en la dirección longitudinal de la habitación. La distribución de la iluminancia en el plano $C_{90} - C_{270}$ se usa para verificar la limitación del deslumbramiento en la dirección transversal a la habitación.
 - Si las luminarias se montan en el plano $C_{90} - C_{270}$ paralelo al eje longitudinal del local, dicho plano se usa para verificar el deslumbramiento en la dirección longitudinal de la habitación y la distribución de la luminancia en el plano $C_0 - C_{180}$ para verificar la limitación del deslumbramiento en el sentido transversal de la habitación.

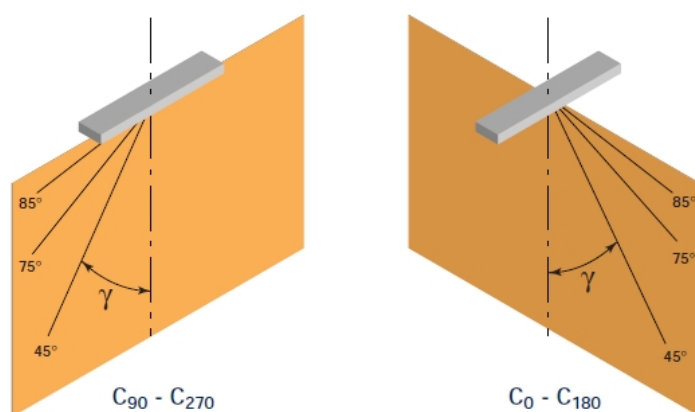


Figura 57. Orientación de la luminaria.

- Ángulo de apantallamiento: las lámparas tienen que estar bien apantalladas dependiendo de la luminancia y de la clase de calidad elegida.

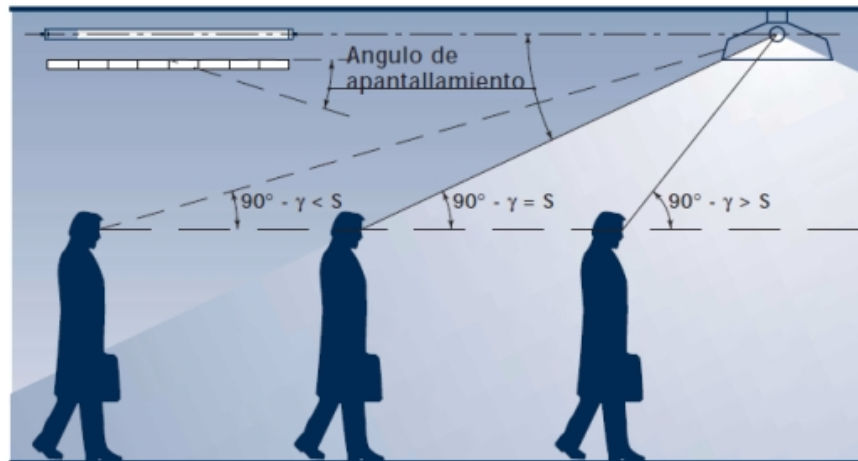


Figura 58. Ángulos de apantallamiento.

- Tipos de fuentes: por experiencia, se sabe que el umbral mínimo de luminancia es de $10^{-5} \frac{cd}{m^2}$, que el deslumbramiento aparece a partir de $5.000 \frac{cd}{m^2}$ y que no debe estar por encima de $20.000 \frac{cd}{m^2}$. Para el control del deslumbramiento, podemos diferenciar las fuentes en fuentes que tienen una luminancia por debajo de $20.000 \frac{cd}{m^2}$ y fuentes que tienen una luminancia por encima.
 - Las fuentes por debajo de los $20.000 \frac{cd}{m^2}$, incluyen todas las lámparas fluorescentes. Este tipo de luminarias utilizan materiales translúcidos y apantallamiento para controlar el deslumbramiento. En determinadas ocasiones, la luminancia de la lámpara es lo suficientemente baja para permitir emplearla desnuda.
 - Las fuentes por encima de $20.000 \frac{cd}{m^2}$ abarcan la mayor parte de las lámparas de tipo compacto, con filamento incandescente y las de descarga gaseosa. El control de apantallamiento se usa casi exclusivamente para controlar el deslumbramiento en los tipos de fuentes más potentes.

- Grado de deslumbramiento o clase de calidad: los grados de deslumbramiento surgen de la evaluación subjetiva del deslumbramiento, llevada a cabo en un laboratorio por un grupo de observadores. Está reflejada en una escala.
- Iluminancia en servicio estándar: de 300 lux en adelante, se utiliza junto a la clase de calidad como parámetro al seleccionar la curva del límite de la luminancia adecuada. La iluminación media de la luminaria en una dirección dada se puede calcular como el cociente entre la intensidad luminosa en dicha dirección y el área luminosa aparente. Hay que tener en cuenta que en situaciones como la de lugares públicos, los niveles de fuentes de luz pueden ser mayores ya que las fuentes de luz sirven como elemento de animación.
- El Sistema de Índice del Deslumbramiento Unificado (UGR, Unified Glare Rating): es un sistema que nos permite evaluar el deslumbramiento psicológico en la iluminación interior. La fórmula para calcularlo es:

$$UGR = 8 \cdot \log\left[\frac{0,25}{L_b} \sum \frac{L^2 \omega}{p^2}\right] \quad (1.12)$$

Donde:

L_b = luminancia de fondo (cd/m^2).

L = luminancia de las partes luminosas de cada luminaria en la dirección del ojo del observador.

ω = ángulo sólido trazado por las partes luminosas de cada luminaria en el ojo del observador (estereorradián).

P = índice de posición para cada luminaria, que se relaciona con el desplazamiento de la zona de visión.

La evaluación exacta se logra aplicando la fórmula UGR (Eq. 1.12) para la instalación, utilizando software.

Las curvas de limitación del deslumbramiento calculadas utilizando el método UGR son diferentes a las curvas del C.I.E.



1.10.4.2.3.- Sombras y modelado

La apariencia de los interiores se mejora cuando las características estructurales y los objetos están iluminados de forma que las siluetas se vean de forma clara y agradable, y en el caso de que se formen sombras, estas no sean confusas. Para esto, la luz tiene que fluir en una dirección evidente más que en cualquier otra.

El concepto de modelado se usa para describir la forma en la que las siluetas de los objetos tridimensionales se destacan por la iluminación.

El modelado puede ser fuerte o débil. Aunque no hay un grado determinado, sino que éste dependerá del tipo de construcción y la actividad a realizar.

Si la luz procede de muchas direcciones y es difusa, el modelado puede ser ligero y el interior poco interesante por la pérdida de contraste de la luminancia. Por otra parte, si el componente direccional es muy fuerte, el modelado será normalmente severo y las sombras se pueden confundir.

Las sombras pronunciadas, como las que se obtienen de fuentes de luz que están concentradas sobre un área pequeña, son muy interesantes a la hora de obtener efectos dramáticos. Tiendas, salas de arte y otros lugares son idóneos para jugar con las sombras modeladas en diferentes grados.

Las sombras profundas que producen contrastes de luminancia excesivos se pueden suavizar si se aplican fuentes de luz adicionales. Los acabados con altas reflectancias difusoras en las superficies de la habitación pueden ser fuentes de luz secundaria adecuadas para reducir las sombras, reflejando una cantidad significativa de luz difusa dentro de áreas sombreadas. Las sombras que tienen bordes suaves se obtienen con fuentes de áreas grandes como luminarias de lámparas fluorescentes.

1.10.4.2.4.- Calidad de la luz

La temperatura de color T_c tiene una gran influencia en el ambiente en cuanto a las sensaciones de frío y calor, a la vez que potencia o atenúa la cromacidad de los objetos. La temperatura de color se debe combinar de forma adecuada con la iluminancia para que no se produzcan efectos distorsionadores de la percepción visual. Las curvas de Kruithof delimitan las posibles combinaciones entre T_c y la iluminancia de cálculo.

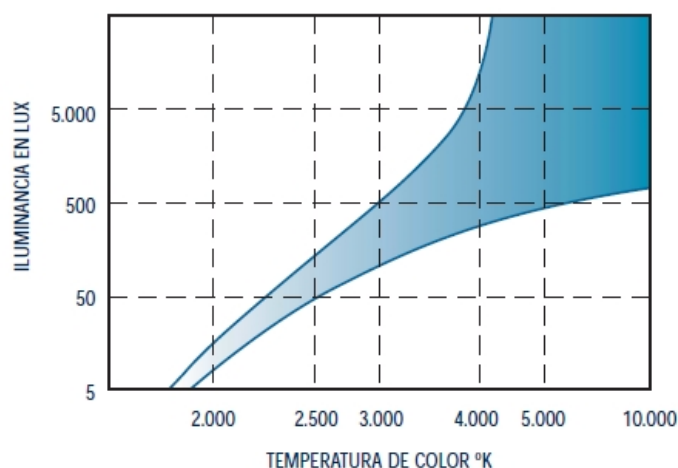


Figura 59. Curvas de Kruithof.

El Índice de reproducción cromática (IRC) es de gran importancia en la calidad de la luz.

- Luz y color en interiores:

Aparte del color de las lámparas, también influye mucho en el confort visual el esquema de color que se elige para las superficies de la habitación. Para alcanzar una alta eficiencia luminosa hay que elegir colores claros para las áreas de la superficie principal, ya que una superficie blanca reflejará alrededor del 80% de la luz incidente. Un color medio reflejará alrededor del 30 al 50%.

1.10.4.3- Cálculos de iluminación interior

- Niveles de iluminación:

Antes de comenzar a realizar los cálculos necesarios, tenemos que obtener los valores que se requieran para el tipo de actividad que se desarrolle en el local. Los valores básicos son:

- Iluminancia media en servicio.
- Calidad de limitación del deslumbramiento.



- Otros: dimensiones del local, altura del plano de trabajo, cota de montaje de las luminarias...

- Índice del local:

Los locales se clasifican según la relación que existe entre sus dimensiones, altura de montaje y tipo de alumbrado. El Índice del local nos servirá a su vez para determinar el factor de utilización. Se calcula así:

- Para luminarias directas, semi-directas, directas-indirectas y general difusa:

$$\text{Relación del local} = \frac{A \cdot L}{h \cdot (A+L)} \quad (1.13)$$

- Para luminarias indirectas y semi-directas:

$$\text{Relación del local} = \frac{3 \cdot A \cdot L}{2 \cdot h \cdot (A+L)} \quad (1.14)$$

Donde:

A es el ancho del local (m).

L la longitud del local (m).

h es la distancia desde el plano útil a la luminaria (m).

- Factor de mantenimiento: podemos recurrir a la clasificación siguiente:

AMBIENTE DE TRABAJO	Fm
Acerías, fundiciones	0,65
Industrias de soldadura, mecanizado	0,70
Oficinas industriales, salas	0,75
Patio de operaciones, locales públicos	0,80
Despachos, oficinas comerciales e informáticas	0,85

Tabla 16. Factores de mantenimiento.

- Factor de utilización (Fu): es la relación entre el flujo luminoso que llega al plano de trabajo y el flujo total que emiten las lámparas. En este dato intervienen factores como el nivel de iluminación, el sistema de alumbrado, las luminarias, la reflexión, las superficies del local y el factor de mantenimiento.

Para su determinación se suele utilizar el método de las reflectancias aunque existen muchos valores tabulados.

- Proceso de cálculo: este proceso está lo realiza el software. No obstante, los pasos que se siguen para el cálculo son. Generalmente:

- 1) Calcular las dimensiones del local.
- 2) Calcular las características de reflexión de las distintas superficies.
- 3) Obtención de los valores requeridos para el tipo de actividad a desarrollar en el local (iluminancia media de servicio, calidad limitación del deslumbramiento, IRC), de las tablas de la C.I.E.
- 4) Seleccionar el tipo de luminaria.
- 5) Comprobar que la luminaria cumple los requisitos de deslumbramiento directo.
- 6) Aplicar los coeficientes de depreciación.
- 7) Conocer el rendimiento de la luminaria y el factor de utilización (para lo que necesitamos saber el valor de K y las reflexiones de techo, paredes y suelo).
- 8) Aplicar la fórmula fundamental de la iluminación:

$$E_{ms} = \frac{\phi \cdot N \cdot \eta \cdot f_u \cdot f_m}{S} \quad (1.15)$$

Donde:

E_{ms} = iluminación media en servicio (lux).

ϕ = flujo luminoso unitario de la lámpara (lm).

N = Número de lámparas.

η = rendimiento de la luminaria.

f_u = factor de utilización.



f_m = factor de mantenimiento.

S = superficie a iluminar (m^2).

1.10.4.4.- Valor de eficiencia energética

El valor de Eficiencia Energética de la Instalación se determina mediante el valor de eficiencia de la instalación VEEI (W/m^2) por cada 100 lux mediante la expresión:

$$VEEI = \frac{P \cdot 100}{S \cdot E_m} \quad (1.16)$$

Donde:

E_m = iluminación media en servicio (lux).

S = superficie a iluminar (m^2).

P = potencia (W).

Las instalaciones de iluminación se identificarán dentro de los 2 grupos siguientes:

- Grupo 1: Zonas de no representación o espacios en los que el criterio de diseño, la imagen o el estado anímico que se quiere transmitir al usuario con iluminación, queda relegado a un segundo plano frente a otros criterios como el nivel de iluminación, el confort, etc.
- Grupo 2: Zonas de representación o espacios donde el criterio de diseño, imagen o el estado anímico son preponderantes frente a los criterios de eficiencia. A este grupo pertenecerá el trabajo que nos ocupa.

Los valores de eficiencia energética límite se establecen en la siguiente tabla (para el grupo 2):

ZONAS DE REPRESENTACIÓN 2	
Religioso en general	10
Bibliotecas, museos, galerías de arte	6
Zonas comunes	10

Tabla 17. Valores de Eficiencia Energética.



1.10.4.5.- Factor de uniformidad

El Factor de Uniformidad Media será como mínimo del 40%. Se calculará según:

$$U_m = \frac{E_{min}}{E_m} \quad (1.17)$$

Donde:

U_m es el Factor de Uniformidad Media.

E_{min} iluminación mínima en servicio (lux).

E_m = iluminación media en servicio (lux).

Este factor se clasifica en función de su calidad según:

Alta calidad	$U_m \geq 0,8$
Buena calidad	$0,4 < U_m < 0,8$
Baja calidad	$U_m < 0,4$

Tabla 18. Factores de uniformidad.

Clasificación del Factor de Uniformidad Media U_m en función de su calidad.

1.10.5.- Iluminación exterior

1.10.5.1.- Introducción

El Comité Internacional de Iluminación (C.I.E), define la iluminación por proyección como: 'La iluminación de un lugar (escena, área) o de un objeto, por medio de proyectores, a fin de aumentar fuertemente su iluminación en relación con los alrededores'.

El campo de aplicación es muy numeroso, pero la técnica que se emplea en todas las instalaciones de iluminación por proyección consiste en el uso de proyectores para obtener un incremento de iluminancia de una superficie con respecto a sus alrededores.



Podemos clasificar los proyectos de iluminación en el exterior de la siguiente forma:

- Iluminación utilitaria (grandes áreas de trabajo).
- Iluminación decorativa (edificios, monumentos, puentes y jardines).
- Iluminación deportiva.

En cada caso, el problema a resolver es particular. Algunas veces necesitaremos haces muy estrechos, de gran intensidad para poder llegar a zonas situadas a grandes distancias. Otras, necesitaremos de ángulos de apertura que nos permitan lograr una buena uniformidad en la iluminación de la zona, ajustándonos a sus límites geométricos.

Además, existe una gran variedad de variables que intervienen: el área, la situación geométrica, las condiciones del entorno, etc., por lo que se hace tremendamente difícil lograr una normalización (en el caso de la iluminación deportiva es más fácil, ya que sí hay normas generales).

La recopilación de datos es fundamental para tomar decisiones. Necesitaremos todos los datos posibles: planos, observaciones, horas de encendido, previsión de la acumulación de suciedad, etc. En la iluminación arquitectónica, no hay que descuidar además los posibles efectos de color, sombras y contrastes, los ángulos de proyección, la reflectancia de la superficie, los brillos de los alrededores, etc.

Para determinar la iluminancia, en el caso de que no se nos den datos, tenemos que fijar un nivel recomendable mediante la ayuda de las tablas correspondientes.

Una buena iluminación exterior será un gran añadido para este conjunto monumental, ya que será lo primero que el visitante verá. La combinación entre una buena estética y eficiencia óptima son primordiales.

La mayoría de los conceptos para la iluminación interior siguen siendo válidos para la exterior. Los principales factores a tener en cuenta en el diseño de la iluminación exterior son:

- Iluminación requerida que inciden en la superficie (nivel de flujo luminoso en lux).
- Uniformidad.
- Limitación del deslumbramiento.
- Limitación de los contrastes.
- Color de la luz y reproducción cromática.
- Selección del tipo de luminarias.
- Contaminación lumínica.



1.10.5.2.- Prescripciones reglamentarias de iluminación exterior

El Reglamento de Eficiencia Energética en instalaciones de Alumbrado Exterior y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-EA01 a ITC-EA07 marca las pautas a seguir para conseguir:

- La mejor eficiencia en las instalaciones y ahorro energético.
- Limitar la contaminación lumínica y reducir la luz molesta.

El objeto de este reglamento no es establecer valores mínimos para los niveles de iluminación en los distintos tipos de vías. Para esto debemos atender a la Normativa EN – 12464 – 2.

El reglamento se aplicará a instalaciones de más de 1kW incluidas en las instrucciones técnicas complementarias ITC – 09 del REBT, es decir, las de alumbrado exterior.

Además, este reglamento se aplicará:

- A las nuevas instalaciones, a sus modificaciones y ampliaciones.
- A las instalaciones existentes antes de su entrada en vigor, cuando, mediante un estudio de eficiencia energética, la Administración Pública competente lo considere necesario.
- A las instalaciones existentes antes de su entrada en vigor, que sean objeto de modificaciones de importancia y a sus ampliaciones, entendiéndose por modificación de importancia aquella que afecte a más del 50% de la potencia o luminarias instaladas.

Se excluyen de la aplicación de este reglamento las instalaciones y equipos de uso exclusivo en minas, usos militares, regulación de tráfico, balizas, faros, señales marítimas, aeropuertos y otras instalaciones y equipos que estuvieran sujetos a reglamentación específica.



1.10.5.3.- Iluminación arquitectónica

Este tipo de iluminación se utiliza si tratamos de iluminar por motivos decorativos edificios, monumentos artísticos, etc. La idea es captar la atención del público, embellecer un paraje...

Tenemos que tener bastantes consideraciones a la hora de realizar el diseño. Durante las horas diurnas, el área estará iluminada por luz directa del Sol, la difusa radiada desde el cielo o ambas. De esta forma, las características del edificio se ponen de manifiesto por un juego de luces y sombras variado. Una buena instalación requerirá el estudio de las características más atractivas del edificio y de los efectos de luz. Por tanto, intervendrán factores subjetivos, de estética, sentimiento...

- Dirección de observación: Normalmente hay varias direcciones desde las que podemos observar el área a iluminar. En general, es posible considerar una como 'dirección principal'.
- Distancia de observación: es importante ya que determinará la cantidad de detalles que se pueden ver sobre la superficie iluminada.
- Alrededores y fondo: si son oscuros, se necesita una cantidad de luz relativamente pequeña para que la luz destaque contra el fondo. Si no, entonces necesitaremos más luz para que la iluminación produzca el impacto deseado. Otra solución pasa por crear contrastes de colores en vez de diferencias de luminancias.
- Obstáculos: una estrategia de iluminación es colocar las fuentes de luz delante de obstáculos como árboles, rejas... para que las fuentes sean invisibles para el observador y se creen siluetas sobre el fondo iluminado, que aumentan la sensación de profundidad. De cualquier forma, cada entorno exige un enfoque diferente.
- Posición y dirección de los proyectores: después de haber escogido la línea principal de observación, la implantación y el enfoque de los proyectores dependerá de la forma que tenga el edificio o el área a iluminar.

Los proyectores se deben colocar a una distancia tal que se eviten sombras duras. Si no hay espacio suficiente, podemos utilizar proyectores pequeños como iluminación complementaria, colocándonos en el mismo saliente. En el caso de tener elementos salientes o voladizos, también los podemos utilizar para enriquecer el resultado.

Los elementos entrantes o cóncavos quedarán en sombra si se colocan los proyectores a poca distancia. En estos casos también podemos utilizar iluminación



complementaria o utilizar iluminación de otro color. La iluminación por proyección colocada a mayor distancia producirá menores sombras y eliminará la necesidad de utilizar iluminación adicional.

Existen numerosas alternativas a la hora de colocar las fuentes luminosas, como son los postes, soportes que se fija en sobre la misma fachada o en el suelo, etc.

1.10.5.4.- Resplandor luminoso nocturno / Contaminación lumínica

Llamamos resplandor luminoso nocturno o contaminación lumínica a la luminosidad producida en el cielo nocturno por la difusión y reflexión de la luz en los gases y partículas en suspensión en la atmósfera.

Mediante la siguiente tabla podemos clasificar las diferentes zonas en función de su protección contra la contaminación luminosa, según la actividad que se desarrolle en cada zona:

CLASIFICACIÓN DE ZONAS	DESCRIPCIÓN
E1	ÁREAS CON ENTORNOS O PAISAJES OSCUROS: Observatorios astronómicos de categoría internacional, parques nacionales, espacios de interés natural, áreas de protección especial (red natura, zonas de protección de aves, etc.), donde las carreteras están sin iluminar.
E2	ÁREAS DE BRILLO O LUMINOSIDAD BAJA: Zonas periurbanas o extrarradios de las ciudades, suelos no urbanizables, áreas rurales y sectores generalmente situados fuera de las áreas residenciales urbanas o industriales, donde las carreteras están iluminadas.
E3	ÁREAS DE BRILLO O LUMINOSIDAD MEDIA: Zonas urbanas residenciales, donde las calzadas (vías de tráfico rodado y aceras) están iluminadas.
E4	ÁREAS DE BRILLO O LUMINOSIDAD ALTA: Centros urbanos, zonas residenciales, sectores comerciales y de ocio, con elevada actividad durante la franja horaria nocturna.

Tabla 19. Clasificación de zonas.

La zona que se trata en este trabajo será de tipo E2.



1.10.5.4.1.- Limitaciones de las emisiones luminosas

Según la ITC-EA-03, se limitarán las emisiones hacia el cielo en las instalaciones de alumbrado exterior, a excepción de las de alumbrado festivo.

La luminosidad del cielo que producen las instalaciones de alumbrado exterior dependerá del flujo hemisférico superior instalado y será directamente proporcional a la superficie iluminada y a su nivel de iluminancia, e inversamente proporcional a los factores de utilización y mantenimiento de la instalación.

El flujo hemisférico superior instalado FHS_{INST} o emisión directa de las luminarias a implantar en cada zona E1, E2, E3 y E4, *no superará los límites* establecidos en la tabla siguiente:

CLASIFICACIÓN DE ZONAS	FLUJO HEMISFÉRICO SUPERIOR INSTALADO FHS_{INST}
E1	$\leq 1\%$
E2	$\leq 5\%$
E3	$\leq 15\%$
E4	$\leq 25\%$

Tabla 20. Valores límite del Flujo Hemisférico Superior.

Además de ajustarse a los valores de la tabla, para reducir las emisiones hacia el cielo, la instalación cumplirá:

- Se iluminará sólo la superficie que se quiere dotar de alumbrado.
- Los niveles de iluminación no deben superar los valores máximos que marca la ITC-EA-02.
- El factor de utilización y el de mantenimiento de la instalación satisfarán los valores establecidos en la ITC-EA-04.

Según la tabla anterior y considerando que la instalación se ha clasificado como emplazada en zona E2, entonces el FHS_{INST} de las luminarias a implantar será $\leq 5\%$.

1.10.5.4.2.- Limitación de luz intrusa o molesta

Para minimizar los efectos de la luz intrusa o molesta, las instalaciones (excepto las de alumbrado festivo), estarán diseñadas para cumplir los valores máximos establecidos en la siguiente tabla:

Parámetros luminotécnicos	Valores máximos			
	Observatorios astronómicos y parques naturales E1	Zonas periurbanas y áreas rurales E2	Zonas urbanas residenciales E3	Centros urbanos y áreas comerciales E4
Iluminancia vertical (E_v)	2 lux	5 lux	10 lux	25 lux
Intensidad luminosa emitida por las luminarias (I)	2.500 cd	7.500 cd	10.000 cd	25.000 cd
Luminancia media de las fachadas (L_m)	5 cd/m ²	5 cd/m ²	10 cd/m ²	25 cd/m ²
Luminancia máxima de las fachadas (L_{max})	10 cd/m ²	10 cd/m ²	60 cd/m ²	150 cd/m ²
Luminancia máxima de señales y anuncios luminosos ($L_{máx}$)	50 cd/m ²	400 cd/m ²	800 cd/m ²	1.000 cd/m ²
Incremento de umbral de contraste (TI)	Clase de Alumbrado			
	Sin iluminación	ME 5	ME3 / ME4	ME1 / ME2
	TI = 15% para adaptación a L = 0,1 cd/m ²	TI = 15% para adaptación a L = 1 cd/m ²	TI = 15% para adaptación a L = 2 cd/m ²	TI = 15% para adaptación a L = 5 cd/m ²

Tabla 21. Limitaciones de luz molesta.

- Iluminancia vertical (E_v) en ventanas.
- Luminancia (L) de las luminarias medida como Intensidad luminosa (I) emitida por cada luminaria en la dirección potencial de la molestia.
- Luminancia media (L_m) de las superficies de los paramentos de los edificios que como consecuencia de una iluminación excesiva pueda producir molestias.
- Luminancia máxima (L_{max}) de señales y anuncios luminosos.
- Incremento umbral de contraste (TI) que expresa la limitación del deslumbramiento perturbador en las vías de tráfico rodado producido por instalaciones de alumbrado distintas de las de viales.

1.10.5.5.- Lámparas y luminarias de exterior

La tecnología empleada en la fabricación de lámparas y luminarias de exterior es lógicamente, similar a las de interior. Por lo tanto, aunque las potencias suelen ser más elevadas, todos los principios generales se cumplen.

Con excepción de las iluminaciones navideñas y festivas, las lámparas utilizadas en instalaciones de alumbrado exterior tendrán una eficacia luminosa superior a 65 lum/W, para alumbrados vial, específico y ornamental (Este último es el caso que nos ocupa).

En el caso de las luminarias, incluyendo los proyectores, tienen que cumplir los requisitos de la siguiente tabla respecto a los valores de rendimiento de la luminaria (η) y factor de utilización (fu).

PARÁMETROS	ALUMBRADO VIAL		RESTO ALUMBRADOS (1)	
	Funcional	Ambiental	Proyectores	Luminarias
Rendimiento	$\geq 65\%$	$\geq 55\%$	$\geq 55\%$	$\geq 60\%$
Factor de utilización	(2)	(2)	$\geq 0,25$	$\geq 0,30$
(1) A excepción de alumbrado festivo y navideño. (2) Alcanzarán los valores que permitan cumplir los requisitos mínimos de eficiencia energética establecidos en las tablas 1 y 2 de la ITC-EA-01.				

Tabla 22. Requisitos mínimos de proyectores.

Además, las luminarias deberán elegirse de forma que se cumplan los valores de eficiencia energética mínima según lo establecido en la ITC-EA-01.

1.10.5.6.- Niveles de iluminación recomendados

Para determinar el nivel de iluminancia necesario para proporcionar a la superficie el impacto visual requerido, hay que tener en cuenta factores como el brillo de los alrededores, el fondo, el material empleado en la construcción, etc. Hay que tener en cuenta tres puntos:

- Cuanto más oscuro sea el material, más iluminancia es necesario para proporcionar una impresión de brillo adecuada.
- La cantidad de luz reflejada que llega a un observador y por tanto, el brillo de la superficie iluminada, disminuye con el aumento de la uniformidad de la superficie.
- La iluminancia necesaria estará influenciada en cierto grado por la combinación del espectro de la fuente y el material a iluminar. Cuando el color de la luz se acerca al de la superficie iluminada, el resultado suele ser satisfactorio.

En la siguiente tabla se muestran algunas iluminancias que se recomiendan para la iluminación por proyección:

NATURALEZA DE LOS MATERIALES DE LA SUPERFICIE ILUMINADA	NIVELES DE ILUMINANCIA MEDIA (Lux) ⁽¹⁾			COEFICIENTES MULTIPLICADORES DE CORRECCIÓN ⁽²⁾			
	Iluminación de los alrededores			Corrección para el tipo de lámpara		Corrección para el estado de la superficie iluminada	
	Baja	Media	Elevada	H.M. V.M.	S.A.P. S.B.P.	Sucia	Muy Sucia
Piedra clara, mármol claro	20	30	60	1,0	0,9	3,0	5,0
Piedra media, cemento, mármol coloreado claro	40	60	120	1,1	1,0	2,5	5,0
Piedra oscura, granito gris, mármol oscuro	100	150	300	1,0	1,1	2,0	3,0
Ladrillo amarillo claro	35	50	100	1,2	0,9	2,5	5,0
Ladrillo marrón claro	40	60	120	1,2	0,9	2,0	4,0
Ladrillo marrón oscuro, granito rosa	55	80	160	1,3	1,0	2,0	4,0
Ladrillo rojo	100	150	300	1,3	1,0	2,0	3,0
Ladrillo oscuro	120	180	360	1,3	1,2	1,5	2,0
Hormigón arquitectónico	60	100	200	1,3	1,2	1,5	2,0
REVESTIMIENTO DE ALUMINIO:							
- Terminación natural	200	300	600	1,2	1,1	1,5	2,0
- termolacado muy coloreado (10%) rojo, marrón, amarillo	120	180	360	1,3	1,0	1,5	2,0
- termolacado muy coloreado (10%) azul – verdoso	120	180	360	1,0	1,3	1,5	2,0
- termolacado colores medios (30 – 40%) rojo, marrón, amarillo	40	60	120	1,2	1,0	2,0	4,0
- termolacado colores medios (30 – 40%) azul – verdoso	40	60	120	1,0	1,2	2,0	4,0
- termolacado colores pastel (60 – 70%) rojo, marrón, amarillo	20	30	60	1,1	1,0	3,0	5,0
- termolacado colores pastel (60 – 70%) azul – verdoso	20	30	60	1,0	1,1	3,0	5,0

⁽¹⁾ Valores mínimos de iluminancia media en servicio con mantenimiento de la instalación sobre la superficie limpia iluminada con lámparas de incandescencia.

⁽²⁾ Coeficientes multiplicadores de corrección para lámparas de halogenuros metálicos (H.M.), vapor de mercurio (V.M.), de vapor de sodio a alta presión (S.A.P.) y a baja presión (S.B.P.), así como para el estado de limpieza de la superficie iluminada.

Tabla 23. Niveles mínimos de iluminancia.

Los niveles de iluminación que se recomiendan son los necesarios para crear una luminancia de 4,6 o 12 cd/m² sobre la fachada o superficie a iluminar, cuando los alrededores estén iluminados pobremente, bien o con mucho brillo, respectivamente. Los coeficientes de corrección son multiplicadores.

La importancia histórica de un monumento se puede ver favorecida por la luz de color. Por ejemplo, el azul puede utilizarse para crear un aire de misterio y la roja, en el escenario de una batalla.



Figura 60. Ejemplo del uso del color.



1.11.- CONSIDERACIONES RESPECTO A LA ILUMINACIÓN

1.11.1.- Consideraciones generales

- Las luminarias serán conformes a los requisitos establecidos en las normas de la serie UNE-EN 60598.
- Ningún conductor podrá utilizarse para sostener artefactos de alumbrado, cualquiera sea su peso.
- Todas las lámparas que se hallen al alcance del público serán protegidas por cristales, rejillas metálicas, etc.
- Las partes metálicas accesibles de las luminarias que no sean de Clase II o Clase III, deberán tener un elemento de conexión para su puesta a tierra, que irá conectado de manera fiable y permanente al conductor de protección del circuito.
- El uso de lámparas de gases con descargas a alta tensión (neón, etc), se permitirá cuando su ubicación esté fuera del volumen de accesibilidad o cuando se instalen barreras o envoltentes separadoras.
- Los circuitos de alimentación estarán previstos para transportar la carga debida a los propios receptores, a sus elementos asociados y a sus corrientes armónicas y de arranque. Para receptores con lámparas de descarga, la carga mínima prevista en voltiamperios será de 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas. En el caso de distribuciones monofásicas, el conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase. Será aceptable un coeficiente diferente para el cálculo de la sección de los conductores, siempre y cuando el factor de potencia de cada receptor sea mayor o igual a 0,9 y si se conoce la carga que supone cada uno de los elementos asociados a las lámparas y las corrientes de arranque, que tanto éstas como aquéllos puedan producir. En este caso, el coeficiente será el que resulte.
- En el caso de receptores con lámparas de descarga será obligatoria la compensación del factor de potencia hasta un valor mínimo de 0,9.
- En instalaciones con lámparas de muy baja tensión (p.ej. 12 V) debe preverse la utilización de transformadores adecuados, para asegurar una adecuada protección térmica, contra cortocircuitos y sobrecargas y contra los choques eléctricos.
- Las luminarias de emergencia autónomas se conectarán en los mismos circuitos de alumbrado de la zona que protejan.

1.11.2.- Interior

La tumba está excavada en el interior de la montaña. El interior está decorado con jeroglíficos labrados en piedra y pintados con colores. La iluminación del interior requiere un estudio detallado para que se cumplan los objetivos de conservación y exposición.

Mediante la iluminación LED nos aseguramos cumplir los criterios de conservación, ya que no emiten radiación ultravioleta ni infrarroja.

Los criterios de exposición tienen que asegurarse mediante el confort visual. Tenemos que iluminar de forma homogénea toda la superficie artística. El nivel de iluminación tiene que ser confortable, sin que existan reflejos ni deslumbramientos. Hay que intentar resaltar los detalles y dotar de mayor protagonismo a las pinturas, de forma que la reproducción de los colores sea lo más real posible.

Para conseguir los elementos principales que se han descrito, tendremos que utilizar equipos con sistemas electrónicos y ópticos de alto rendimiento, que tengan dimensiones reducidas para facilitar su integración y que se puedan controlar para disponer de una iluminación óptima dependiendo de cuál sea el escenario.

La disposición de las luminarias LED se realizará siguiendo una línea continua y próxima a la pared, de forma que se iluminan las pinturas de forma homogénea y se evita la proyección de sombras que los visitantes pudieran causar sobre las paredes.

Las ópticas de las luminarias son elípticas, intensivas en el plano perpendicular y medias en el plano paralelo, de forma que se reduzca el deslumbramiento directo a la vez que logramos una iluminación muy uniforme, desde el suelo al techo. También utilizaremos ópticas de inundación.

La iluminación desde el techo evita los reflejos sobre la pared y acentúa el relieve de los jeroglíficos. Por otra parte, no hay muchas posibilidades a la hora de distribuir las luminarias en este contexto, ya que realizar un agujero para instalar la lámpara, en un monumento de más de 3000 años no es una opción.

Para ocultar las fuentes de luz, se propone diseñar una cubierta que imite la piedra de la tumba en color y textura, de forma que el visitante no pueda ver la fuente de luz y se logre evitar deslumbramientos.



El sistema de control puede controlar la intensidad de cada una de las regletas LED de la sala de entrada, túnel de entrada y exterior. Esto permite resolver el problema de los diferentes escenarios que encontramos. Durante el día entra luz solar al interior de la tumba, aunque sólo se ilumina parte de la entrada. Mediante el control de intensidad evitamos el contraste excesivo que se crea entre el gran nivel de iluminación solar exterior y el interior. La solución es aumentar el nivel de iluminación.

Por la noche, podemos permitirnos un nivel de iluminación más bajo, que a su vez resulta más adecuado para la atmósfera nocturna, aportando un halo de misticismo.

La iluminación de la tumba se hace pensando en las sensaciones y emociones. Conseguir una imagen que impresione al visitante al tiempo que transmita la sensibilidad espiritual para la que fue concebida. Este recinto es una tumba y hay que tratarlo con el mayor respeto.

Mediante el uso del juego de luces y sombras se intenta transmitir este tipo de sensaciones. Hay que decidir qué elementos iluminar y cómo para enfatizar los volúmenes y las características de los elementos arquitectónicos. El papel de las columnas es fundamental. La idea es iluminar cada una de ellas sin contaminar de luz las adyacentes, de forma que se cree un espacio dramático que juegue con las luces y las sombras.

Los efectos de iluminación tienen que conseguirse respetando al máximo la integración con el área, sin que ningún elemento de la tumba resulte alterado. Esto es una de las dificultades añadidas del proyecto.

El papel protagonista es sin ninguna duda, para los elementos arquitectónicos. Las luminarias tienen que pasar desapercibidas dentro de lo posible y además, tienen que ser robustas para soportar las condiciones ambientales y el tiempo.

La problemática incluye tener en cuenta la antigüedad, el tipo de suelo (antiguo), la necesidad de que los visitantes se puedan mover por casi toda la totalidad del templo, etc.

La instalación en superficie se integrará lo máximo posible mediante:

- La selección de equipos de dimensiones reducidas.
- El diseño de unas cubiertas a medida para mimetizar las lámparas. El material debe ser adecuado para soportar las condiciones ambientales,



permitir la manipulación para el mantenimiento y ser ligero para transportarlo desde España o bien, fabricarlo en Egipto.

- La instalación del cableado se realizará aprovechando las juntas y de forma que la sección sea lo mínima posible.

Como la fijación al suelo no es posible dentro de la tumba, se utilizarán bases de piedra esculpida con el suficiente peso para evitar su desplazamiento.

En la iluminación de columnas, se necesitan equipos que permitan la orientación para el control preciso de la luz. La luz tiene que alcanzar los capiteles y dinteles.

En paredes con pinturas y relieves, se utilizan proyectores de geometría lineal orientables, buscando un baño de luz muy uniforme y rasante de las paredes, evitando zonas oscuras y exhibiendo las inscripciones con claridad y con sus colores reales.

Los proyectores lineales son de tecnología LED, con nula emisión de UVA e IR para la preservación de los colores, elevado índice de reproducción cromática para mostrarlos sin alterar su verdadera tonalidad.

Las soluciones técnicas que se han contemplado son:

- Utilizar numerosas ópticas dependiendo del elemento a iluminar (ópticas intensivas, medias, extensivas y elípticas, según el caso).
- Selección de temperatura de color de luz blanca para crear el ambiente buscado, de la reproducción cromática adecuada para realzar el color natural de la piedra y las pinturas sin modificarlo.
- Uso de tecnologías eficientes de bajo consumo y cero emisión de longitudes de onda IR/UV.

