



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR INGENIEROS  
INDUSTRIALES VALENCIA

Curso Académico:

# ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS.

ÍNDICE DE FIGURAS.

ÍNDICE DE GRAFICAS.

<b>1. OBJETIVO</b> .....	<b>1</b>
<b>2. MOLDES DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO</b> .....	<b>1</b>
2.1    DISEÑO DEL MOLDE.....	1
2.2    TIPOS DE ACERO PARA MOLDES MÁS UTILIZADOS.....	2
<b>3. SECTOR AUTOMOCIÓN</b> .....	<b>2</b>
3.1    CONTEXTO ECONÓMICO MUNDIAL.....	3
3.2    CONTEXTO ECONÓMICO ESPAÑOL.....	4
3.3    CONTEXTO ECONÓMICO COMUNIDAD VALENCIANA.....	6
<b>4. PLANTA DE PRODUCCIÓN DE MOLDES DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO PARA EL SECTOR AUTOMOCIÓN</b> .....	<b>7</b>
4.1    DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO DE LA NAVE.....	7
4.2    DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO.....	8
4.3    DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROCESO.....	9
4.4    ALMACENAJE.....	9
4.5    ZONA DE MAQUINARIA.....	10
4.6    ZONA DE PULIDO DE LOS MOLDES.....	10
4.7    MAQUINARIA A INSTALAR.....	11
4.8    DISTRIBUCIÓN EN PLANTA.....	11
4.9    PLANO DE LAYOUT.....	12
<b>5. ILUMINACIÓN</b> .....	<b>13</b>
5.1    PRINCIPIOS PARA DISEÑAR PUESTOS DE TRABAJO BIEN ILUMINADOS.....	13
5.2    TIPOS DE ILUMINACIÓN.....	14
5.2.1    ILUMINACIÓN ARTIFICIAL.....	15
5.2.2    ILUMINACIÓN NATURAL.....	15
5.3    REQUERIMIENTOS DE LA PLANTA.....	17
5.4    MÉTODO DE CÁLCULO ANALÍTICO.....	18
5.5    SITUACIÓN DE ABERTURAS.....	21
5.6    VALOR DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN.....	22
<b>6. DISEÑOS DE ILUMINACIÓN NATURAL</b> .....	<b>22</b>
6.1    INTRODUCCIÓN.....	22
6.2    REQUERIMIENTOS LUMÍNICOS DE LA PLANTA.....	23
6.3    CÁLCULO DE LA SUPERFICIE DE ABERTURAS TEÓRICA.....	26
6.4    PROPUESTAS DE SISTEMAS DE ILUMINACIÓN NATURAL.....	27
6.4.1    SIMULACIÓN MEDIANTE DIALUX.....	27
6.4.2    INTRODUCCIÓN DE PARÁMETROS EN DIALux.....	27
6.4.3    PROPUESTA 1.....	30
6.4.4    PROPUESTA DE MEJORA.....	56

<b>7. SOLUCIÓN ADOPTADA.....</b>	<b>79</b>
<b>8. ILUMINACIÓN ARTIFICIAL.....</b>	<b>80</b>
8.1 EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA PLANTA.....	80
<b>9. ANÁLISIS ECONÓMICO.....</b>	<b>81</b>
9.1 PRESUPUESTO.....	81
9.2 BALANCE ECONÓMICO.....	83
9.2.1 <i>COSTE SISTEMA DE ILUMINACIÓN 100% ARTIFICIAL.....</i>	<i>83</i>
9.2.2 <i>COSTE SISTEMA DE UN 60% DE ILUMINACIÓN ARTIFICIAL.....</i>	<i>90</i>
9.2.3 <i>COSTE SISTEMA DE UN 40% DE ILUMINACIÓN ARTIFICIAL.....</i>	<i>92</i>
9.3 ANÁLISIS ECONÓMICO.....	95
<b>10. CONCLUSIONES.....</b>	<b>96</b>
<b>11. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>97</b>
<b>12. ANEXO 1 - TABLAS SIMULACIONES DIALUX.</b>	
<b>13. ANEXO 2 - HOJA CARACTERÍSTICA DE LA LUMINARIA.</b>	
<b>14. ANEXO 3 - PLANO DE CUBIERTA.</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA 1:</b> <i>Producción mundial de automóviles año 2014</i> .....	3
<b>TABLA 2:</b> <i>Producción de automóviles por países europeos durante los años 2011-2012</i> .....	5
<b>TABLA 3:</b> <i>Destino de las exportaciones en millones de euros según AVIA en 2010</i> .....	6
<b>TABLA 4:</b> <i>Desglose de las exportaciones por tipo de producto en millones de euros según AVIA en 2010</i> .....	6
<b>TABLA 5:</b> <i>El sector del automóvil y componentes de la Comunidad Valenciana en España según la AVIA</i> .....	7
<b>TABLA 6:</b> <i>Resumen maquinas necesarias</i> .....	11
<b>TABLA 7:</b> <i>Valores de iluminación media requerida zonas de producción y pulido</i> .....	23
<b>TABLA 8:</b> <i>Valores de iluminación media requerida zonas de tráfico</i> .....	23
<b>TABLA 9:</b> <i>Valores de iluminación media requerida zonas de almacenes</i> .....	24
<b>TABLA 10:</b> <i>Valores de <math>E_m</math> requerida para cada zona</i> .....	25
<b>TABLA 11:</b> <i>Resultados de la simulación área almacén 1, propuesta 1 cielo cubierto invierno</i> .....	37
<b>TABLA 12:</b> <i>Resultados de la simulación área almacén 1, propuesta 1 cielo cubierto verano</i> .....	38
<b>TABLA 13:</b> <i>Resultados de la simulación área almacén 2, propuesta 1 cielo cubierto invierno</i> .....	39
<b>TABLA 14:</b> <i>Resultados de la simulación área almacén 2, propuesta 1 cielo cubierto verano</i> .....	40
<b>TABLA 15:</b> <i>Resultados de la simulación área circulación 1, propuesta 1 cielo cubierto invierno</i> .....	41
<b>TABLA 16:</b> <i>Resultados de la simulación área circulación 1, propuesta 1 cielo cubierto verano</i> .....	42
<b>TABLA 17:</b> <i>Resultados de la simulación área circulación 2, propuesta 1 cielo cubierto invierno</i> .....	43
<b>TABLA 18:</b> <i>Resultados de la simulación área circulación 2, propuesta 1 cielo cubierto verano</i> .....	44
<b>TABLA 19:</b> <i>Resultados de la simulación área circulación 3, propuesta 1 cielo cubierto invierno</i> .....	45
<b>TABLA 20:</b> <i>Resultados de la simulación área circulación 3, propuesta 1 cielo cubierto verano</i> .....	46
<b>TABLA 21:</b> <i>Resultados de la simulación área producción 1, propuesta 1 cielo cubierto invierno</i> .....	47
<b>TABLA 22:</b> <i>Resultados de la simulación área producción 1, propuesta 1 cielo cubierto verano</i> .....	49
<b>TABLA 23:</b> <i>Resultados de la simulación área producción 2, propuesta 1 cielo cubierto invierno</i> .....	50
<b>TABLA 24:</b> <i>Resultados de la simulación área producción 2, propuesta 1 cielo cubierto verano</i> .....	51
<b>TABLA 25:</b> <i>Resultados de la simulación área producción 3, propuesta 1 cielo cubierto invierno</i> .....	52
<b>TABLA 26:</b> <i>Resultados de la simulación área producción 3, propuesta 1 cielo cubierto verano</i> .....	53
<b>TABLA 27:</b> <i>Resultados de la simulación área de pulido, propuesta 1 cielo cubierto invierno</i> .....	55