1.11.3.- Exterior

Las características climatológicas de Egipto son extremas, por lo que los equipos deben estar preparados para soportar temperaturas elevadas (en torno a 50° en el exterior) y a una elevada cantidad de polvo en el ambiente. Las lluvias, las pocas veces que hay, pueden ser torrenciales.

En el caso de la iluminación exterior, las cubiertas tienen que soportar el sol directo sin que se deteriore el acabado, además del polvo, la arena, resistir impactos...



El material adecuado para las cubiertas de los proyectores exteriores es poliéster reforzado con fibra de vidrio.

Se ha contemplado el uso de diferentes luminarias que pueden ser adecuadas, como:

– Lámparas de halogenuros metálicos: Ra 80-90, 90–100 lm/W, 12.000–16.000 horas, 3000 K.

– LED de alta potencia: Ra > 80, 100-116 lm/W, 50.000 horas, 3000 K, No UVA, no IR, regulables y programados con distintas escenas de nivel de iluminación mediante controladores.

La opción más adecuada es la de las lámparas LED principalmente, por las posibilidades de control, la poca o nula emisión de UV e IR y el precio, que es competitivo.

La UNESCO nos ofrece unos valores orientativos de 100 Lux, en la iluminación exterior de monumentos en los que el material sea piedra calcárea.

1.11.4.- Control de las luminarias

Los sistemas de regulación y control apagan, encienden y regulan la luz. Desempeñan un papel muy importante en las nuevas tendencias de iluminación, ya que nos permiten desde cambiar el color o la intensidad de la luz hasta establecer diferentes escenas y horarios.

Los sistemas de control digital más comunes en el mundo de la iluminación son el DMX512-A, RDM, ArtNet y DALI. Estos protocolos se basan en un bus de control en el que la comunicación pasa de un punto central a varios puntos que se comunican entre sí llamados controladores o interfaces de control, que son programados y a veces gestionados mediante un ordenador.

Mediante este sistema podemos generar distintas escenas lumínicas (programas) las cuales pueden ser activadas de manera autónoma por medio de sensores de presencia o crepusculares, temporizadores, eventos programados o por el usuario (teclado del controlador, mando a distancia, Smartphones, tablets o simplemente pulsadores de pared).

No todas las zonas requieren el mismo tratamiento, así que lo más apropiado es instalar en cada una de ella circuitos independientes. Mediante este tipo de sistemas podemos lograr un ahorro de hasta un 70%.



Por ejemplo, en la sala de entrada, debemos de poder regular la luz en función de la luz natural que entre. Además, es interesante tener varias escenas, de forma que para una visita en la que se van a estudiar los jeroglíficos, podamos ajustar los niveles a esta actividad. En cambio, si queremos crear un ambiente místico para los turistas convencionales, también se podría hacer de manera sencilla, sin necesidad de modificar ninguna luminaria.

Podremos programar la iluminación para que se apague tras un tiempo determinado e incluso analizar diferentes datos energéticos y parámetros en el PC, si seleccionamos el módulo apropiado.

Un sistema ‘inteligente’, además de ser una buena solución desde el punto de vista de la iluminación, nos permitirá aprovechar el equipo para dotar a las instalaciones de sensores. Esto puede ser muy interesante desde el punto de vista de conservación, para controlar parámetros como la temperatura, humedad, etc.

Quizás, para una sola tumba, el desembolso puede ser elevado. Sin embargo, si consideramos la posibilidad de tener un control centralizado de varias tumbas mediante una unidad central, el coste será razonable frente a ventajas tales como:

- Posibilidad de encendido/apagado de zonas mediante órdenes centrales, bien sean manuales o automáticas.
- Modificación de circuitos de encendido a nivel central sin obras eléctricas.
- Monitorización de estado de los circuitos y consumos de los mismos.

1.12.- ALUMBRADO DE EMERGENCIA

Según la ITC–BT28, todos los locales de pública concurrencia deben disponer de alumbrado de emergencia.

No es necesario un suministro de socorro ya que la ocupación será inferior a 300 personas y tampoco es necesario suministro de reserva.

1.12.1.- Alumbrados especiales de emergencia

Las instalaciones destinadas a alumbrado de emergencias especiales, tienen por objeto asegurar, en caso de fallo de la alimentación al alumbrado normal, la



iluminación en los locales y accesos hasta las salidas, para una eventual evacuación del público o iluminar otros puntos que se señalen la iluminación cuando falla el alumbrado normal.

La alimentación del alumbrado de emergencia será automática con corte breve.

Se incluyen dentro de este alumbrado el alumbrado de seguridad y el alumbrado de reemplazamiento.

1.12.1.1.- Alumbrado de seguridad

Es el alumbrado de emergencia previsto para garantizar la seguridad de las personas que evacuen una zona o que tienen que terminar un trabajo potencialmente peligroso antes de abandonar la zona.

El alumbrado de estaré previsto para entrar en funcionamiento automáticamente cuando se produce el fallo del alumbrado general o cuando la tensión de éste baje a menos del 70% de su valor nominal.

La instalación de este alumbrado será fija y estará provista de fuentes propias de energía. Sólo se podrá utilizar el suministro exterior para proceder a su carga, cuando la fuente propia de energía esté constituida por baterías de acumuladores o aparatos autónomos automáticos

1.12.1.2.- Lugares en los que hay que instalar alumbrado de seguridad

Según la ITC–BT28, en el apartado 3.3.1., tenemos que instalar alumbrado de seguridad (en nuestro caso), en:

- En el exterior del edificio, en la vecindad inmediata a la salida.
- Cerca de las escaleras, de manera que cada tramo de escaleras reciba una iluminación directa.
- Cerca de cada cambio de nivel.
- Cerca de cada puesto de primeros auxilios.
- Cerca de cada equipo manual destinado a la prevención y extinción de incendios.



- En los cuadros de distribución de la instalación de alumbrado de las zonas indicadas anteriormente.
- Por cerca entendemos una distancia inferior a 2m medida horizontalmente.

1.12.2.- Alumbrado de evacuación

Es la parte del alumbrado de evacuación seguridad previsto para garantizar el reconocimiento y la utilización de los medios o rutas de evacuación cuando los locales estén o puedan estar ocupados.

En rutas de evacuación, el alumbrado de evacuación debe proporcionar, a nivel del suelo, y en el eje de los pasos principales, una iluminancia mínima de 1 lux.

En los puntos en los que estén situados los equipos de las instalaciones de protección contra incendios que exijan utilización manual y en los cuadros de distribución del alumbrado, la iluminancia mínima será de 5 lux.

La relación entre la iluminancia máxima y la mínima en el eje de los pasos principales será menor de 40.

El alumbrado de evacuación deberá poder funcionar, cuando se produzca el fallo de la alimentación normal, como mínimo durante una hora, proporcionando la iluminancia prevista.

1.12.3.- Alumbrado anti-pánico

Es la parte del alumbrado de seguridad previsto para evitar todo riesgo de pánico y proporcionar una iluminación ambiente adecuada que permita a los ocupantes identificar y acceder a las rutas de evacuación e identificar obstáculos.

El alumbrado ambiente o anti-pánico debe proporcionar una iluminancia horizontal mínima de 0,5 lux en todo el espacio considerado, desde el suelo hasta una altura de 1 m.

La relación entre la iluminancia máxima y la mínima en todo el espacio considerado será menor de 40.



El alumbrado ambiente o anti-pánico deberá poder funcionar, cuando se produzca el fallo de la alimentación normal, como mínimo durante una hora, proporcionando la iluminancia prevista.

1.12.4.- Requisitos del alumbrado de emergencia

1.12.4.1.- Aparatos autónomos para alumbrados de emergencia

Luminaria que proporciona alumbrado de emergencia de tipo permanente o no permanente en la que todos los elementos, tales como la batería, la lámpara, el conjunto de mando y los dispositivos de verificación y control, si existen, están contenidos dentro de la luminaria o junto a ella (es decir, a menos de 1 m).a una distancia inferior a 1 m de ella.

Los aparatos autónomos destinados a alumbrado de emergencia deberán cumplir las normas: UNE- EN 60.598 -2-22 y la norma UNE 20.392 o UNE 20.062, según sea la luminaria para lámparas fluorescentes o incandescentes, respectivamente.

1.12.4.2.- Luminaria alimentada por fuente central

Luminaria que proporciona alumbrado de emergencia de tipo permanente o no permanente y luminaria para funcionamiento permanente o no permanente que está alimentada a partir de un sistema de alimentación de emergencia central, es decir, no incorporado a en la luminaria.

Las luminarias que actúan como aparatos de emergencia alimentados por fuente central deberán cumplir lo expuesto en las norma UNE- EN 60.598 -2-22.

Las líneas que alimentan directamente los circuitos individuales de los alumbrados de emergencia alimentados por fuente central, estarán protegidas por interruptores automáticos con una intensidad nominal de 10 A como máximo. Una misma línea no podrá alimentar más de 12 puntos de luz o, si en la dependencia o local considerado existiesen varios puntos de luz para alumbrado de emergencia, éstos deberán ser repartidos, al menos, entre dos líneas diferentes, aunque su número sea inferior a doce.



Las canalizaciones que alimenten los alumbrados de emergencia alimentados por fuente central se dispondrán, cuando se instalen sobre paredes o empotradas en ellas, a 5 cm como mínimo, de otras canalizaciones eléctricas y, cuando se instalen en huecos de la construcción estarán separadas de éstas por tabiques incombustibles no metálicos.

1.13.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA

1.13.1.- Aspectos generales

Según ITC-BT-28, estas instalaciones se clasificarían como “local de pública concurrencia” independientemente de la ocupación prevista, luego según ITC-BT-04, requiere un proyecto técnico.

De esta forma, se desarrollará el proyecto correspondiente que cumpla con los requisitos reflejados en el apartado 2.1. de la ITC-BT-04 y deberá ser efectuado por un instalador autorizado de baja tensión (a los que se refiere la ITC-BT-03).

Además, según la ITC-BT-05, esta instalación deberá pasar por una Inspección Inicial una vez ejecutada (así como sus ampliaciones o modificaciones de importancia) y una inspección periódica cada 5 años por parte de un Organismo de Control Acreditado con el objetivo de su correcta puesta en servicio y su correcto funcionamiento durante toda su vida útil.

1.13.2.- Características de la alimentación

La tensión de servicio será monofásica 230 V entre fase y neutro, conductor de neutro y conductor de puesta a tierra, y la potencia necesaria estará de acuerdo con los cálculos justificativos más adelante.

La presente instalación debido a su uso y a las características de su superficie no alcanza el mínimo de ocupación estipulado por la norma anterior, en su apartado 2.3., y en consecuencia, no precisa de ningún tipo de suministro complementario o de seguridad.

1.13.3.- Prescripciones generales para locales de pública concurrencia

Las instalaciones en los locales de pública concurrencia, cumplirán las condiciones de carácter general que a continuación se señalan:

- El cuadro general de distribución deberá colocarse en el punto más próximo posible a la entrada de la acometida o derivación individual y se colocará junto o sobre él, los dispositivos de mando y protección establecidos en la instrucción ITC-BT-17. Cuando no sea posible la instalación del cuadro general en este punto, se instalará en dicho punto un dispositivo de mando y protección.

Del citado cuadro general saldrán las líneas que alimentan directamente los aparatos receptores o bien las líneas generales de distribución a las que se conectará mediante cajas o a través de cuadros secundarios de distribución los distintos circuitos alimentadores. Los aparatos receptores que consuman más de 16 amperios se alimentarán directamente desde el cuadro general o desde los secundarios.

- El cuadro general de distribución e, igualmente, los cuadros secundarios, se instalarán en locales lugares o recintos a los que no tenga acceso el público y que estarán separados de los locales donde exista un peligro acusado de incendio o de pánico (cabinas de proyección, escenarios, salas de público, escaparates, etc.), por medio de elementos a prueba de incendios y puertas no propagadoras del fuego.
- En el cuadro general de distribución o en los secundarios se dispondrán dispositivos de mando y protección contra sobreintensidades, cortocircuitos y contactos indirectos para cada una de las líneas generales de distribución, y las de alimentación directa a receptores. Cerca de cada uno de los interruptores del cuadro se colocará una placa indicadora del circuito al que pertenecen.
- En las instalaciones para alumbrado de locales o dependencias donde se reúna público, el número de líneas secundarias y su disposición en relación con el total de lámparas a alimentar, deberá ser tal que el corte de corriente en una cualquiera de ellas no afecte a más de la tercera parte del total de lámparas instaladas en los locales o dependencias que se iluminan alimentadas por dichas líneas. Cada una de estas líneas estarán

protegidas en su origen contra sobrecargas, cortocircuitos, y si procede contra contactos indirectos.

- Las canalizaciones deben realizarse según lo dispuesto en las ITC-BT-19 e ITC-BT-20 y estarán constituidas por:
 - Conductores aislados, de tensión nominal no inferior a 450/750 V, colocados bajo tubos o canales protectores, preferentemente empotrados en especial en las zonas accesibles al público.
 - Conductores aislados, de tensión nominal no inferior a 450/750 V, con cubierta de protección, colocados en huecos de la construcción, totalmente contruidos en materiales incombustibles de grado de resistencia al fuego incendio RF-120, como mínimo.
 - Conductores rígidos, aislados, de tensión nominal no inferior a 0,6/1 kV, armados, colocados directamente sobre las paredes.
- Los cables eléctricos a utilizar en las instalaciones de tipo general y en el conexionado interior de cuadros eléctricos en este tipo de locales, tendrán propiedades especiales frente al fuego, siendo no propagadores del incendio y con emisión de humos y gases tóxicos muy reducida. Los cables con características equivalentes a la norma UNE 21.123, partes 4 ó 5, o a la norma UNE 21.1002 (según la tensión asignada del cable) cumplen con esta prescripción.

Los cables eléctricos destinados a circuitos de servicios de seguridad no autónomos o a circuitos de servicios con fuentes autónomas centralizadas, deben mantener el servicio durante y después del incendio, siendo conformes a las especificaciones de la norma UNE-EN 50.200 y tendrán emisión de humos y gases tóxicos muy opacidad reducida. Los cables con características equivalentes a la norma UNE 21.123, apartado 3.4.6, cumplen con esta prescripción de emisión de humos y opacidad reducida.

- Las fuentes propias de energía de corriente alterna a 50 Hz, no podrán dar tensión de retorno a la acometida o acometidas de la red de Baja Tensión pública que alimenten al local de pública concurrencia.



1.13.4.- Acometida

La acometida es la parte de la instalación de la red de distribución que alimenta la Caja General de Protección (CGP). La instalación de la acometida está regulada por la ITC-BT-11.

Supondremos que la acometida será del tipo aérea tensada sobre postes y en los tramos donde no sea posible, del tipo posada sobre fachada.

Para la acometida tensada sobre poste, tendremos en cuenta que:

Los conductores a utilizar en las acometidas aéreas de BT serán unipolares, trenzados en haz, tipo RZ, tensión nominal 0,6/1 kV, con aislamiento de polietileno reticulado (XLPE).

Todos los apoyos irán provistos de elementos adecuados que permitirán la sujeción mediante soportes de suspensión o de amarre, indistintamente.

Las distancias en altura, proximidades, cruzamientos y paralelismos cumplirán lo indicado en la ITC-BT-06.

Cuando los cables crucen sobre vías públicas o zonas de posible circulación rodada, la altura mínima sobre calles y carreteras no será en ningún caso, inferior a 6 m.

1.13.5.- Instalaciones de enlace

1.13.5.1.- Caja de Protección y Medida (CPM)

La Caja de Protección y Medida es la caja destinada a conectar, proteger y separar a instalación de la empresa suministradora y el usuario.

La instalación estará regulada por la ITC-BT-13. En este caso, sólo vamos a alimentar a un usuario, luego según el apartado 2.1. de la ITC-BT-12 se simplificaría la instalación, colocando en un único elemento la Caja General de Protección y Medida. En este elemento se encontrarán los fusibles de protección y el contador.

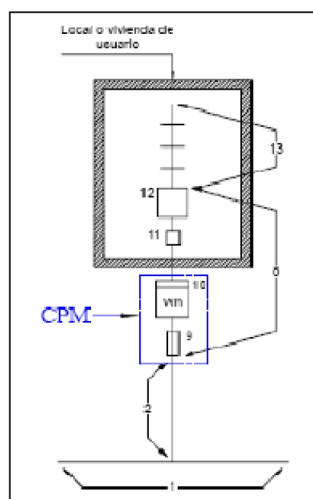


Figura 61. Caja General de Protección y Medida.

1.13.5.2.- Emplazamiento y características

La Cajas de Protección y Medida a utilizar será de uno de los tipos recogidos en las especificaciones técnicas de la empresa suministradora, aprobados por la Administración Pública competente. Dentro de las misma se instalarán cortacircuitos fusibles en todos los conductores de fase o polares, con poder de corte al menos igual a la corriente de cortocircuito prevista en el punto de su instalación.

Las cajas de protección y medida cumplirán todo lo que sobre el particular se indica en la Norma UNE-EN 60.439 -1, tendrán grado de inflamabilidad según se indica en la norma UNE-EN 60.439 - 3, una vez instaladas tendrán un grado de protección IP43 según UNE 20.324 e IK 09 según UNE-EN 50.102 y serán precintables.

La envolvente deberá disponer de la ventilación interna que garantice la no formación de condensaciones. El material transparente para la lectura será resistente a la acción de los rayos ultravioleta.

1.13.5.3.- Equipo de medida

Al estar destinada la instalación a un único usuario, la CGPM cumplirá los requisitos reflejados en la ITC-BT13, reuniendo bajo la misma envolvente los fusibles



generales de protección y el contador. En este caso los fusibles de seguridad coinciden con los de protección.

El emplazamiento de la CGPM, incluyendo los contadores, se efectuará de acuerdo con lo indicado en la ITC-BT-13.

1.13.6.- Derivación Individual (DI)

Es la parte de la instalación que parte de la Caja General de Protección y Medida, y suministra la energía eléctrica a la instalación.

Comprende los fusibles de seguridad, el conjunto de medida y los dispositivos generales de mando y protección. La derivación individual finaliza en el Cuadro General de Distribución (CGD).

Las derivaciones individuales estarán constituidas por:

- Conductores aislados en el interior de tubos en montaje superficial.
- Conductores aislados en el interior de canales protectoras cuya tapa sólo se pueda abrir con la ayuda de un útil (es otra opción, pero no se contemplará en este trabajo).

Los conductores a utilizar serán de cobre o aluminio, aislados y normalmente unipolares.

Los cables no deben presentar empalmes y su sección será uniforme. Los conductores a utilizar serán de cobre, unipolares de aislamiento de XPLE de tensión asignada 0.6/1 kV, no propagadores de incendio y con emisión de humos y opacidad reducida. Los cables con características equivalentes a las de la norma UNE 21.123 parte 4 ó 5 o a la norma UNE 211002 cumplen con esta prescripción.

En todo momento, el conductor neutro (color azul) será de la misma sección que los conductores de fase.

Los elementos de conducción de cables deben ser conformes a lo establecido en la norma UNE-EN 50085-1 y UNE-EN 50086-1.

Los tubos y canales protectores tendrán una sección nominal tal que permita ampliar la sección de los conductores instalados inicialmente en un 100%.



1.13.7.- Interruptor de Control de Potencia (ICP)

El ICP es el dispositivo encargado de controlar la potencia demandada de forma que no exceda la potencia contratada.

El ICP se utiliza para suministros en baja tensión y hasta una intensidad de 63A (para suministros de mayor intensidad no se utiliza ICP, sino interruptores de intensidad regulable, maxímetros o integradores incorporados al equipo de medida).

1.13.8.- Interruptor General Automático (IGA)

El Interruptor General Automático se encarga de alimentar el Cuadro General de Distribución.

Según la ITB – BT -17, sea cual sea el dispositivo de control utilizado, tendrá que estar acompañado de un IGA de corte omnipolar.

El IGA tendrá poder de corte suficiente para la intensidad que puede producirse en el punto de su instalación, de 4500A como mínimo.

1.13.9.- Cuadro General de Distribución (CGD)

El CGD se colocará lo más cerca posible de la entrada de la DI y se colocarán junto a él los dispositivos de mando y protección establecidos en la ITC-BT-17.

Además, deberá estar en lugares a los que no tenga acceso el público y que estén separados de los locales donde exista un peligro acusado de incendio.

En el Cuadro General de Distribución se dispondrá dispositivos de mando y protección para cada una de las líneas generales de distribución y las de alimentación directa a receptores.

Cerca de cada uno de los interruptores del cuadro se colocará una placa indicadora del circuito al que pertenecen.



1.13.10.- Líneas interiores

Se entienden por líneas interiores las que discurren desde el CGD hasta los receptores.

Las características de las líneas serán las necesarias para la alimentación de las diferentes cargas y receptores que componen la instalación, a fin de asegurar el correcto desarrollo de las actividades y la seguridad.

1.13.10.1.- Conductores

Los conductores empleados serán de cobre o aluminio y estarán aislados. La tensión asignada no será menor a 450/750 V. La sección de los conductores se determinará de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación interior y cualquier punto de utilización sea menor del 3 % para alumbrado y del 5 % para los demás usos.

El valor de la caída de tensión podrá compensarse entre la de la instalación interior (3-5 %) y la de la derivación individual (1,5 %), de forma que la caída de tensión total sea inferior a la suma de los valores límites especificados para ambas (4,5-6,5 %).

Para tener en cuenta las corrientes armónicas y posibles desequilibrios, la sección del neutro será igual a la de las fases. No se utilizará el mismo conductor de neutro para varios circuitos.

Las intensidades máximas admisibles, se regirán en su totalidad por lo indicado en la Norma UNE 20.460-5-523 y su anexo Nacional.

Los conductores de protección tendrán una sección mínima según la siguiente tabla:

SECCIÓN DE LOS CONDUCTORES DE FASE DE LA INSTALACIÓN S (mm ²)	SECCIÓN MÍNIMA DE LOS CONDUCTORES DE PROTECCIÓN S_p (mm ²)
$S \leq 16$	$S_p = S$
$16 < S \leq 35$	$S_p = 16$
$S > 35$	$S_p = S/2$

Tabla 24. Sección mínima de los conductores de protección.



De forma que se establezca la correspondiente protección contra contactos indirectos, los circuitos derivados dispondrán de un conductor de protección de cobre que estará conectado a la red de tierra.

1.13.10.2.- Identificación de conductores

Los conductores de la instalación tienen que ser fácilmente identificables. Esta identificación se realizará mediante los colores que presenten sus aislamientos. El conductor neutro se identificará con el color azul y el de protección, con verde-amarillo. Todos los conductores de fase se identificarán mediante los colores marrón, negro o gris.

1.13.10.3.- Receptores

1.13.10.3.1.- Receptores para el alumbrado

Los circuitos de alimentación estarán previstos para transportar la carga debida a los propios receptores, a sus elementos asociados y a sus corrientes armónicas y de arranque.

El factor de potencia de cada receptor será mayor o igual a 0,9.

1.13.10.3.2.- Tomas de corriente

Se dispondrá una toma de corriente monofásica, por si fuera necesario hacer uso de ella en un futuro para conectar herramientas como taladradoras, etc.

– Tomas de corriente monofásicas de 16A a 230 V (2P+T).

La toma de corriente estará instalada en el cuadro de control.



1.13.10.3.3.- Interruptores

Para el control de las luminarias de forma manual se instalarán una serie de interruptores en el cuadro de mando, de forma que, si en algún momento la consola Scena se encontrara fuera de servicio, éstas puedan ser encendidas y apagadas por el personal encargado del complejo.

1.13.10.4.- Subdivisión de las instalaciones

Las instalaciones estarán divididas de forma que las perturbaciones que se originen por averías en un determinado punto, afecten sólo a ciertas partes de la instalación. Los dispositivos de protección de cada circuito estarán coordinados y serán selectivos con los dispositivos generales de protección que les precedan.

Así, las instalaciones se dividirán en varios circuitos para:

- Evitar las interrupciones innecesarias de todo el circuito y limitar las consecuencias de un fallo.
- Facilitar las verificaciones, ensayos y mantenimientos.
- Evitar los riesgos que podrían resultar del fallo de un solo circuito que pudiera dividirse, como por ejemplo si solo hay un circuito de alumbrado.

1.13.10.6.- Resistencia de aislamiento y rigidez dieléctrica

Los valores de resistencia de aislamiento y rigidez dieléctrica deben tener los valores estipulados en la siguiente tabla:

Tensión nominal instalación (V)	Tensión ensayo corriente continua (V)	Resistencia de aislamiento (MΩ)
MBTS o MBTP	250	> 0,25
< 500 V	500	> 0,50
> 500 V	1000	> 1,00

Tabla 25. Valores de resistencia al aislamiento.



La rigidez dieléctrica es tal que, desconectados los aparatos de utilización (receptores), resista durante 1 minuto una prueba de tensión de $2U + 1000 \text{ V}$ a frecuencia industrial, siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios, y con un mínimo de 1.500 V.

Las corrientes de fuga no serán superiores, para el conjunto de la instalación o para cada circuito, a la sensibilidad que presenten los interruptores diferenciales instalados como protección contra los contactos indirectos.

1.13.10.7.- Conexiones

La unión de los conductores deberá realizarse utilizando bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión. Es posible también el uso de bridas de conexión.

Las conexiones se realizarán siempre en el interior de cajas de empalme y/o derivación.

Si se trata de conductores que tengan varios alambres cableados, las conexiones se llevarán a cabo de forma que se reparta por todos los alambres.

1.13.10.8.- Sistemas de instalación

Si tenemos varios circuitos, éstos pueden encontrarse en el mismo tubo o canal si los conductores están aislados para la tensión asignada más elevada.

Los tubos estarán dispuestos de forma que faciliten su maniobra, inspección y acceso a sus conexiones. Los tubos se tienen que establecer de forma que mediante la identificación de sus circuitos y elementos, se pueda proceder en cualquier momento a reparaciones, mantenimiento, etc.

Las cubiertas, tapas, mandos y pulsadores de maniobra de aparatos como interruptores, reguladores, etc., se instalarán de un material adecuado a las características del entorno.

La instalación y puesta en obra de los tubos de protección deberá cumplir lo indicado a continuación y en su defecto lo prescrito en la norma UNE 20.460-5-523 y en las ITC-BT-19 e ITC-BT-20.



1.13.10.8.1.- Tubos en canalizaciones fijas en superficie

En las canalizaciones superficiales, los tubos deberán ser preferentemente rígidos y en casos especiales podrán usarse tubos curvables. Sus características mínimas serán las indicadas en la tabla 1 de la ITC BT 21, apartado 1.2.1.

El cumplimiento de estas características se realizará según los ensayos indicados en las normas UNE-EN 50.086 -2-1, para tubos rígidos y UNE-EN 50.086 -2-2, para tubos curvables.

Los tubos deberán tener un diámetro tal que permitan un fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados. En la tabla 2 de la ITC BT 21, figuran los diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir.

Para más de 5 conductores por tubo o para conductores aislados o cables de secciones diferentes a instalar en el mismo tubo, su sección interior será, como mínimo igual a 2,5 veces la sección ocupada por los conductores.

Cuando los tubos se coloquen en montaje superficial se tendrán en cuenta, además, las siguientes prescripciones:

Los tubos se fijarán a las paredes o techos por medio de bridas o abrazaderas protegidas contra la corrosión y sólidamente sujetas. La distancia entre éstas será, como máximo, de 0,50 metros. Se dispondrán fijaciones de una y otra parte en los cambios de dirección, en los empalmes y en la proximidad inmediata de las entradas en cajas o aparatos.

Los tubos se colocarán adaptándose a la superficie sobre la que se instalan, curvándose o usando los accesorios necesarios.

En alineaciones rectas, las desviaciones del eje del tubo respecto a la línea que une los puntos extremos no serán superiores al 2 por 100.

Es conveniente disponer los tubos, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2,50 metros sobre el suelo, con objeto de protegerlos de eventuales daños mecánicos.

En los cruces de tubos rígidos con juntas de dilatación de un edificio, deberán interrumpirse los tubos, quedando los extremos del mismo separados entre sí 5



centímetros aproximadamente, y empalmándose posteriormente mediante manguitos deslizantes que tengan una longitud mínima de 20 centímetros.

1.13.10.9.- Protección contra sobreintensidades

Todos los circuitos deberán estar protegidos contra los efectos de las sobreintensidades que puedan originarse. Para esto, la interrupción del circuito se realizará en el tiempo apropiado y estará dimensionado para tal efecto.

Las sobreintensidades se pueden dar por:

- Sobrecargas debidas a los aparatos de utilización o defectos de aislamiento de gran impedancia. El límite de intensidad admisible en un conductor tiene que quedar garantizado por el dispositivo de protección. El dispositivo estará constituido por un interruptor automático de corte omnipolar con curva térmica de corte o por cortacircuitos fusibles con las características de funcionamiento adecuadas.
- Cortocircuitos. En el origen de cualquier circuito se establecerá un dispositivo de protección contra cortocircuitos con una capacidad de corte adecuada a la intensidad del corto que pueda presentarse.

Cuando se trate de circuitos que se deriven de uno principal se admite que cada uno de los circuitos dispongan de protección contra sobrecargas y exista un único dispositivo general que asegure la protección contra cortocircuitos de todos los derivados.

- Descargas eléctricas atmosféricas.

La norma UNE 20.460-4-43 recoge todos los aspectos requeridos para los dispositivos de protección. La norma UNE 20.460-4-473 define la aplicación de las medidas de protección expuestas en la norma UNE 20.460-4-43 según sea por causa de sobrecargas o cortocircuito.

1.13.10.10.- Protección contra sobretensiones

Según el Artículo 16.3 del REBT 2002, "los sistemas de protección para las instalaciones interiores o receptoras para baja tensión impedirán los efectos de las sobreintensidades y sobretensiones que por distintas causas cabe prever en las



mismas y resguardarán a sus materiales y equipos de las acciones y efectos de los agentes externos."

En determinadas zonas, el uso de dispositivos de protección contra sobretensiones, tanto permanentes como transitorias, es obligatorio de acuerdo con las normas técnicas particulares de las compañías eléctricas. Éstas refuerzan el cumplimiento del artículo 16.3 del REBT 2002 e inciden en la obligación de la instalación de protectores contra sobretensiones permanentes.

1.13.10.10.1.- Medidas para controlar las sobretensiones transitorias

Nos podemos enfrentar a dos situaciones diferentes:

- Situación natural: no es preciso la protección contra las sobretensiones transitorias ya que existe un bajo riesgo de sobretensiones en la instalación.
- Situación controlada: es preciso la protección contra sobretensiones transitorias en el origen de la instalación ya que la instalación se alimenta por una línea aérea con conductores desnudos o aislados. También se puede incluir en éste tipo las situaciones naturales en las que se quiere incluir dispositivos de protección para más seguridad.

La instrucción técnica complementaria (ITC-23) del REBT, de obligado cumplimiento nos indica cuando se precisa la protección contra sobretensiones transitorias.

Los dispositivos de protección contra sobretensiones de origen atmosférico se deben seleccionar de forma que su nivel de protección sea inferior a la tensión soportada a impulso de la categoría de los equipos y materiales que se van a instalar.

Los descargadores se conectarán entre cada uno de los conductores.

La normativa IEC 60664-1 establece cuatro categorías de sobretensión eléctrica:

- Categoría I: El equipo está conectado a una red especial AC con medidas para reducir los transitorios.



- Categoría II: El equipo está conectado (permanentemente o no) a la tensión suministrada por el cableado del edificio. En esta categoría entran la mayoría de los aparatos conectados en el edificio.
- Categoría III: El equipo que será una parte integral del cableado del edificio.
- Categoría IV: El equipo que se conectará al punto donde la red eléctrica entra al edificio.

1.13.10.11.- Protección contra contactos directos

Las medidas de protección por medio de obstáculos y puesta fuera de alcance por alejamiento, no garantizan una protección completa, ya que protegen contra contactos fortuitos.

1.13.10.11.1.- Protección por aislamiento de las partes activas

Las partes activas tienen que estar recubiertas de un aislamiento que no pueda ser eliminado.

1.13.10.11.2.- Protección por medio de barreras o envolventes

Las partes activas tienen que estar situadas dentro de envolventes o detrás de barreras con un grado de protección como mínimo IP XXB, según UNE20.324.

Las superficies superiores de las barreras o envolventes horizontales que son fácilmente accesibles, deben responder como mínimo al grado de protección IP4X ó IP XXD.

Las barreras o envolventes deben ser fijados de forma segura y tener una robustez y durabilidad suficientes para que se mantengan los grados de protección necesarios y con separación suficiente de las partes activas en las condiciones normales de servicio.

Si es necesario suprimir las barreras, abrir las envolventes o quitar partes, esto no debe ser posible excepto con la ayuda de una llave o herramienta, después de quitar la tensión de las partes activas protegidas o bien, si hay una segunda



barrera con un grado de protección mínimo IP2X o IP XXB, que impida el contacto con las partes activas.

1.13.10.11.3.- Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial - residual

Mediante el empleo de dispositivos de corriente diferencial-residual, con un valor de corriente diferencial de funcionamiento menor o igual a 30 mA.

Es una medida de protección complementaria a las anteriores.

La intensidad nominal de los DDR se dimensiona de forma que sea superior a la de los interruptores automáticos para que en el caso de que se origine una sobrecarga, el magnetotérmico abra el circuito antes de que el diferencia se vea afectado.

1.13.10.12.- Protección contra contactos indirectos

La protección frente a contactos indirectos se consigue mediante la desconexión automática de la alimentación. Es decir, después del fallo, la tensión de contacto (de valor suficiente) no debe mantenerse durante un tiempo tal que pueda dar como resultado un riesgo. La tensión límite convencional es 50 V (24 V para locales húmedos), valor eficaz en corriente alterna en condiciones normales.

Las masas de los equipos eléctricos se protegen mediante el mismo dispositivo de protección. Deben estar interconectadas y unidas por un conductor de protección a la misma toma de tierra.

El punto neutro de cada generador o transformador debe ponerse a tierra.

La condición a cumplir es:

$$R_a \times I_a < U \quad (1.18)$$



Donde:

R_a es la suma de las resistencias (Ω).

I_a es la corriente de funcionamiento automático del dispositivo de protección (A).

U es la tensión de contacto límite convencional (50 ó 24V).

1.13.10.12.1.- Instalación de puesta a tierra

1.13.10.12.1.1.- Objeto y definición

Para dimensionar la puesta a tierra de la instalación atenderemos a la ITC-BT-18. Esta instrucción tiene como objeto limitar la tensión que, con respecto a tierra, pueden presentar en un momento dado las masas metálicas para asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que representaría una avería en los materiales eléctricos utilizados.

La puesta a tierra es la unión eléctrica directa sin fusibles ni protección alguna de una parte del circuito eléctrico o de una parte conductora mediante una toma de tierra con un electrodo (o grupo de electrodos) enterrados.

Se deberá conseguir que en el conjunto de la instalación y superficie próxima de terreno no aparezcan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, las corrientes de defecto o descargas de origen atmosférico pasen a tierra.

La instalación y los materiales de puesta a tierra deben ser tales que:

- La resistencia de puesta a tierra debe ser tal que las normas de protección y de funcionamiento de la instalación se mantenga a lo largo del tiempo.
- Las corrientes de defecto a tierra y las corrientes de fuga puedan circular sin peligro.
- La protección mecánica quede asegurada.
- Contemplan los posibles riesgos debidos a electrólisis que pudieran afectar a otras partes metálicas.



1.13.10.12.1.2.- Uniones a tierra

1.13.10.12.1.2.1.- Tomas de tierra

Para la toma de tierra se pueden utilizar electrodos formados por: barras, tubos; pletinas, conductores desnudos; placas; anillos o mallas metálicas constituidos por los elementos anteriores o sus combinaciones; armaduras de hormigón enterradas; con excepción de las armaduras pretensadas y otras estructuras enterradas que se demuestre que son apropiadas.

Los conductores de cobre utilizados como electrodos serán de construcción y resistencia eléctrica según la clase 2 de la norma UNE 21.022.

El tipo y la profundidad de enterramiento de las tomas de tierra deben ser tales que la posible pérdida de humedad del suelo, la presencia del hielo u otros efectos climáticos, no aumenten la resistencia de la toma de tierra por encima del valor previsto. La profundidad nunca será inferior a 0,50 m.

Las envolventes de plomo y otras envolventes de cables que no sean susceptibles de deterioro debido a una corrosión excesiva, pueden ser utilizadas como toma de tierra, previa autorización del propietario, tomando las precauciones debidas para que el usuario de la instalación eléctrica sea advertido de los cambios del cable que podría afectar a sus características de puesta a tierra.

1.13.10.12.1.2.2.- Conductores de tierra

La sección de los conductores de tierra tiene que cumplir las condiciones reflejadas en la ITC-BT-18. La sección mínima de los conductores de tierra no debe ser inferior a los conductores de protección.

1.13.10.12.1.2.3.- Bornes de puesta a tierra

En toda instalación de puesta a tierra debe preverse un borne principal de tierra, al cual deben unirse los conductores siguientes:

- Los conductores de tierra.
- Los conductores de protección.



- Los conductores de unión equipotencial principal.
- Los conductores de puesta a tierra funcional, si son necesarios.

Debe preverse sobre los conductores de tierra y en lugar accesible, un dispositivo que permita medir la resistencia de la toma de tierra correspondiente. Este dispositivo puede estar combinado con el borne principal de tierra, debe ser desmontable necesariamente por medio de un útil, tiene que ser mecánicamente seguro y debe asegurar la continuidad eléctrica.

1.13.10.12.1.2.4.- Conductores de protección

Los conductores de protección unen las masas de la instalación con ciertos elementos para asegurar la protección contra contactos indirectos.

Los conductores de protección que no forman parte de la canalización de alimentación serán de cobre con una sección, al menos de:

- 2,5 mm², si los conductores de protección disponen de una protección mecánica.
- 4 mm², si los conductores de protección no disponen de una protección mecánica.

Ningún aparato debe estar intercalado en el conductor de protección. Las masas de los equipos a unir con los conductores de protección no deben conectarse en serie en un circuito de protección.

1.13.10.12.1.2.5.- Conductores de equipotencialidad

Los conductores de equipotencialidad deben conectar todas las masas y todos los elementos conductores que sean simultáneamente accesibles.

La conexión equipotencial local así realizada no debe estar conectada a tierra, ni directamente ni a través de masas o de elementos conductores.

El conductor principal de equipotencialidad debe tener una sección no inferior a la mitad de la del conductor de protección de sección mayor de la instalación, con un mínimo de 6 mm². Sin embargo, su sección puede ser reducida a 2,5 mm² si es de cobre.



La unión de equipotencialidad suplementaria puede estar asegurada, bien por elementos conductores no desmontables, tales como estructuras metálicas no desmontables, bien por conductores suplementarios, o por combinación de los dos.

1.13.10.12.1.2.6.- Resistencia de las tomas de tierra

Hay que dimensionar el electrodo de forma que su resistencia a tierra, en cualquier circunstancia previsible, no sea mayor que la del valor especificado para ella.

Este valor es tal que cualquier masa no pueda dar lugar a tensiones de contacto mayores a:

- 24 V en local o emplazamiento conductor
- 50 V en los demás casos.

Si las condiciones de la instalación son tales que pueden dar lugar a tensiones de contacto superiores a los valores señalados anteriormente, se asegurará la rápida eliminación de la falta mediante dispositivos de corte adecuados a la corriente de servicio.

La resistencia de un electrodo depende de sus dimensiones, de su forma y de la resistividad del terreno en el que se establece. Esta resistividad varía frecuentemente de un punto a otro del terreno, y varía también con la profundidad.

Con objeto de establecer una primera aproximación de los valores de la resistencia a tierra, podemos consultar los valores que encontramos en las tablas del ITC – BT 18.

1.13.10.12.1.2.7.- Esquema de puesta a tierra

El sistema de puesta a tierra será de tipo TT, siguiendo las pautas de la ITC - 24.

Todas las masas de los equipos eléctricos protegidos por un mismo dispositivo de protección, deben ser interconectadas y unidas por un conductor de protección a una misma toma de tierra. Si varios dispositivos de protección van

montados en serie, esta prescripción se aplica por separado a las masas protegidas por cada dispositivo.

En el esquema TT, se utilizan los dispositivos de protección siguientes:

- Dispositivos de protección de corriente diferencial-residual.
- Dispositivos de protección de máxima corriente, tales como fusibles, interruptores automáticos. Estos dispositivos solamente son aplicables cuando la resistencia R_a tiene un valor muy bajo.

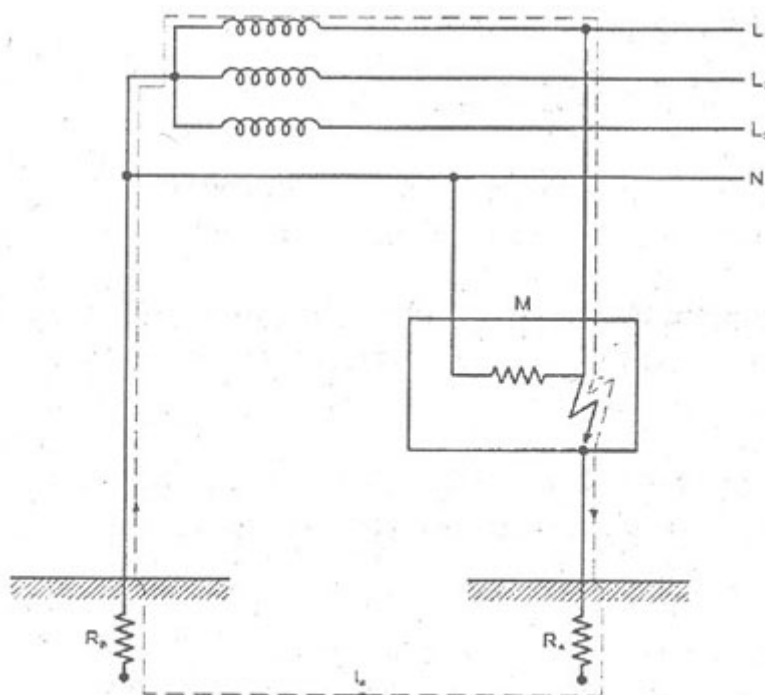


Figura 62. Esquema de tipo TT.



1.13.10.12.1.2.8.- Revisión de las tomas de tierra

Según la ITC – BT – 18:

“Por la importancia que ofrece, desde el punto de vista de la seguridad cualquier instalación de toma de tierra, deberá ser obligatoriamente comprobada por el Director de la Obra o Instalador Autorizado en el momento de dar de alta la instalación para su puesta en marcha o en funcionamiento.

Personal técnicamente competente efectuará la comprobación de la instalación de puesta a tierra, al menos anualmente, en la época en la que el terreno esté mas seco. Para ello, se medirá la resistencia de tierra, y se repararán con carácter urgente los defectos que se encuentren.

En los lugares en que el terreno no sea favorable a la buena conservación de los electrodos, éstos y los conductores de enlace entre ellos hasta el punto de puesta a tierra, se pondrán al descubierto para su examen, al menos una vez cada cinco años.”



SOLUCIONES ADOPTADAS



2.- ANÁLISIS DE SOLUCIONES GENERALES ADOPTADAS

2.1.- SOLUCIONES ADOPTADAS PARA EL ALUMBRADO

A continuación se analizarán con detalle las soluciones adoptadas para cada estancia del recinto. Como ya se ha comentado anteriormente, todas las luminarias elegidas utilizan la tecnología LED, ya que son óptimas para la conservación del monumento.

En cada uno de los apartados, se justificará la elección de la luminaria y se indicará la distribución elegida y algunos detalles, como representaciones 3D.

Las luminarias elegidas están fabricadas por las firmas ERCO y SIMON, debido a que sus productos son adecuados para las necesidades que nos ocupan y además, tienen gran fama dentro del sector por su calidad.

Las luminarias de emergencia son del fabricante ETAP, que también es un referente en su campo.

Se ha contemplado la instalación de dos escenarios: controlado y 'económico'.

El primero, dispone de luminarias controladas mediante un sistema llamado Scena, del fabricante Simon. Podremos controlar luminarias que estarán instaladas en el exterior, el túnel y la sala de entrada. El control implica, además de la regulación de intensidad luminosa, el cambio de colores en las de tipo RGB, programación de horarios, etc. Además, desde la consola podremos encender y apagar las demás luminarias del recinto.

El segundo escenario es el llamado 'económico', por el hecho de que no dispondrá de un dispositivo para el control de luminarias, con el consiguiente ahorro en la instalación. Además, el segundo escenario implica algunos cambios en la distribución y tipo de luminarias.

Tenemos, en el exterior, dos proyectores bañadores de pared. En el escenario controlado por Scena, serán RGB. En el escenario 'económico', serán proyectores LED no controlables.

Entraremos al complejo a través de un túnel en el que hay instaladas dos luminarias.



En la sala de entrada, el pasillo y la sala de ofrendas, encontraremos diferentes luminarias distribuidas de forma que destaquen los elementos más representativos del complejo (columnas, murales...).

El nicho es la zona a destacar del complejo y estará iluminado mediante tres luminarias, iguales en ambos escenarios.

2.1.1.- Exterior

El exterior del recinto es una zona con condiciones climáticas adversas. El reto es el de iluminar la zona de la entrada de forma sutil, sin que se produzca contaminación lumínica.

Además, es una buena idea disponer de luminarias regulables, que nos permitan diferentes escenarios.

Por todo esto, se ha seleccionado un tipo de luminaria LED, controlada por DMX.

Las luminarias seleccionadas para la iluminación exterior son:

NÚMERO	DESIG. CIRCUITO	MÉTODO DE CONTROL	LUMINARIA	POTENCIA (W)	Nº	POTENCIA TOTAL (W)
EXTERIOR						
1,2	A1	MAN/AUTO	SIMON IRIS LED TAMAÑO S 300 MM	18	2	36

Tabla 26. Luminarias para la iluminación exterior.

La distribución de las luminarias se puede apreciar en la siguiente figura:

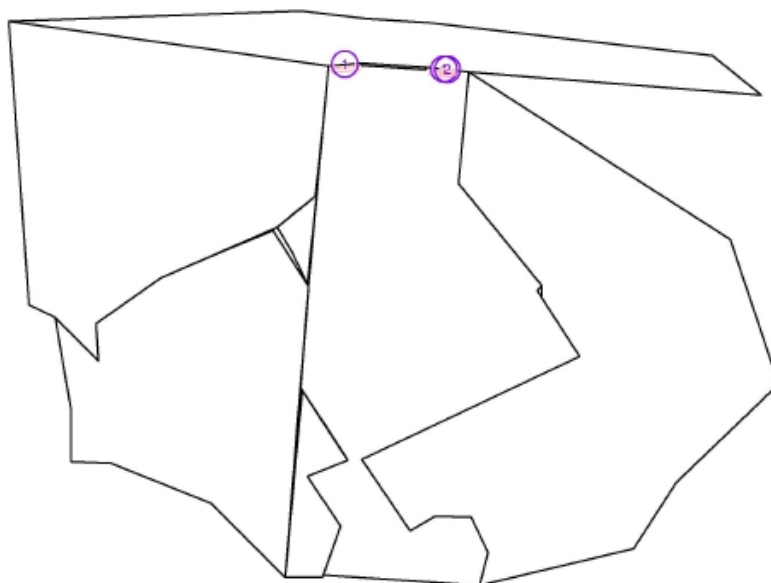


Figura 63. Distribución de luminarias zona exterior.

IRISLED, de la marca SIMON, es un nuevo tipo de proyector lineal para la iluminación arquitectural. Está controlado por DMX mediante la consola SCENA, que nos permitirá muchas posibilidades.

El tamaño de las lámparas es 300 mm y nos permitirán un amplio ángulo de giro.

La instalación es superficial, pero se utilizarán unas cubiertas artesanas de poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV), junto con un soporte de piedra fabricado expresamente para camuflarse en el entorno.

Las principales ventajas que ofrecen los perfiles de Poliéster Reforzado de Fibra de Vidrio (PRFV) frente a los materiales convencionales son una excelente relación entre su resistencia estructural y su reducido peso, permiten un mecanizado y montaje mucho más rápido y simple, son inalterables a la corrosión y en consecuencia no requieren de mantenimiento, son excelentes aislantes dieléctricos (evita el riesgo de descargas eléctricas) y no genera interferencias en las ondas electromagnéticas.

Necesitaremos añadir un difusor a las luminarias, que suministra el mismo fabricante. Los cálculos realizados con DIALUX no contaban con el difusor, por lo que el Índice de Deslumbramiento UGR es elevado. Con el difusor se evita este problema, incluso cuando aumentemos la intensidad de la iluminación.

El rango de temperatura de trabajo de estas luminarias va de -30°C a $+70^{\circ}\text{C}$, lo cual es adecuado para nuestras condiciones.

El grado IP es IP66 y el IK es IK10.

Para el mantenimiento sólo hay que:

- Mantener limpia la superficie del difusor para conseguir el máximo flujo lumínico.
- Utilizar un trapo húmedo sin ningún tipo de producto agresivo ni detergente. Lubricar las juntas de estanqueidad y reemplazarlas cuando estén cuarteadas.
- Lubricar los cierres y/o las charnelas de las partes móviles.

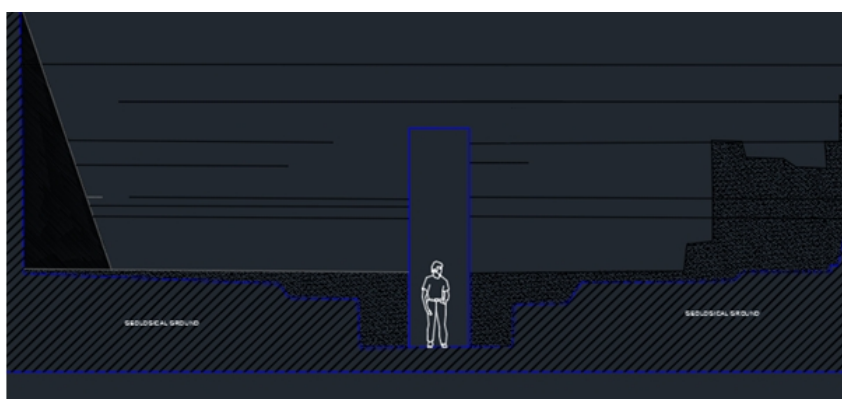


Figura 64. Alzado de la zona exterior.



Figura 65. Render 3D de la iluminación exterior.



2.1.2.- Interior

Las luminarias que se instalen en el interior de la tumba tienen que cumplir los requisitos necesarios para soportar las condiciones de suciedad y polvo que hay en el recinto. Deben tener larga duración, facilitar el mantenimiento y lo más importante, deben cumplir los requisitos necesarios para la preservación del monumento.

Las luminarias deben ser discretas y tienen que pasar desapercibidas en la medida de lo posible. Para esto, se propone realizar un trabajo 'artesanal', realizando soportes de piedra tallada que servirán como soporte para las lámparas y se mimetizarán con el entorno.

En el caso de que fuera posible, se enterrará el cableado. No obstante, es muy posible que la única forma de instalación sea utilizando tubos o canaleta en la superficie, ya que tratamos de no modificar ningún elemento del recinto. Por tanto, sobra decir que los mismos deben estar pintados de forma que pase totalmente desapercibidos para el visitante.

2.1.2.1.- *Túnel de entrada*

Accedemos al recinto a través de un túnel de 2,65 m de largo x 1,55 m de ancho x 4,30 m de alto, excavado directamente en la roca.

Las dimensiones del túnel no son excesivamente amplias y además, durante el día, este espacio interior será el que normalmente reciba más cantidad de luz natural. No obstante, encontramos algunos escalones, por lo que se ha decidido iluminar esta zona de forma que la intensidad de luz sea suficiente para guiarnos hacia la primera sala pero sin que resulte excesiva.

Las luminarias utilizadas se reflejan en la siguiente tabla:

NÚMERO	DESIG. CIRCUITO	MÉTODO DE CONTROL	LUMINARIA	POTENCIA (W)	Nº	POTENCIA TOTAL (W)
EXTERIOR						
1	A2	MAN/AUTO	SIMON 81030500-900 LedFlex 810 RGB	4,8	2	9,6

Tabla 27. Luminarias para la iluminación del túnel de entrada.

La distribución de las luminarias sería la reflejada en la siguiente figura:

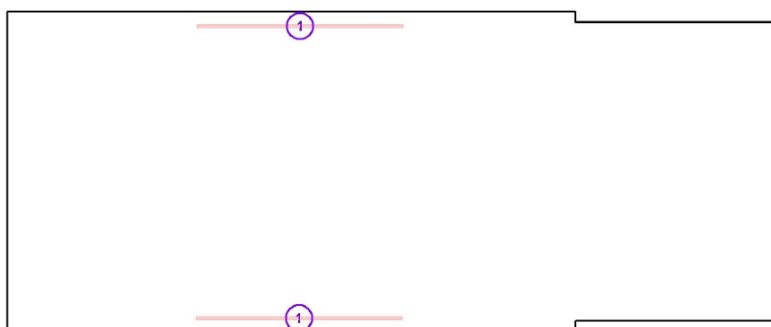


Figura 66. Distribución de las luminarias del túnel de entrada.

Para esto, son ideales los cordones LED utilizados. Esta clase de luminaria RGB nos permite además regular el color. Se ha elegido una combinación de 100% Rojo, 0% Verde, 100% Azul, con lo cual obtendremos un tono púrpura que provocará una sensación de misterio en el visitante.

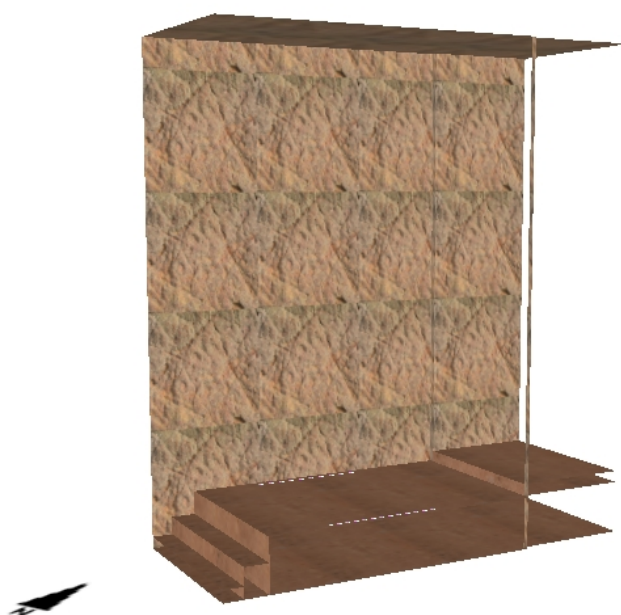


Figura 67. Render 3D del túnel de entrada.

Los cordones LED bañarán las paredes laterales jugando con la atenuación que se va dando en el plano vertical, ya que el techo es bastante alto. La distribución se realiza de forma que no entorpezcan el paso de los visitantes.

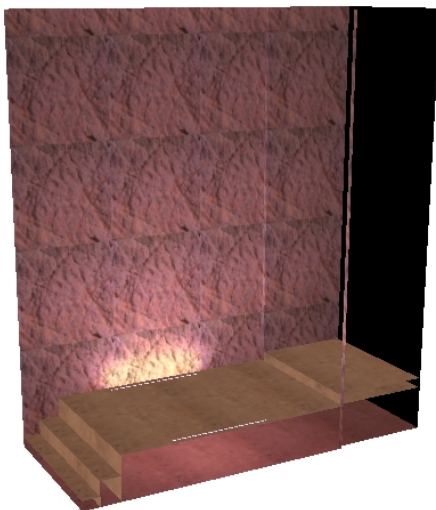


Figura 68. Iluminación LED del túnel de entrada.

2.1.2.2.- Sala de entrada

Al atravesar el túnel llegamos a una sala de grandes dimensiones: 12,05 m de largo x 8,55 m de ancho x 4, 20 m de alto.

Esta sala recibe luz natural del exterior, pero no es suficiente para la iluminación de la misma. Tenemos que tener en cuenta que los visitantes atravesarán el túnel de entrada relativamente rápido y, en días muy soleados (como lo son la mayoría en Egipto), el ojo tardará en acostumbrarse a un ambiente oscuro.

Así, la idea es ir adaptando al visitante al recorrido que va a realizar. Esta sala tiene que estar bien iluminada, pero no por eso se renunciará al juego de sombras y contrastes que permitirá producir sensaciones de profundidad y grandeza.

Para ello, se ha optado por utilizar proyectores bañadores de pared en los laterales. La disposición se hace de forma simétrica, jugando con las columnas de forma que, al avanzar por el 'pasillo principal', las luminarias vayan quedando ocultas y se dé el juego de luces y sombras buscado. Los proyectores son regulables en intensidad por lo que aprovecharemos esta característica para instalar fuera una fotocélula que, correctamente calibrada, ofrezca a esta sala la iluminación adecuada dependiendo de la luz natural que llegue. Es posible también, simplemente programar diferentes horarios y ahorrarnos la fotocélula (aunque esta opción es menos eficiente).

Ya que en este caso y por las fotos de las que disponemos parece que la sala recibe bastante iluminación natural, no instalaremos la fotocélula.

La distribución de las luminarias sería:

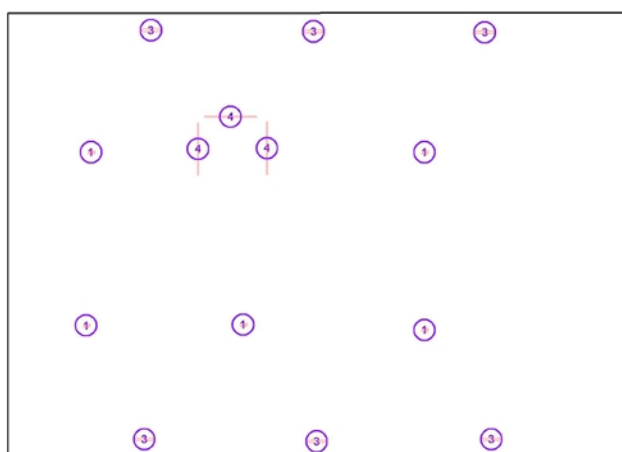


Figura 69. Distribución de las luminarias en la sala de entrada.

En la siguiente tabla, encontramos las luminarias que se han utilizado en la iluminación de esta sala:

NÚMERO	DESIG. CIRCUITO	MÉTODO DE CONTROL	LUMINARIA	POTENCIA (W)	Nº	POTENCIA TOTAL (W)
EXTERIOR						
4	A3	MAN/AUTO	SIMON 81030500-900 LedFlex 810 RGB	4,8	3	14,4
3	A3	MAN/AUTO	SIMON 61030133-583 Proyector lineal 610 WW	16	6	96
1	A3	MAN/AUTO	ERCO 72348000 Pollux Proyector (warm white)	9	5	45

Tabla 28. Luminarias para la iluminación de la sala de entrada.

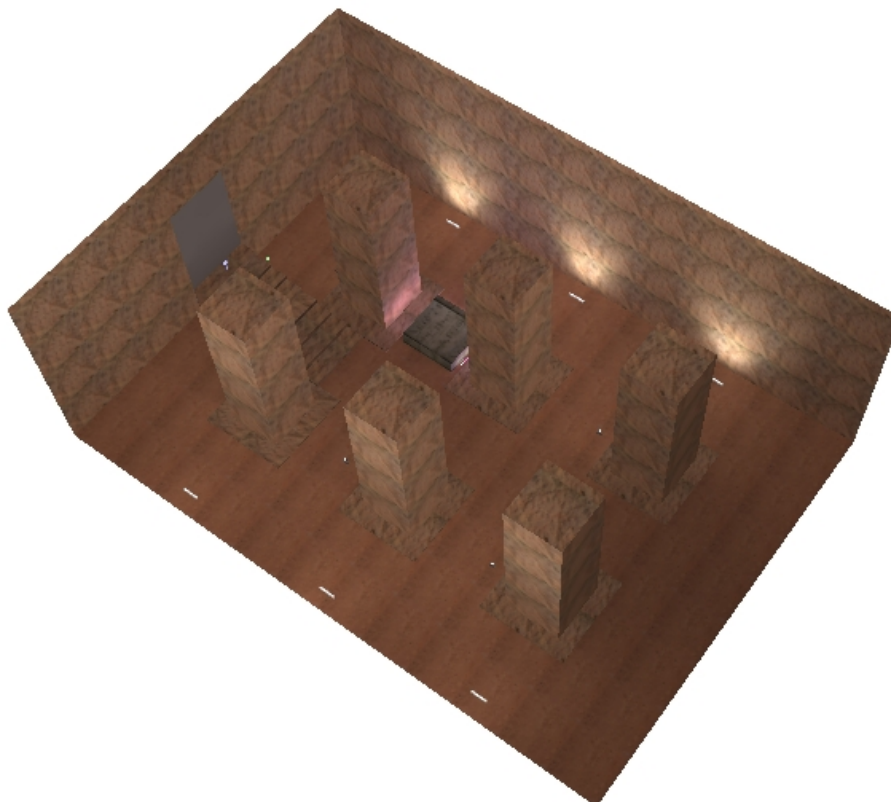


Figura 70. Render 3D de la sala de entrada.

Dado que el recorrido natural del visitante será el de atravesar esta sala a través del pasillo 'central', se ha optado por instalar proyectores detrás de las columnas para resaltarlas y ayudar a que la iluminación sea más homogénea. La zona estrella de la tumba es el nicho, por lo que, de esta manera, éste destacará ante el visitante.

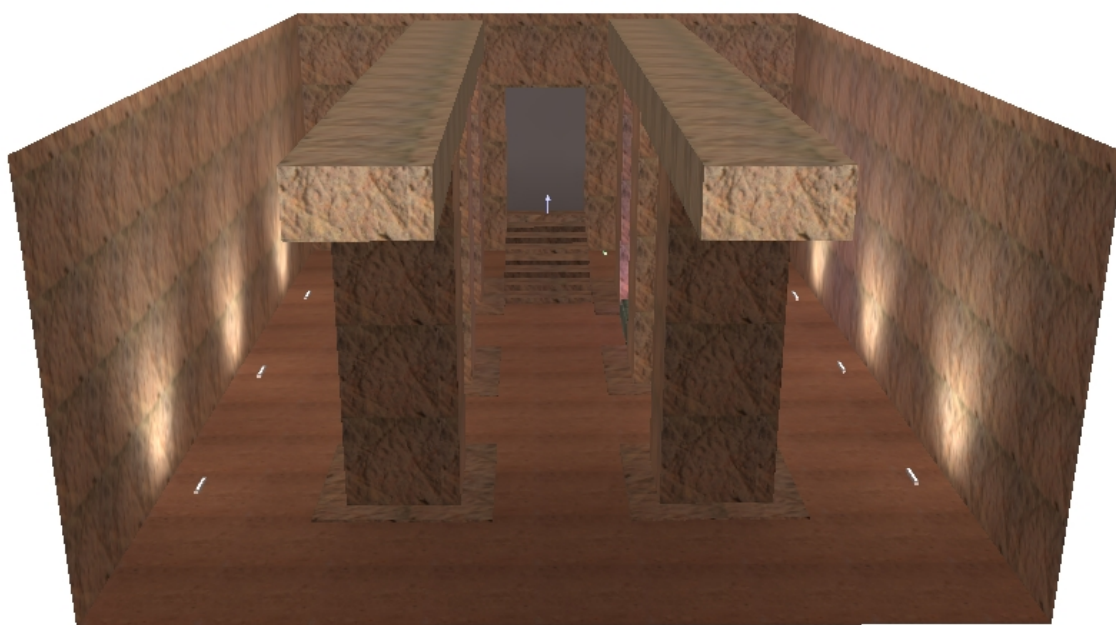


Figura 71. Representación 3D de la sala de entrada al atravesar el túnel de acceso.

En el camino de vuelta, podrá admirar los contornos de las grandes columnas que estarán bien iluminadas por los proyectores.

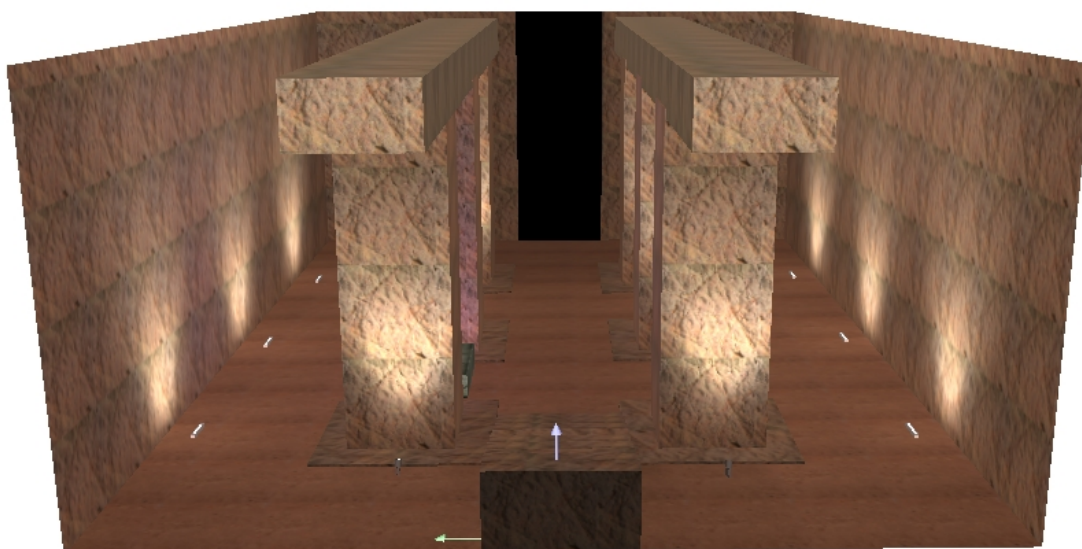


Figura 72. Representación 3D de la sala de entrada al atravesar el pasillo.

Existe un elemento clave en esta sala, que es conveniente resaltar. Hablamos de la pequeña mesa de ofrendas que se ubica entre dos columnas. La solución adoptada ha sido utilizar de nuevo cordones LED. Esta vez, en lugar de ser cordones para el bañado de paredes, son cordones para resaltar el contorno de objetos decorativos. El color se puede variar y, en esta ocasión, se ha elegido la misma combinación que la que tenían los dos cordones del túnel de entrada (Es decir 100% Rojo, 0% Verde, 100 % Azul).

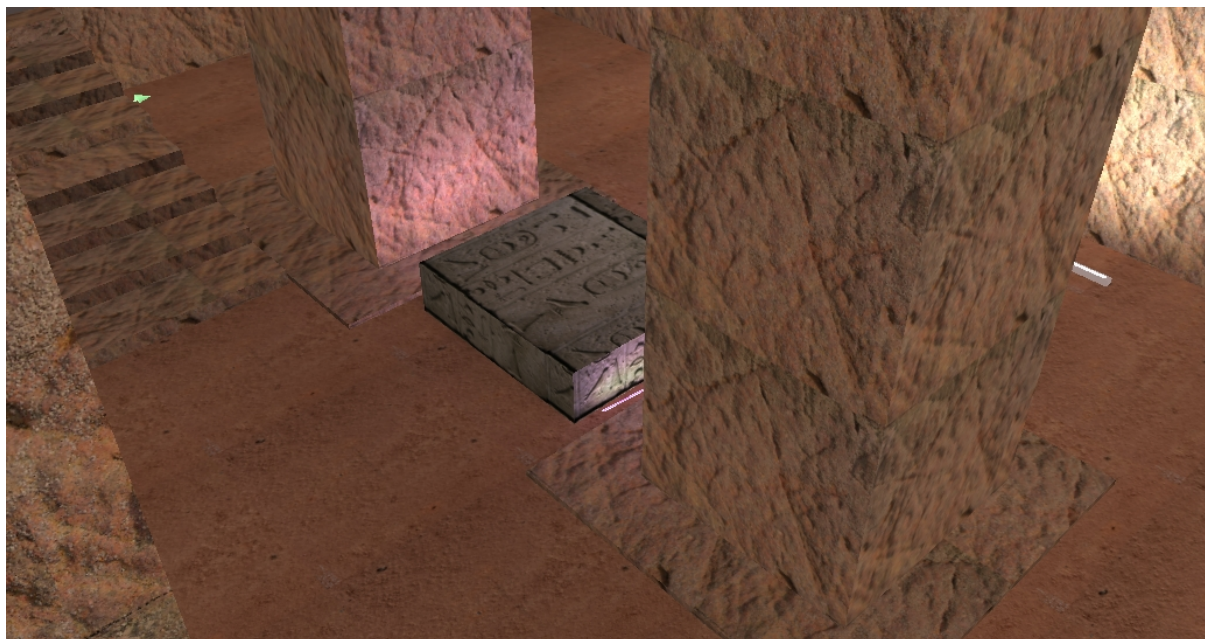


Figura 73. Representación de la mesa de ofrendas 1.

Ya que se trata de una mesa de ofrendas, podríamos darle una tonalidad en la que primara más el rojo, quedando un efecto más dramático, como el que se detalla en la siguiente imagen:



Figura 74. Representación de la mesa de ofrendas 2.

El efecto de luz llamará la atención de todo aquél que se encuentre dentro de esta sala.

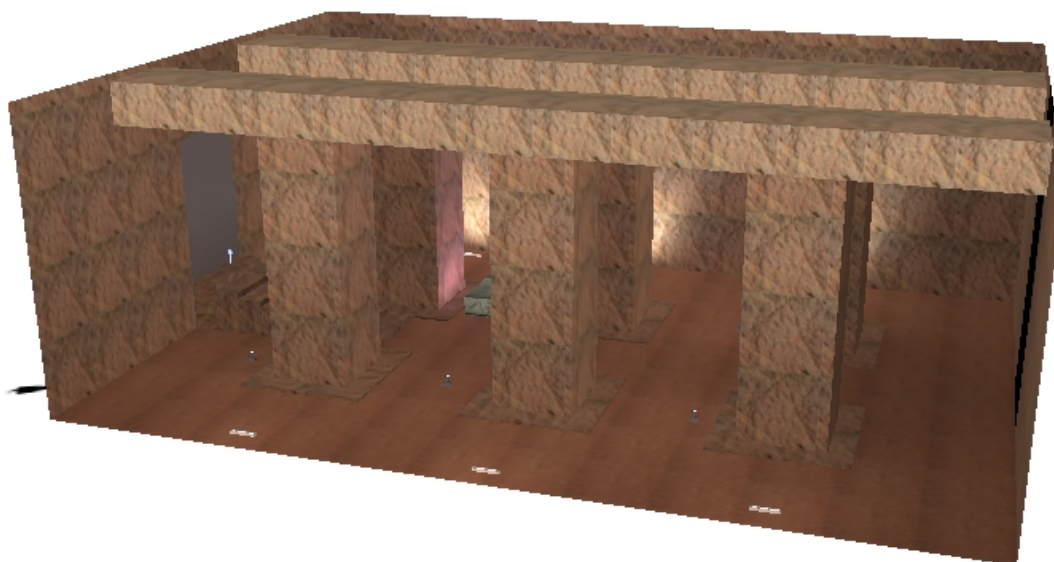


Figura 75. Render 3D de la sala de entrada con mesa de ofrendas iluminada.

2.1.2.3.- Pasillo

El pasillo es una de las zonas más delicadas. Se accede a él a través de la sala principal y sus dimensiones son: 9,5 m de largo x 1,45 m de ancho x 2,60 m de alto. A la entrada, tenemos a ambos lados unos murales que hay que resaltar. Además existen tres estatuas momiformes a cada lado, distribuidas de forma simétrica. No debemos olvidar que el genial techo abovedado.



Figura 76. Render 3D del pasillo iluminado.

La solución pasa por utilizar dos pequeños proyectores de óptica de inundación para iluminar los murales.



Figura 77. Detalle de los murales jeroglíficos.

Las estatuas momiformes se iluminarán también mediante proyectores, pero la óptica será de tipo elíptico para iluminar el contorno de éstas y aprovechar para que el haz de luz llegue hasta el techo. El resultado es:



Figura 78. Representación 3D del pasillo 2.



Figura 79. Representación 3D del pasillo 3.

De esta forma, hemos conseguido resaltar las estatuas y a la vez, iluminar el techo creando efectos de contraste.

Las luminarias utilizadas y su distribución, están reflejadas a continuación:

NÚMERO	DESIG. CIRCUITO	MÉTODO DE CONTROL	LUMINARIA	POTENCIA (W)	Nº	POTENCIA TOTAL (W)
PASILLO						
1	A4	MAN/AUTO	ERCO 71619000 Parscan Proyector	7	6	42
2	A4	MAN/AUTO	SIMON 63030000-043 Proyector 630	33	2	66

Tabla 29. Luminarias utilizadas en la iluminación del pasillo.

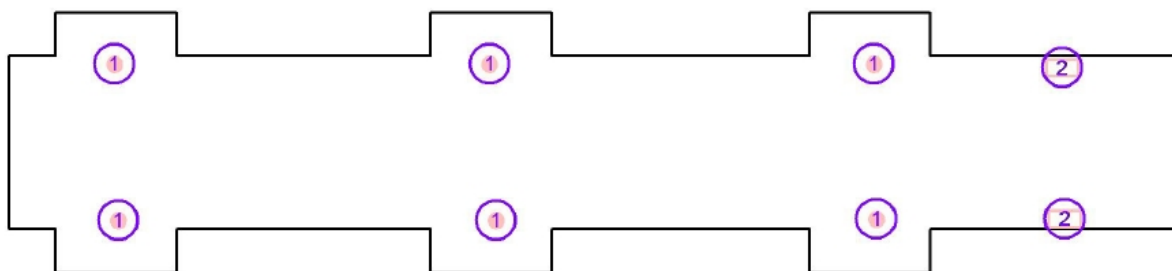


Figura 80. Distribución de luminarias del pasillo.

2.1.2.4.- Sala de ofrendas

Las luminarias utilizadas y su distribución, para la sala de ofrendas, están reflejadas a continuación:

NÚMERO	DESIG. CIRCUITO	MÉTODO DE CONTROL	LUMINARIA	POTENCIA (W)	Nº	POTENCIA TOTAL (W)
CÁMARA DE LAS OFRENDAS						
1	A5	MAN/AUTO	ERCO 72200000 Optec Proyector (warm white)	4	4	16
2	A5	MAN/AUTO	SIMON 81031000-986 LedFlex Alto Flujo 810 CW GENERAL	13	4	52

Tabla 30. Luminarias utilizadas para la iluminación de la sala de ofrendas

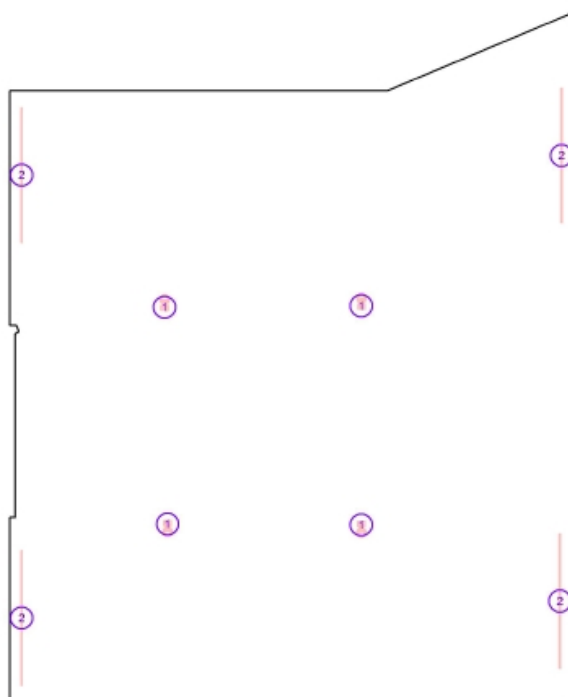


Figura 81. Distribución de luminarias en la sala de ofrendas.

La sala de ofrendas es la cámara previa el nicho. Sus medidas son: 4,20 m de largo x 4,55 m de largo x 2,80 m de alto. En esta sala nos servimos de proyectores de óptica elíptica para iluminar las pinturas que encontramos en las columnas. El haz cubra toda la columna de forma que se aprecien los capiteles de las mismas.



Figura 82. Detalle de las columnas con los capiteles.

Mediante cordones LED de alto flujo, bañamos las paredes laterales de las puertas. Estos cordones quedan parcialmente ocultos al recorrido del visitante por las columnas.



Figura 83. Render 3D de la sala de ofrendas.

2.1.2.5.- Nicho

El nicho es la razón de ser de la tumba y por lo tanto, la zona que tiene que atraer mayor protagonismo. Las dimensiones del mismo son reducidas: 0,96 m de largo x 1,14 de ancho x 1,33 m de alto. No obstante, la iluminación tiene que ser buena y uniforme en la medida de lo posible, ya que tanto las paredes como el techo están decorados por murales. En este caso hay una única solución, ya que no es posible de ninguna de las maneras, instalar luminarias empotradas ni de ninguna otra forma que no sea superficialmente en el suelo (aunque para el resto de la tumba tampoco se ha alterado ningún elemento).



Figura 84. Render 3D del nicho iluminado 1.