<b>TABLA 28:</b> Resultados de la simulación área de pulido, propuesta 1	
<i>cielo cubierto verano</i> .....	56
<b>TABLA 29:</b> Resultados de la simulación área de almacén 1, propuesta de mejora	
<i>cielo cubierto invierno</i> .....	60
<b>TABLA 30:</b> Resultados de la simulación área de almacén 1, propuesta de mejora	
<i>cielo cubierto verano</i> .....	61
<b>TABLA 31:</b> Resultados de la simulación área de almacén 2, propuesta de mejora	
<i>cielo cubierto invierno</i> .....	62
<b>TABLA 32:</b> Resultados de la simulación área de almacén 2, propuesta de mejora	
<i>cielo cubierto verano</i> .....	63
<b>TABLA 33:</b> Resultados de la simulación área de circulación 1, propuesta de mejora	
<i>cielo cubierto invierno</i> .....	64
<b>TABLA 34:</b> Resultados de la simulación área de circulación 1, propuesta de mejora	
<i>cielo cubierto verano</i> .....	65
<b>TABLA 35:</b> Resultados de la simulación área de circulación 2, propuesta de mejora	
<i>cielo cubierto invierno</i> .....	66
<b>TABLA 36:</b> Resultados de la simulación área de circulación 2, propuesta de mejora	
<i>cielo cubierto verano</i> .....	67
<b>TABLA 37:</b> Resultados de la simulación área de circulación 3, propuesta de mejora	
<i>cielo cubierto invierno</i> .....	68
<b>TABLA 38:</b> Resultados de la simulación área de circulación 3, propuesta de mejora	
<i>cielo cubierto verano</i> .....	69
<b>TABLA 39:</b> Resultados de la simulación área de producción 1, propuesta de mejora	
<i>cielo cubierto invierno</i> .....	71
<b>TABLA 40:</b> Resultados de la simulación área de producción 1, propuesta de mejora	
<i>cielo cubierto verano</i> .....	72
<b>TABLA 41:</b> Resultados de la simulación área de producción 2, propuesta de mejora	
<i>cielo cubierto invierno</i> .....	73
<b>TABLA 42:</b> Resultados de la simulación área de producción 2, propuesta de mejora	
<i>cielo cubierto verano</i> .....	74
<b>TABLA 43:</b> Resultados de la simulación área de producción 3, propuesta de mejora	
<i>cielo cubierto invierno</i> .....	76
<b>TABLA 44:</b> Resultados de la simulación área de producción 3, propuesta de mejora	
<i>cielo cubierto verano</i> .....	77
<b>TABLA 45:</b> Resultados de la simulación área de pulido, propuesta de mejora	
<i>cielo cubierto invierno</i> .....	78
<b>TABLA 46:</b> Resultados de la simulación área de pulido, propuesta de mejora	
<i>cielo cubierto verano</i> .....	79
<b>TABLA 47:</b> Resultados de la simulación Dialux Light 100% luz artificial.....	80
<b>TABLA 48:</b> Valor del VEEI.....	80
<b>TABLA 49:</b> Presupuesto de recursos por capítulo y clase.....	82
<b>TABLA 50:</b> Presupuesto aplicando PEC.....	83
<b>TABLA 51:</b> Presupuesto con IVA instalación de lucernarios.....	83
<b>TABLA 52:</b> Potencia estimada de la planta con 100% iluminación artificial.....	83
<b>TABLA 53:</b> Término de Potencia y Término de Energía.....	84
<b>TABLA 54:</b> Discriminación horaria tarifa 3.1ª.....	84
<b>TABLA 55:</b> Total de horas laborables en cada periodo durante el año 2015.....	85
<b>TABLA 56:</b> Total de €/año a pagar por el termino de potencia	
100% iluminación artificial.....	85
<b>TABLA 57:</b> Total de €/año por el término de energía100% iluminación artificial.....	86
<b>TABLA 58:</b> Impuesto sobre la electricidad 100% iluminación artificial.....	86
<b>TABLA 59:</b> IVA 100% iluminación artificial.....	87