Mediante una distribución adecuada de tres bañadores de luz, podemos obtener una iluminación que logre destacar este espacio, cuidando las pinturas tanto de las paredes como del techo.



Figura 85. Render 3D del nicho iluminado 2.

Las luminarias utilizadas y su distribución, para el nicho, están reflejadas a continuación:

NÚMERO	DESIG. CIRCUITO	MÉTODO DE CONTROL	LUMINARIA	POTENCIA (W)	Nº	POTENCIA TOTAL (W)
NICHO						
1	A6	MAN/AUTO	SIMON 81130033-982 LedStrip 811 WW Aluminio	8	3	24

Tabla 31. Luminarias utilizadas para la iluminación del nicho.

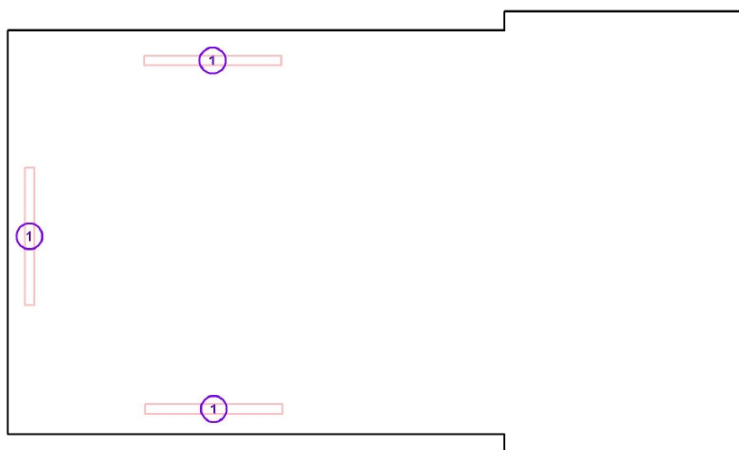


Figura 86. Distribución de las luminarias del nicho.

2.1.2.- Alumbrado de emergencia

El tema del alumbrado de emergencia al tratar este proyecto es un tanto farragoso. Para empezar, es difícil clasificar estas instalaciones y además, nos basamos en las normas aplicadas en España. Es bastante difícil encontrar los códigos técnicos de edificación y las normas de seguridad que pueden existir en Egipto, con el plus añadido de que es un país de habla árabe.

Tal y como se ha explicado en la introducción, se utilizará la legislación española, ya que este trabajo sólo pretende ofrecer propuestas al equipo de trabajo de la colina.



Si consideramos estas instalaciones son de pública referencia, ya que se tratarían de un templo-museo, deberemos instalar un alumbrado de emergencia. No será necesario el suministro de socorro (no está prevista una ocupación mayor a 300 personas) ni de reserva.

Así, la idea es tener en cuenta el diseño la instalación del alumbrado de emergencia y, si luego resulta que no es necesario o no se quiere llevar a cabo porque la normativa local así lo especifique, al menos podremos descartarla o realizar modificaciones sin ningún problema.

Dentro del alumbrado de emergencia, distinguimos entre alumbrado de seguridad y de reemplazamiento. El de reemplazamiento nos permitiría finalizar los trabajos que se estén llevando a cabo en el recinto con seguridad pero, dado que las actividades no serán de tipo prioritario, no lo necesitaremos.

El alumbrado de seguridad nos garantiza la iluminación de la zona durante la evacuación y entrará en funcionamiento cuando la tensión caiga al 70% de la nominal. Este tipo de alumbrado sí será importante en la instalación ya que puede ocurrir que en plena visita nocturna, los visitantes se queden a oscuras.

El alumbrado de seguridad distingue entre evacuación, antipánico y zonas de alto riesgo. De entre estos, destacamos:

- Alumbrado de evacuación: permitirá reconocer y utilizar las rutas de evacuación. Proporcionará 1 lux en el suelo, en el eje de los pasos principales. Permitirá identificar los puntos de los servicios contra incendios y los cuadros de distribución proporcionando 5 lux.



- Alumbrado antipánico: permitirá la identificación de las rutas de emergencia y proporcionará 0,5 lux en el espacio hasta 1 m de altura. Funcionará como mínimo 1 hora.
- Alumbrado de zonas de alto riesgo: en este caso no se considerarán.

La misma luminaria puede cumplir con los requisitos de iluminación de alumbrado de evacuación y ambiente, pero para eso se deben instalar al menos 2 metros por encima del suelo. Así, lo ideal es no utilizar más luminarias de las estrictamente necesarias para cumplir los requisitos de seguridad.

Ahora bien, durante todo el proyecto se ha intentado ocultar lo máximo posible las luminarias y todos los elementos de la instalación. Todos los materiales ajenos al complejo funerario original deben pasar inadvertidos al visitante para que no cobren protagonismo. Además, el diseño de la instalación se ha realizado de forma que no sea necesario realizar ningún tipo de perforación en los muros y el espacio no se altere en absoluto.

Nos vemos obligados entonces, a proponer la instalación de luminarias de emergencia, que serán de tipo autónomo (X) y no permanente (0).

Las luminarias de emergencia elegidas son de carácter autónomo, no permanentes con señalización de la marca Legrand y de su serie c3, en concreto un aparato que consume una potencia de 6 W.

Estas luminarias se instalarán en la pared, a una altura mínima de dos metros, sobre las puertas de las diferentes salas o cerca de estas (en lugares donde el daño ocasionado sea mínimo), aprovechando además que los cambios de nivel se dan en estos puntos. . A continuación se detallan el número de luminarias, potencia total y localización de las mismas.



ESTANCIA	DESIG. CIRCUITO	MÉTODO DE CONTROL	LUMINARIA	POTENCIA (W)	Nº	POTENCIA TOTAL (W)
EXTERIOR						
	E1	MAN/CUADRO	ETAP K212/6NO Without	6	1	6
TÚNEL DE ENTRADA						
	E2	MAN/CUADRO	ETAP K111/11N2 Without	11	1	11
SALA DE ENTRADA						
	E3	MAN/CUADRO	ETAP K111/11N2 Without	11	2	22
PASILLO						
	E4	MAN/CUADRO	ETAP K111/11N2 Without	11	3	33
CÁMARA DE LAS OFRENDAS						
	E5	MAN/CUADRO	ETAP K111/11N2 Without	11	2	22

Tabla 32. Luminarias utilizadas para alumbrado de emergencia.

Al colocar las luminarias y considerando el plano útil de 1 metro, podemos comprobar mediante las isolíneas que se cumple la normativa respecto al alumbrado de emergencia.

En la imagen podemos observar, a modo de ejemplo, la Sala de Entrada (rojo para niveles de 1 lux y verde para niveles de 5 lux). El mismo procedimiento se sigue para todas las estancias.

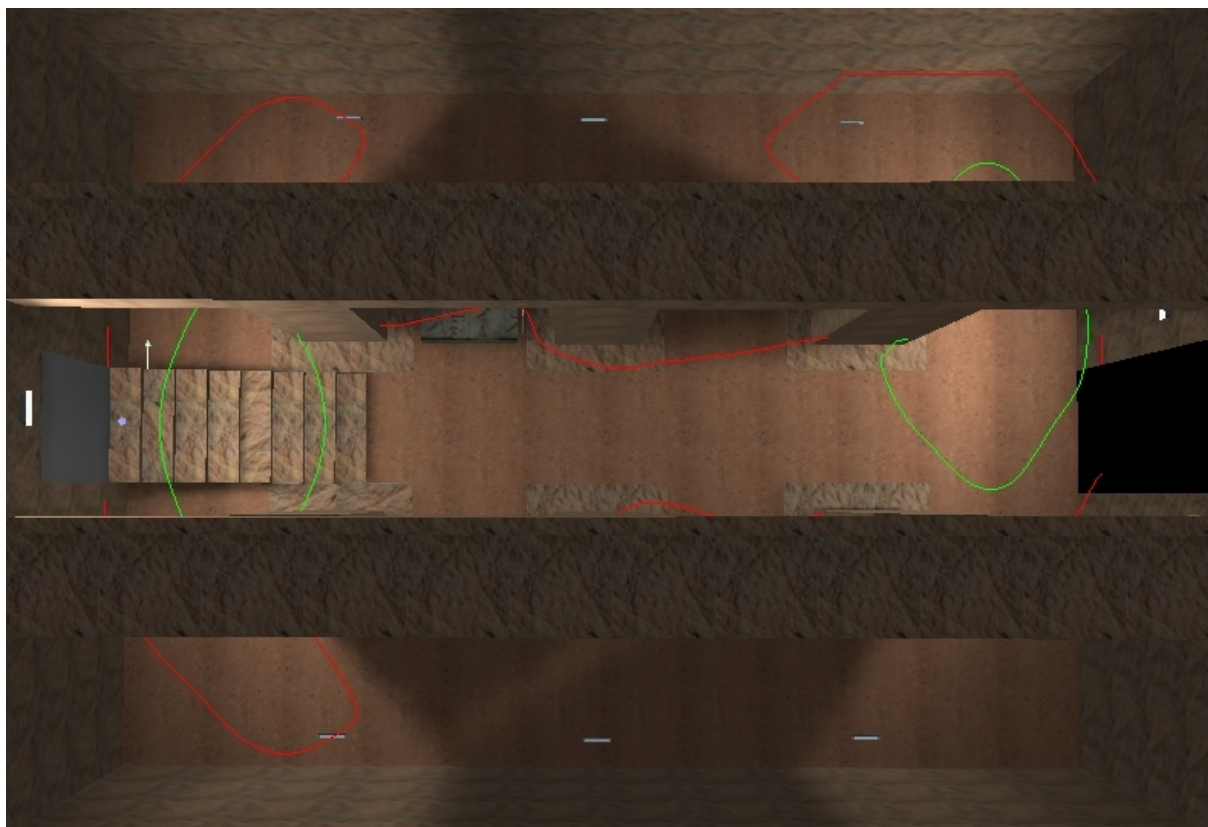


Figura 87. Isolíneas para alumbrado de emergencia en sala de entrada.

De la misma forma, en la sala de ofrendas tendremos:

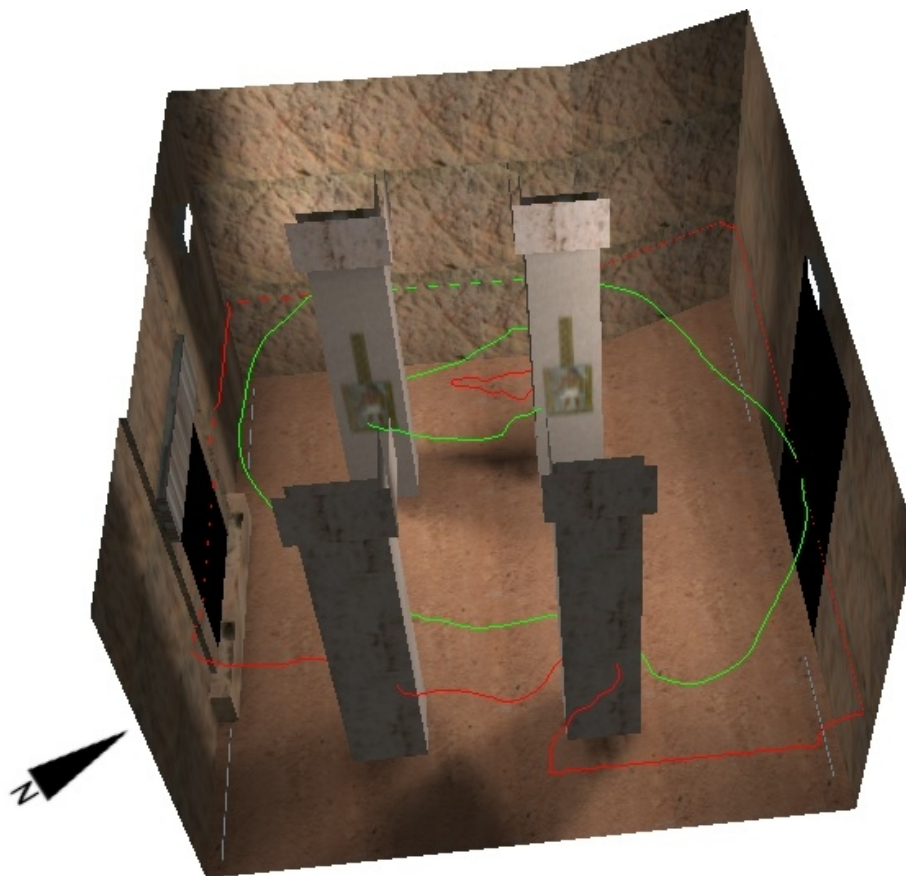


Figura 88. Isolíneas para alumbrado de emergencia en sala de ofrendas.

El pasillo es posiblemente, la zona más complicada para instalar el alumbrado de emergencia, ya que las paredes del mismo están pintadas con murales. Se puede aprovechar el espacio que queda sobre las estatuas momiformes, que no está decorado, para instalar las luminarias.

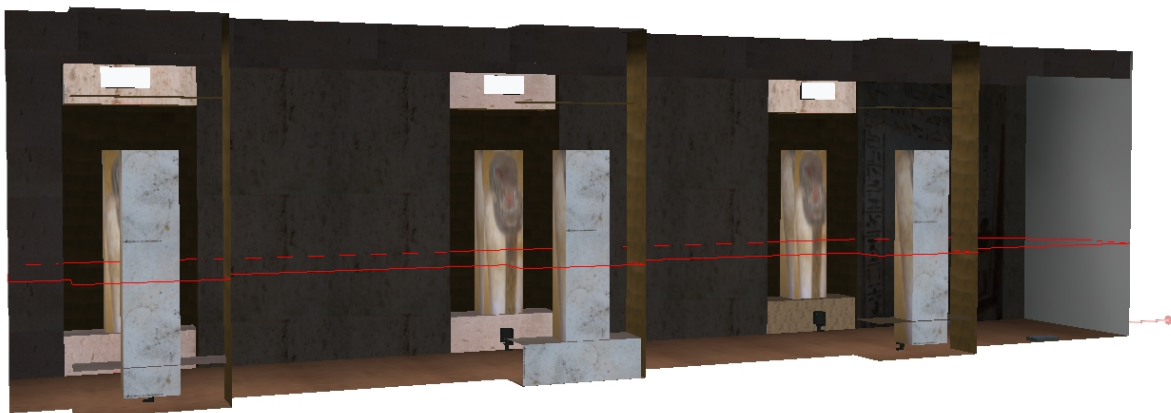


Figura 89. Isolíneas para alumbrado de emergencia en pasillo.



Figura 90. Isolíneas para alumbrado de emergencia en la zona exterior.



2.1.3.- Control del alumbrado

Se propone la instalación de un cuadro de control, situado en la sala de entrada, junto a la puerta que da acceso a la misma y al lado del Cuadro General de Distribución, por ser este un punto estratégico de cara al control de la instalación y la vigilancia del mismo.

La instalación del cuadro se realizará a una altura óptima para su operación, superior a 1,2 m de altura.

Junto al Cuadro General, se instalará un cuadro en el que se empotrará el control SCENA de Simón, desde el que podremos controlar el apagado encendido de todas las luminarias y además, la regulación de las luminarias RGB mediante el protocolo DMX y de las luminarias LED que admiten el control 0-10V.

Junto al control SCENA, se dispondrá interruptores manuales para cada luminaria, de forma que si la consola SCENA se estropeara, pudiéramos encender/apagar las luminarias, aunque no regularlas.

El control de cada luminaria se realiza de forma distinta, según se utilice el protocolo DMX, 1-10V, etc. Cada uno de ellos requiere una serie de conductores complementarios, que se deberán instalar junto a la alimentación. Por tanto, los tubos de la instalación que comprende las luminarias controlables, estarán sobredimensionados.

- **MAN/CUADRO:** Se refiere a un control desde el cuadro en el que se dispondrá en la puerta del mismo de una botonera para seleccionar entre la posibilidad de encendido continuo o apagado.

- **MAN/AUTO:** El circuito se puede controlar desde la botonera o bien desde la consola Scena.

La siguiente tabla, muestra de forma esquemática los mecanismos de control asociados a cada circuito:

DESIG. CIRCUITO	LUMINARIA	Nº	ESTANCIA	ELEMENTO DE CONTROL AUTOMÁTICO ASOCIADO	ACCESORIOS	ELEMENTO DE CONTROL MANUAL ASOCIADO
A1	SIMON IRIS LED TAMAÑO S 300 MM	2	EXTERIOR	DIRECTAMENTE A CONSOLA SCENA	Conector de 6 polos 11-9060-400 Cable de señal DMX Tipo BELDEN 3105A Tapón final IP68, luminaria terminal	INTERRUPTOR 1
A2	SIMON 81030500-900 LedFlex	2	TÚNEL DE ENTRADA	CONVERSOR 89000303-039	Conductor para el control. Consultar con el fabricante.	INTERRUPTOR 2
A3		3	SALA DE ENTRADA			INTERRUPTOR 3
A3	SIMON 61030133-583	6	SALA DE ENTRADA	MÓDULO REGULADOR 1-10V 89000202-039	Conductor para el control. Consultar con el fabricante.	INTERRUPTOR 4
A3	ERCO 72348000	5	SALA DE ENTRADA	Módulo interruptor/		INTERRUPTOR 5
A4	ERCO 71619000 Parscan	6	PASILLO	conmutador electrónico		INTERRUPTOR 6
A4	SIMON 63030000-043	2	PASILLO	89000201-039		INTERRUPTOR 7
A5	ERCO 72200000 Optec	4	S. OFRENDAS	Módulo interruptor/conmutador electrónico 89000201-039		INTERRUPTOR 8
A5	SIMON 81031000-986	4	S. OFRENDAS			INTERRUPTOR 9
A6	SIMON 81130033-982	3	NICHO			INTERRUPTOR 10

Tabla 33. Elementos de control asociados.

2.1.4.- La solución ‘económica’

Se propone otro escenario utilizando otras luminarias, de forma que se obtenga una instalación funcional pero igualmente práctica.

La instalación de las luminarias controlables LED y la consola Scena, con todos los accesorios añadidos, supone un coste bastante importante.

Por este motivo, se propone en este apartado una segunda solución, en la que se realizarán algunos cambios, para que la instalación tenga un precio más reducido.

2.1.4.1.- Exterior

Para la zona exterior, utilizaremos dos proyectores LED, que bañarán de luz la fachada. No serán RGB, luego no podremos instalar escenas con diferentes colores y tampoco lo podremos controlar mediante la consola. La distribución será:

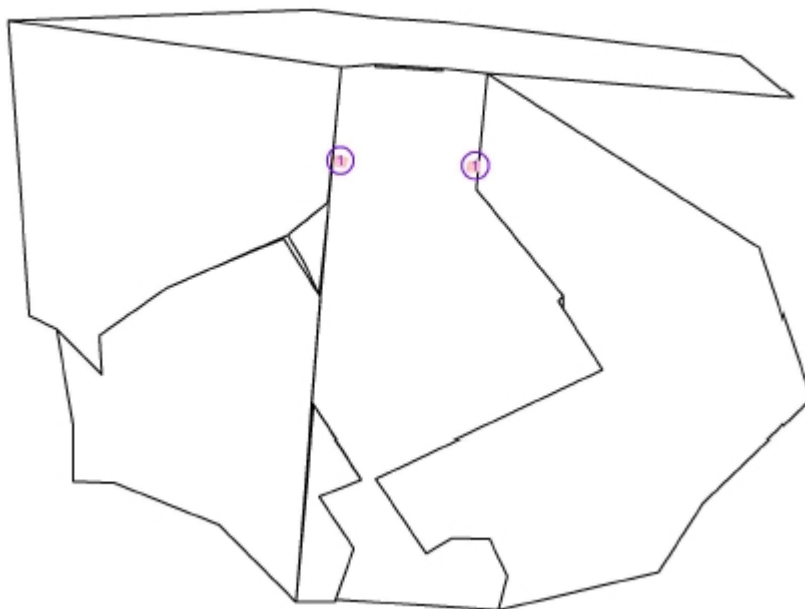


Figura 91. Distribución de las luminarias en el exterior.

Las luminarias en este caso, serán distintas a las que utilizábamos en el escenario controlado por Scena:

ESTANCIA	DESIG. CIRCUITO	MÉTODO DE CONTROL	LUMINARIA	POTENCIA (W)	Nº	POTENCIA TOTAL (W)
EXTERIOR						
	A1	MAN/CUADRO	ERCO 34504000 Lightscan Proyector	55	2	110

Tabla 34. Luminarias utilizadas en el exterior en el escenario económico.

En la siguiente figura, podemos apreciar una representación 3D del exterior:



Figura 92. Exterior.

Los valores de iluminación y deslumbramiento siguen siendo adecuados.

2.1.4.2.- Interior

En cuanto al interior, en este escenario desaparecerá la consola Scena y se sustituirán algunas luminarias. Las luminarias se encenderán y apagará entonces, de forma manual, desde los interruptores del cuadro de control.

2.1.4.2.1- Túnel de entrada

En el túnel de entrada, vamos a utilizar dos de los proyectores bañadores *wide flood* que se utilizan en la sala de entrada, aunque esta vez no podremos regular la intensidad de estos, ya que no dispondremos de la consola.

Es necesario disponer de los difusores que suministra el fabricante para reducir el nivel de deslumbramiento.

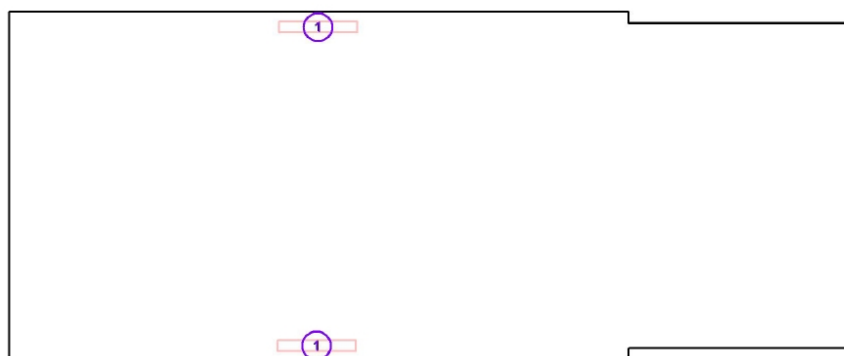


Figura 93. Distribución de luminarias en el túnel de entrada.

2.1.4.2.2- Sala de entrada

La sala de entrada no sufre grandes modificaciones. Esta vez, no será posible controlar los proyectores *wide flood*.

Tampoco podremos controlar las 3 luminarias RGB que destacan la mesa de ofrendas, por lo que no tiene sentido mantenerlas. Simplemente, las eliminaremos del escenario.



2.1.4.2.3- Pasillo

El pasillo se mantendrá con la misma configuración, ya que se considera la solución más eficiente, también desde el punto de vista económico.

2.1.4.2.4- Sala de ofrendas

Se eliminan las luminarias que bañaban de luz las paredes de los accesos a la sala y en lugar de ellas se instalan dos proyectores que iluminarán únicamente el acceso al nicho y las pinturas decorativas que existen en la parte superior.

Las luminarias utilizadas, así como la distribución, aparecen reflejadas a continuación:

NÚMERO	DESIG. CIRCUITO	MÉTODO DE CONTROL	LUMINARIA	POTENCIA (W)	Nº	POTENCIA TOTAL (W)
1	A5	MAN/CUADRO	ERCO 72200000 Optec	4	4	16
2	A5	MAN/CUADRO	ERCO 72348000 Pollux	9	2	18

Tabla 35. Luminarias utilizadas en la sala de ofrendas.

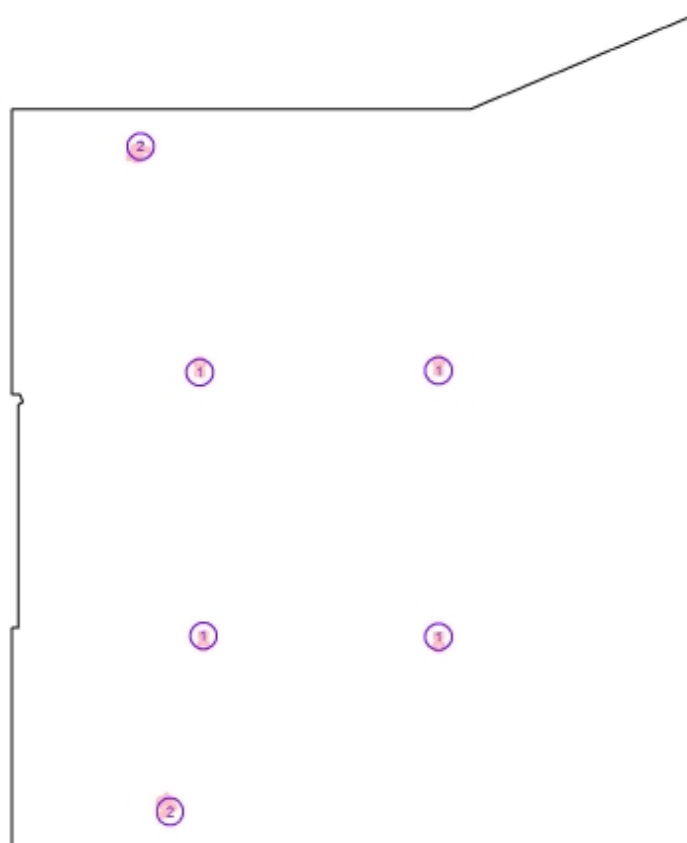


Figura 94. Distribución de luminarias en la sala de ofrendas.

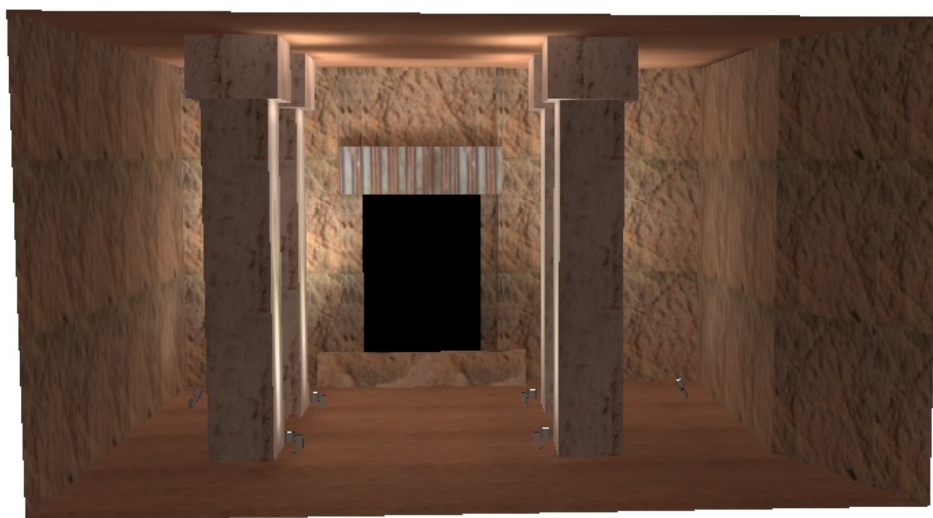


Figura 95. Sala de ofrendas.

2.1.4.2.4- Nicho

El nicho se mantendrá como estaba anteriormente.

2.2.- PREVISIÓN DE POTENCIA

2.2.1. – Previsión de potencia para la iluminación en el Escenario Controlado

ESTANCIA	LUMINARIA	POTENCIA (W)	Nº	POTENCIA TOTAL (W)
EXTERIOR				
	SIMON IRIS LED TAMAÑO S 300 MM RGB	18	2	36
TÚNEL DE ENTRADA				
	SIMON 81030500-900 LedFlex	4,8	2	9,6
SALA DE ENTRADA				
	SIMON 81030500-900	4,8	3	14,4
	ERCO 72348000 Pollux	9	5	45
	SIMON 61030133-583	16	6	96
PASILLO				
	ERCO 71619000 Parscan	7	6	42
	SIMON 63030000-043	33	2	66
CÁMARA DE LAS OFRENDAS				
	ERCO 72200000	4	4	16
	SIMON 81031000-986	13	4	52
NICHO				
	SIMON 81130033-982	8	3	24
TOTAL: 401 W				

Tabla 36. Previsión de potencia para la iluminación del Escenario Controlado.

2.2.2. – Previsión de potencia para la iluminación de emergencia

La siguiente tabla refleja la previsión de potencia para el alumbrado de emergencia, que será el mismo para ambos escenarios:

ESTANCIA	LUMINARIA	POTENCIA (W)	Nº	POTENCIA TOTAL (W)
EXTERIOR				
	ETAP K212/6NO Without	6	1	6
TÚNEL DE ENTRADA				
	ETAP K111/11N2 Without	11	1	11
SALA DE ENTRADA				
	ETAP K111/11N2 Without	11	2	22
PASILLO				
	ETAP K111/11N2 Without	11	3	33
CÁMARA DE LAS OFRENDAS				
	ETAP K111/11N2 Without	11	2	22
94 W				

Tabla 37. Previsión de potencia para la iluminación de emergencia.

2.2.3. – Previsión de potencia para la iluminación en el Escenario ‘Económico’

ESTANCIA	DESIG. CIRCUITO	MÉTODO DE CONTROL	LUMINARIA	POTENCIA (W)	Nº	POTENCIA TOTAL (W)
EXTERIOR						
	E1	MAN/CUADRO	ETAP K212/6NO	6	1	6
	A1	MAN/CUADRO	ERCO 34504000 Lightscan	55	2	110
TÚNEL DE ENTRADA						
	E2	MAN/CUADRO	ETAP K111/11N2	11	1	11
	A2	MAN/CUADRO	SIMON 61030133-583	16	2	32
SALA DE ENTRADA						
	E3	MAN/CUADRO	ETAP K111/11N2	11	2	22
	A3	MAN/CUADRO	SIMON 61030133-583	16	6	96
	A3	MAN/CUADRO	ERCO 72348000	9	5	45
PASILLO						
	E4	MAN/CUADRO	ETAP K111/11N2	11	3	33
	A4	MAN/CUADRO	ERCO 71619000	7	6	42
	A4	MAN/CUADRO	SIMON 63030000-043	33	2	66
CÁMARA DE LAS OFRENDAS						
	E5	MAN/CUADRO	ETAP K111/11N2	11	2	22
	A5	MAN/CUADRO	ERCO 72200000	4	4	16
	A5	MAN/CUADRO	ERCO 72348000	9	2	18
NICHO						
	A6	MAN/CUADRO	SIMON 81130033-982	8	3	24
TOTAL: 449 W						

Tabla 38. Previsión de potencia para el escenario económico

El total para el alumbrado en el Escenario ‘Económico’ es 449 W, en el que hemos incluido ya el alumbrado de emergencia.



CÁLCULOS Y RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS LUMÍNICOS



3. CÁLCULOS Y RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS LUMÍNICOS

Para obtener los datos necesarios y analizarlos, debemos seguir los siguientes pasos (de forma resumida):

- 1) Iniciamos Dialux y seleccionamos nuevo proyecto de interior.
- 2) Introduciremos las dimensiones del local. Una vez que las tengamos, aceptaremos en el administrador de proyectos.
- 3) A partir de este momento, ya estará definido un local interior con el que podemos empezar a trabajar.
- 4) En el administrador de proyectos aparecen ahora algunos de los parámetros más importantes del local. El factor de mantenimiento es uno de los fundamentales, ya que cuanto más nos acerquemos a la realidad, mejores serán los cálculos. Se puede ajustar introduciendo el factor de mantenimiento o degradación, un índice entre 0 y 1, donde 0,8 se correspondería con locales limpios y valores inferiores a 0,5 para locales con mayor polución. También se pueden seleccionar alguna de las opciones que el programa ofrece.
- 5) Elegiremos instalación de alta contaminación como normal general para todo el trabajo ya que el ambiente tiene condiciones extremas y abundancia de polvo, arena, etc.
- 6) Otro de los parámetros que debemos ajustar lo mejor posible, son las reflectancias de las distintas superficies. Este proceso se realiza de forma muy sencilla ya que Dialux dispone de un amplio catálogo de superficies, en los que podemos variar además los valores de transparencia, el color, la rugosidad, etc. Muchos fabricantes ofrecen en sus catálogos estos valores en el caso de que no encontremos el que queramos.
- 7) En nuestro caso, introduciremos el color que más se ajuste a la realidad. Mediante las fotografías elegimos el color 1002, que se corresponde con un 'Amarillo-Arena'. Como cada parte es diferente, dependiendo de si la pared o el techo están pintados, luego atenderemos cada caso cuidadosamente.



- 8) Como ya disponemos del plano de CAD, lo podemos incorporar a nuestro proyecto de forma que las medidas se ajusten lo máximo posible a la realidad. Dialux reconoce *.dxf y *.dwg.
- 9) Instalamos los *plugin* de los fabricantes que queramos e insertamos las luminarias.
- 10) Una vez que hemos insertado las luminarias en el proyecto, tendremos que atender al criterio de distribución.
- 11) Realizamos los cálculos luminotécnicos necesarios. Dialux realiza el cálculo mediante una combinación de métodos. Para realizar el cálculo, debemos tener todos los parámetros ajustados.

Mediante el Software Dialux, podemos obtener una gran cantidad de datos, que no servirán de nada si no sabemos interpretarlos.

A continuación, se presenta una tabla con los datos más relevantes para el estudio de la iluminación del complejo.

Tenemos que tener en cuenta, que en el diseño se ha intentado cumplir sobre todo, los valores fundamentales de cara a la conservación del monumento.

Es decir, se intenta cumplir en la medida de lo posible, los siguientes márgenes:

- Niveles de iluminancia máxima recomendada para piedra, 300 lux.
- La iluminancia en lux para la exposición de objetos sensitivos a la lux en museos y galerías de arte debe estar en torno a 150 lux y la clase de calidad B-C. Estos valores se aplican a las zonas en las que hay murales.
- La clase de calidad obliga a instalar luminarias de calidad media-alta. Sobre todo para los jeroglíficos.
- Valores VEEI para edificio religioso de 10 (aunque en la iluminación museística es inevitable que a veces, tengamos que sacrificar el valor VEEI para favorecer la creación de sombras y sensaciones en el visitante).



- Intentaremos mantener los valores de Uniformidad Media U_m entre 0,4 y 0,8 (uniformidad media buena).
- En el exterior, la UNESCO nos ofrece unos valores orientativos de 100 Lux, en la iluminación exterior de monumentos en los que el material sea piedra calcárea.
- El Grado de Deslumbramiento UGR se mantendrá siempre que sea posible por debajo de 30 (hay que tener en cuenta que los cálculos con algunas luminarias se llevan a cabo sin sus correspondientes difusores, que reducirían este valor).
- Para el alumbrado de emergencia, prestaremos atención a que debe proporcionar 1 lux en el suelo, en el eje de los pasos principales. Permitirá identificar los puntos de los servicios contra incendios y los cuadros de distribución proporcionando 5 lux.

En los resultados se puede apreciar que se han utilizado distintas superficies de cálculo y además, la coordenada Z varía. Esto es lógico, ya que en ocasiones interesa conocer alguno de los valores a una altura determinada (1,70 m es una altura estándar para el visitante) o bien, sobre una determinada superficie (paredes con murales, techo, etc.), a diferencia del plano útil que abarcará toda la estancia.



3.1. RESULTADOS PARA LA ILUMINACIÓN DEL COMPLEJO FUNERARIO EN EL ESCENARIO CONTROLADO

ESTANCIA	Z	SUPERFICIE (m2)	POTENCIA (W)	FLUJO LUMINOSO (Lm)	DENSIDAD LUMÍNICA MEDIA (cd/m2)	Em calculado (Lx)	UNIFORMIDAD MEDIA		UNIFORMIDAD EXTREMA		VIEE	UGR
							Emin/Em	RELACIÓN	Emin/Emax	RELACIÓN	W/m2	
ALUMBRADO NORMAL DEL NICHOS (PLANO ÚTIL)												
	0,85	1,68	24	360		19	0,521	1:02	0,315	1:03	14,31	
ALUMBRADO NORMAL DEL NICHOS (SUPERFICIE DE CÁLCULO)												
	1,3		24	360		20	0,569		0,414			<10
PAREDES CON JEROGLÍFICOS DEL NICHOS												
PARED 1					7,34	42						
PARED 2					7,28	42						
PARED 3					8,24	47						
TECHO CON JEROGLÍFICOS DEL NICHOS												
TECHO					6,81	43						
ALUMBRADO DE LA SALA DE OFRENDAS (PLANO ÚTIL)												
	0,85	19,36	68	4864		12	0,588	1:02	0,32	1:03	3,51	
ALUMBRADO DE LA SALA DE OFRENDAS (SUPERFICIE DE CÁLCULO)												
	1,7		68			16	0,624		0,384			24
ALUMBRADO DE LOS JEROGLÍFICOS DE LAS COLUMNAS EN LA SALA DE OFRENDAS (MEDIA DE LAS 4)												
	0,85					9,22	0,98		0,96			
	1,5					13	0,97		0,95			



ESTANCIA	Z	SUPERFICIE (m2)	POTENCIA (W)	FLUJO LUMINOSO (Lm)	DENSIDAD LUMÍNICA MEDIA (cd/m2)	Em calculado (Lx)	UNIFORMIDAD MEDIA		UNIFORMIDAD EXTREMA		VIEE	UGR
							Emin/Em	RELACIÓN	Emin/Emax	RELACIÓN	W/m2	
ALUMBRADO NORMAL DEL PASILLO (SUPERFICIE DE CÁLCULO)												
	1,7					55	0,203		0,071			<10
PAREDES CON JEROGLÍFICOS DEL PASILLO (MEDIA)												
	1,5					121	0,2		0,12			
ALUMBRADO DE LAS ESTATUAS MOMIFORMES DEL PASILLO (MEDIA)												
	1					44	0,2		0,12			
ALUMBRADO NORMAL DE LA SALA DE ENTRADA (PLANO ÚTIL)												
	0,85	103,09	155,4	8607		8,54	0,35	1:03	0,104	1:10	1,51	
ALUMBRADO NORMAL DE LA SALA DE ENTRADA (SUPERFICIE DE CÁLCULO)												
	1,7					6,47	0,466		0,334			<10
ALUMBRADO NORMAL DEL TÚNEL DE ENTRADA (PLANO ÚTIL)												
		5,74	9,6	378		0,3	0,427	1:02	0,153	1:07	1,67	
ALUMBRADO NORMAL DEL TÚNEL DE ENTRADA (SUPERFICIE DE CÁLCULO)												
	1,7					0,58	0,544		0,362			22,5
ALUMBRADO EXTERIOR (SUPERFICIE DE CÁLCULO)												
	1,7					0,08	0,477		0,159			24

Tabla 39. Resultados para el Escenario Controlado.



3.2. RESULTADOS PARA LA ILUMINACIÓN DEL COMPLEJO FUNERARIO EN EL ESCENARIO ECONÓMICO

ESTANCIA	Z	SUPERFICIE (m2)	POTENCIA (W)	FLUJO LUMINOSO (Lm)	DENSIDAD LUMÍNICA MEDIA (cd/m2)	Em calculado (Lx)	UNIFORMIDAD MEDIA		UNIFORMIDAD EXTREMA		VIEE	UGR
							Emin/Em	RELACIÓN	Emin/Emax	RELACIÓN	W/m2	
ALUMBRADO NORMAL DEL NICHOS (PLANO ÚTIL)												
	0,85	1,68	24	360		19	0,521	1:02	0,32	1:03	14,31	
ALUMBRADO NORMAL DEL NICHOS (SUPERFICIE DE CÁLCULO)												
	1,3		24	360		20	0,569		0,41			<10
PAREDES CON JEROGLÍFICOS DEL NICHOS												
PARED 1					7,34	42						
PARED 2					7,28	42						
PARED 3					8,24	47						
TECHO CON JEROGLÍFICOS DEL NICHOS												
TECHO					6,81	43						
ALUMBRADO DE LA SALA DE OFRENDAS (PLANO ÚTIL)												
	0,85	19,36	34	2000		7,23	0,231	1:04	0,06	1:17	1,76	
ALUMBRADO DE LA SALA DE OFRENDAS (SUPERFICIE DE CÁLCULO)												
	1,7		34			11	0,88		0,77			24
ALUMBRADO DE LA SALA DE OFRENDAS (SUPERFICIE DE CÁLCULO - ACCESO AL NICHOS)												
	1,5					10	0,9		0,7			25

Tabla 40. Resultados para el escenario Económico.



ESTANCIA	Z	SUPERFICIE (m2)	POTENCIA (W)	FLUJO LUMINOSO (Lm)	DENSIDAD LUMÍNICA MEDIA (cd/m2)	Em calculado (Lx)	UNIFORMIDAD MEDIA		UNIFORMIDAD EXTREMA		VIEE	UGR
							Emin/Em	RELACIÓN	Emin/Emax	RELACIÓN	W/m2	
ALUMBRADO DE LOS JEROGLÍFICOS DE LAS COLUMNAS EN LA SALA DE OFRENDAS (MEDIA DE LAS 4)												
	0,85					9,22	0,98		0,96			
	1,5					13	0,97		0,95			
ALUMBRADO NORMAL DEL PASILLO (PLANO ÚTIL)												
	0,85	15,21	108	6200		38	0,318	1:03	0,08	1:13	7,1	
ALUMBRADO NORMAL DEL PASILLO (SUPERFICIE DE CÁLCULO)												
	1,7					55	0,203		0,07			<10
PAREDES CON JEROGLÍFICOS DEL PASILLO (MEDIA)												
	1,5					121	0,2		0,12			
ALUMBRADO DE LAS ESTATUAS MOMIFORMES DEL PASILLO (MEDIA)												
	1					44	0,2		0,12			
ALUMBRADO NORMAL DE LA SALA DE ENTRADA (PLANO ÚTIL)												
	0,85	103,1	155	8607		8,54	0,35	1:03	0,1	1:10	1,51	
ALUMBRADO NORMAL DE LA SALA DE ENTRADA (SUPERFICIE DE CÁLCULO)												
	1,7					6,47	0,466		0,33			<10



ESTANCIA	Z	SUPERFICIE (m2)	POTENCIA (W)	FLUJO LUMINOSO (Lm)	DENSIDAD LUMÍNICA MEDIA (cd/m2)	Em calculado (Lx)	UNIFORMIDAD MEDIA		UNIFORMIDAD EXTREMA		VIEE	UGR
							Emin/Em	RELACIÓN	Emin/Emax	RELACIÓN	W/m2	
ALUMBRADO NORMAL DEL PASILLO (PLANO ÚTIL)												
	0,85	15,21	108	6200		38	0,318	1:03	0,08	1:13	7,1	
ALUMBRADO NORMAL DEL PASILLO (SUPERFICIE DE CÁLCULO)												
	1,7					55	0,203		0,07			<10
PAREDES CON JEROGLÍFICOS DEL PASILLO (MEDIA)												
	1,5					121	0,2		0,12			
ALUMBRADO DE LAS ESTATUAS MOMIFORMES DEL PASILLO (MEDIA)												
	1					44	0,2		0,12			
ALUMBRADO NORMAL DE LA SALA DE ENTRADA (PLANO ÚTIL)												
	0,85	103,1	155	8607		8,54	0,35	1:03	0,1	1:10	1,51	
ALUMBRADO NORMAL DE LA SALA DE ENTRADA (SUPERFICIE DE CÁLCULO)												
	1,7					6,47	0,466		0,33			<10
ALUMBRADO NORMAL DEL TÚNEL DE ENTRADA (PLANO ÚTIL)												
		5,74	9,6	378		4,87	0,42	1:02	0,06	1:17	5,57	
ALUMBRADO NORMAL DEL TÚNEL DE ENTRADA (SUPERFICIE DE CÁLCULO)												
	1,7					3,55	0,27		0,16			>30
ALUMBRADO EXTERIOR (SUPERFICIE DE CÁLCULO - PARED DEL ACCESO AL RECINTO)												
	1,7					121	0,073		0,03			25



3.2. RESULTADOS PARA LA ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA DEL COMPLEJO FUNERARIO

ESTANCIA	COORD Z DE SUPERFICIE CÁLCULO	FLUJO LUMINOSO (Lm)	Em calculado (Lx)	UNIFORMIDAD MEDIA	UNIFORMIDAD EXTREMA	VIEE
				Emin/Em	Emin/Emax	W/m2
ALUMBRADO DE LA SALA DE OFRENDAS (SUPERFICIE DE CÁLCULO)						
	1	895	8,68	0,053	0,025	0,09
ALUMBRADO EMERGENCIA DEL PASILLO (SUPERFICIE DE CÁLCULO)						
	1	1343	10	0,02	0,008	0,17
ALUMBRADO DE EMERGENCIA DE LA SALA DE ENTRADA (SUPERFICIE DE CÁLCULO)						
	1	1174	4,1	0,14	0,027	0,02
ALUMBRADO DE EMERGENCIA DEL TÚNEL DE ENTRADA (SUPERFICIE DE CÁLCULO)						
	1	448	5	0,032	0,012	0,15

Tabla 41. Resultados para la iluminación de emergencia.



CÁLCULOS ELÉCTRICOS



4. CÁLCULOS ELÉCTRICOS

4.1. FÓRMULAS GENERALES

Sistema Monofásico

$$I = \frac{P_c}{U \cdot \cos \varphi \cdot R} = \text{Amp (A)} \quad (4.1)$$

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot P_c}{k \cdot U \cdot n \cdot S \cdot R} + \frac{2 \cdot L \cdot P_c \cdot X_u \cdot \sin \varphi}{1000 \cdot U \cdot n \cdot R \cdot \cos \varphi} = \text{Voltios (V)} \quad (4.2)$$

En donde:

P_c es la potencia de cálculo (W).

L es la longitud de cálculo (m).

e es la caída de tensión (V).

K es la conductividad.

I es la intensidad en (A).

U es la tensión de servicio (V).

S es la sección del conductor (mm²).

Cos φ es el factor de potencia.

R es el rendimiento. (Para líneas motor, no hay en este caso).

n es el n° de conductores por fase.

X_u es la reactancia por unidad de longitud (mΩ/m).



Fórmula Conductividad Eléctrica

$$K = 1/\rho \quad (4.3)$$

$$\rho = \rho_{20}[1 + \alpha (T - 20)] \quad (4.4)$$

$$T = T_0 + [(T_{\max} - T_0) (I/I_{\max})^2] \quad (4.5)$$

Siendo:

K es la conductividad del conductor a la temperatura T.

ρ es la resistividad del conductor a la temperatura T.

ρ_{20} es la resistividad del conductor a 20°C: Cu = 0.018.

α es el coeficiente de temperatura: Cu = 0.00392.

T es la temperatura del conductor (°C).

T_0 es la temperatura ambiente (°C): Cables al aire = 40°C.

$T_{\max}$ es la temperatura máxima admisible del conductor (°C):

XLPE, EPR = 90°C

PVC = 70°C

I es la intensidad prevista por el conductor (A).

$I_{\max}$ es la intensidad máxima admisible del conductor (A).



Fórmulas Sobrecargas

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$
$$I_2 \leq 1,45 I_z$$

Donde:

I_b es la intensidad utilizada en el circuito (A).

I_z es la intensidad admisible de la canalización según la norma UNE 20-460/5-523 (A).

I_n es la intensidad nominal del dispositivo de protección. Para los dispositivos de protección regulables, I_n es la intensidad de regulación escogida (A).

I_2 es la intensidad que asegura efectivamente el funcionamiento del dispositivo de protección. En la práctica I_2 se toma igual:

- a la intensidad de funcionamiento en el tiempo convencional, para los interruptores automáticos ($1,45 I_n$ como máximo).
- a la intensidad de fusión en el tiempo convencional, para los fusibles ($1,6 I_n$).

Fórmulas Cortocircuito

$$I_{pccF} = \frac{Ct * UF}{2 * Z_t} = (kA) \quad (4.6)$$

Siendo:

I_{pccF} : Intensidad permanente de c.c. en fin de línea (kA).

Ct : Coeficiente de tensión.

UF : Tensión monofásica (V).

Z_t es la Impedancia total, incluyendo la propia de la línea o circuito (por tanto es igual a la impedancia en origen mas la propia del conductor o línea).

La impedancia total hasta el punto de cortocircuito será:

$$Z_t = (R_t^2 + X_t^2)^{1/2} \quad (4.7)$$



Siendo:

R_t es la suma de las resistencias de las líneas aguas arriba.

X_t es la suma de las reactancias de las líneas aguas arriba.

$$R = L \cdot 1000 \cdot CR / K \cdot S \cdot n$$

$$X = X_u \cdot L / n$$

R es la resistencia de la línea.

X es la reactancia de la línea.

L es la longitud de la línea (m).

CR es el coeficiente de resistividad.

K es la conductividad del metal.

S es la sección de la línea (mm²).

X_u es la reactancia de la línea.

N es el nº de conductores por fase.

Curvas válidas

(Para protección de Interruptores automáticos dotados de Relé electromagnético).

CURVA B $IMAG = 5 I_n$

CURVA C $IMAG = 10 I_n$

CURVA D Y MA $IMAG = 20 I_n$

4.2. CONSIDERACIONES:

El sistema típico para el estudio de esta red, ya que se trata de una instalación de baja tensión, estará compuesto por la red de alimentación externa en media tensión y el transformador de distribución más próximo. Para el estudio de las corrientes de cortocircuito, podemos atender a un esquema como el siguiente:

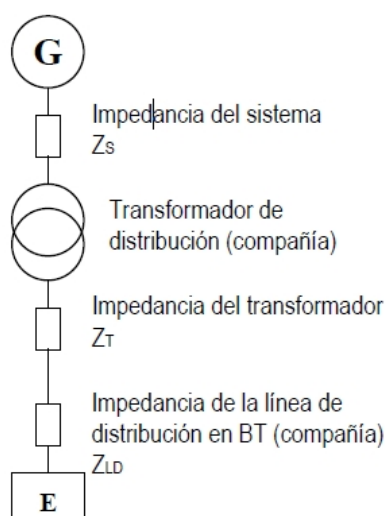


Figura 94. Esquema General.

La impedancia del sistema (Z_s), se determina por medio de la siguiente ecuación:

$$Z_s = \frac{U^2}{1000 \cdot P_{CC}} \quad (4.8)$$

Donde:

Z_s es la impedancia del sistema ($m\Omega$).

U es la tensión del sistema (kV).

P_{CC} es la potencia de cortocircuito del sistema (MVA).

La tensión de línea del sistema nos la tendría que proporcionar la compañía eléctrica que nos ofrece el servicio. Pensando en una simplificación, se puede considerar que la potencia de cortocircuito del sistema tiene un valor infinito, luego la impedancia del sistema se puede considerar 0.

Para el caso que nos implica, podremos considerar el siguiente esquema a modo de simplificación:

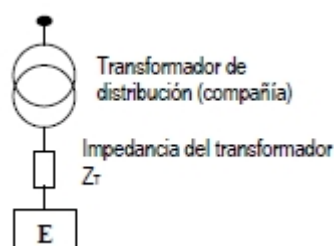


Figura 95. Esquema simplificado.

Podemos determinar la impedancia del transformador mediante:

$$Z_T = \frac{Z\%}{100} * \frac{U^2}{S_T} \quad (4.9)$$

Donde:

Z_T es la impedancia del transformador (mΩ).

$Z\%$ es la impedancia porcentual de cortocircuito del transformador (%).

U_L es la tensión del secundario del transformador (V).

S_T es la potencia nominal del transformador (kVA).

Podemos obtener la impedancia porcentual de cortocircuito del transformador a partir de la ficha técnica del mismo. No obstante, para valores de potencia entre 5 y 100 KVA, una buena aproximación es tomar $Z\% = 3,5\%$. Si consideramos una potencia de 50 KVA (que es más que suficiente para las necesidades de este complejo) tendremos, sustituyendo en la Eq.4.9.:

$$Z_T = \frac{3,5\%}{100} * \frac{230^2}{50} = 37,03 \text{ m}\Omega$$



La componente real de la impedancia se determina mediante:

$$R_T = \frac{P_{CU} * U^2}{1000 * S_T^2} \quad (4.10)$$

R_T es la Resistencia del transformador ($m\Omega$).

U es la tensión entre fases en el secundario del transformador (V).

P_{CU} son las pérdidas en el cobre del transformador (W). Para los valores de potencia de nuestro transformador se puede tomar un valor de 600 W.

S_T es la potencia nominal del transformador (kVA).

Si sustituimos los valores en la Eq.4.10:

$$R_T = \frac{600 * 230^2}{1000 * 50^2} = 12,7 \text{ m}\Omega$$

La reactancia del transformador se puede determinar fácilmente mediante:

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2} = 34,78 \text{ m}\Omega \quad (4.11)$$

Sustituyendo en la Eq.4.11, obtenemos que :

$$X_T = 34,78 \text{ m}\Omega$$

Ahora podemos calcular la componente lineal que aportará la acometida:

$$R_C = \frac{\rho_{CC} * L_C}{S_C} \quad (4.12)$$

Donde:

R_C : Resistencia del conductor ($m\Omega$).

ρ_{CC} : Resistividad del material ($m\Omega \cdot mm^2/m$).

L_C : Longitud del conductor (m).

S_C : Sección del conductor (mm^2).

Utilizando la Eq. 4.4, obtenemos:

$$\rho_{90} = \frac{1}{58} (1 + 0,00393(90 - 20)) = 0,022 \Omega mm^2/m$$

Ahora, mediante la Eq.4.12., obtenemos:

$$R_{AC} = \rho \cdot \frac{L}{S} = 0,022 \cdot \frac{15 \cdot 2}{10} = 0,066 m\Omega$$

La reactancia de los conductores de Cu se puede calcular mediante:

$$X_C = k * L_C \quad (4.13)$$

Donde:

X_C es la reactancia del conductor ($m\Omega$).

K es la constante que depende del conductor (0,12 en nuestro caso).

L_C es la longitud (m).



De esta forma, al sustituir en Eq.4.13, tenemos:

$$X_{AC} = 3,6 \text{ m}\Omega$$

De la misma forma, para la derivación individual y utilizando la Eq.4.12 y Eq.4.13:

$$R_{DI} = \rho \cdot \frac{L}{S} = 0,022 \cdot \frac{10 \cdot 2}{6} = 0,073 \text{ m}\Omega$$

$$X_{DI} = 2,4 \text{ m}\Omega$$

Para la derivación individual, la intensidad soportada por el cable en 5 segundos es:

$$I_S = \frac{K \cdot S}{\sqrt{t}} \quad (4.14.)$$

Sustituyendo en la Eq. 4.14, obtenemos:

$$I_S = \frac{143 \cdot 6}{\sqrt{5}} = 385 \text{ A} > I_{Fusión, 5 \text{ seg}} = 300 \text{ A}$$

La longitud máxima a proteger se calcula mediante:

$$I_{m\acute{a}x} = \frac{0,8 \cdot V_{fase} \cdot S}{2 \cdot \rho \cdot I_{F, 5 \text{ seg}}} \quad (4.15)$$



Sustituyendo en la Eq.4.15., tendremos que:

$$I_{m\acute{a}x} = \frac{0,8*230*6}{2*0,023*300} = 80 \text{ m}$$

Luego el fusible a instalar será un fusible de 32 A, gG, con $I_{Fusión,5 \text{ seg}} = 300 \text{ A}$.

En cuanto a la instalación de puesta a tierra, queda pendiente ya que no conocemos las características del terreno y además, desconocemos si es posible realizar la instalación de las picas en este entorno (estamos tratando con terreno arqueológico en excavación, en el que no se puede introducir ningún elemento extraño).

**4.3. RESULTADOS ELÉCTRICOS:**

ESTANCIA	DESIG. CIRCUITO	LUMINARIA	POTENCIA (W)	Fu	Fs	Nº	POTENCIA TOTAL (W)
EXTERIOR							
	E1	ETAP K212/6NO Without	6	1	1	1	6
	A1	SIMON IRIS LED TAMAÑO S 300 MM	18	1	1	2	36
TÚNEL DE ENTRADA							
	E2	ETAP K111/11N2 Without	11	1	1	1	11
	A2	SIMON 81030500-900 LedFlex	4,8	1	1	2	9,6
SALA DE ENTRADA							
	E3	ETAP K111/11N2 Without	11	1	1	2	22
	A3	SIMON 81030500-900 LedFlex	4,8	1	1	3	14,4
	A3	SIMON 61030133-583 Proyector lineal	16	1	1	6	96
	A3	ERCO 72348000 Pollux Proyector	9	1	1	5	45
	F1	BASE 16 A 230v, 2p + T	3680	0,75	1	1	2760
	F1	CONSOLA SCENA	50	1	1	1	50



ESTANCIA	DESIG. CIRCUITO	LUMINARIA	POTENCIA (W)	Fu	Fs	Nº	POTENCIA TOTAL (W)
PASILLO							
	E4	ETAP K111/11N2 Without	11	1	1	3	33
	A4	ERCO 71619000 Parscan	7	1	1	6	42
	A4	SIMON 63030000-043 Proyector 630	33	1	1	2	66
CÁMARA DE LAS OFRENDAS							
	E5	ETAP K111/11N2 Without	11	1	1	2	22
	A5	ERCO 72200000 Optec Proyector	4	1	1	4	16
	A5	SIMON 81031000-986	13	1	1	4	52
NICHO							
	A6	SIMON 81130033-982	8	1	1	3	24
TOTAL 3305 W							

Tabla 42. Escenario Controlado.



ESTANCIA	DESIG. CIRC.	P (W)	T(V)	COS ϕ	CDT (V)	CDT (%)	U% _{máx}	L (m)	I (A)	I MÁX (A)	SECCIÓN FINAL (mm)	CANALIZACIÓN (mm)
ACOMETIDA												
		3305	230	0,85	0,7698	0,33469	0,5	15	12,2141	54	2x10Cu	
DERIVACIÓN INDIVIDUAL												
		3305	230	0,85	0,85533	0,37188	1	10	12,2141	40	2x6+TTx6Cu	32
EXTERIOR												
	E1	6	230	0,9	0,01242	0,0054	4,5	20	0,02348	21	2x1.5+TTx1.5Cu	20
	A1	40	230	0,9	0,10352	0,04501	4,5	25	0,15652	21	2x1.5+TTx1.5Cu	20
TÚNEL DE ENTRADA												
	E2	11	230	0,9	0,01139	0,00495	4,5	10	0,04304	21	2x1.5+TTx1.5Cu	20
	A2	9,6	230	0,9	0,01193	0,00518	4,5	12	0,03757	21	2x1.5+TTx1.5Cu	20
S. ENTRADA												
	E3	22	230	0,9	0,06832	0,02971	4,5	30	0,08609	21	2x1.5+TTx1.5Cu	16
	A3	155,4	230	0,9	0,72391	0,31474	4,5	45	0,60809	21	2x1.5+TTx1.5Cu	20
	F1	1000	230	0,85	0,31056	0,74534	6,5	3	3,69565		2x2.5+TTx2.5Cu	20



ESTANCIA	DESIG. CIRC.	P (W)	T(V)	COS ϕ	CDT (V)	CDT (%)	U% _{máx}	L (m)	I (A)	I MÁX (A)	SECCIÓN FINAL (mm)	CANALIZACIÓN (mm)
PASILLO												
	E4	33	230	0,9	0,11957	0,05198	4,5	35	0,12913	21	2x1.5+TTx1.5Cu	16
	A4	108	230	0,9	0,50311	0,21874	4,5	45	0,42261	21	2x1.5+TTx1.5Cu	16
CÁM. DE LAS OFRENDAS												
	E5	22	230	0,9	0,14576	0,06337	4,5	64	0,08609	21	2x1.5+TTx1.5Cu	16
	A5	68	230	0,9	0,42236	0,18363	4,5	60	0,26609	21	2x1.5+TTx1.5Cu	16
NICHO												
	A6	24	230	0,9	0,12919	0,05617	4,5	52	0,10435	21	2x1.5+TTx1.5Cu	16

Tabla 43. Resumen de cálculos eléctricos 1.



CIRCUITO	PIA	L (m)	Zt	Zac	Zdi	Zlínea	Ztot	I _{pccI}	I _{pccF}	PdC	Elegida
ACOM		15	0,037	0,0036	0,0024					6000	
DI		10	0,037	0,0036	0,0024		0,0406	4532	2139,53	6000	Interruptor automático Schneider Poder de corte: 6 KA, CurvaB, II+N Calibre: 32 A
E1	10B,C,D	20	0,037	0,0036	0,0024	0,0005867	0,0435867	4221,5	2110,74	6000	Interruptor automático Schneider Poder de corte: 6 KA, Curva C, II+N Calibre: 10 A & I. Dif. 25A/30mA
A1	10B,C,D	25	0,037	0,0036	0,0024	0,0007333	0,0437333	4207,3	2103,66	6000	
E2	10B,C,D	10	0,037	0,0036	0,0024	0,0002933	0,0432933	4250,1	2125,04	6000	
A2	10B,C,D	12	0,037	0,0036	0,0024	0,000352	0,043352	4244,3	2122,16	6000	
E3	10B,C,D	30	0,037	0,0036	0,0024	0,00088	0,04388	4193,3	2096,63	6000	Interruptor automático Schneider Poder de corte: 6 KA, Curva C, II+N Calibre: 10 A & I. Dif. 25A/30mA
A3	10B,C,D	45	0,037	0,0036	0,0024	0,00132	0,04432	4151,6	2075,81	6000	
E4	10B,C,D	35	0,037	0,0036	0,0024	0,0010267	0,0440267	4179,3	2089,64	6000	
A4	10B,C,D	45	0,037	0,0036	0,0024	0,00132	0,04432	4151,6	2075,81	6000	
F1	16B,C,D	3	0,037	0,0036	0,0024	0,0000528	0,0430528	4273,8	2136,91	6000	Interruptor automático Schneider Poder de corte: 6 KA, Curva C, II+N Calibre: 16 A & I. Dif. 25A/30mA
E5	6B,C,D	64	0,037	0,0036	0,0024	0,00187733	0,0448773	4100,1	2050,03	6000	Interruptor automático Schneider Poder de corte: 6 KA, Curva C, II+N Calibre: 10 A & I. Dif. 25A/30mA
A5	10B,C,D	60	0,037	0,0036	0,0024	0,00176	0,04476	4110,8	2055,41	6000	
A6	10B,C,D	52	0,037	0,0036	0,0024	0,0015253	0,0445253	4132,5	2066,24	6000	

Tabla 44. Resumen de cálculos eléctricos 2.



RENDERIZACIONES EN 3D

5. RENDERIZACIONES EN 3D

5.1. ASPECTOS GENERALES

El software Dialux nos permite realizar modelos 3D que nos darán una idea bastante aproximada del resultado final. Debido a que este estudio tiene como uno de sus objetivos fundamentales que el recinto sea más atractivo para el visitante, es conveniente simular las escenas y asegurarse de que el resultado es satisfactorio. A continuación se detallarán las representaciones obtenidas.

5.1.1. Exterior - Escenario Controlado



Figura 96. Fotografía del exterior del complejo funerario.



Figura 97. Render 3d del exterior del complejo.

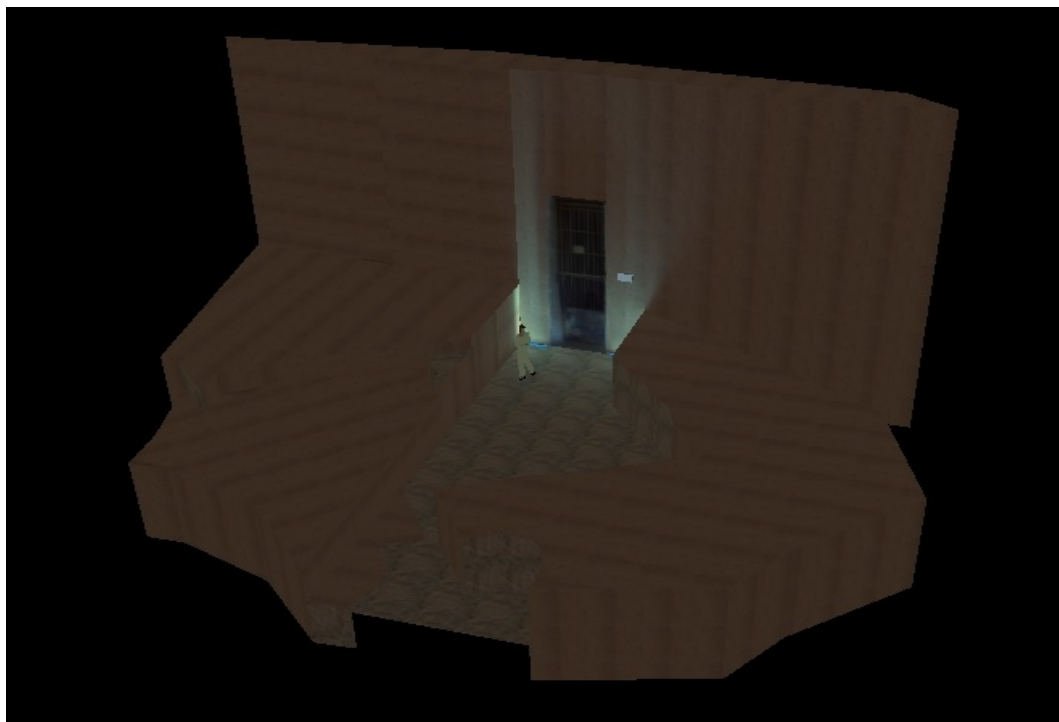


Figura 98. Render 3d del exterior del complejo 2.

5.1.2. Exterior - Alumbrado de Emergencia



Figura 99. Render 3d del exterior del complejo para el alumbrado de emergencia.

5.1.3. Túnel de entrada - Escenario Controlado

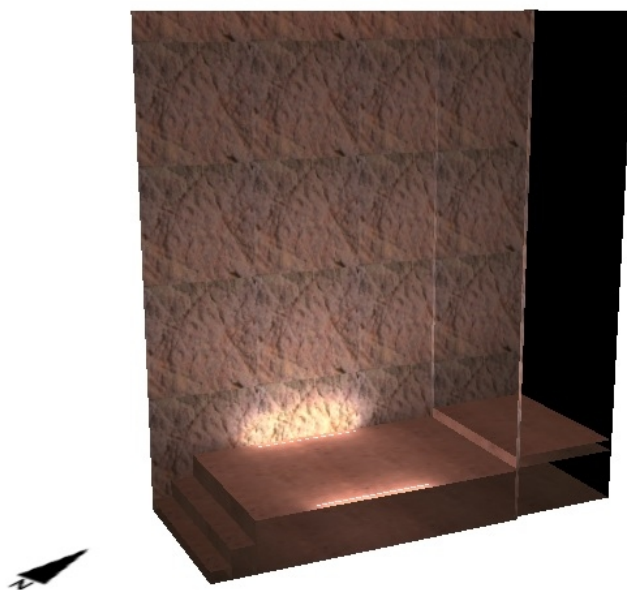


Figura 100. Render 3D del túnel de entrada.

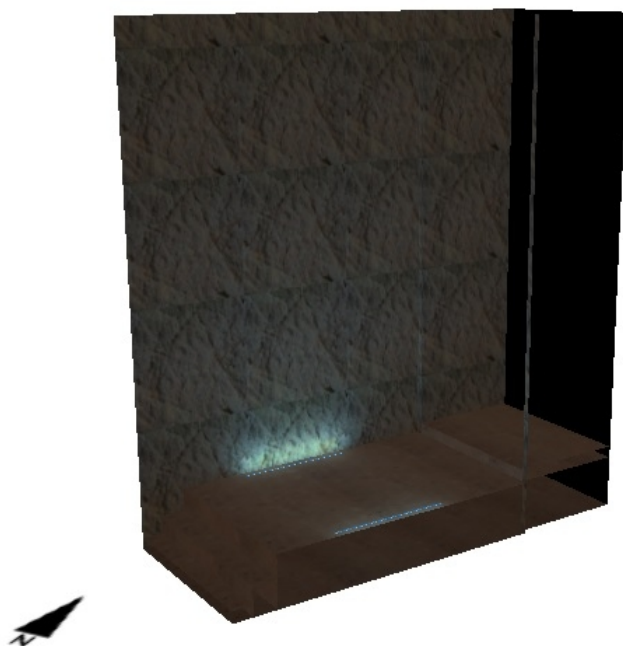


Figura 101. Render 3D del túnel de entrada 2.

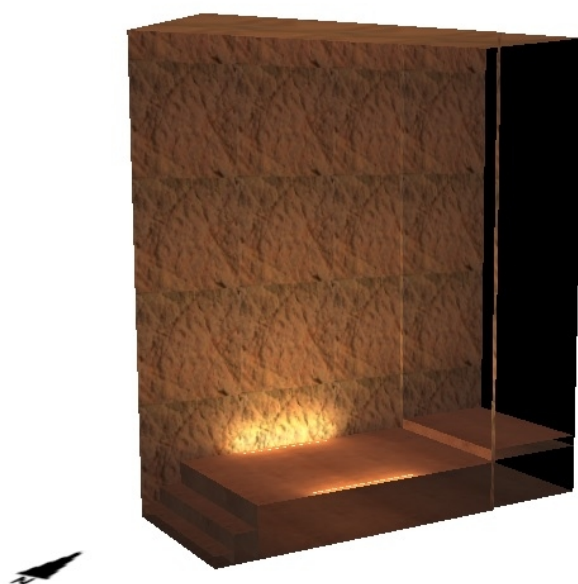


Figura 102. Render 3D del túnel de entrada 3.

5.1.4. Túnel de entrada - Alumbrado de Emergencia

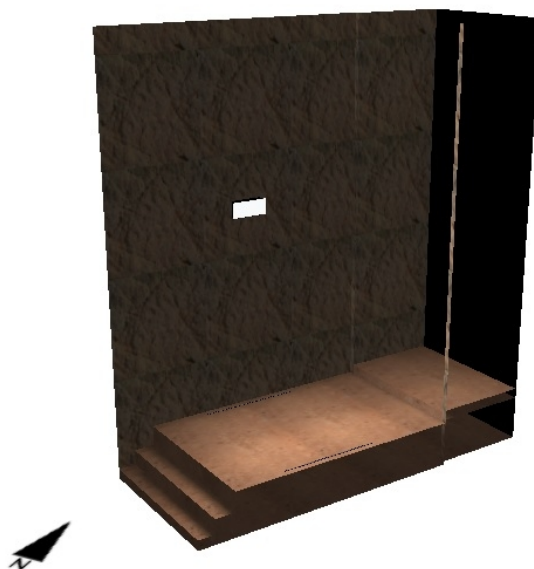


Figura 103. Render 3D del túnel de entrada para el alumbrado de emergencia.

5.1.5. Sala de Entrada - Escenario Controlado



Figura 104. Fotografía de la entrada al complejo.

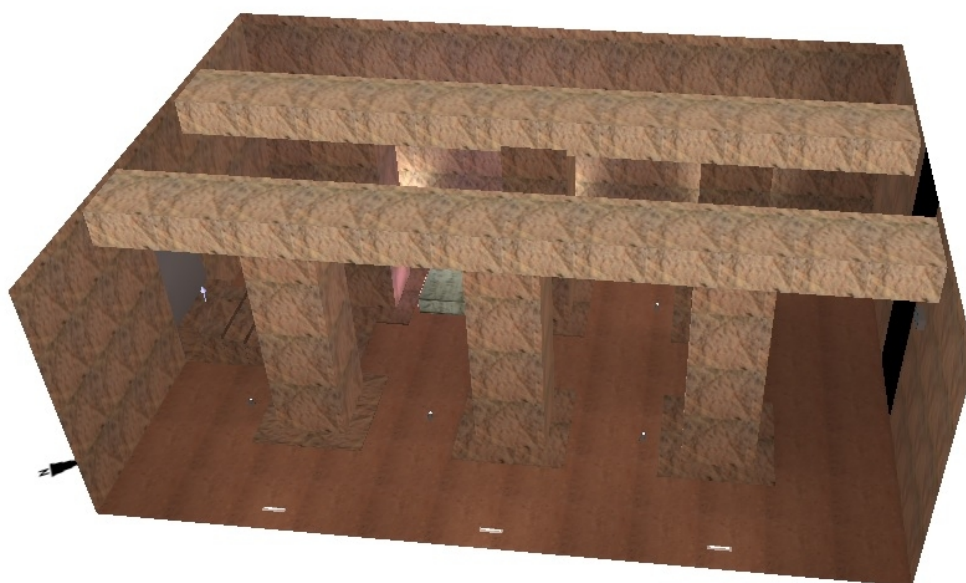


Figura 105. Render 3D de la sala de entrada.



Figura 106. Render 3D de la sala de entrada 2.

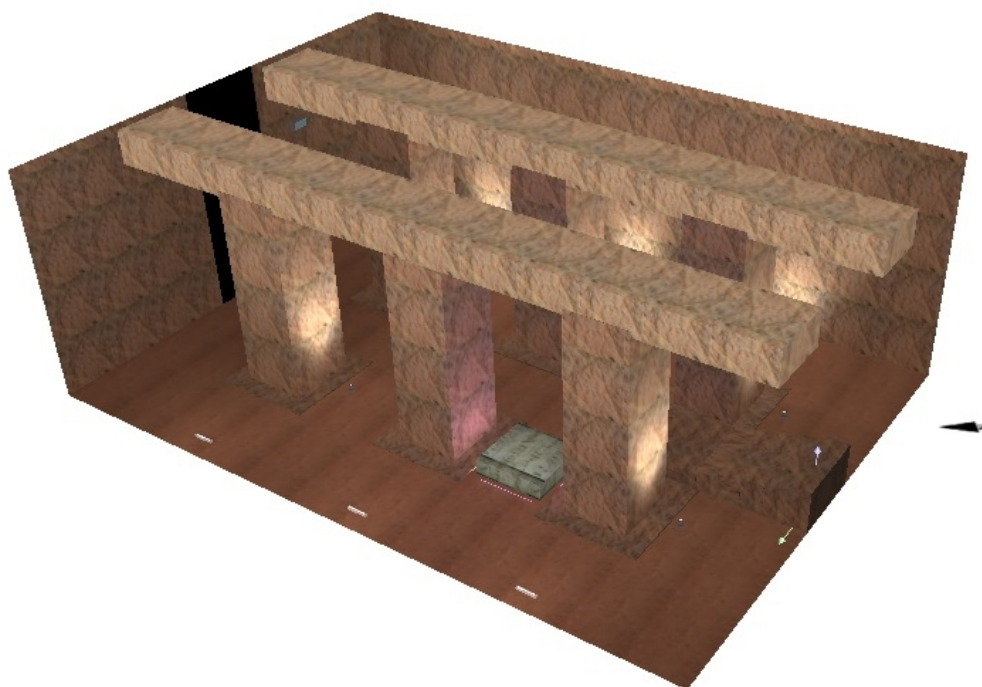


Figura 107. Render 3D de la sala de entrada 3.

5.1.6. Sala de Entrada – Alumbrado de Emergencia



Figura 108. Render 3D de la sala de entrada para la iluminación de emergencia.

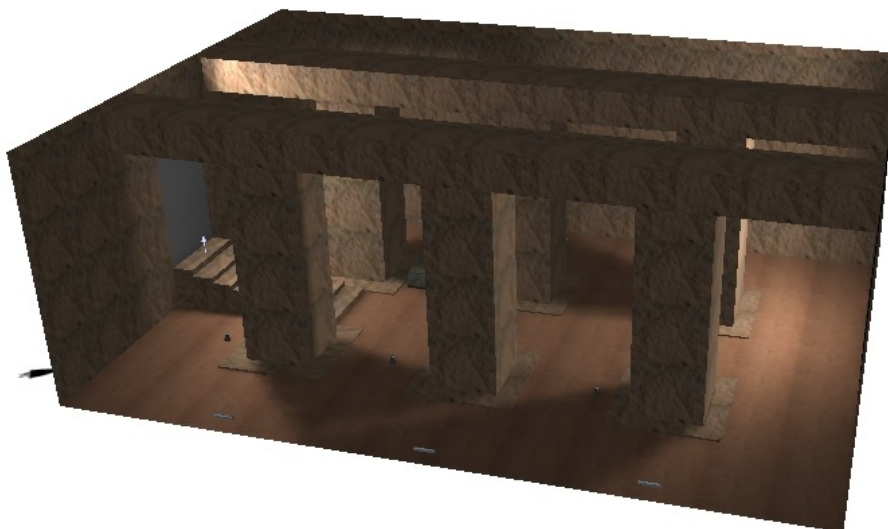


Figura 109. Render 3D de la sala de entrada para la iluminación de emergencia 2.

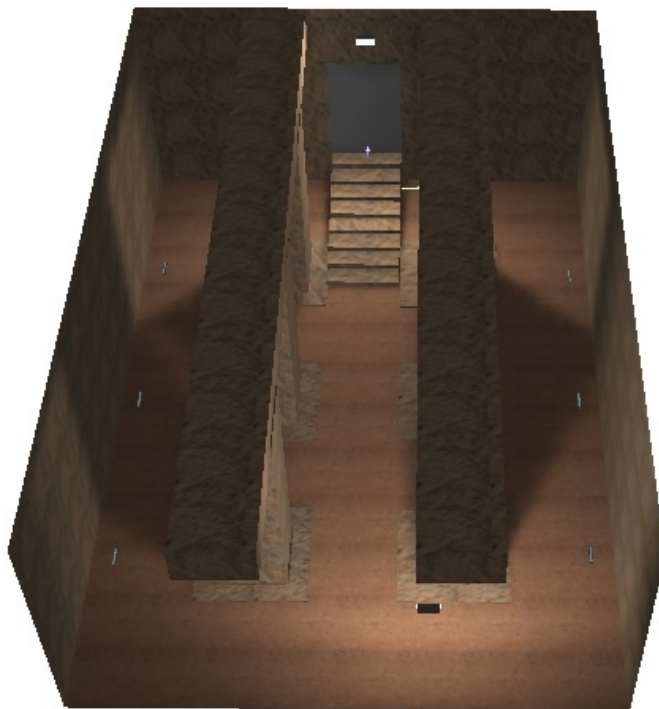


Figura 110. Render 3D de la sala de entrada para la iluminación de emergencia 3.