<b>TABLA 60:</b> <i>Importe total factura eléctrica 100% iluminación artificial.....</i>	<i>87</i>
<b>TABLA 61:</b> <i>Presupuesto de recursos por capitulo y clase Instalación de luminarias.....</i>	<i>88</i>
<b>TABLA 62:</b> <i>Presupuesto de instalación luminarias aplicando PEC.....</i>	<i>88</i>
<b>TABLA 63:</b> <i>Presupuesto de instalación luminarias con IVA</i>	
<i>100% iluminación artificial.....</i>	<i>88</i>
<b>TABLA 64:</b> <i>Presupuesto de instalación luminarias por año</i>	
<i>100% iluminación artificial.....</i>	<i>89</i>
<b>TABLA 65:</b> <i>Presupuesto mantenimiento instalación 100% iluminación artificial.....</i>	<i>89</i>
<b>TABLA 66:</b> <i>Presupuesto mantenimiento instalación aplicando PEC.....</i>	<i>89</i>
<b>TABLA 67:</b> <i>Presupuesto mantenimiento instalación con IVA</i>	
<i>100% iluminación artificial.....</i>	<i>89</i>
<b>TABLA 68:</b> <i>Coste total anual iluminación 100% artificial.....</i>	<i>90</i>
<b>TABLA 69:</b> <i>Total de €/año pagar por el termino de potencia 60% luz artificial.....</i>	<i>90</i>
<b>TABLA 70:</b> <i>Total de €/año por el término de energía 60% luz artificial.....</i>	<i>90</i>
<b>TABLA 71:</b> <i>Impuesto sobre la electricidad 60% iluminación artificial.....</i>	<i>90</i>
<b>TABLA 72:</b> <i>IVA 60% iluminación artificial.....</i>	<i>90</i>
<b>TABLA 73:</b> <i>Importe total factura eléctrica para el 60% de luz artificial.....</i>	<i>90</i>
<b>TABLA 74:</b> <i>Presupuesto de Instalación luminarias con IVA</i>	
<i>para el 60% iluminación artificial.....</i>	<i>91</i>
<b>TABLA 75:</b> <i>Presupuesto de instalación luminarias por año</i>	
<i>60% iluminación artificial.....</i>	<i>91</i>
<b>TABLA 76:</b> <i>Presupuesto mantenimiento instalación con IVA</i>	
<i>60% iluminación artificial.....</i>	<i>91</i>
<b>TABLA 77:</b> <i>Presupuesto mantenimiento lucernarios 60% iluminación artificial.....</i>	<i>91</i>
<b>TABLA 78:</b> <i>Presupuesto mantenimiento lucernarios aplicando PEC.....</i>	<i>92</i>
<b>TABLA 79:</b> <i>Presupuesto mantenimiento lucernarios con IVA</i>	
<i>60% iluminación artificial.....</i>	<i>92</i>
<b>TABLA 80:</b> <i>Coste total anual iluminación 60% artificial.....</i>	<i>92</i>
<b>TABLA 81:</b> <i>Total de €/año pagar por el termino de potencia 40% luz artificial.....</i>	<i>92</i>
<b>TABLA 82:</b> <i>Total de €/año por el término de energía 40% luz artificial.....</i>	<i>92</i>
<b>TABLA 83:</b> <i>Impuesto sobre la electricidad 40% iluminación artificial.....</i>	<i>93</i>
<b>TABLA 84:</b> <i>IVA para el 40% de luz artificial.....</i>	<i>93</i>
<b>TABLA 85:</b> <i>Importe total factura eléctrica para el 40% de luz artificial.....</i>	<i>93</i>
<b>TABLA 86:</b> <i>Presupuesto de Instalación luminarias con IVA</i>	
<i>para el 40% iluminación artificial.....</i>	<i>93</i>
<b>TABLA 87:</b> <i>Presupuesto de instalación luminarias por año 40% iluminación artificial.....</i>	<i>93</i>
<b>TABLA 88:</b> <i>Presupuesto mantenimiento instalación con IVA 40% iluminación artificial.....</i>	<i>93</i>
<b>TABLA 89:</b> <i>Presupuesto mantenimiento lucernarios 40% iluminación artificial.....</i>	<i>94</i>
<b>TABLA 90:</b> <i>Presupuesto mantenimiento lucernarios aplicando PEC.....</i>	<i>94</i>
<b>TABLA 91:</b> <i>Presupuesto mantenimiento lucernarios con IVA 40% iluminación artificial.....</i>	<i>94</i>
<b>TABLA 92:</b> <i>Coste total anual iluminación 40% artificial.....</i>	<i>94</i>
<b>TABLA 93:</b> <i>Ahorro sistema de iluminación.....</i>	<i>95</i>
<b>TABLA 94:</b> <i>Cálculo del VAN y TIR.....</i>	<i>96</i>

# ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA 1:</b> <i>Diagrama de bloques</i> .....	9
<b>FIGURA 2:</b> <i>Distribución en planta área de producción</i> .....	12
<b>FIGURA 3:</b> <i>tipos de iluminación artificial, según distribución y colocación de las luminarias</i> (Fuente: Apuntes Poliformat de la asignatura Teoría de Construcción y Arquitectura Industrial).....	15
<b>FIGURA 4:</b> <i>Diferentes tipos de disposiciones de sistemas de iluminación natural</i> (Fuente: Apuntes Poliformat de la asignatura Teoría de Construcción y Arquitectura Industrial).....	16
<b>FIGURA 5:</b> <i>factor de ventanas.</i> (Fuente: Apuntes Poliformat de la asignatura Teoría de Construcción y Arquitectura Industrial).....	19
<b>FIGURA 6:</b> <i>factor de reducción ventana-muro.</i> (Fuente: Apuntes Poliformat de la asignatura Teoría de Construcción y Arquitectura Industrial).....	20
<b>FIGURA 7:</b> <i>rendimiento del recinto.</i> (Fuente: Apuntes Poliformat de la asignatura Teoría de Construcción y Arquitectura Industrial).....	20
<b>FIGURA 8:</b> <i>Diferencia dependiendo altura de la ventana.</i> (“Arte de proyectar en arquitectura”, Ernst Neufert).....	21
<b>FIGURA 9:</b> <i>Distribución en planta de las distintas zonas</i> .....	24
<b>FIGURA 10:</b> <i>Orientación planta industrial</i> .....	28
<b>FIGURA 11:</b> <i>Diseño de las distintas maquinarias en DiaLux y su distribución</i> .....	28
<b>FIGURA 12:</b> <i>Diseño de las distintas maquinarias en DiaLux. Área de pulido</i> .....	29
<b>FIGURA 13:</b> <i>Diseño de las distintas maquinarias en DiaLux. Áreas de producción</i> .....	29
<b>FIGURA 14:</b> <i>Plano de trabajo</i> .....	29
<b>FIGURA 15:</b> <i>Acotación de los lucernarios (propuesta 1)</i> .....	31
<b>FIGURA 16:</b> <i>Acotación de las ventanas fachada Norte (propuesta 1)</i> .....	32
<b>FIGURA 17:</b> <i>Acotación de las ventanas fachada Oeste (propuesta 1)</i> .....	32
<b>FIGURA 18:</b> <i>Acotación distancia entre los lucernarios (propuesta 1)</i> .....	33
<b>FIGURA 19:</b> <i>Acotación de los lucernarios hasta pórtico de fachada (propuesta 1)</i> .....	33
<b>FIGURA 20:</b> <i>Diseño de los lucernarios 3D (propuesta 1)</i> .....	34
<b>FIGURA 21:</b> <i>Acotación distancia entre ventanas tanto fachada Norte como Oeste (propuesta 1)</i> .....	35
<b>FIGURA 22:</b> <i>Diseño de las ventanas tanto orientadas al Norte como al Sur en 3D (propuesta 1)</i> .....	35
<b>FIGURA 23:</b> <i>Incidencia de los haces de luz sobre los operarios en tres zonas críticas tanto para los lucernarios como ventanas</i> .....	36
<b>FIGURA 24:</b> <i>Simulación área almacén 1 cielo cubierto invierno en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas (propuesta 1)</i> .....	37
<b>FIGURA 25:</b> <i>Simulación área almacén 1 cielo cubierto verano en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas (propuesta 1)</i> .....	38
<b>FIGURA 26:</b> <i>Simulación área almacén 2 cielo cubierto invierno en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas (propuesta 1)</i> .....	39
<b>FIGURA 27:</b> <i>Simulación área almacén 2 cielo cubierto verano en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas (propuesta 1)</i> .....	40
<b>FIGURA 28:</b> <i>Simulación área de circulación 1 cielo cubierto invierno en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas (propuesta 1)</i> .....	41
<b>FIGURA 29:</b> <i>Simulación área de circulación 1 cielo cubierto verano en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas (propuesta 1)</i> .....	42
<b>FIGURA 30:</b> <i>Simulación área de circulación 2 cielo cubierto invierno en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas (propuesta 1)</i> .....	43
<b>FIGURA 31:</b> <i>Simulación área de circulación 2 cielo cubierto verano en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas (propuesta 1)</i> .....	44
<b>FIGURA 32:</b> <i>Simulación área de circulación 3 cielo cubierto invierno en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas (propuesta 1)</i> .....	45