5.1.7. Pasillo - Escenario Controlado



Figura 111. Fotografía del pasillo.



Figura 112. Render 3D del pasillo.



Figura 113 Render 3D del pasillo 2.



Figura 114. Render 3D del pasillo 3.



Figura 115. Render 3D del pasillo 4.

5.1.8. Pasillo - Alumbrado de Emergencia



Figura 116. Render 3D del pasillo para alumbrado de emergencia.

5.1.9. Sala de Ofrendas - Escenario Controlado



Figura 117. Fotografía de la sala de ofrendas.

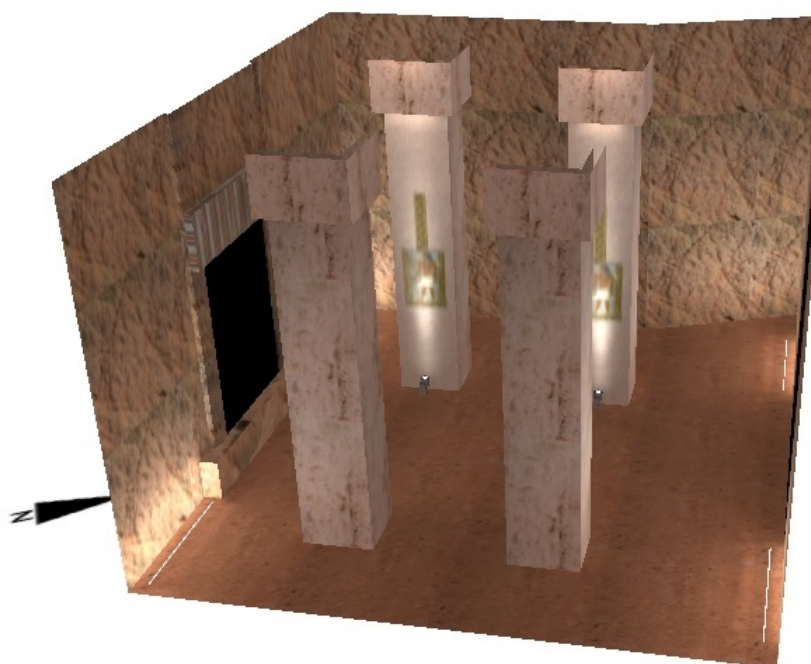


Figura 118. Render 3D de la sala de ofrendas.

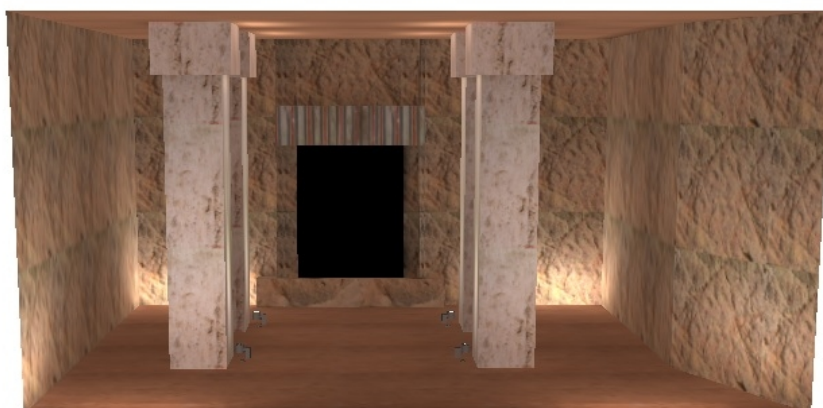


Figura 119. Render 3D de la sala de ofrendas 2.

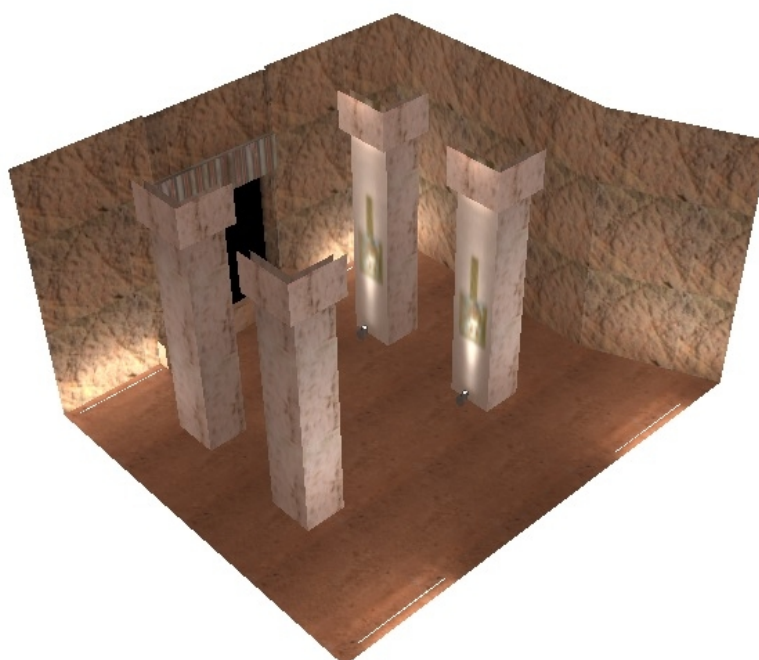


Figura 120. Render 3D de la sala de ofrendas 3.

5.1.10. Sala de Ofrendas – Alumbrado de Emergencia

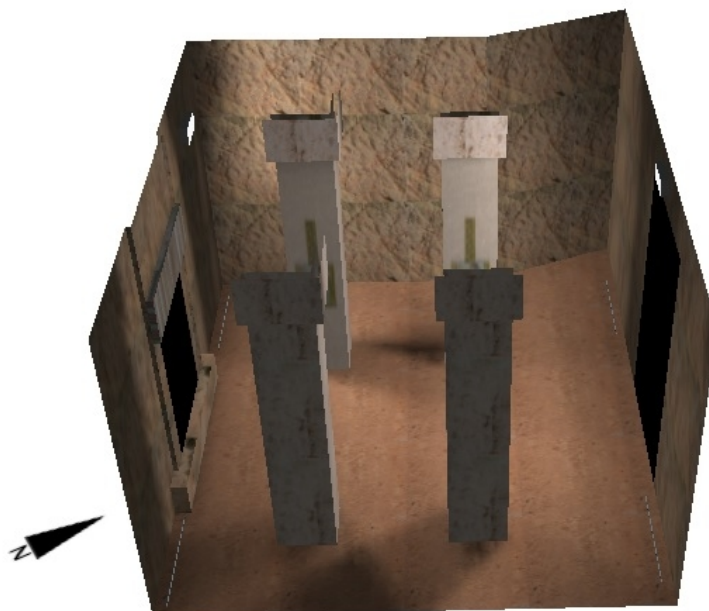


Figura 121. Render 3D de la sala de ofrendas para alumbrado de emergencia.

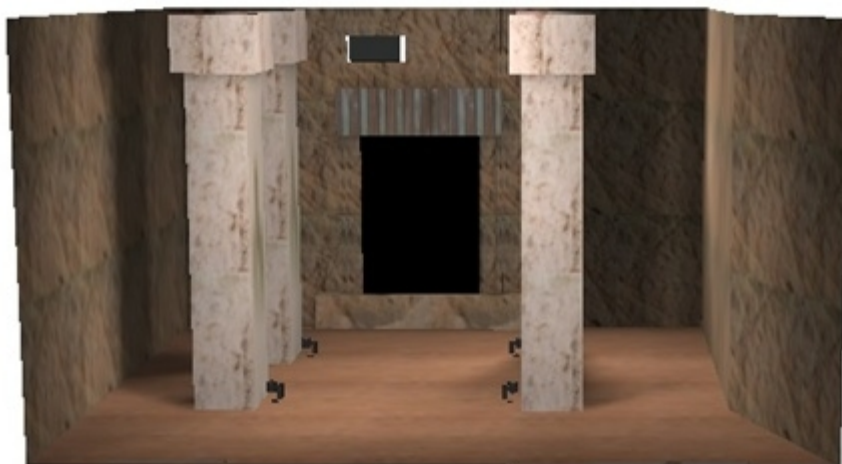


Figura 122. Render 3D de la sala de ofrendas para alumbrado de emergencia 2.

5.1.11. Nicho - Escenario Controlado



Figura 123. Fotografía del nicho.



Figura 124. Render 3D del nicho.



Figura 125. Render 3D del nicho 2.



Figura 126. Render 3D del nicho 3.



Figura 127. Render 3D del nicho 5.



Figura 128. Render 3D del nicho 6.

5.2.1. Exterior – Escenario ‘Económico’



Figura 129. Alumbrado exterior para la solución económica.

5.2.2. Túnel de Entrada - Escenario ‘Económico’

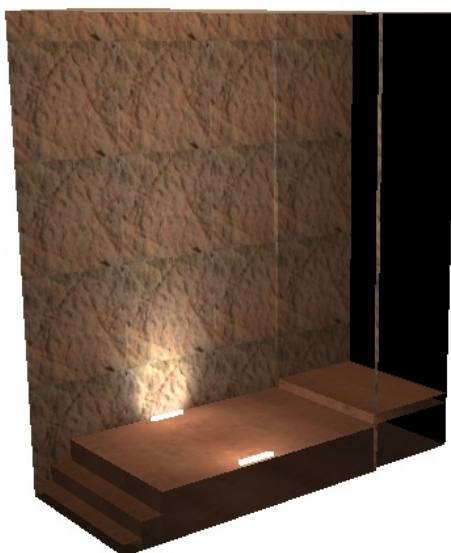


Figura 130. Alumbrado del túnel de entrada.

5.2.3. Sala de Ofrendas - Escenario 'Económico'

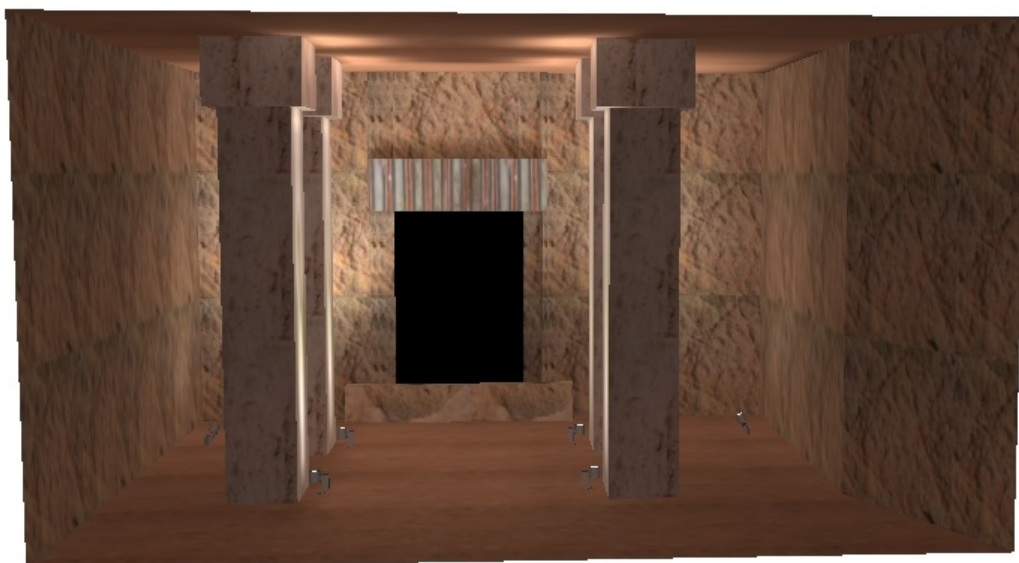


Figura 131. Render 3D para la sala de ofrendas.



Figura 132. Render 3D para la sala de ofrendas 2.



MEDICIONES



6. MEDICIONES

6.1. MEDICIONES REALIZADAS

LUMINARIAS ESCENARIO CONTROLADO POR SCENA

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	POTENCIA LÁMPARA (W)
2	SIMON IRIS LED TAMAÑO S 300 MM RGB	18
5	SIMON 81030500-900 LedFlex Contorno 810 RGB GENERAL	4,8
5	ERCO 72348000 Pollux Proyector (warm white)	9
6	SIMON 61030133-583 Proyector lineal 610 WW WIDE FLOOD 350 1-10.	16
6	ERCO 71619000 Parscan Proyector (warm white)	7
2	SIMON 63030000-043 Proyector 630 DOT.18 carril WW WIDE FLOOD Blanco.	33
4	ERCO 72200000 Optec Proyector (warm white)	4
4	SIMON 81031000-986 LedFlex Alto Flujo 810 CW GENERAL	13
3	SIMON 81130033-982 LedStrip 811 WW Aluminio	8

LUMINARIAS ESCENARIO 'ECONÓMICO'

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	POTENCIA LÁMPARA (W)
2	ERCO 34504000 Lightscan Proyector 1xLED 48W warm white	55
8	SIMON 61030133-583 Proyector lineal 610 WW WIDE FLOOD 350 1-10.	16
9	ERCO 72348000 Pollux Proyector (warm white)	9
6	ERCO 71619000 Parscan Proyector (warm white)	7
2	SIMON 63030000-043 Proyector 630 DOT.18 carril WW WIDE FLOOD Blanco.	33
4	ERCO 72200000 Optec Proyector (warm white)	4
3	SIMON 81130033-982 LedStrip 811 WW Aluminio	8

LUMINARIAS EMERGENCIA

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	POTENCIA LÁMPARA (W)
1	ETAP K212/6NO Without	6
8	ETAP K111/11N2 Without	11

**MECANISMOS DE CONTROL EN EL CASO DEL ESCENARIO SCENA**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
10	INTERRUPTORES
1	CONSOLA SCENA 89000100-0
1	CONVERSOR 89000303-039
1	Módulo interruptor/ conmutador electrónico 89000201-039
1	MÓDULO REGULADOR 1-10V 89000202-039

*(Sólo los interruptores en el caso del escenario alternativo).

MEDICIÓN DE CABLES

CANTIDAD (m)	SECCIÓN (mm ²)	DESIGNACIÓN	POLARIDAD	METAL
800	1.5	Cable RZ-K 0,6/1 KV flexible Marca: General Cable (AS+)	UNIPOLAR	Cu
6	2.5	Cable RZ-K 0,6/1 KV flexible Marca: General Cable (AS+)	UNIPOLAR	Cu
20	6	Cable RZ-K 0,6/1 KV flexible Marca: General Cable (AS+)	UNIPOLAR	Cu
30	10	Cable RZ-K 0,6/1 KV flexible Marca: General Cable (AS+)	UNIPOLAR	Cu

*Para el control de las luminarias, necesitaremos conductores específicos adicionales, por lo que hay contactar con el fabricante.

MEDICIÓN DE TUBOS

MEDICIÓN DE TUBOS		
CANTIDAD (m)	DIÁMETRO (mm)	TIPO
10	32	PVC+ACERO
82	20	DOBLE CAPA
42	16	DOBLE CAPA

**MEDICIÓN DE MAGNETOÉRMICOS**

MEDICIÓN DE MAGNETOTÉRMICOS E INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS		
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	INTENSIDAD (A)
6	Mag/Bip.	10
1	Mag/Bip.	16
1	I.Aut/Bip.	32

MEDICIÓN DE DIFERENCIALES

MEDICIÓN DE DIFERENCIALES			
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	INTENSIDAD (A)	SENSIBILIDAD (mA)
4	Diferen./Bip	25	30

MEDICIÓN DE CUADROS

MEDICIÓN DE CUADROS		
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	Nº ELEMENTOS
1	CUADRO GENERAL	20
1	CUADRO DE CONTROL	-



PRESUPUESTO



7. PRESUPUESTO

7.1. PRESUPUESTO PARA EL ESCENARIO CONTROLADO

Capítulo I			ILUMINACIÓN			
1.1.			LUMINARIAS UTILIZADAS EN ILUMINACIÓN INTERIOR			
Código	Naturaleza	Ud	Resumen	CanPres	PrPres	ImpPres
1.1.1.			SIMON 81130033-982			
	Material	u	982 LedStrip 811 WW, Aluminio N° de artículo: 81130033-982	4,000	84,00	336,00
			Flujo luminoso (Luminaria): 120 lm Flujo luminoso (Lámparas): 120 lm Potencia de las luminarias: 8.0 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Código CIE Flux: 61 94 99 100 100 Lámpara: 1 x LED 811 WW GENERAL (Factor de corrección 1.000).			
	Mano de obra	H	Oficial 1ª electricidad	0,250	26,84	6,71
	Mano de obra	H	Peón especialista electricidad	0,250	24,89	6,22
	Otros	%	Costes Indirectos	1,000	3,36	3,36
						352,29
1.1.2.			ERCO 72200000			
	Material	u	Optec Proyector 1xLED 2W warm white N° de artículo: 72200000	4,000	172,00	688,00
			Flujo luminoso (Luminaria): 185 lm Flujo luminoso (Lámparas): 200 lm Potencia de las luminarias: 4.0 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Código CIE Flux: 99 100 100 100 95 Lámpara: 1 x LED 2W blanco cálido (Factor de corrección 1.000).			
	Mano de obra	H	Oficial 1ª electricidad	0,250	26,84	6,71
	Mano de obra	H	Peón especialista electricidad	0,250	24,89	6,22
	Otros	%	Costes Indirectos	1,000	6,88	6,88
						707,81



1.1.3. SIMON 81031000-986						
	Material	u	LedFlex Alto Flujo 810 CW GENERAL N° de artículo: 81031000-986	4,000	157,00	628,00
			Flujo luminoso (Luminaria): 1016 lm Flujo luminoso (Lámparas): 1016 lm Potencia de las luminarias: 13.0 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Código CIE Flux: 47 79 95 100 100 Lámpara: 1 x LED 810 AF CW GENERAL (Factor de corrección 1.000). (Perfilería y difusor incluidos).			
	Mano de obra	H	Oficial 1ª electricidad	0,250	26,84	6,71
	Mano de obra	H	Peón especialista electricidad	0,250	24,89	6,22
	Otros	%	Costes Indirectos	1,000	6,28	6,28
						647,21
1.1.4. ERCO 71619000						
	Material	u	Parscan Proyector 1xLED 4W warm white N° de artículo: 71619000	6,000	160,00	960,00
			Flujo luminoso (Luminaria): 296 lm Flujo luminoso (Lámparas): 400 lm Potencia de las luminarias: 7.0 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Código CIE Flux: 99 100 100 100 76 Lámpara: 1 x LED 4W blanco cálido (Factor de corrección 1.000).			
	Mano de obra	H	Oficial 1ª electricidad	0,250	26,84	6,71
	Mano de obra	H	Peón especialista electricidad	0,250	24,89	6,22
	Otros	%	Costes Indirectos	1,000	9,60	9,60
						982,53
1.1.5. SIMON 63030000-043						
	Material	u	Proyector 630 DOT.18 carril WW WIDE FLOOD Blanco N° de artículo: 63030000-043	2,000	262,00	524,00
			Flujo luminoso (Luminaria): 1900 lm Flujo luminoso (Lámparas): 1900 lm Potencia de las luminarias: 33.0 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Código CIE Flux: 88 99 100 100 107 Lámpara: 1 x LED 630 DOT.18 WW WIDE FLOOD (Factor de corrección 1.000).			
	Mano de obra	H	Oficial 1ª electricidad	0,250	26,84	6,71
	Mano de obra	H	Peón especialista electricidad	0,250	24,89	6,22
	Otros	%	Costes Indirectos	1,000	5,24	5,24
						542,17



1.1.6. ERCO 72348000 Pollux						
	Material	u	Proyector 1xLED 6W warm White N° de artículo: 72348000	5,000	220,00	1.100,00
			Flujo luminoso (Luminaria): 488 lm Flujo luminoso (Lámparas): 600 lm Potencia de las luminarias: 9.0 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Código CIE Flux: 96 99 100 100 81 Lámpara: 1 x LED 6W blanco cálido (Factor de corrección 1.000).			
	Mano de obra	H	Oficial 1ª electricidad	0,250	26,84	6,71
	Mano de obra	H	Peón especialista electricidad	0,250	24,89	6,22
	Otros	%	Costes Indirectos	1,000	11,00	11,00
						1.123,93
1.1.7. SIMON 61030133-583						
	Material	u	Proyector lineal 610 WW WIDE FLOOD 350 1-10 N° de artículo: 61030133-583	6,000	258,00	1.548,00
			Flujo luminoso (Luminaria): 840 lm Flujo luminoso (Lámparas): 840 lm Potencia de las luminarias: 16.0 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Código CIE Flux: 89 97 100 100 100 Lámpara: 1 x LED 610 WW WIDE FLOOD 350 (Factor de corrección 1.000).			
	Mano de obra	H	Oficial 1ª electricidad	0,250	26,84	6,71
	Mano de obra	H	Peón especialista electricidad	0,250	24,89	6,22
	Otros	%	Costes Indirectos	1,000	15,48	15,48
						1.576,41
1.1.8. SIMON 81030500-900						
	Material	u	LedFlex Contorno 810	3,000	114,85	344,55
			Flujo luminoso (Luminaria): 189 lm Flujo luminoso (Lámparas): 189 lm Potencia de las luminarias: 4.8 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Código CIE Flux: 43 75 94 100 100 Lámpara: 1 x LED 810 BLUE (Factor de corrección 1.000), 1 x LED 810 GREEN (Factor de corrección 1.000), 1 x LED 810 RED (Factor de corrección 1.000).			
	Mano de obra	H	Oficial 1ª electricidad	0,250	26,84	6,71
	Mano de obra	H	Peón especialista electricidad	0,250	24,89	6,22
	Otros	%	Costes Indirectos	1,000	3,44	3,44
						360,92



1.2. LUMINARIAS UTILIZADAS EN ILUMINACIÓN EXTERIOR						
Código	Naturaleza	Ud	Resumen	CanPres	PrPres	ImpPres
1.2.1. SIMON 11-0111-512						
	Material	u	IRISLED RGB 300 MM y Difusor con Vidrio con protección UV	2,000	795,00	1.590,00
			IRIS LED, luminaria modelo LF (fijación lateral, cubierta plana), difusor de vidrio transparente plano, con equipo electrónico. Luminaria Clase I. Sin precableado, con conector aéreo de 7 vías tensión de alimentación 230 Vac/50 Hz. Acabado estándar en color AS. IP66 IK10. S (300 mm), 18 W DMX. (Cables y accesorios de control incluidos).			
	Mano de obra	H	Oficial 1ª electricidad	0,250	26,84	6,71
	Mano de obra	H	Peón especialista electricidad	0,250	24,89	6,22
	Otros	%	Costes Indirectos	1,000	15,90	15,90
						1.618,83
1.3. ALUMBRADO DE EMERGENCIA						
Código	Naturaleza	Ud	Resumen	CanPres	PrPres	ImpPres
1.3.1. ETAP K111/11N2 Without						
			ETAP K111/11N2 Without	8,00	90,00	720,00
			Alumbrado de emergencia: 448 lm, 0.9 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Código CIE Flux: 32 64 91 100 76 Lámpara: 1 x 11W TC-S (DC) (Factor de corrección 1.000).			
	Material	u	Marco empotrar con bornas	1,00	16,00	16,00
	Mano de obra	h	Oficial 1ª electricista	0,60	18,59	11,15
	Otros	%	Costes Indirectos	1,000	7,20	7,20
						754,35
1.3.2. ETAP K212/6NO Without Nº de artículo: K212/6NO						
			ETAP K212/6NO Without	1,00	98,62	98,62
			Alumbrado de emergencia: 199 lm, 0.7 W. Clasificación luminarias según CIE: 95 Código CIE Flux: 25 61 90 95 88 Lámpara: 1 x 6W TL (DC)			
	Material	u	Marco empotrar con bornas	1,00	16,00	16,00
	Mano de obra	h	Oficial 1ª electricista	0,60	18,59	11,15
	Otros	%	Costes Indirectos	1,000	9,80	9,80
						135,57
TOTAL CAPÍTULO I						8.802,02



Capítulo	II	LÍNEAS ELÉCTRICAS				
2.1. CONDUCTORES						
Código	Naturaleza	Ud	Resumen	CanPres	PrPres	ImpPres
2.1.1. Circuito de 2x1,5 mm² + TT						
			Cable RV-K 0,6/1 KV flexible Marca: General Cable (AS+) 2x1,5+1,5TT mm2 Cobre	800	2,51	2008
	Mano de obra	H	Oficial 2ª electricidad	0,15	26,44	3,97
	Otros	%	Medios auxiliares	0,06	2,00	0,12
						2.012,09
2.1.2. Circuito de 2x2,5 mm² + TT						
			Cable RZ-K 0,6/1 KV flexible Marca: General Cable (AS+)	6	3,69	22,14
	Mano de obra	H	Oficial 2ª electricidad	0,02	26,44	0,53
	Otros	%	Medios auxiliares	0,14	2,00	0,28
						22,95
2.1.3. Circuito de 2x6 mm² + TT						
			Cable RZ-K 0,6/1 KV flexible Marca: General Cable (AS+)	20	5,29	105,8
	Mano de obra	H	Oficial 2ª electricidad	0,02	26,44	0,53
	Otros	%	Medios auxiliares	0,14	2,00	0,28
						106,61
2.1.4. Circuito de 2x10 mm²						
			Cable RZ-K 0,6/1 KV flexible Marca: General Cable (AS+)	30	9,32	279,60
	Mano de obra	H	Oficial 2ª electricidad	0,02	26,44	0,53
	Otros	%	Medios auxiliares	0,14	2,00	0,28
						280,41
2.2. TUBOS						
Código	Naturaleza	Ud	Resumen	CanPres	PrPres	ImpPres
2.2.1. Tubo corrugado, 16 mm.						
			Tubo corrugado de doble capa de PVC de color negro, 20 mm.	42	0,45	18,9
	Mano de obra	H	Oficial 2ª electricidad	0,15	26,44	3,97
	Otros	%	Medios auxiliares	0,06	2,00	0,12
						22,99



2.2.2. Tubo corrugado, 20 mm.						
			Tubo corrugado de doble capa de PVC de color negro, 20 mm.	82	0,48	39,36
	Mano de obra	H	Oficial 2ª electricidad	0,02	26,44	0,53
	Otros	%	Medios auxiliares	0,14	2,00	0,28
						40,17
2.2.3. Tubo pvc+ acero, 32 mm.						
			Tubo corrugado de PVC reforzado con acero de color negro, 32 mm.	20	5,29	105,8
	Mano de obra	H	Oficial 2ª electricidad	0,02	26,44	0,53
	Otros	%	Medios auxiliares	0,14	2,00	0,28
						106,61
TOTAL CAPÍTULO II						2.591,82

Capítulo III MECANISMOS DE CONTROL						
3.1. ELEMENTOS DE CONTROL DE LAS LUMINARIAS						
Código	Naturaleza	Ud	Resumen	CanPres	PrPres	ImpPres
3.1.1. Interr. bip. 10 A para empotrar en armario eléctrico						
			Interruptor monopolar para una intensidad de 10A. y una tensión de 250V, para colocar de forma empotrada en el cuadro eléctrico, incluso caja universal y elementos necesarios para su instalación.	10	12,23	122,3
	Material	u	Caja mecan. empotrar enlazable	1,00	0,27	0,27
	Mano de obra	H	Peón especialista electricidad	0,25	24,89	6,22
	Otros	%	Medios auxiliares	0,12	2,00	0,24
						129,03
3.1.2. Capítulo Ud Consola SCENA SIMON 89000100-038						
			Consola Touch Lightmanager 89000100-038	1	935	935
		u	Módulo Regulador 1-10V	1,00	150,00	150,00
		u	Convertor DMX/PWM RGB	1,000	150,00	150,00
		u	Módulo Interruptor / Conmutador Electrónico	2,000	150,00	300,00
	Material	u	Caja de empotrar Pantalla Light Manager	1,00	11,00	11,00
	Mano de obra	H	Peón especialista electricidad	0,25	24,89	6,22
	Otros	%	Medios auxiliares	0,12	2,00	0,24
						1.552,46
TOTAL CAPÍTULO III						1.681,49

Capítulo IV ELEMENTOS DE PROTECCIÓN Y CUADROS						
Código	Naturaleza	Ud	Resumen	CanPres	PrPres	ImpPres
4.1. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN DE LAS LUMINARIAS						
			Interruptor diferencial Schneider 2P Calibre: 10 A, Sensibilidad: 30 Ma	1	245	245
			Magnet Dx 6/10 Ka C 2p 10A	6	50,25	301,5
			Magnet Dx 6/10 Ka C 2p 16A	1	51,15	51,15
			Interruptor automático Schneider Poder de corte 6 KA, Curva C, II Calibre: 32 A	1	68	68
	Mano de obra	H	Oficial 2ª electricidad	0,02	26,44	0,5288
	Otros	%	Medios auxiliares	0,14	2,00	0,28
						666,4588
4.2. CUADROS						
Código	Naturaleza	Ud	Resumen	CanPres	PrPres	ImpPres
			Armario metálico de distribución. Marca: Schneider. Modelo: Prisma Plus, sistema G, con IP55, de 11 módulos, de medida: 1250x600x250 mm con su placa de montaje y puesta a tierra.	1	277,64	277,64
			Armarios monobloc de poliéster PLM IP66/IK10 Envoltorios de poliéster alto: 430, ancho: 330, profundo: 200 con Puerta transparente cierres estándar	1	337,4	337,4
			Placas de montaje aislantes de baquelita 600 alto, 500 ancho	1	58	58
	Mano de obra	H	Oficial 2ª electricidad	0,02	26,44	0,5288
	Otros	%	Medios auxiliares	0,14	2,00	0,28
						673,8488
4.3. VARIOS						
Código	Naturaleza	Ud	Resumen	CanPres	PrPres	ImpPres
			Toma de corriente monofásica de 16 A, (2P+T), 230 V, para su instalación en cuadro.	1	7	7
	Mano de obra	H	Oficial 2ª electricidad	0,02	26,44	0,5288
	Otros	%	Medios auxiliares	0,14	2,00	0,28
						7,8088
TOTAL CAPÍTULO IV						1348,1164



Capítulo	V OTROS ELEMENTOS					
5.1.	VARIOS					
Código	Naturaleza	Ud	Resumen	CanPres	PrPres	ImpPres
			Par de tapones auditivos desechables	12	0,118	1,416
			Gafas de protección antipolvo	3	3,33	9,99
			Casco de seguridad dieléctrico con pantalla	3	18,87	56,61
			Mascarillas desechables	12	0,51	6,12
			Par de guantes de electricista	3	12	36
			Zapato de seguridad con puntera metálica	3	42	126
			Par de rodilleras ajustables	3	10,11	30,33
			Extintor de 6 Kg de polvo químico	2	34,28	68,56
			Lámpara portátil de mano de leds	3	33,88	101,64
			Cartel de plástico de "Peligro de riesgo eléctrico" de medidas 45x30 cm	1	4,82	4,82
						441,486
TOTAL CAPÍTULO V						441,486

TOTAL PARA ESCENARIO DE ILUMINACIÓN CONTROLADO POR SCENA	14.864,93
--	-----------

7.2. PRESUPUESTO PARA EL ESCENARIO 'ECONÓMICO'

Capítulo	I ILUMINACIÓN					
1.1.	LUMINARIAS UTILIZADAS EN ILUMINACIÓN INTERIOR					
Código	Naturaleza	Ud	Resumen	CanPres	PrPres	ImpPres
1.1.1.	SIMON 81130033-982					
	Material	u	982 LedStrip 811 WW, Aluminio N° de artículo: 81130033-982	4,000	84,00	336,00
			Flujo luminoso (Luminaria): 120 lm Flujo luminoso (Lámparas): 120 lm Potencia de las luminarias: 8.0 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Código CIE Flux: 61 94 99 100 100 Lámpara: 1 x LED 811 WW GENERAL (Factor de corrección 1.000).			
	Mano de obra	H	Oficial 1ª electricidad	0,250	26,84	6,71
	Mano de obra	H	Peón especialista electricidad	0,250	24,89	6,22
	Otros	%	Costes Indirectos	1,000	3,36	3,36
						352,29



1.1.2. ERCO 72200000						
	Material	u	Optec Proyector 1xLED 2W warm white N° de artículo: 72200000	4,000	172,00	688,00
			Flujo luminoso (Luminaria): 185 lm Flujo luminoso (Lámparas): 200 lm Potencia de las luminarias: 4.0 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Código CIE Flux: 99 100 100 100 95 Lámpara: 1 x LED 2W blanco cálido (Factor de corrección 1.000).			
	Mano de obra	H	Oficial 1ª electricidad	0,250	26,84	6,71
	Mano de obra	H	Peón especialista electricidad	0,250	24,89	6,22
	Otros	%	Costes Indirectos	1,000	6,88	6,88
						707,81
1.1.4. ERCO 71619000						
	Material	u	Parscan Proyector 1xLED 4W warm white N° de artículo: 71619000	6,000	160,00	960,00
			Flujo luminoso (Luminaria): 296 lm Flujo luminoso (Lámparas): 400 lm Potencia de las luminarias: 7.0 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Código CIE Flux: 99 100 100 100 76 Lámpara: 1 x LED 4W blanco cálido (Factor de corrección 1.000).			
	Mano de obra	H	Oficial 1ª electricidad	0,250	26,84	6,71
	Mano de obra	H	Peón especialista electricidad	0,250	24,89	6,22
	Otros	%	Costes Indirectos	1,000	9,60	9,60
						982,53
1.1.5. SIMON 63030000-043						
	Material	u	Proyector 630 DOT.18 carril WW WIDE FLOOD Blanco N° de artículo: 63030000-043	2,000	262,00	524,00
			Flujo luminoso (Luminaria): 1900 lm Flujo luminoso (Lámparas): 1900 lm Potencia de las luminarias: 33.0 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Código CIE Flux: 88 99 100 100 107 Lámpara: 1 x LED 630 DOT.18 WW WIDE FLOOD (Factor de corrección 1.000).			
	Mano de obra	H	Oficial 1ª electricidad	0,250	26,84	6,71
	Mano de obra	H	Peón especialista electricidad	0,250	24,89	6,22
	Otros	%	Costes Indirectos	1,000	5,24	5,24
						542,17



1.1.6. ERCO 72348000 Pollux						
	Material	u	Proyector 1xLED 6W warm White N° de artículo: 72348000	7,000	220,00	1.540,00
			Flujo luminoso (Luminaria): 488 lm Flujo luminoso (Lámparas): 600 lm Potencia de las luminarias: 9.0 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Código CIE Flux: 96 99 100 100 81 Lámpara: 1 x LED 6W blanco cálido (Factor de corrección 1.000).			
	Mano de obra	H	Oficial 1ª electricidad	0,250	26,84	6,71
	Mano de obra	H	Peón especialista electricidad	0,250	24,89	6,22
	Otros	%	Costes Indirectos	1,000	11,00	11,00
						1.563,93
1.1.7. SIMON 61030133-583						
	Material	u	Proyector lineal 610 WW WIDE FLOOD 350 1-10 N° de artículo: 61030133-583	6,000	258,00	1.548,00
			Flujo luminoso (Luminaria): 840 lm Flujo luminoso (Lámparas): 840 lm Potencia de las luminarias: 16.0 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Código CIE Flux: 89 97 100 100 100 Lámpara: 1 x LED 610 WW WIDE FLOOD 350 (Factor de corrección 1.000).			
	Mano de obra	H	Oficial 1ª electricidad	0,250	26,84	6,71
	Mano de obra	H	Peón especialista electricidad	0,250	24,89	6,22
	Otros	%	Costes Indirectos	1,000	15,48	15,48
						1.576,41
1.2. LUMINARIAS UTILIZADAS EN ILUMINACIÓN EXTERIOR						
Código	Naturaleza	Ud	Resumen	CanPres	PrPres	ImpPres
1.2.1. ERCO 34504000						
	Material	u	ERCO 34504000 Lightscan Proyector 1xLED 48W warm white N° de artículo: 34504000	2,000	498,00	996,00
	Mano de obra	H	Oficial 1ª electricidad	0,250	26,84	6,71
	Mano de obra	H	Peón especialista electricidad	0,250	24,89	6,22
	Otros	%	Costes Indirectos	1,000	15,90	15,90
						1.024,83



1.3. ALUMBRADO DE EMERGENCIA						
Código	Naturaleza	Ud	Resumen	CanPres	PrPres	ImpPres
1.3.1. ETAP K111/11N2 Without						
			ETAP K111/11N2 Without	8,00	90,00	720,00
			Alumbrado de emergencia: 448 lm, 0.9 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Código CIE Flux: 32 64 91 100 76 Lámpara: 1 x 11W TC-S (DC) (Factor de corrección 1.000). $\eta=76\%$			
	Material	u	Marco empotrar con bornas	1,00	16,00	16,00
	Mano de obra	h	Oficial 1ª electricista	0,60	18,59	11,15
	Otros	%	Costes Indirectos	1,000	7,20	7,20
						754,35
1.3.2. ETAP K212/6NO Without Nº de artículo: K212/6NO						
			ETAP K212/6NO Without	1,00	98,62	98,62
			Alumbrado de emergencia: 199 lm, 0.7 W. Clasificación luminarias según CIE: 95 Código CIE Flux: 25 61 90 95 88 Lámpara: 1 x 6W TL (DC) (Factor de corrección 1.000).			
	Material	u	Marco empotrar con bornas	1,00	16,00	16,00
	Mano de obra	h	Oficial 1ª electricista	0,60	18,59	11,15
	Otros	%	Costes Indirectos	1,000	9,80	9,80
						135,57
TOTAL CAPÍTULO I						7.639,89

Capítulo II LÍNEAS ELÉCTRICAS						
2.1. CONDUCTORES						
Código	Naturaleza	Ud	Resumen	CanPres	PrPres	ImpPres
2.1.1. Circuito de 2x1,5 mm² + TT						
			Cable RV-K 0,6/1 KV flexible Marca: General Cable (AS+) 2x1,5+1,5TT mm2 Cobre	800	2,51	2008
	Mano de obra	H	Oficial 2ª electricidad	0,15	26,44	3,97
	Otros	%	Medios auxiliares	0,06	2,00	0,12
						2.012,09