<b>FIGURA 33:</b> Simulación área de circulación 3 cielo cubierto verano en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas (propuesta 1).....	46
<b>FIGURA 34:</b> Simulación área de producción 1 cielo cubierto invierno en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas (propuesta 1).....	47
<b>FIGURA 35:</b> Simulación área de producción 1 cielo cubierto verano en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas (propuesta 1).....	48
<b>FIGURA 36:</b> Simulación área de producción 2 cielo cubierto invierno en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas (propuesta 1).....	50
<b>FIGURA 37:</b> Simulación área de producción 2 cielo cubierto verano en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas (propuesta 1).....	51
<b>FIGURA 38:</b> Simulación área de producción 3 cielo cubierto invierno en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas (propuesta 1).....	52
<b>FIGURA 39:</b> Simulación área de producción 3 cielo cubierto verano en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas (propuesta 1).....	53
<b>FIGURA 40:</b> Simulación área de pulido cielo cubierto invierno en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas (propuesta 1).....	54
<b>FIGURA 41:</b> Simulación área de pulido cielo cubierto verano en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas (propuesta 1).....	55
<b>FIGURA 42:</b> Acotación de los lucernarios (propuesta de mejora).....	57
<b>FIGURA 43:</b> Acotación de los lucernarios (propuesta de mejora).....	57
<b>FIGURA 44:</b> Acotación entre los lucernarios y distancia hasta pórtico de fachada (propuesta de mejora).....	58
<b>FIGURA 45:</b> Diseño en 3D lucernarios propuesta de mejora.....	58
<b>FIGURA 46:</b> Simulación área de almacén 1 cielo cubierto invierno en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas (propuesta de mejora).....	59
<b>FIGURA 47:</b> Simulación área de almacén 1 cielo cubierto verano en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas (propuesta de mejora).....	61
<b>FIGURA 48:</b> Simulación área de almacén 2 cielo cubierto invierno en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas (propuesta de mejora).....	62
<b>FIGURA 49:</b> Simulación área de almacén 2 cielo cubierto verano en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas (propuesta de mejora).....	63
<b>FIGURA 50:</b> Simulación área de circulación 1 cielo cubierto invierno en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas (propuesta de mejora).....	64
<b>FIGURA 51:</b> Simulación área de circulación 1 cielo cubierto verano en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas (propuesta de mejora).....	65
<b>FIGURA 52:</b> Simulación área de circulación 2 cielo cubierto invierno en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas (propuesta de mejora).....	66
<b>FIGURA 53:</b> Simulación área de circulación 2 cielo cubierto verano en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas (propuesta de mejora).....	67
<b>FIGURA 54:</b> Simulación área de circulación 3 cielo cubierto invierno en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas (propuesta de mejora).....	68
<b>FIGURA 55:</b> Simulación área de circulación 3 cielo cubierto verano en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas (propuesta de mejora).....	69
<b>FIGURA 56:</b> Simulación área de producción 1 cielo cubierto invierno en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas (propuesta de mejora).....	70
<b>FIGURA 57:</b> Simulación área de producción 1 cielo cubierto verano en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas (propuesta de mejora).....	72
<b>FIGURA 58:</b> Simulación área de producción 2 cielo cubierto invierno en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas (propuesta de mejora).....	73
<b>FIGURA 59:</b> Simulación área de producción 2 cielo cubierto verano en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas (propuesta de mejora).....	74



<b>FIGURA 60:</b> <i>Simulación área de producción 3 cielo cubierto invierno en diferente horario,</i> <i>(1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas (propuesta de mejora).....</i>	<i>75</i>
<b>FIGURA 61:</b> <i>Simulación área de producción 3 cielo cubierto verano en diferente horario,</i> <i>(1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas (propuesta de mejora).....</i>	<i>77</i>
<b>FIGURA 62:</b> <i>Simulación área de pulido cielo cubierto invierno en diferente horario,</i> <i>(1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas (propuesta de mejora).....</i>	<i>78</i>
<b>FIGURA 63:</b> <i>Simulación área de pulido cielo cubierto verano en diferente horario,</i> <i>(1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas (propuesta de mejora).....</i>	<i>79</i>
<b>FIGURA 64:</b> <i>Simulación Dialux Light 100% luz artificial.....</i>	<i>80</i>

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

<b>GRAFICA 1:</b> <i>Venta de vehículos 2005-2014 según la OICA</i> .....	3
<b>GRAFICA 2:</b> <i>Producción de vehículos en España 2003-2012 según la OICA</i> .....	4
<b>GRAFICA 3:</b> <i>Evolución de la producción exportación de vehículos en España en millones de unidades según la ANFAC</i> .....	5

## **1. OBJETIVO.**

El objetivo del proyecto es el diseño del sistema de iluminación natural de una planta industrial destinada a la producción de moldes por inyección de plástico para el sector automovilístico, y a posteriori, el análisis de la eficiencia energética en iluminación para diversos sistemas de iluminación.

Se realizará un presupuesto para el sistema de iluminación natural y un balance económico donde se observe la viabilidad de implantar un sistema de iluminación natural.

Esto conlleva a tener en cuenta la normativa vigente sobre los sistemas de iluminación natural y al aprendizaje del uso del software "DIALUX evo" con el que se van a realizar los cálculos.

## **2. MOLDES DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO.**

Hoy en día una de las técnicas de procesado de plásticos más utilizada es el denominado moldeo por inyección, siendo un proceso muy común para la obtención de productos plásticos. Actualmente todo cuanto nos rodea contiene gran cantidad de artículos que han sido fabricados mediante técnicas de moldeo por inyección

Para la realización de piezas por moldeo con inyección se requieren temperaturas y presiones elevadas mayores que cualquier otra técnica de transformación, pero se obtienen piezas y objetos de bastante precisión, con superficies lisas y limpias, además proporciona un magnífico aprovechamiento del material, con un ritmo de producción elevado.

Las principales ventajas del moldeo por inyección son:

- Grado de automatización alcanzado por estas maquinas.
- Posibilidad de fabricar productos plásticos con tolerancias muy pequeñas.
- Versatilidad para el moldeo de una amplia gama de productos, tanto en formas como en materiales plásticos distintos.

### **2.1 DISEÑO DEL MOLDE.**

El molde consta de dos partes que componen la forma que se quiere moldear y se sujeta a las placas de cierre en dos mitades. Consta tanto de una parte fija como de una móvil. La exactitud del mecanizado es fundamental para prevenir la formación de una fina capa de plástico (flash) en las juntas que separan ambas partes del molde.

Los tamaños de los moldes van desde los 5 mm de diámetro hasta los 4 m. Independientemente del tamaño de la pieza, las partes del molde son las mismas en todos los casos:

- Placas de apoyo.
- Canales de enfriamiento.
- Pernos de expulsión.
- Pernos guía.
- Anillo de localización.
- Bebedero (sprue bush).
- Orificio para la inyección del material o compuerta (gate).
- Canales de colado o alimentación (runners).

## **2.2 TIPOS DE ACERO PARA MOLDES MÁS UTILIZADOS.**

Los distintos tipos de acero para moldes más utilizados normalmente son:

- Acero pretemplado para moldes y portamoldes.
- Acero de temple para moldes.
- Acero para moldes resistentes a la corrosión.

## **3. SECTOR AUTOMOCIÓN.**

Junto con el sector automovilístico se agrupan gran cantidad de actividades económicas de la más variada naturaleza que, de una manera directa o indirecta han tenido su origen y posterior desarrollo en torno a la industria del automóvil. En poco más de 100 años el sector del automóvil ha alcanzado un grado de importancia tanto social como económica, esto conlleva a que hoy en día sea uno de los indicadores más representativos para medir la situación y evolución de las coyunturas económicas. La industria del automóvil es un elemento dinamizador del desarrollo y del progreso económico y social, no solo por su propia importancia, sino también por su capacidad de impulsar otros sectores de la economía.

### 3.1 CONTEXTO ECONÓMICO MUNDIAL.

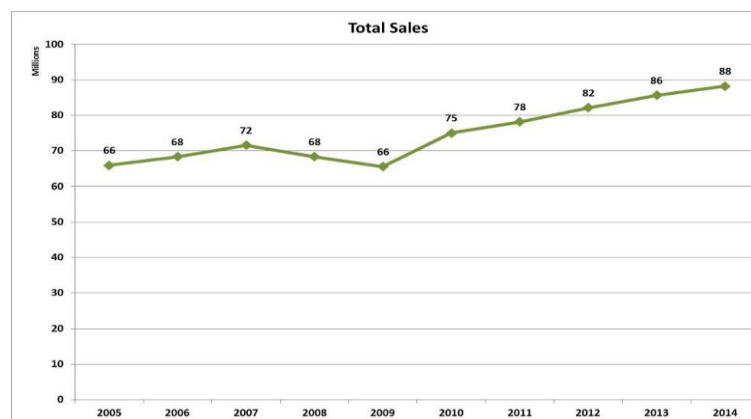
En el ámbito mundial, durante el pasado año 2014, la producción de vehículos tanto, tanto turismos como industriales, fue de 89.747.430 según OICA (Organización Internacional de Constructores de Automóviles), lo que supuso un aumento del 2.6% con respecto al año anterior. Las principales áreas geográficas productoras de siguieron siendo China, Estados Unidos, Japón, y la Unión Europea respectivamente.

Países	Unidades	%cotas/total2014
China	23,722,890	26,43
Unión Europea	15,829,274	17,63
EEUU	11,660,699	12,99
Japón	9,774,558	10,89
Resto del mundo	28,773,026	32,06

**TABLA 1: Producción mundial de automóviles año 2014**

Respecto a la producción mundial de turismos, esta ascendió a 67.525.346 unidades, lo que supuso un incremento del 2.79% respecto al año anterior.

Con respecto a la venta de vehículos esta también ha ido aumentando a lo largo de los años desde el 2009 como se puede observar en la tabla 2. Donde se muestra la venta de coches en los últimos 9 años a nivel mundial según la OICA.



**GRAFICA 1: Venta de vehículos 2005-2014 según la OICA.**

Como podemos observar en la grafica 1 el consumo de vehículos tanto turismos como industriales ha ido aumentando a lo largo de los años excepto durante el periodo de 2007 a 2009 donde tuvo comienzo una crisis económica que afectó fuertemente al sector del automoción. Reduciendo el consumo de vehículos y por tanto su producción. Esto afecto tanto al sector del automóvil directamente como a todas las empresas auxiliares, que son las que sirven tanto materiales como servicios. Produciendo un efecto cadena sobre otros sectores.

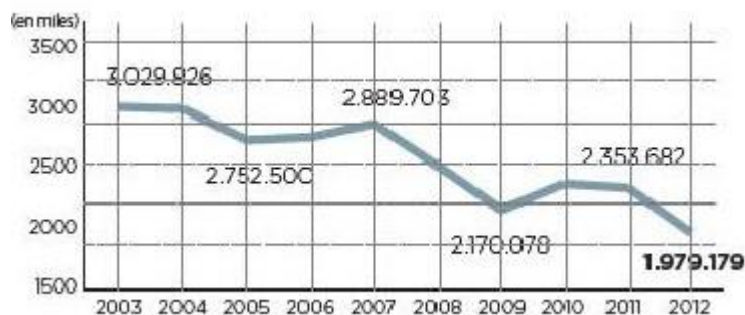
### 3.2 CONTEXTO ECONÓMICO ESPAÑOL.

La crisis ha provocado el cierre de 27 plantas de fabricación de automóviles desde el año 2010 en Europa, 15 en el Reino Unido, 9 en Francia e incluso una de Opel, en Alemania. En España cerraron en este periodo la de Irbus en Barcelona y Santa Motor en Linares. A pesar de todo esto, la industria del automóvil nacional resiste la recesión, como consecuencia fundamentalmente de que no depende del mercado interior, que representa únicamente en torno al 11% de su producción. Alrededor del 89% de los vehículos fabricados en España se orientan al mercado internacional donde la mayoría tienen como destino la Unión Europea.

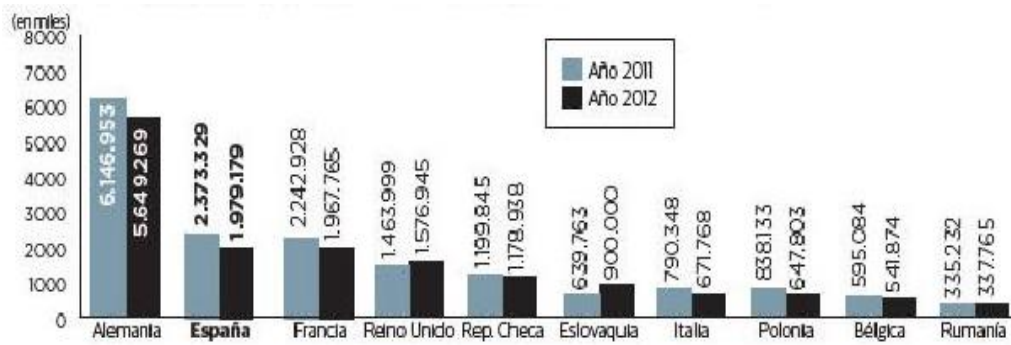
La mejora de la productividad de las fabricas de automóviles españolas son fruto de la apuesta por la flexibilidad laboral, que las empresas han pactado con los sindicatos, esta es la causa fundamental del éxito de la industria de la automoción. A través de los convenios de las empresas se han adaptado a la evolución de las demandas, han conseguido la adjudicación de la producción de nuevos modelos, todo esto supone una garantía de continuidad e incluso de ampliación para las diferentes empresas del sector automovilístico.

Desde los inicios de la crisis el sector del automóvil ha conseguido mantener el empleo gracias a los pactos laborales y otras medidas de ajuste interna. Durante los últimos años, los fabricantes han recortado el 10.6% de sus plantillas, según datos de la consultora Torres y Carrera. Mientras que para el resto de sectores este dato es del 23.8%.

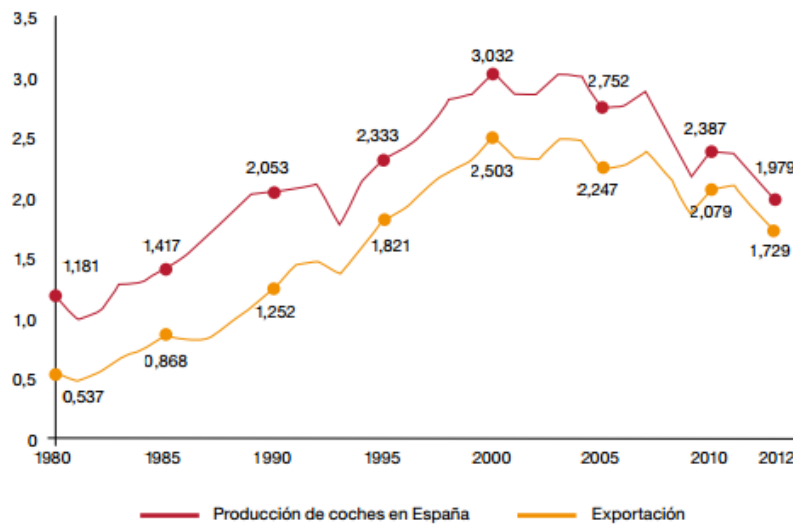
Las empresas y los sindicatos también han conseguido llegar a acuerdos, que en muchos casos, conllevan un recorte salarial. Un sacrificio que han asumido los empleados y esto ha permitido aumentar la competitividad de la industria española en este sector. Según datos obtenidos del European Labour Cost Survey, de las casi 177 fabricas de coches existentes en Europa, las españolas son de las más competitivas en relación a los costes laborales, que representan entre el 9% y el 11% de lo que cuesta fabricar un vehículo. Unos gastos que para los fabricantes son prácticamente la mitad que en Alemania o Francia.



**GRAFICA 2: Producción de vehículos en España 2003-2012 según la OICA.**



**TABLA 2: Producción de automóviles por países europeos durante los años 2011-2012**



**GRAFICA 3: Evolución de la producción exportación de vehículos en España en millones de unidades según la ANFAC.**

Como se puede observar en la tabla 3 la producción de vehículos ha ido descendiendo a lo largo de los años aunque estos dos últimos años ha crecido pero sin llegar nunca a superar los máximos históricos. Sin embargo la tabla 4 nos muestra que a pesar de este descenso de producción, España es el segundo país de Europa con mayor producción de automóviles por detrás de Alemania y esto es debido como se ha mencionado anteriormente a la gran exportación. La tabla 5 nos muestra la comparación entre la producción y la exportación y como se puede observar la evolución es prácticamente simultánea. Si una aumenta la otra aumenta y viceversa. Por tanto se ve claramente la influencia de esta última en la producción de vehículos.

### 3.3 CONTEXTO ECONÓMICO COMUNIDAD VALENCIANA.

Las exportaciones de automóviles y componentes de la Comunidad Valenciana en 2010 aumentaron hasta los 3.243 millones de euros. El sector del automóvil representa el primer sector en exportación con un 17% de las exportaciones de la Comunidad Valenciana. Y dentro del sector del automóvil la Comunidad Valenciana participa con un 10% de la exportación total española. Donde los principales destinos de exportación son Reino Unido, Italia y Alemania que concentran un 48% de las mismas.

PAIS	EXPORT	%VARIACIÓN EXPORTACIÓN	% SOBRE TOTAL
REINO UNIDO	744	-27,75	22,95
ITALIA	416	-28,75	12,83
ALEMANIA	391	0,18	12,05
FRANCIA	376	4,97	11,58
TURQUÍA	328	54,93	10,12
PORTUGAL	126	53,28	3,90
MÉXICO	103	91,94	3,16
BÉLGICA	96	45,26	2,97
RUSIA	67	206,04	2,06
ISRAEL	48	19,47	1,47
EE.UU.	39	424,20	1,21
PAÍSES BAJOS	35	17,86	1,09
ARGENTINA	35	78,57	1,08
GRECIA	34	-34,58	1,06
MARRUECOS	28	-17,14	0,86
SUBTOTAL	2.866	-	88,38
<b>TOTAL</b>	<b>3.184</b>	<b>1,09</b>	<b>100,00</b>

**TABLA 3: Destino de las exportaciones en millones de euros según AVIA en 2010.**

PARTIDA/PRODUCTO	Millones euros	Crecimiento %	% S/T
Automóviles turismo, mcl. del tipo familiar	2.388	-6,55	73,64
Partes y accesorios de automóviles	710	34,53	21,90
Vehículos transp. merc, mcl. chasis con motor	63	19,35	1,94
Vehículos Automóviles para usos especiales	33	25,90	1,01
Remolques, semirr para vehículos (excepto sobre rieles)	21	-14,41	0,65
Tractores o "automot.	11	-8,64	0,33
Motocicletas, incl. ciclomotores, con sidecares	5	63,30	0,14
Bicicletas y demás velocipedos	4	77,43	0,14
Chasis de vehículos automóviles	4	531,63	0,11
Vehículos para inválidos N.C.O.P.	2	58,34	0,08
SUBTOTAL	3.241	-	99,95
<b>TOTAL VEHICULOS AUTOMOVILES</b>	<b>3.242</b>	<b>1,09</b>	<b>100</b>

**TABLA 4: Desglose de las exportaciones por tipo de producto en millones de euros según AVIA en 2010.**

Como se puede observar en la tabla 6 casi un 50% de la producción del sector automovilístico va destinado a Reino Unido, Alemania, Francia e Italia debido al aumento de la competitividad del mercado español. En la tabla 7 se ve que la mayoría de las ganancias en exportaciones es la de turismos gracias principalmente a la factoría Ford. La factoría se ha beneficiado de las nuevas adjudicaciones de modelos, que han motivado la inversión de 1200 millones de euros extra entre 2012 y 2014, que se suman a los 1.100 millones de euros que ya dedico la compañía entre 2009 y 2012 para la introducción del Ford Kuga y el Transit Connect.



2009	COMUNITAT VALENCIANA	ESPAÑA	% CV/ESPAÑA
Número de empresas	145	1.799	8,06
Personas ocupadas	12.480	145.645	8,57
Importe neto de la cifra de negocios miles €	5.246.483	45.984.203	11,41

**TABLA 5:** *El sector del automóvil y componentes de la Comunidad Valenciana en España según la AVIA.*

En la tabla 5 se puede apreciar que la Comunidad Valenciana tiene un total de 145 empresas dedicadas al sector del automóvil y componentes de estos, esto representa un 8% de toda la producción en España. El sector de la automoción en la Comunidad Valenciana proporciona en torno a 13.000 puestos de trabajo que son un 8.6% de todos los puestos de trabajo que da este sector en el país. Pero si nos vamos al importe neto esto aumenta hasta un total del 11.41% que esto traducido en euros es en torno a 5.246.483 de euros. Y esto en la Comunidad Valenciana representa el 11% del importe neto de toda la industria en la Comunidad Valenciana.

Con respecto al número de personas dedicadas a la industria en la Comunidad Valenciana representa un total del 5% de la ocupación industrial. Mientras que el número de empresas dedicadas a este sector tan solo representa el 0.78% debido a que la mayoría de las empresas del sector son de tamaños relativamente grandes y tiene gran cantidad de trabajadores.

#### **4. PLANTA DE PRODUCCIÓN DE MOLDES DE PLÁSTICO PARA EL SECTOR AUTOMOCIÓN.**

A continuación se hará una pequeña descripción de la nave y se describirá tanto el proceso productivo como la distribución en planta (layout) de la planta de producción de moldes de plástico.

##### **4.1 DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO DE LA NAVE.**

Es importante conocer para el cálculo las distintas características de la nave. En primer lugar la nave cuenta con un diseño rectangular de 1800 m<sup>2</sup> de los cuales 1498.5m<sup>2</sup> son para uso industrial y el resto tiene un uso de oficinas, aseos, comedor, etc.

Esta es una nave rectangular de 60 metros por 30 metros, con un total de 2 pórticos de dos aguas contiguas a lo largo de 12 vanos y con una altura de 7 metros de pilar y de 8.5m de altura en cumbrera.

- Uso de la nave: La cubierta será ligera y accesible únicamente para su mantenimiento.

- Inclinación de la cubierta. Se ha optado por una inclinación del 20%.

## **4.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO.**

Para la fabricación de un molde se dispone de una parte de cavidad y otra de punzón, estas disponen de un sistema de expulsión y cavidades para la refrigeración o calefacción según necesite el molde. Para realizar todas estas tareas los moldes deberán dotarse de diferentes accesorios como pistones de expulsión, válvulas para el uso de refrigerantes,...todos estos accesorios también serán fabricados por la empresa.

La producción de moldes será dividida en dos zonas bien claras. En una de ellas, donde se encuentra la maquinaria más pesada se realizarán operaciones para la creación de cada uno de los moldes. En la otra parte, la zona de pulido, se situará todo lo relacionado con la producción de los accesorios para el correcto funcionamiento del molde, y también se realizarán las correcciones necesarias para el buen funcionamiento de los distintos moldes. Para ello se dispondrá de una prensa de ajuste para comprobar el buen funcionamiento de los distintos moldes.

Este proceso productivo dependerá del tipo de molde y sus distintos usos, por tanto cada molde será personalizado. En este caso no tiene sentido hablar de una producción en cadena. Por tanto se establecerá un proceso productivo general, con una distribución funcional.

### 4.3 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROCESO.

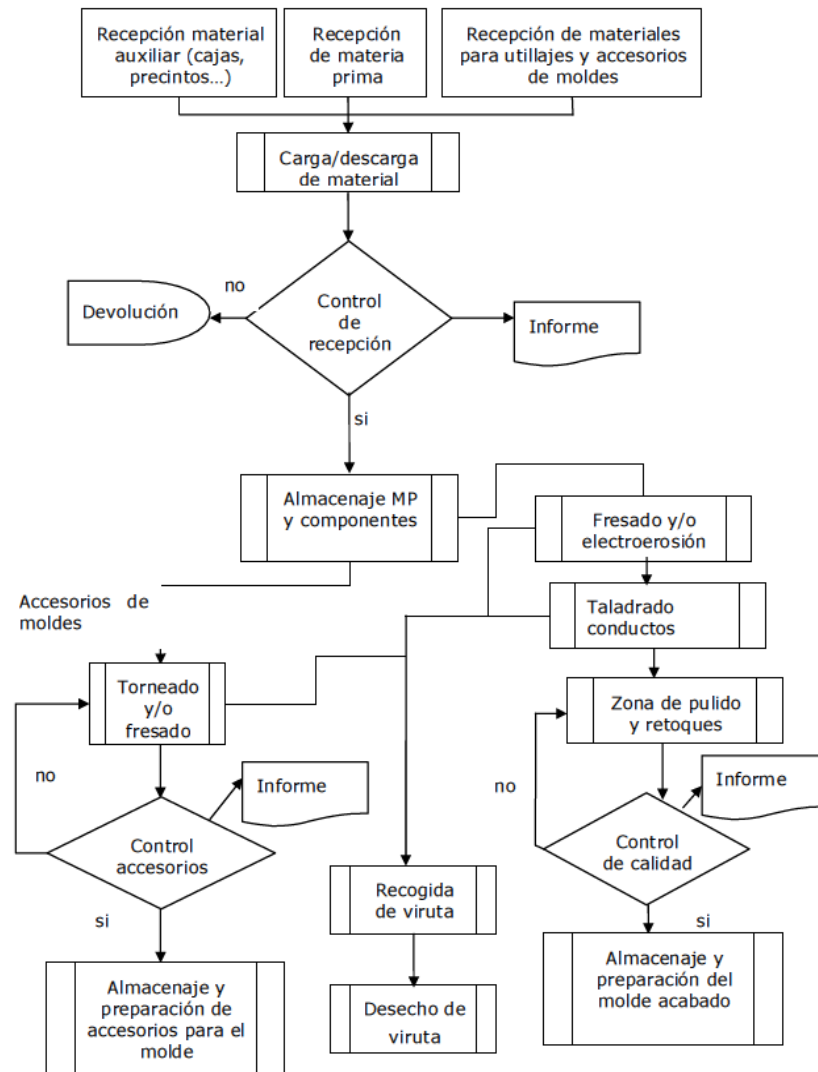


Figura 1: Diagrama de bloques

### 4.4 ALMACENAJE.

El funcionamiento de la producción se realizará mediante encargo, por tanto no habrá una zona muy extensa dedicada al almacén ya que no se dispondrá prácticamente de stock ya que esto conllevaría una gran cantidad de producción sin utilizar y esto produciría grandes pérdidas debido al coste de fabricación.

Solamente se dispondrá de una zona para albergar la materia prima para los diferentes utensilios que necesitan los moldes y otra zona para depositar los utillajes ya procesados dispuestos de manera ordenada en cubetas numeradas en estanterías.

También se dispondrá de una zona para depositar los bloques que se vayan a procesar y otro espacio para los distintos accesorios que necesite dicho molde.

Para la recepción y expedición de materiales la nave solo dispondrá de una sola entrada tanto para la carga como para la descarga.

#### **4.5 ZONA DE MAQUINARIA.**

En esta zona los moldes serán sometidos a los procesos que el departamento de Oficina Técnica vea oportunos. Las distintas operaciones a las que se someterán los moldes y su orden aproximado serán: fresado del molde, mecanizado mediante electrodos, electroerosión, erosión por hilo, mecanizado mediante correderas y postizos, taladrado de calefacción/refrigeración, taladrado de expulsión y ajuste de punzón cavidad.

Como se ha dicho anteriormente se dispondrá una distribución funcional de la planta disponiendo las maquinas por procesos para mover el material lo menos posible. Se debe albergar espacio suficiente para realizar las grandes transformaciones en la misma parte de la nave.

#### **4.6 ZONA DE PULIDO DE LOS MOLDES.**

En la zona de pulido se realiza el mecanizado del despiece pequeño que pudiera ser necesario para el buen funcionamiento de los moldes.

Para un buen acabado de los moldes, cada parte de los mismos deberá ser pulida y acabada de forma manual por los operarios. Esto se deberá realizar según las instrucciones requeridas para un buen acabado superficial y de las distintas formas geométricas que se hayan establecido en los planos de dicho molde. También como se dijo anteriormente los operarios deberán comprobar que el molde corresponde a los planos y hacer los pequeños ajustes requeridos.

#### 4.7 MAQUINARIA A INSTALAR.

En la tabla 6 se muestra un resumen de las maquinas necesarias para realizar dicha actividad.

Zona producción		Zona pulido	
Fresadora CNC 6 ejes	1	Prensa de ajuste	1
Fresadora CNC 6 ejes peq.	1	Rectificadora plana grande	1
Fresadora Autom.	2	Rectificadora plana pequeña	1
Fresadora CNC pequeña	1	Torno convencional	1
Perforadora profunda	1	Roscadora	1
Electroerosión penetración	1	Taladro	1
Electroerosión hilo	1	Fresadora manual	1
		Taladro radial	1

**TABLA 6: Resumen maquinas necesarias.**

#### 4.8 DISTRIBUCIÓN EN PLANTA.

En la nave como ya se ha descrito anteriormente, se pueden distinguir tres zonas muy diferenciadas por el uso de las mismas. Se tiene por un lado la zona de producción, donde se encuentra la maquinaria pesada u donde se lleva a cabo la transformación del producto, por otra parte se encuentra la zona de pulido, donde se lleva a cabo el ajuste de todos los accesorios para los moldes y donde también se realiza el ajuste y comprobación del mismo. Por último se tiene una zona de almacenaje descrita anteriormente.

La nave industrial descrita consta de un solo modulo donde se encuentran las distintas áreas tanto de producción como de oficinas. Y por tanto se tiene una parcela de 3930 m<sup>2</sup> de los cuales 1800 m<sup>2</sup> serán de superficie edificada.

Para este caso nos centraremos solo en el área productiva, esta se divide en varias zonas de trabajo dependiendo de su uso.

Distribución área de producción:

-Zona de transformación y transporte                      1360 m<sup>2</sup>.

-Zona de pulido 8.5 m<sup>2</sup>.

-Zona de almacenaje 130 m<sup>2</sup>.

#### 4.9 PLANO DE LAYOUT.