2.1.2. Circuito de 2x2,5 mm ² + TT						
			Cable RZ-K 0,6/1 KV flexible Marca: General Cable (AS+)	6	3,69	22,14
	Mano de obra	H	Oficial 2ª electricidad	0,02	26,44	0,53
	Otros	%	Medios auxiliares	0,14	2,00	0,28
						22,95
2.1.3. Circuito de 2x6 mm ² + TT						
			Cable RZ-K 0,6/1 KV flexible Marca: General Cable (AS+)	20	5,29	105,8
	Mano de obra	H	Oficial 2ª electricidad	0,02	26,44	0,53
	Otros	%	Medios auxiliares	0,14	2,00	0,28
						106,61
2.1.4. Circuito de 2x10 mm ²						
			Cable RZ-K 0,6/1 KV flexible Marca: General Cable (AS+)	30	9,32	279,60
	Mano de obra	H	Oficial 2ª electricidad	0,02	26,44	0,53
	Otros	%	Medios auxiliares	0,14	2,00	0,28
						280,41
2.2. TUBOS						
Código	Naturaleza	Ud	Resumen	CanPres	PrPres	ImpPres
2.2.1. Tubo corrugado, 16 mm.						
			Tubo corrugado de doble capa de PVC de color negro, 20 mm.	42	0,45	18,9
	Mano de obra	H	Oficial 2ª electricidad	0,15	26,44	3,97
	Otros	%	Medios auxiliares	0,06	2,00	0,12
						22,99
2.2.2. Tubo corrugado, 20 mm.						
			Tubo corrugado de doble capa de PVC de color negro, 20 mm.	82	0,48	39,36
	Mano de obra	H	Oficial 2ª electricidad	0,02	26,44	0,53
	Otros	%	Medios auxiliares	0,14	2,00	0,28
						40,17
2.2.3. Tubo pvc+ acero, 32 mm.						
			Tubo corrugado de PVC reforzado con acero de color negro, 32 mm.	20	5,29	105,8
	Mano de obra	H	Oficial 2ª electricidad	0,02	26,44	0,53
	Otros	%	Medios auxiliares	0,14	2,00	0,28
						106,61
TOTAL CAPÍTULO II						2.591,82

Capítulo III		MECANISMOS DE CONTROL				
3.1.		ELEMENTOS DE CONTROL DE LAS LUMIANRIAS				
Código	Naturaleza	Ud	Resumen	CanPres	PrPres	ImpPres
3.1.1.		Interr. bip. 10 A para empotrar en armario eléctrico				
			Interruptor monopolar para una intensidad de 10A. y una tensión de 250V, para colocar de forma empotrada en el cuadro eléctrico, incluso caja universal y elementos necesarios para su instalación.	10	12,23	122,3
	Material	u	Caja mecan. empotrar enlazable	1,00	0,27	0,27
	Mano de obra	H	Peón especialista electricidad	0,25	24,89	6,22
	Otros	%	Medios auxiliares	0,12	2,00	0,24
						129,03
TOTAL CAPÍTULO III						129,03

Capítulo IV		ELEMENTOS DE PROTECCIÓN Y CUADROS				
4.1.		ELEMENTOS DE PROTECCIÓN DE LAS LUMIANRIAS				
Código	Naturaleza	Ud	Resumen	CanPres	PrPres	ImpPres
			Interruptor diferencial Schneider 2P Calibre: 10 A, Sensibilidad: 30 Ma	1	245	245
			Magnet Dx 6/10 Ka C 2p 10A	6	50,25	301,5
			Magnet Dx 6/10 Ka C 2p 16A	1	51,15	51,15
			Interruptor automático Schneider Poder de corte 6 KA, Curva C, II Calibre: 32 A	1	68	68
	Mano de obra	H	Oficial 2ª electricidad	0,02	26,44	0,5288
	Otros	%	Medios auxiliares	0,14	2,00	0,28
						666,4588
4.2.		CUADROS				
Código	Naturaleza	Ud	Resumen	CanPres	PrPres	ImpPres
			Armario metálico de distribución. Marca: Schneider. Modelo: Prisma Plus, sistema G, con IP55, de 11 módulos, de medida: 1250x600x250 mm con su placa de montaje y puesta a tierra.	1	277,64	277,64
			Armarios monobloc de poliéster PLM IP66/IK10 Envoltentes de poliéster alto: 430, ancho: 330, profundo: 200 con Puerta transparente cierre estándar	1	337,4	337,4
			Placas de montaje aislantes de baquelita 600 alto, 500 ancho	1	58	58
	Mano de obra	H	Oficial 2ª electricidad	0,02	26,44	0,5288
	Otros	%	Medios auxiliares	0,14	2,00	0,28
						673,8488



4.3. VARIOS						
Código	Naturaleza	Ud	Resumen	CanPres	PrPres	ImpPres
			Toma de corriente monofásica de 16 A, (2P+T), 230 V, para su instalación en cuadro.	1	7	7
	Mano de obra	H	Oficial 2ª electricidad	0,02	26,44	0,5288
	Otros	%	Medios auxiliares	0,14	2,00	0,28
						7,8088
TOTAL CAPÍTULO IV						1348,1164

Capítulo V OTROS ELEMENTOS						
5.1. VARIOS						
Código	Naturaleza	Ud	Resumen	CanPres	PrPres	ImpPres
			Par de tapones auditivos desechables	12	0,118	1,416
			Gafas de protección antipolvo	3	3,33	9,99
			Casco de seguridad dieléctrico con pantalla	3	18,87	56,61
			Mascarillas desechables	12	0,51	6,12
			Par de guantes de electricista	3	12	36
			Zapato de seguridad con puntera metálica	3	42	126
			Par de rodilleras ajustables	3	10,11	30,33
			Extintor de 6 Kg de polvo químico	2	34,28	68,56
			Lámpara portátil de mano de leds	3	33,88	101,64
			Cartel de plástico de "Peligro de riesgo eléctrico" de medidas 45x30 cm	1	4,82	4,82
						441,486
TOTAL CAPÍTULO V						441,486

TOTAL PARA ESCENARIO DE ILUMINACIÓN CONTROLADO POR SCENA	12.150,34
--	-----------



ANÁLISIS ENERGÉTICO Y ECONÓMICO

8. ANÁLISIS ENERGÉTICO Y ECONÓMICO

8.1.- INTRODUCCIÓN

Atendiendo a los resultados obtenidos, a lo largo de este estudio, en este apartado se tratará de establecer, a modo de conclusión final, un análisis energético.

Los dos escenarios que se han estudiado (el propuesto inicialmente y el 'económico'), utilizan luminarias LED, que son muy eficientes. Se ha justificado el empleo de estas luminarias a lo largo de la memoria.

Así, el escenario 'económico' no tiene tal nombre porque necesite menos potencia, sino porque los costes de la instalación inicial son mucho menores.

8.1.1.- Comparativa energética entre los escenarios propuestos.

En la siguiente tabla se lleva a cabo una comparativa entre los diferentes escenarios en el recinto (no se incluye en la misma los datos correspondientes al alumbrado de emergencia por ser los mismos para ambos escenarios):

ESCENARIO	Nº DE LUMINARIAS INSTALADAS	POTENCIA TOTAL INSTALADA (W)	ILUMINANCIA MEDIA MANTENIDA Em (Lx)	FLUJO LUMINOSO INSTALADO (Lm)	AHORRO DE ENERGÍA %
LED	37	401	77,84	20409	12%
LED ECO	41	449	77,64	17545	-

Tabla 45. Comparativa energética de ambos escenarios.

Como se puede comprobar en la tabla, el escenario 'económico' supondrá un incremento del 12% respecto al valorado en primer lugar. Tendremos que valorar entonces, si nos conviene invertir más en la instalación y tener un escenario más eficiente y funcional o bien, instalar el más barato pero menos eficiente 'escenario económico'.



8.1.2.- Comparativa consumo energético entre los escenarios propuestos.

En relación a los resultados reflejados en la tabla anterior, se observa que entre ambos escenarios, existe un ahorro energético del 12%. Este porcentaje significaría un ahorro de **48 W/h**, suponiendo en ambos casos un funcionamiento pleno de las cargas provistas.

Es una diferencia bastante insignificante, pero puede ser incrementada mediante el control de las luminarias que ofrece Scena ya que hay que tener en cuenta que nos posibilitará la regulación de la intensidad de las luminarias de la sala de entrada, el túnel de entrada y el exterior. En cuanto a este último, la instalación con Scena nos daría la posibilidad de añadir una fotocélula, para que se encendiera de forma automática (si es que no queremos programar los horarios).

En ningún caso se ha contemplado la instalación de dispositivos detectores de presencia u otros sensores en el interior, ya que se intenta alterar lo menos posible el entorno.

Podemos hacer una estimación del consumo medio mensual del alumbrado en cada uno de los escenarios, si consideramos que el horario de apertura al público será de 8 de la mañana a 10 de la noche, de forma interrumpida (14 h/día). El alumbrado exterior se utilizará sólo de 8 de la tarde hasta media noche (4h/día). Así, tendremos un gasto de:

- Escenario con control Scena: 181,41 kW al mes.
- Escenario 'Económico': 211,42 kW al mes.

8.1.3.- Clasificación energética del alumbrado en los escenarios propuestos.

Atendiendo al Reglamento de Eficiencia energética en las Instalaciones de Alumbrado y sus Instrucciones Técnicas Complementarias EA-01 a EA-07, entre la información que se debe entregar a los usuarios figurará la eficiencia energética (ϵ), su calificación mediante el índice de eficiencia energética ($I\epsilon$) medido, y la etiqueta que mide el consumo energético de la instalación, de acuerdo al modelo que se indica a continuación:

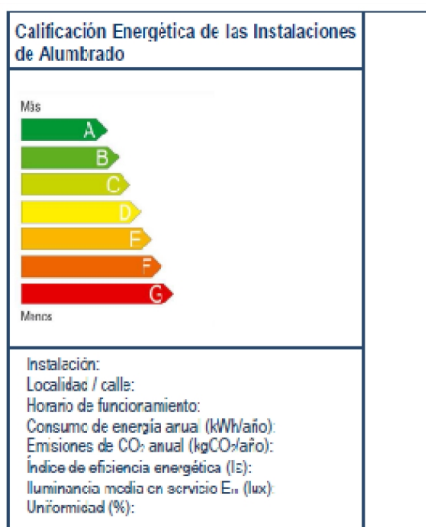


Figura 133. Etiqueta de calificación energética.

Los valores que tenemos que tener en cuenta para obtener dicha calificación son:

Calificación Energética	Índice de consumo energético	Índice de Eficiencia Energética
A	ICE < 0,91	IE > 1,1
B	0,91 ≤ ICE < 1,09	1,1 ≥ IE > 0,92
C	1,09 ≤ ICE < 1,35	0,92 ≥ IE > 0,74
D	1,35 ≤ ICE < 1,79	0,74 ≥ IE > 0,56
E	1,79 ≤ ICE < 2,63	0,56 ≥ IE > 0,38
F	2,63 ≤ ICE < 5,00	0,38 ≥ IE > 0,20
G	ICE ≥ 5,00	IE ≤ 0,20

Figura 134. Valores para la calificación energética.

De esta forma, realizaremos los cálculos necesarios según:

$$\xi = \frac{S \cdot Em}{P} \quad (8.1.)$$



Siendo:

- S: Superficie iluminada en m²
- Em: Iluminancia media mantenida (Lx)
- P: Potencia instalada (W)

Teniendo en cuenta que la superficie total iluminada es de 140,02 m² y los datos de las tablas anteriores, resulta entonces:

$$\epsilon_{\text{controlado con Scena}} = 27,18 \quad \text{y} \quad \epsilon_{\text{eco}} = 24,22$$

- El índice de eficiencia energética (I ϵ) se define como el cociente entre la eficiencia energética de la instalación (ϵ) y el valor de eficiencia energética de referencia (ϵ_R).

$$I\epsilon = \frac{\epsilon}{\epsilon_R} \quad (8.2)$$

Teniendo en cuenta los valores límite de eficiencia energética en una instalación de iluminación, para un edificio de tipo religioso, se tomará como valor de referencia $\epsilon_R = 10$ (teniendo siempre en cuenta que este valor es meramente orientativo).

De esta forma, sustituyendo en la Eq. 8.2., tenemos que:

$$I\epsilon_{\text{scena}} = \frac{27,18}{10} = 2,718$$

$$I\epsilon_{\text{eco}} = \frac{24,22}{10} = 2,422$$



- El índice utilizado para la escala de letras (A-G) será el índice de consumo energético (ICE) que se calcula según:

$$\text{ICE} = \frac{1}{I_{\epsilon}} \quad (8.3.)$$

De esta forma, sustituyendo los valores en la Eq.8.3., tendremos:

$$\text{ICE}_{\text{scena}} = \frac{1}{2,718} = 0,36$$

$$\text{ICE}_{\text{eco}} = \frac{1}{2,422} = 0,41$$

Ambos escenarios se corresponden con una calificación A.

8.1.4.- Análisis económico.

Si atendemos al coste de la instalación, tenemos que el Escenario Scena tiene un coste de 14.864,93 €, frente a los 12.150,34 € que supondría la instalación del Escenario Eco. Esto quiere decir que instalar el Escenario Scena tiene un sobrecoste de 2.714,59 € frente al Escenario Económico (supondría invertir un 18,26% más).

Ahora bien, si atendemos a los consumos medios mensuales y consideramos un coste de **0,17 €** cada kWh, podemos realizar una estimación del coste mensual de la iluminación:

- Escenario Scena: 30,84 €/mes.
- Escenario Eco: 35,94 €/mes.



Estos datos son sólo referentes a la iluminación y no tienen en cuenta el circuito de fuerza instalado, por eso son aproximados. El coste medio anual sería:

- Escenario Scena: 370,04 €/año.
- Escenario Eco: 431,28 €/año.

El escenario que utiliza el control Scena nos permitirá ahorrar alrededor de 40 € al año en el alumbrado, además de ser más atractivo desde el punto de vista del control y la iluminación artística.

Analicemos entonces lo que ocurriría al instalar cada uno de los sistemas:

- Para el Escenario Económico, tendríamos una inversión el primer año de: 12.150,34 € de la instalación + 431,38 € de la potencia consumida = 12.581,72 €.
- Calcularemos ahora los flujos de caja para tres años. Esto se denomina "descontar" los flujos de caja y se realiza con la fórmula simple:

$$\text{Flujo de caja} = P / (1 + i)^t \quad (8.4)$$

Donde:

- P es la cantidad de flujo de caja (€).
- i es la tasa de descuento (%).
- t representa el tiempo (meses).

No podemos determinar P de forma exacta sin realizar un estudio estadístico sobre el terreno, pero podemos estimar que la tumba será visitada por 100 personas al día, que pagarán una entrada de 1 € cada una. Esto nos dará como resultado 3.000 €/mensuales, si el recinto se encuentra abierto al público todos los días del año. Al año, tendremos unos ingresos por visitas de 36.000 €.

La tasa de descuento se considera del 16%, un valor bastante alto. La razón de considerar esta cifra atiende a que consideraremos esta inversión de un riesgo bastante elevado.



El flujo de caja será, el primer mes, sustituyendo en la Eq. 8.4.:

$$\frac{3000}{(1 + 0,16)^1} = 2.586 \text{ €}$$

El segundo mes, con $t=2$, será: 2.229,48 €.

El tercer mes, con $t=3$, será: 1.921,97 €.

El cuarto mes, con $t=4$, será: 1.656,87 €.

El quinto mes, con $t=5$, será: 1.428,33 €.

El sexto mes, con $t=6$, será: 1.231,32 €.

- Ahora podemos calcular el VAN (Valor Actual Neto) del proyecto para 6 meses si sumamos los flujos de caja y los restamos a la inversión inicial tendremos:

12.150,34 € de la instalación + 215,64 € de la potencia consumida – Flujos de caja (6 meses) = +1312,01 €.

- Para el escenario controlado por Scena, consideraremos que, ya que resulta más atractivo al público, atraerá a más visitantes. Serán ahora 120 visitantes diarios, que pagarán 1 € de entrada. Llevando a cabo el mismo procedimiento para el Escenario Controlado por Escena, tendremos un valor VAN para 6 meses de = +17.84,05 €.

- Comparando ambos escenarios, sería más adecuado invertir en la instalación del Escenario Controlado.

- Si damos por hecho que uno de los dos escenarios se van a instalar, puede ser más adecuado calcular el plazo de recuperación de la inversión o payback, ya que nos dará un valor más significativo.

Para calcular el pay back o plazo de recuperación se van sumando los flujos de caja hasta alcanzar la cifra del desembolso inicial. A partir de ahí los cobros superan a los pagos.

Si consideramos ahora, igual que anteriormente, que el flujo de visitantes es constante (100 visitantes diarios para el escenario 'Eco' y 120 para el Escenario controlado por Scena), y que no se va a producir ningún suceso que altere los cálculos, los plazos de recuperación serán:



- Escenario Controlado Scena: 4,16 meses.
- Escenario 'Económico': 4,1 meses.

Podemos concluir entonces que es mucho más interesante instalar las luminarias correspondientes al Escenario Controlado Scena, ya que los plazos de recuperación de la inversión son similares y éste nos permitirá ahorrar más en el consumo y atraer más visitantes, con lo que las ganancias serán mayores y la experiencia mucho más atractiva.

Además, teniendo en cuenta la tasa de retorno que hemos propuesto (muy elevados) para los cálculos anteriores e incluso, siendo muy conservadores en los datos de visitantes diarios y precio de la entrada, se observa que la instalación de la iluminación es una buena opción.

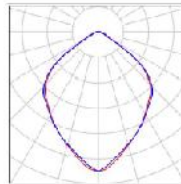
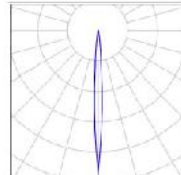
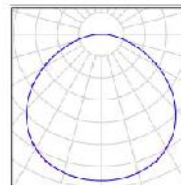
Naturalmente, aquí estaríamos tratando de sólo un complejo funerario. Pero no debemos olvidar que la colina, tiene numerosas tumbas. Una buena instalación eléctrica, que permita la iluminación y el control de todo el complejo en su conjunto (todas las tumbas), permitirá el incremento del valor turístico de la zona y sin duda, los beneficios representarán un valor mucho más representativo que los costes generados, a muy corto plazo.



DATOS TÉCNICOS DE LAS LUMINARIAS EMPLEADAS

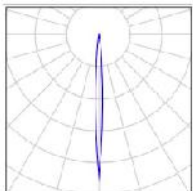
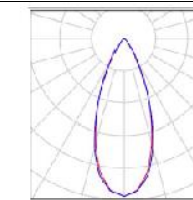
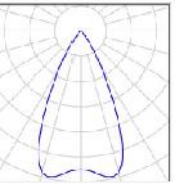
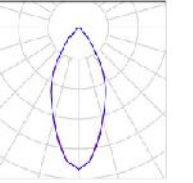


9.- DATOS TÉCNICOS DE LAS LUMINARIAS UTILIZADAS

LUMINARIAS UTILIZADAS			
LUMINARIA	DESCRIPCIÓN	DATOS TÉCNICOS	IMAGEN / DIAGRAMA ISOLÍNEA
SIMON 81130033-982 LedStrip 811 WW, Aluminio N° de artículo: 81130033-982	3 de estas luminarias se instalarán en el nicho.	Flujo luminoso (Luminaria): 120 lm Flujo luminoso (Lámparas): 120 lm Potencia de las luminarias: 8.0 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Código CIE Flux: 61 94 99 100 100 Lámpara: 1 x LED 811 WW GENERAL (Factor de corrección 1.000).	 
ERCO 72200000 Optec Proyector 1xLED 2W warm white N° de artículo: 72200000	4 de estas luminarias se instalarán en la sala de ofrendas, destinadas a iluminar las columnas.	Flujo luminoso (Luminaria): 185 lm Flujo luminoso (Lámparas): 200 lm Potencia de las luminarias: 4.0 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Código CIE Flux: 99 100 100 100 95 Lámpara: 1 x LED 2W blanco cálido (Factor de corrección 1.000).	 
SIMON 81031000-986 LedFlex Alto Flujo 810 CW GENERAL N° de artículo: 81031000-986	4 de estas luminarias se instalarán en la sala de ofrendas, bañando las paredes que dan acceso a la sala.	Flujo luminoso (Luminaria): 1016 lm Flujo luminoso (Lámparas): 1016 lm Potencia de las luminarias: 13.0 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Código CIE Flux: 47 79 95 100 100 Lámpara: 1 x LED 810 AF CW GENERAL (Factor de corrección 1.000).	 

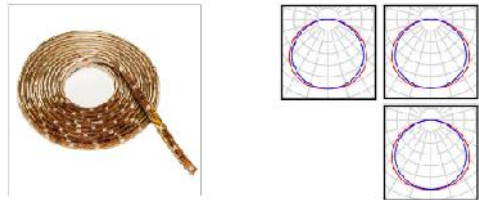
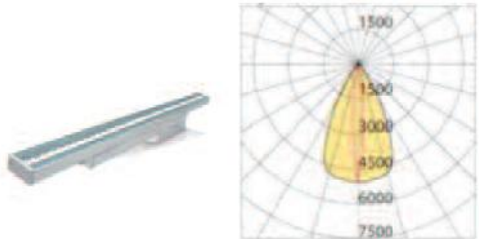
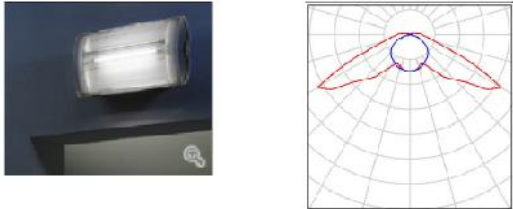


DATOS TÉCNICOS DE LAS LUMINARIAS

ERCO 71619000 Parscan Proyector 1xLED 4W warm white N° de artículo: 71619000	6 de estas luminarias se instalarán en el pasillo para la iluminación de las estatuas momiformes.	Flujo luminoso (Luminaria): 296 lm Flujo luminoso (Lámparas): 400 lm Potencia de las luminarias: 7.0 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Código CIE Flux: 99 100 100 100 76 Lámpara: 1 x LED 4W blanco cálido	 
SIMON 63030000-043 Proyector 630 DOT.18 carril WW WIDE FLOOD Blanco N° de artículo: 63030000-043	2 de estas luminarias se instalarán en el pasillo para bañar las paredes que tienen los murales jeroglíficos.	Flujo luminoso (Luminaria): 1900 lm Flujo luminoso (Lámparas): 1900 lm Potencia de las luminarias: 33.0 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Código CIE Flux: 88 99 100 100 107 Lámpara: 1 x LED 630 DOT.18 WW WIDE FLOOD (Factor de corrección 1.000).	 
ERCO 72348000 Pollux Proyector 1xLED 6W warm White N° de artículo: 72348000	5 de estas luminarias están destinadas a la iluminación de las columnas de la sala de entrada. 2 de estas luminarias se instalarán en la sala de ofrendas en el caso del escenario económico.	Flujo luminoso (Luminaria): 488 lm Flujo luminoso (Lámparas): 600 lm Potencia de las luminarias: 9.0 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Código CIE Flux: 96 99 100 100 81 Lámpara: 1 x LED 6W blanco cálido (Factor de corrección 1.000).	 
SIMON 61030133-583 Proyector lineal 610 WW WIDE FLOOD 350 1-10 N° de artículo: 61030133-583	6 de estas luminarias se instalarán en la sala de entrada, para bañar las paredes. 2 de estas luminarias se instalarán en el túnel de entrada en el escenario económico.	Flujo luminoso (Luminaria): 840 lm Flujo luminoso (Lámparas): 840 lm Potencia de las luminarias: 16.0 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Código CIE Flux: 89 97 100 100 100 Lámpara: 1 x LED 610 WW WIDE FLOOD 350 (Factor de corrección 1.000).	 

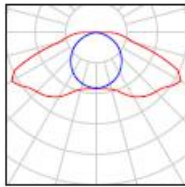
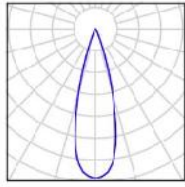


DATOS TÉCNICOS DE LAS LUMINARIAS

SIMON 81030500-900 LedFlex Contorno 810 RGB GENERAL N° de artículo: 81030500-900	3 de estas luminarias se instalan con fines decorativos, rodeando a la mesa de ofrendas que encontramos en la sala de entrada. 2 de estas luminarias se instalan en el túnel de entrada.	Flujo luminoso (Luminaria): 189 lm Flujo luminoso (Lámparas): 189 lm Potencia de las luminarias: 4.8 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Código CIE Flux: 43 75 94 100 100 Lámpara: 1 x LED 810 BLUE (Factor de corrección 1.000), 1 x LED 810 GREEN (Factor de corrección 1.000), 1 x LED 810 RED (Factor de corrección 1.000).	
SIMON 11-0111-512 IRISLED RGB 300 MM y Difusor con Vidrio con protección UV	2 de estos proyectores se instalarán para la iluminación exterior.	IRIS LED, luminaria modelo LF (fijación lateral, cubierta plana), difusor de vidrio transparente plano, con equipo electrónico. Luminaria Clase I. Sin precableado, con conector aéreo de 7 vías tensión de alimentación 230 Vac/50 Hz. Acabado estándar en color AS. IP66 IK10. S (300 mm), 18 W DMX	
ETAP K212/6NO Without N° de artículo: K212/6NO	1 de estas luminarias se instalarán en el exterior.	Alumbrado de emergencia: 199 lm, 0.7 W. Clasificación luminarias según CIE: 95 Código CIE Flux: 25 61 90 95 88 Lámpara: 1 x 6W TL (DC) (Factor de corrección 1.000).	



DATOS TÉCNICOS DE LAS LUMINARIAS

ETAP K111/11N2 Without	2 de estas luminarias se instalan en la sala de ofrendas, 3 en el pasillo, 1 en la sala de entrada y 1 en el túnel de entrada.	Alumbrado de emergencia: 448 lm, 0.9 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Código CIE Flux: 32 64 91 100 76 Lámpara: 1 x 11W TC-S (DC) (Factor de corrección 1.000). $\eta=76\%$	 
ERCO 34504000 Lightscan Projector 1xLED 48W warm white N° de artículo: 34504000	2 de estas luminarias se instalarán en el exterior, en lugar de los proyectores RGB, para el escenario económico.	Flujo luminoso (Luminaria): 3840 lm Flujo luminoso (Lámparas): 4800 lm Potencia de las luminarias: 55.0 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Código CIE Flux: 98 100 100 100 80 Lámpara: 1 x LED 48W blanco cálido (Factor de corrección 1.000).	 



DATOS TÉCNICOS DE LOS DISPOSITIVOS DE CONTROL



10.- DATOS TÉCNICOS DE LOS DISPOSITIVOS DE CONTROL UTILIZADOS

DISPOSITIVOS PARA EL CONTROL DE LUMINARIAS			
DISPOSITIVO	DESCRIPCIÓN	DATOS TÉCNICOS	IMAGEN
CONSOLA SCENA 89000100-0	Es la consola que utilizaremos para controlar las luminarias.	Consola Touch Light Manager Medidas exteriores: 152 x 195mm	
CONVERSOR 89000303-039	Mediante este conversor podemos controlar los LedFlex que se utilizan en el túnel de entrada y en la mesa de ofrendas de la sala de entrada.	Conversor DMX/PWM RGB Permite controlar luminarias RGB Sea un ejemplo LedFlex RGB.	



DATOS TÉCNICOS DE LOS DISPOSITIVOS DE CONTROL

Módulo interruptor/ conmutador electrónico 89000201-039	Mediante este conmutador, podremos controlar el apagado y encendido de las lámparas que no son regulables mediante otros métodos.	Módulo interruptor/ conmutador electrónico hasta 2300 W. Funcionamiento de encendido y apagado (ON/OFF). Compatible con: · Incandescencia y halógenas a 230V, máx. 2300W. · Halógenas con transformador electrónico máx. 550VA. · Halógenas con transformador electromagnético máx. 650VA. · Fluorescencia máx. 520VA (compensada y no compensada). · Fluorescencia máx. 1040VA (electrónica). · Lámparas de bajo consumo y led máx. 200W. · Motores máx. 3A.	
MÓDULO REGULADOR 1-10V 89000202-039	Mediante este regulador, controlamos las luminarias que permitan el protocolo 1-10V.	Módulo regulador 1-10V Regula luminarias que dispongan de entrada analógica 1-10V (hasta 520VA).	



BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS



11.- BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

11.1. LIBROS

Alonso, E. y García, R. *Campos electromagnéticos y efectos en salud*. Subdirección de Salud Pública de Bizkaia, 2011.

[1] Jiménez, A. *Los nobles de la VI Dinastía enterrados en Qubbet el-Hawa*. Ediciones Universidad de Salamaca, 2012.

[2] Folguera, E. y Muros, A. *La iluminación artificial es arquitectura*. Llibre imprés, 2013. (Pág 43).

11.2. ARTÍCULOS DE REVISTA

Martínez, J.A. Martínez, J.A. de Paula, F. y Jiménez, A. “*Geometry and Proportions in the Funeral Chapel of Sarenput II*”. Nexus Network Journal Architecture and Mathematics. Springer. 2014.

11.3. RECURSOS ELECTRÓNICOS

Alvarez, A. “Iluminación para interiores, Museos y galerías de arte” [Consulta: 16 de junio de 2015]

<http://fido.palermo.edu/servicios_dyc/blog/docentes/trabajos/8397_21406.pdf>

Guías ERCO: *Iluminación LED* [Consulta: 17 de junio de 2015]

<<http://www.ereco.com/guide/lighting-technology/led-2621/es/>>

Iluminación Monumental y Artística: *Templos y Tumbas del Egipto Faraónico* [Consulta: 16 de junio de 2015]

<<http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/758164/parte-1-iluminacion-monumental-y-artistica-de-templos-y-tumbas-del-egipto-faraonico-por-acxt-idom>>



Licht Wissen.de: *Die Beleuchtung mit Kuntlichen Licht* [Consulta: 19 de junio de 2015]

<<http://www.licht.de/de/service-info/publikationen-und-downloads/heftreihe-lichtwissen/>>

Licht Wissen.de: *Gutes Licht für Museen, Gallerien und Ausstellungen* [Consulta: 19 de junio de 2015]

<<http://www.licht.de/de/service-info/publikationen-und-downloads/heftreihe-lichtwissen/>>

Kloska, S. "Electromagnetic Fields of Luminaires" [Consulta: 19 de junio de 2015]

<<http://www.zvei.org/en/association/publications/Pages/Electromagnetic-Fields-EMF-of-Luminaires.aspx>>

Licht Wissen.de: *Lighting with Artificial Light* [Consulta: 20 de junio de 2015]

<<http://www.licht.de/de/service-info/publikationen-und-downloads/heftreihe-lichtwissen/>>

Laszlo, C. "*Manual de luminotecnia para interiores*" [Consulta: 14 de junio de 2015]

<http://www.laszlo.com.ar/Items/ManLumi/issue/Manual_de_Luminotecnia.pdf>

Marínez, P. "*Manual de INDALUX 2002*" [Consulta: 14 de junio de 2015]

<http://issuu.com/pablomartinezdiez/docs/00_manual_indal>

Museo Egipcio de Turín: *Soluciones en la iluminación* [Consulta: 14 de junio de 2015]

<<http://www.lighting.philips.es/projects/egizio.wpd>>

Murallas de Segovia: *Soluciones en la iluminación* [Consulta: 14 de junio de 2015]

<<http://www.lighting.philips.es/projects/Murallas%20de%20Segovia.wp>>

U.S. Department of Energy: *Exterior Lighting Guide* [Consulta: 19 de junio de 2015]

<http://cltc.ucdavis.edu/sites/default/files/files/publication/2010_DOE_FEMP_Exterior_Lighting_Guide.pdf>

Meteorología de Egipto: *Asuán* [Consulta: 18 de junio de 2015]

<http://www.egiptoforo.com/viajes/Meteorolog%C3%ADa_>

Molinero, J. "Tuma de Sarenput II" [Consulta: 18 de junio de 2015]

<http://www.egipto.host22.com/egipto_lugares/asuan_sarenput_ii.html>

OSIRIS.NET: *Información sobre Sarenput* [Consulta: 17 de junio de 2015]

<http://www.osirisnet.net/tombes/assouan/sarenpout_2/e_sarenpout_2.htm>



Universidad de Jaén: *Excavación de Qubbet el Hawa* [Consulta: 17 de junio de 2015]
<<http://www.ujaen.es/investiga/qubbetelhawa/resumen.php>>

Zoi, S. "Light Effects in the Design Process" [Consulta: 19 de junio de 2015]
<<http://discovery.ucl.ac.uk/1211391/1/1211391.pdf>>

PLANOS



PLANOS



12.- PLANOS

ÍNDICE DE NUMERACIÓN DE PLANOS

- Planos de Situación y Emplazamiento:

- Plano de Situación y Emplazamiento **P.S. - 1**

- Planos Generales:

- Plano General del Complejo Interior **P.G. - 1**
- Plano General del Complejo Exterior **P.G. - 2**

- Planos de Instalación de la iluminación en Escenario Controlado:

- Plano de Instalación E. Controlado Exterior **P.I.C. - 1**
- Plano de Instalación E. Controlado Interior **P.I.C. - 2**

- Planos de Instalación de la iluminación en Escenario Económico:

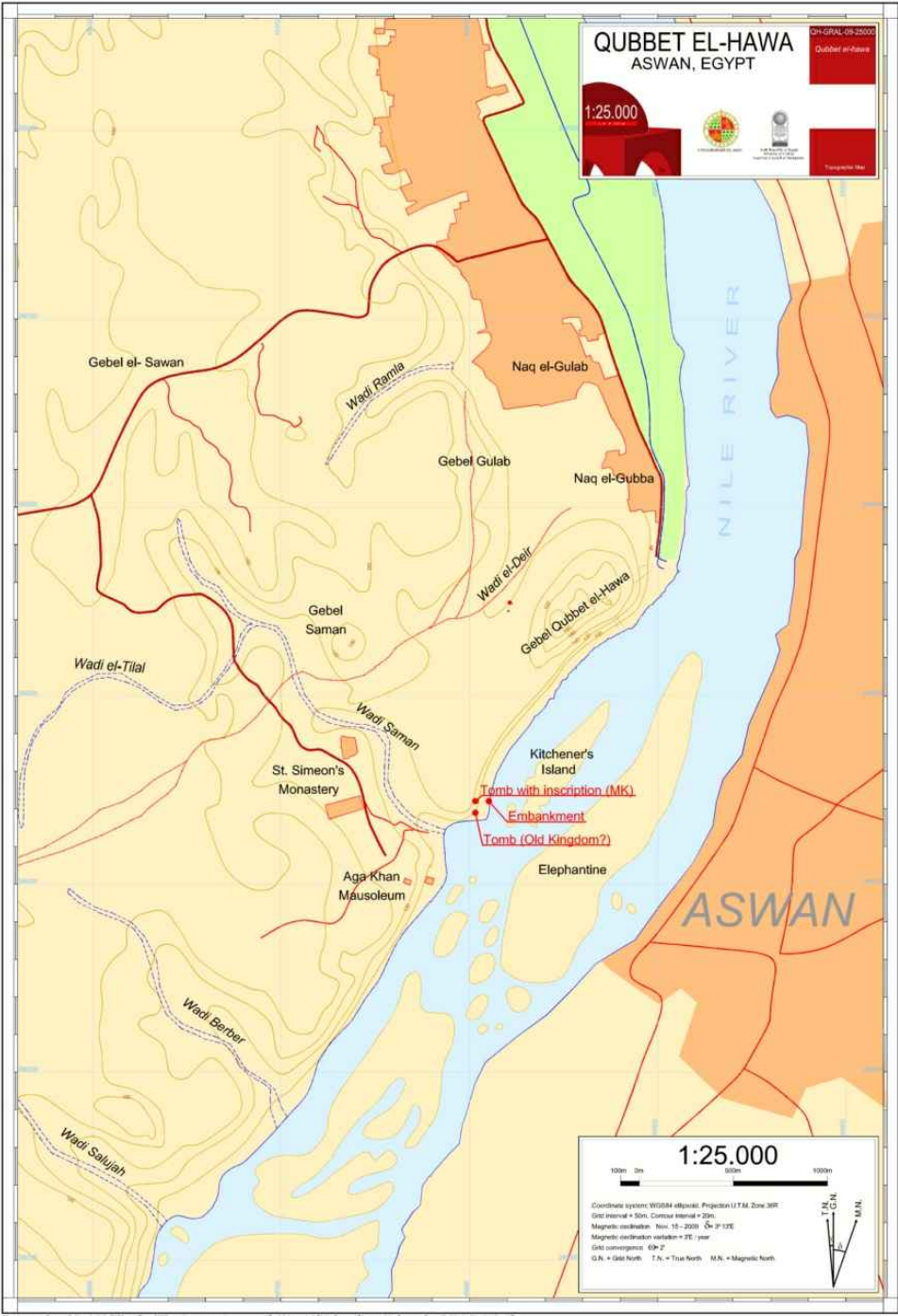
- Plano de Instalación E. Económico Exterior **P.I.E. - 1**
- Plano de Instalación E. Económico Interior **P.I.E. - 2**

- Planos de Instalación del Alumbrado de emergencia:

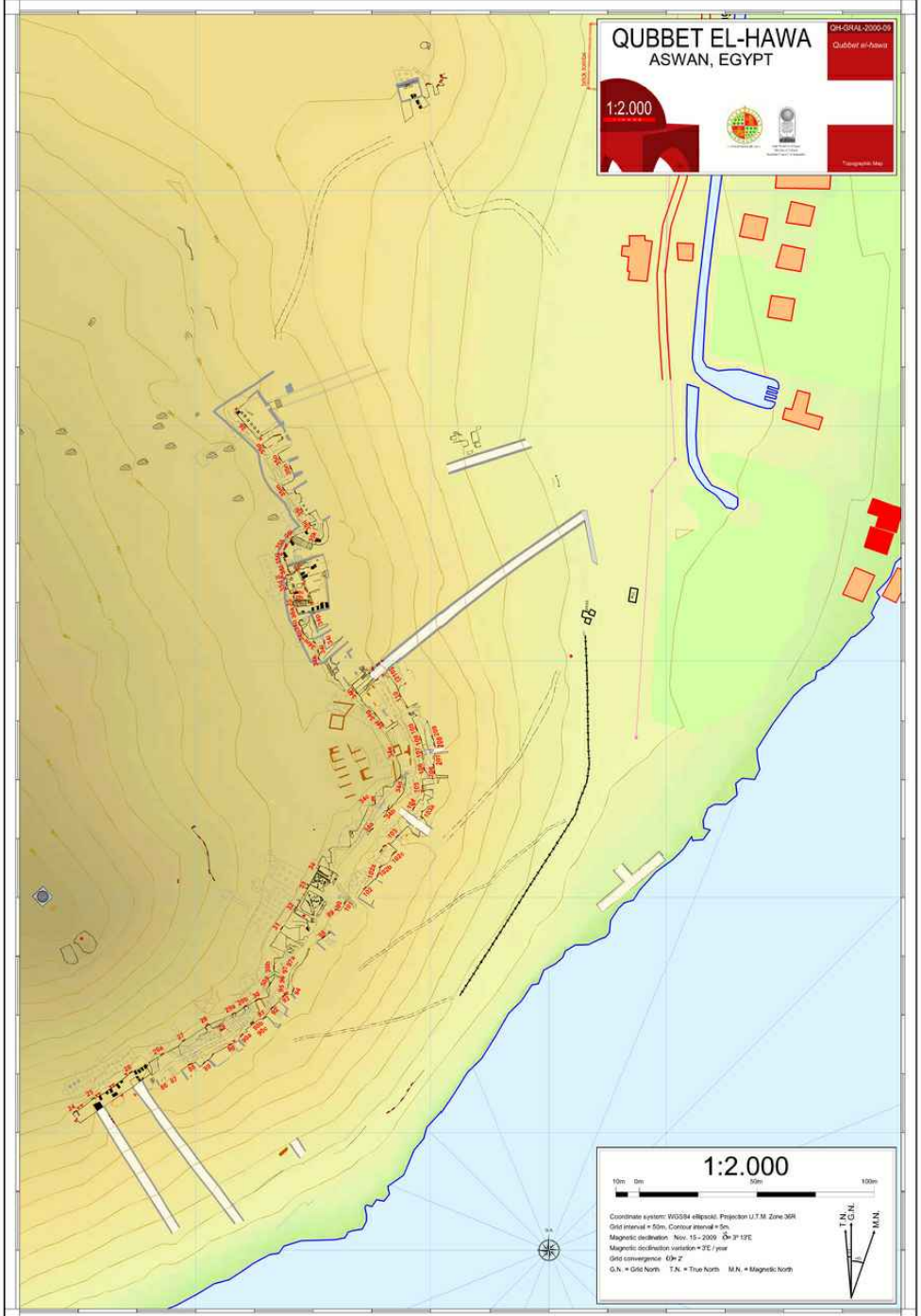
- Plano de Instalación Alumbrado de Emergencia Exterior **P.I.EM. - 1**
- Plano de Instalación Alumbrado de Emergencia Interior **P.I.EM. - 2**

- Esquemas Unifilares:

- Esquema Unifilar de la Instalación **E.U. - 1**

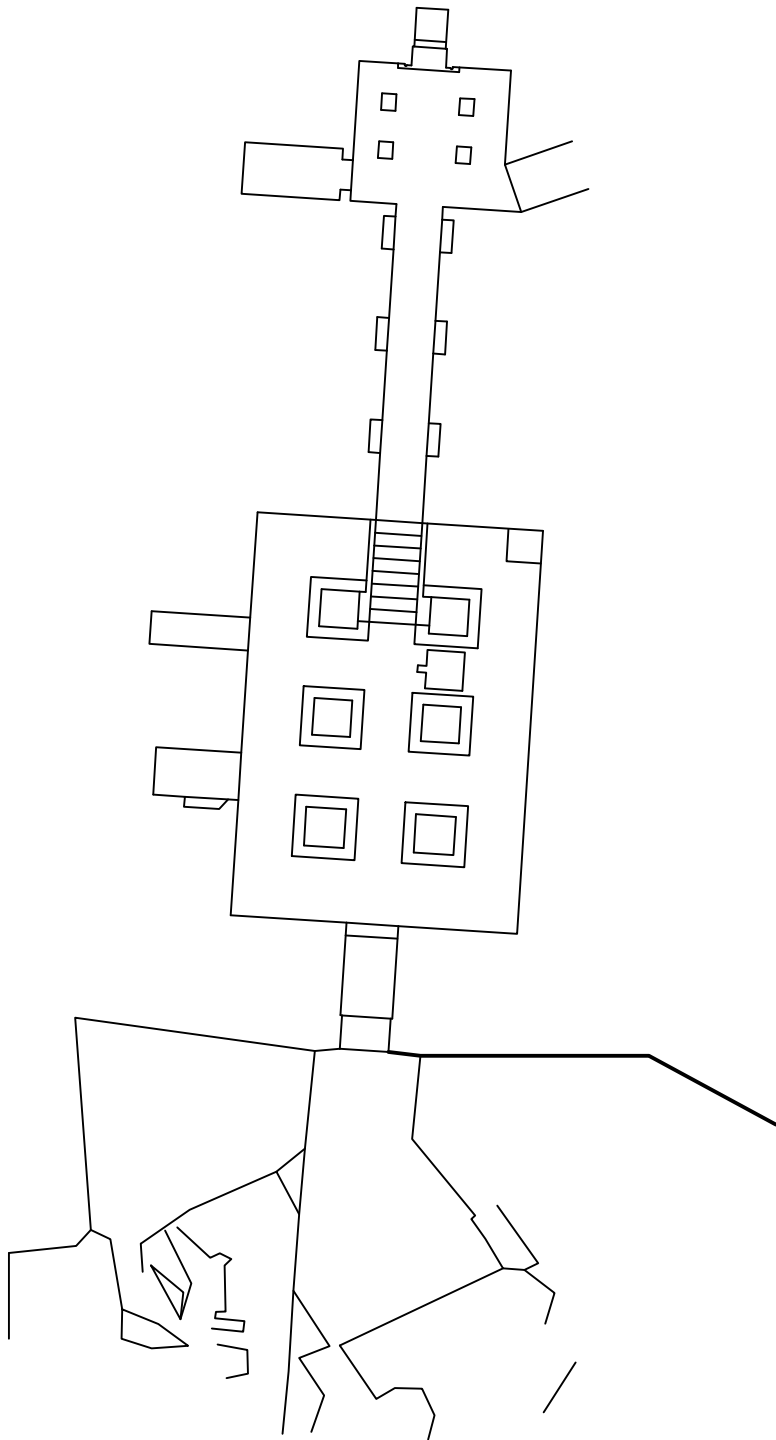


Map based on Survey Network July 2000 and Dec. 2000, carried out under the auspices of Dr. Mohamed el-Bady General Director of the Supreme Council of Antiquities for Upper Egypt.
Map by: D. Juan Manuel Anguita Ochoa and Dr. Alejandro Jaramba-Samano

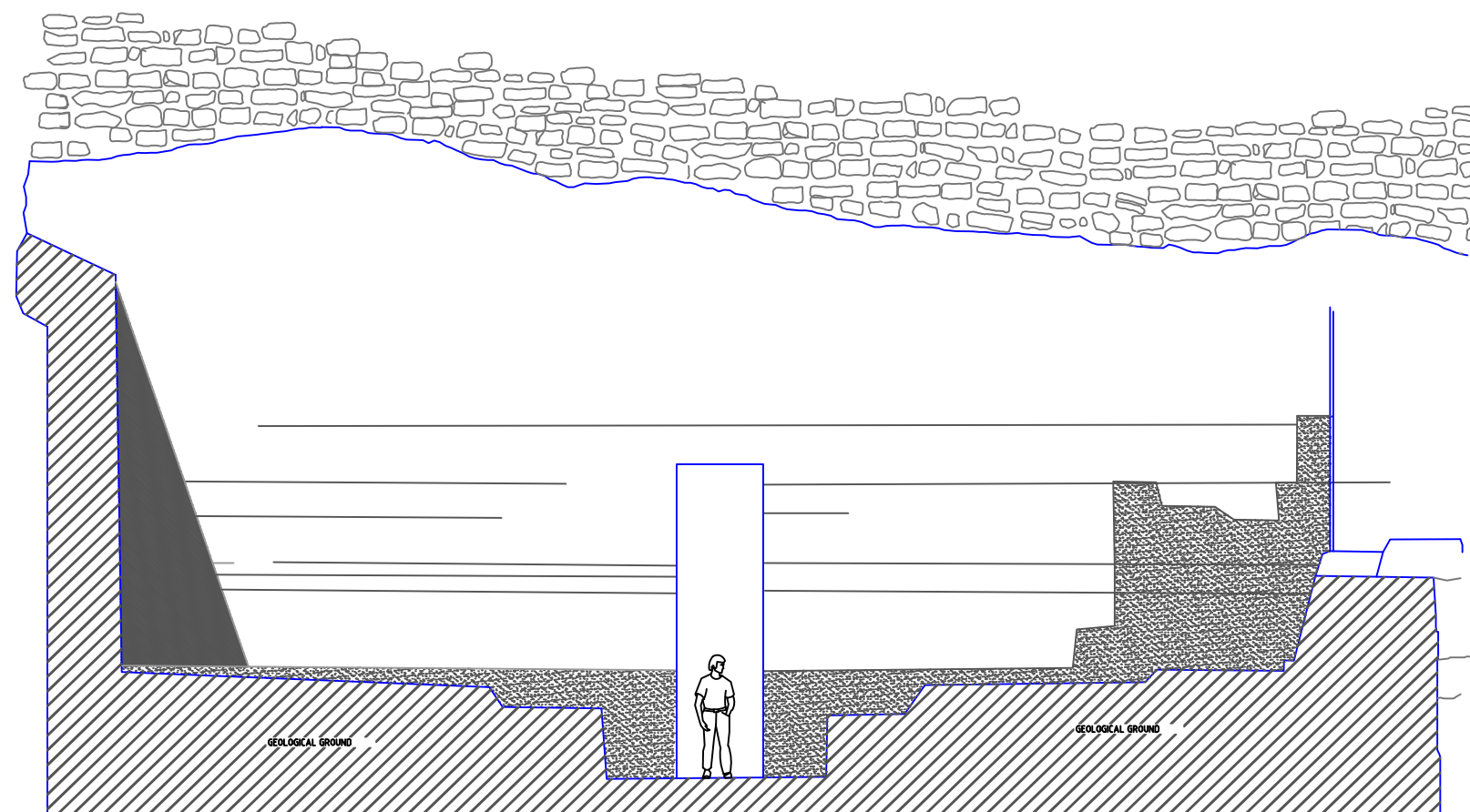


Map based on Survey Network July 2000 and Dec. 2000, carried out under the auspices of Dr. Mohamed el-Bady General Director of the Supreme Council of Antiquities for Upper Egypt.
Map by: D. Juan Manuel Anguita Ochoa and Dr. Alejandro Jaramba-Samano

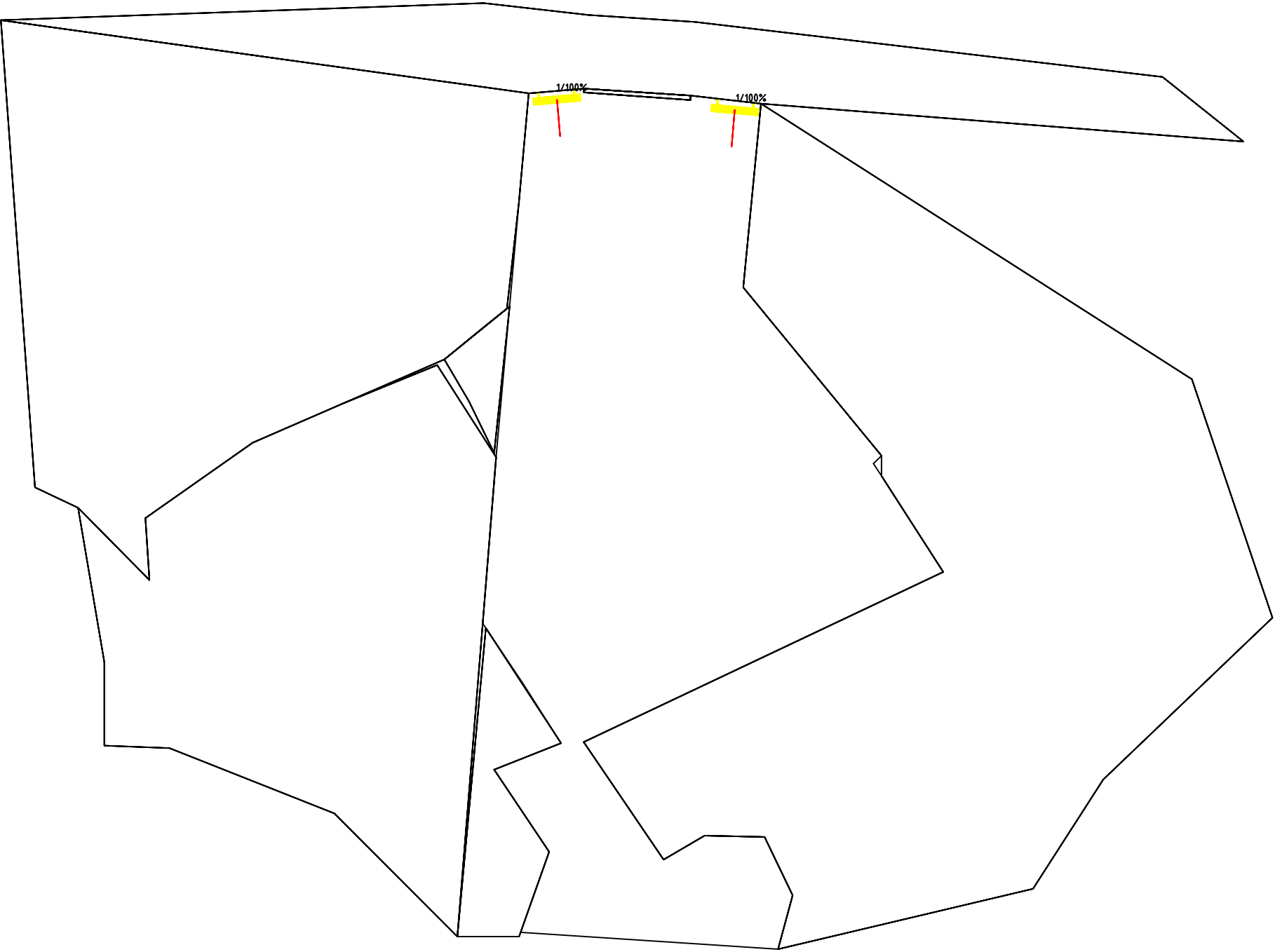
	FECHA	REALIZADO POR:	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE JAÉN
DIBUJADO		ANTONIO JESÚS PARRAS RODRÍGUEZ	
COMPROBADO			
ESCALA:	Tumba Qh 31 en la necrópolis Qubbet el-Hawa (Asuán)		Nº PLANO
	DESIGNACIÓN: PLANOS DE SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO, DESCARGADOS DE LA PÁGINA DEL PROYECTO <i>http://www.ujaen.es/investiga/qubbetelhawa/cartografia.php</i>		P.S.1
			SUSTITUYE A:
			SUSTITUIDO POR:



	FECHA	REALIZADO POR:	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE JAÉN
DIBUJADO		ANTONIO JESÚS PARRAS RODRÍGUEZ	
COMPROBADO			
ESCALA:	Tumba Qh 31 en la necrópolis Qubbet el-Hawa (Asuán)		Nº PLANO
1:1000	DESIGNACIÓN: PLANO GENERAL DEL COMPLEJO – PLANTA OBTENIDA A PARTIR DE LOS PLANOS PROPORCIONADOS POR LOS ARQUITECTOS: FERNANDO MARTÍNEZ HERMOSO Y JUAN ANTONIO MARTÍNEZ HERMOSO		P.G.1
			SUSTITUYE A:
			SUSTITUIDO POR:

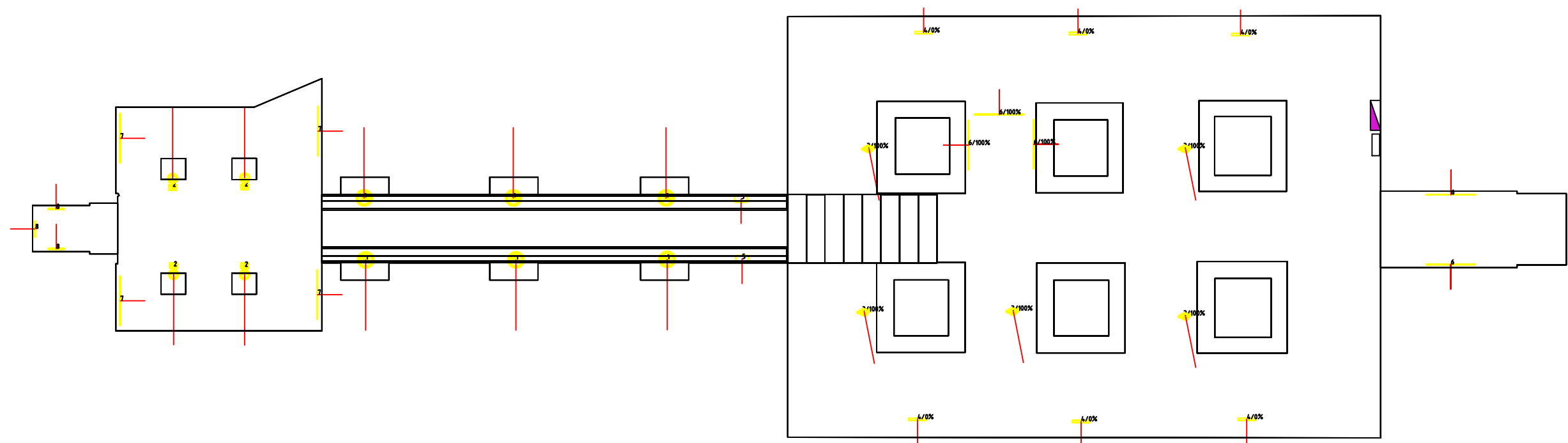


	FECHA	REALIZADO POR:	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE JAÉN
DIBUJADO		ANTONIO JESÚS PARRAS RODRÍGUEZ	
COMPROBADO			
ESCALA:	Tumba Qh 31 en la necrópolis Qubbet el-Hawa (Asuán)		Nº PLANO
1:1000	DESIGNACIÓN: PLANO GENERAL DEL COMPLEJO – ALZADO OBTENIDO A PARTIR DE LOS PLANOS PROPORCIONADOS POR LOS ARQUITECTOS: FERNANDO MARTÍNEZ HERMOSO Y JUAN ANTONIO MARTÍNEZ HERMOSO		P.G.2
			SUSTITUYE A:
			SUSTITUIDO POR:



LUMINARIAS	
1	SIMON IRISLED 300 MM

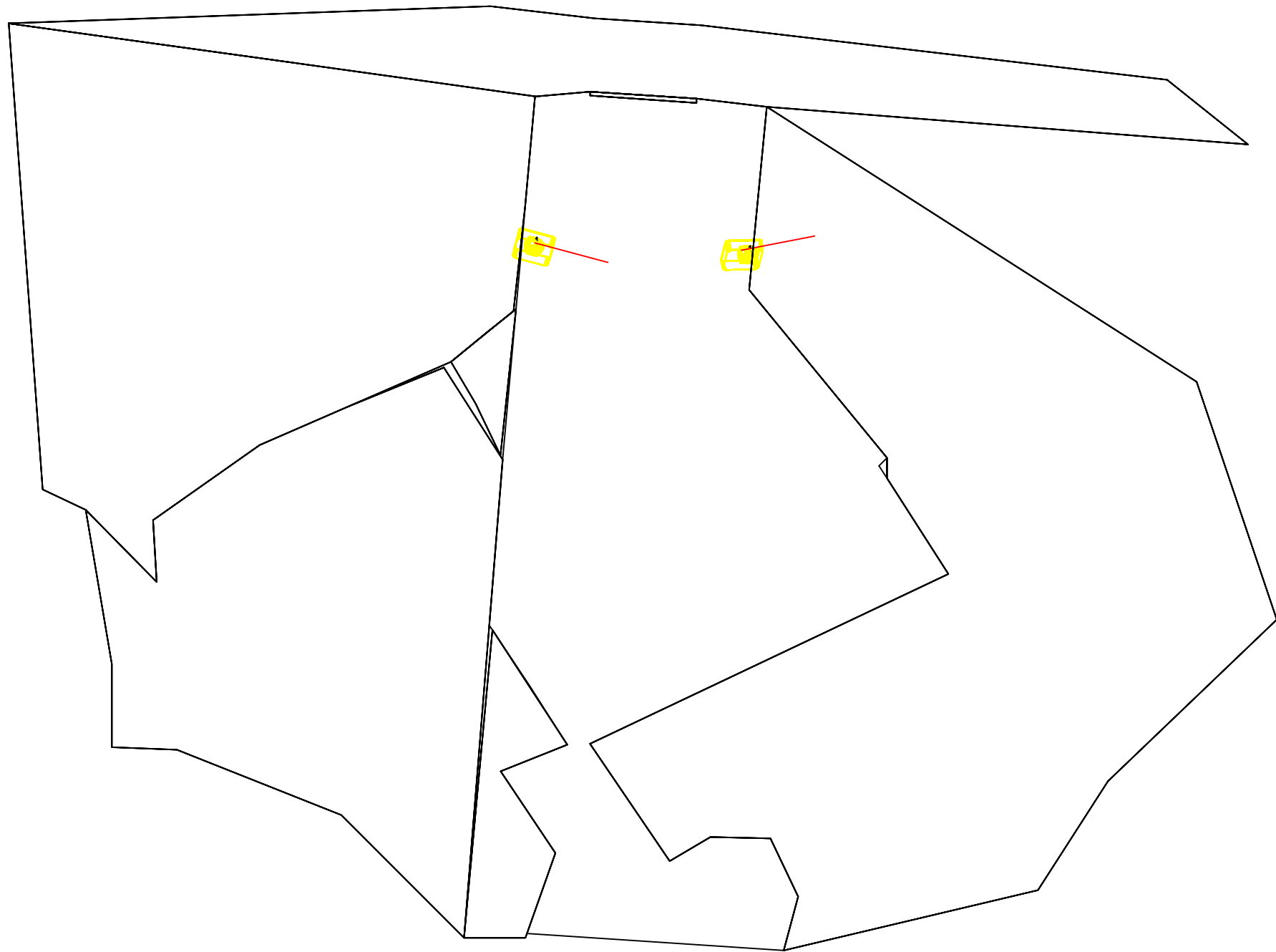
	FECHA	REALIZADO POR:	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE JAÉN
DIBUJADO		ANTONIO JESÚS PARRAS RODRÍGUEZ	
COMPROBADO			
ESCALA:	Tumba Qh 31 en la necrópolis Qubbet el-Hawa (Asuán)		Nº PLANO
1:100	DESIGNACIÓN: Plano de Instalación E. Controlado Exterior		P.I.C.1
			SUSTITUYE A:
			SUSTITUIDO POR:



LUMINARIAS

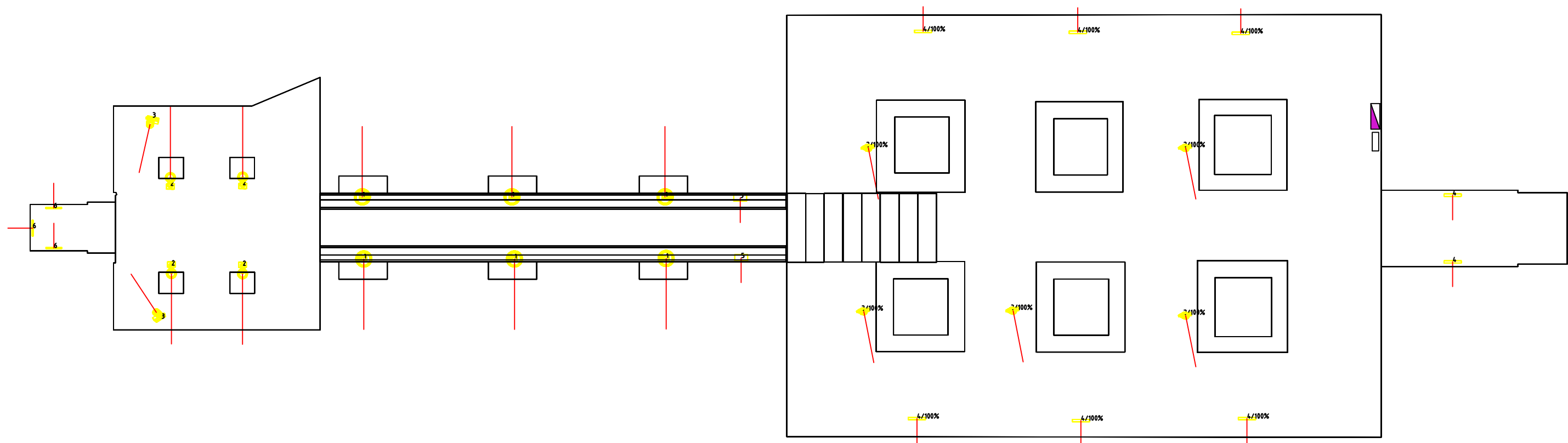
- 1 ERCO 71619000 PARSCAN PROYECTOR
- 2 ERCO 72200000 OPTEC PROYECTOR
- 3 ERCO 72348000 POLLUX
- 4 SIMON 61030133-583 PROYECTOR LINEAL
- 5 SIMON 63030000-043 PROYECTOR 630
- 6 SIMON 810305500-900 LEDFLEX CONTRONO
- 7 SIMON 81031000 - 986 LED FLEX ALTO FLUJO
- 8 SIMON 81130033 - 982 LEDSTRIP 811

	FECHA	REALIZADO POR:	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE JAÉN
DIBUJADO		ANTONIO JESÚS PARRAS RODRÍGUEZ	
COMPROBADO			
ESCALA:	Tumba Qh 31 en la necrópolis Qubbet el-Hawa (Asuán)		Nº PLANO
1:100	DESIGNACIÓN: Plano de Instalación E. Controlado Interior		P.I.C.2
			SUSTITUYE A:
			SUSTITUIDO POR:



LUMINARIAS	
1	ERCO 34504000 LIGHTSCAN PROYECTOR

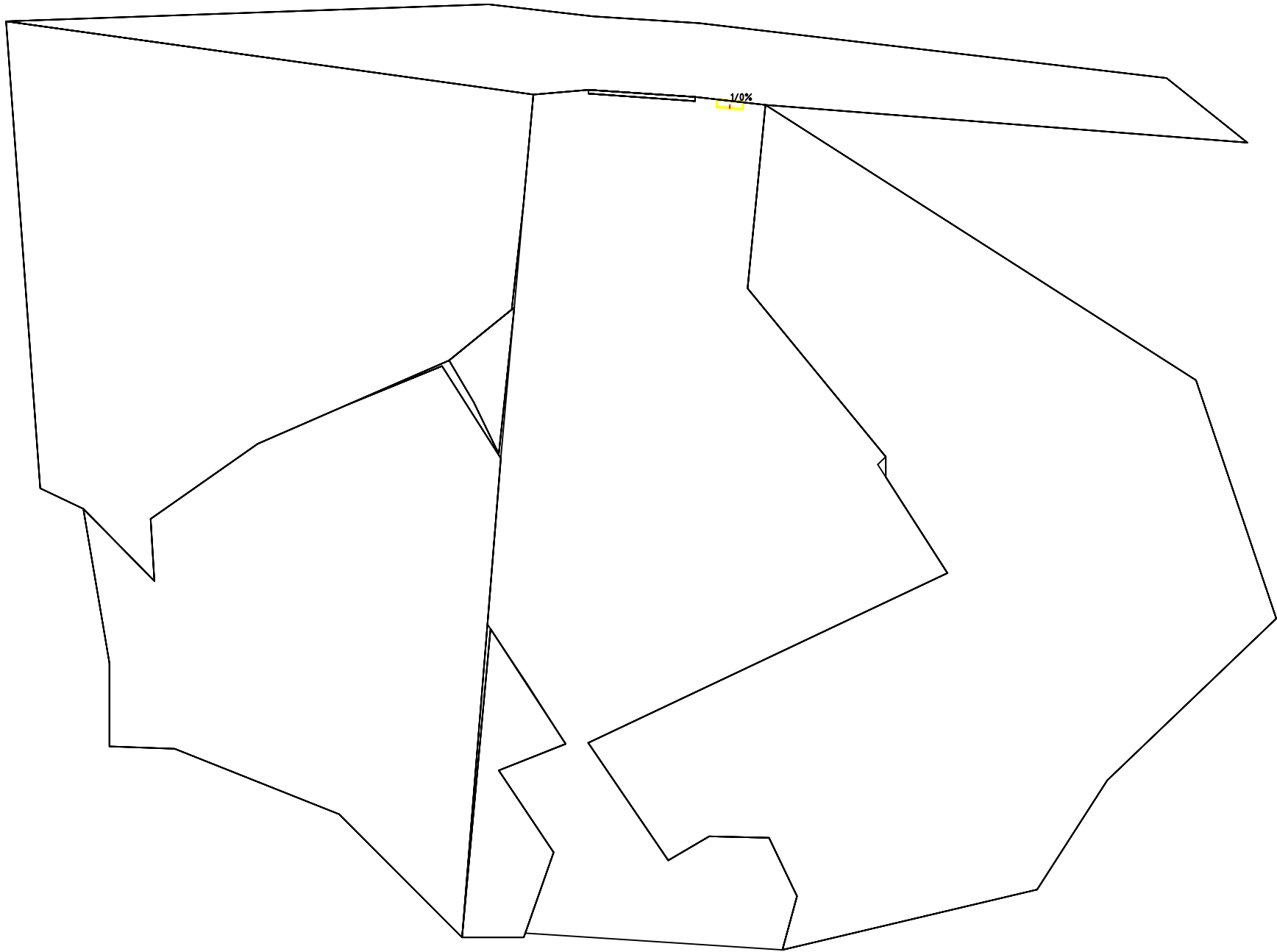
	FECHA	REALIZADO POR:	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE JAÉN
DIBUJADO		ANTONIO JESÚS PARRAS RODRÍGUEZ	
COMPROBADO			
ESCALA:	Tumba Qh 31 en la necrópolis Qubbet el-Hawa (Asuán)		Nº PLANO
1:100	DESIGNACIÓN: Plano de Instalación E. Económico Exterior		P.I.E.1
			SUSTITUYE A:
			SUSTITUIDO POR:



LUMINARIAS

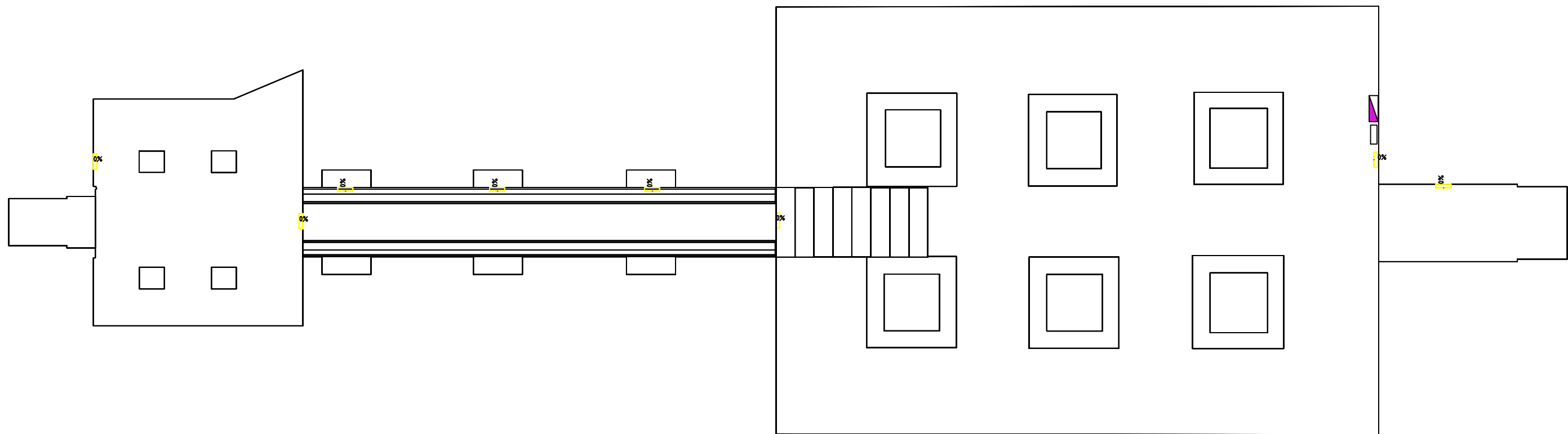
- 1 ERCO 71619000 PARSCAN PROYECTOR
- 2 ERCO 72200000 OPTEC PROYECTOR
- 3 ERCO 72348000 POLLUX
- 4 SIMON 61030133-583 PROYECTOR LINEAL
- 5 SIMON 63030000-043 PROYECTOR 630
- 6 SIMON 81130033 - 982 LEDSTRIP 811

	FECHA	REALIZADO POR:	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE JAÉN
DIBUJADO		ANTONIO JESÚS PARRAS RODRÍGUEZ	
COMPROBADO			
ESCALA:	Tumba Qh 31 en la necrópolis Qubbet el-Hawa (Asuán)		Nº PLANO
1:100	DESIGNACIÓN: Plano de Instalación E. Económico Interior		P.I.E.2
			SUSTITUYE A:
			SUSTITUIDO POR:



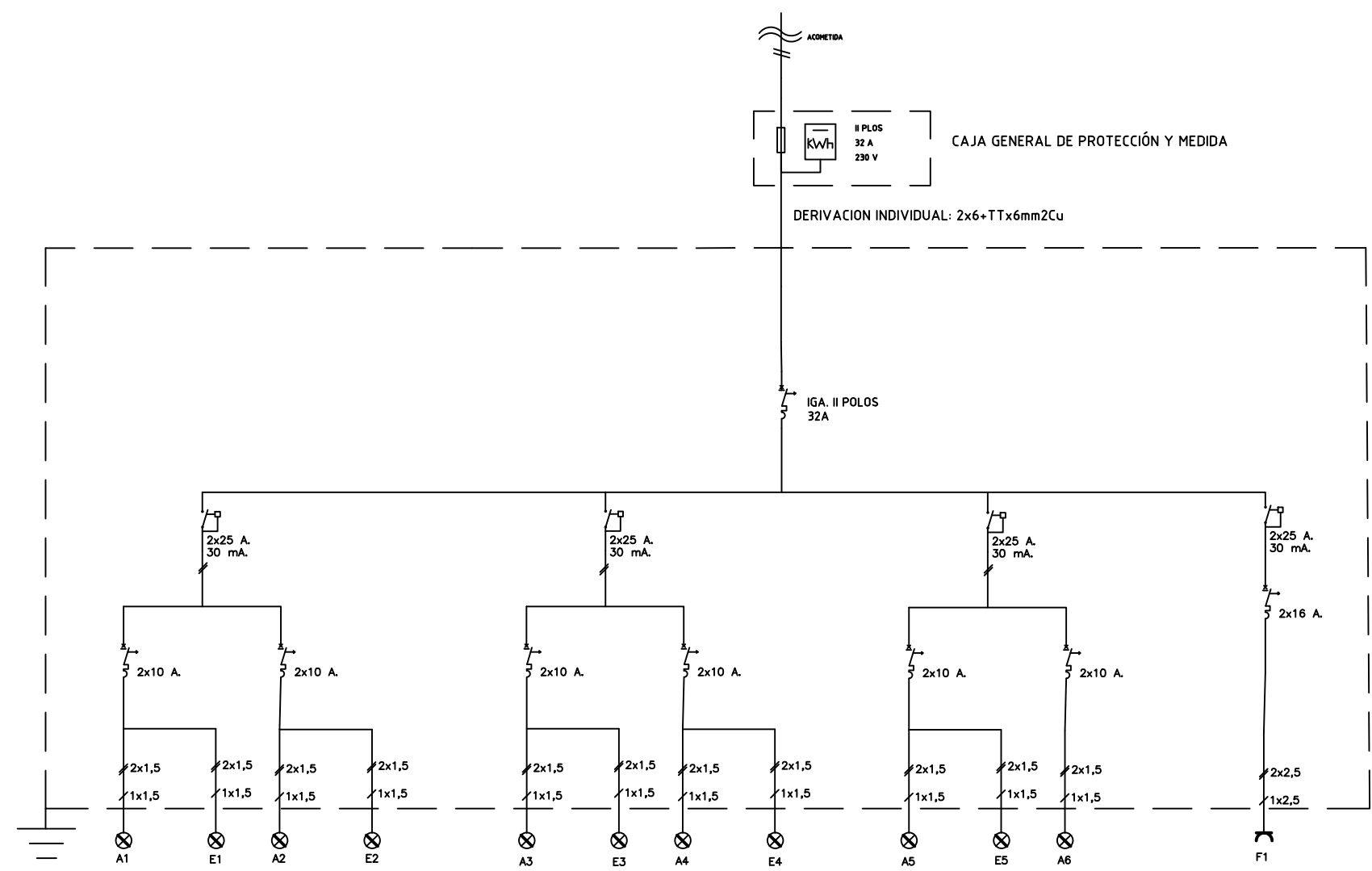
LUMINARIAS	
1	ETAP K212/K6NO Without

	FECHA	REALIZADO POR:	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE JAÉN
DIBUJADO		ANTONIO JESÚS PARRAS RODRÍGUEZ	
COMPROBADO			
ESCALA:	Tumba Qh 31 en la necrópolis Qubbet el-Hawa (Asuán)		Nº PLANO
1:100	DESIGNACIÓN: PLANO DE INSTALACIÓN DE ALUMBRADO DE EMERGENCIA EXTERIOR		P.I.EM.1
			SUSTITUYE A:
			SUSTITUIDO POR:



LUMINARIAS	
1	ETAP K111/11N2

	FECHA	REALIZADO POR:	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE JAÉN
DIBUJADO		ANTONIO JESÚS PARRAS RODRÍGUEZ	
COMPROBADO			
ESCALA:	Tumba Qh 31 en la necrópolis Qubbet el-Hawa (Asuán)		Nº PLANO
1:100	DESIGNACIÓN: PLANO DE INSTALACIÓN DE ALUMBRADO DE EMERGENCIA INTERIOR		P.I.EM.2
			SUSTITUYE A:
			SUSTITUIDO POR:



	FECHA	REALIZADO POR:	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE JAÉN
DIBUJADO		ANTONIO JESÚS PARRAS RODRÍGUEZ	
COMPROBADO			
ESCALA:	Tumba Qh 31 en la necrópolis Qubbet el-Hawa (Asuán)		Nº PLANO
	DESIGNACIÓN: ESQUEMA UNIFILAR DE LA INSTALACIÓN		E.U.1
			SUSTITUYE A:
			SUSTITUIDO POR: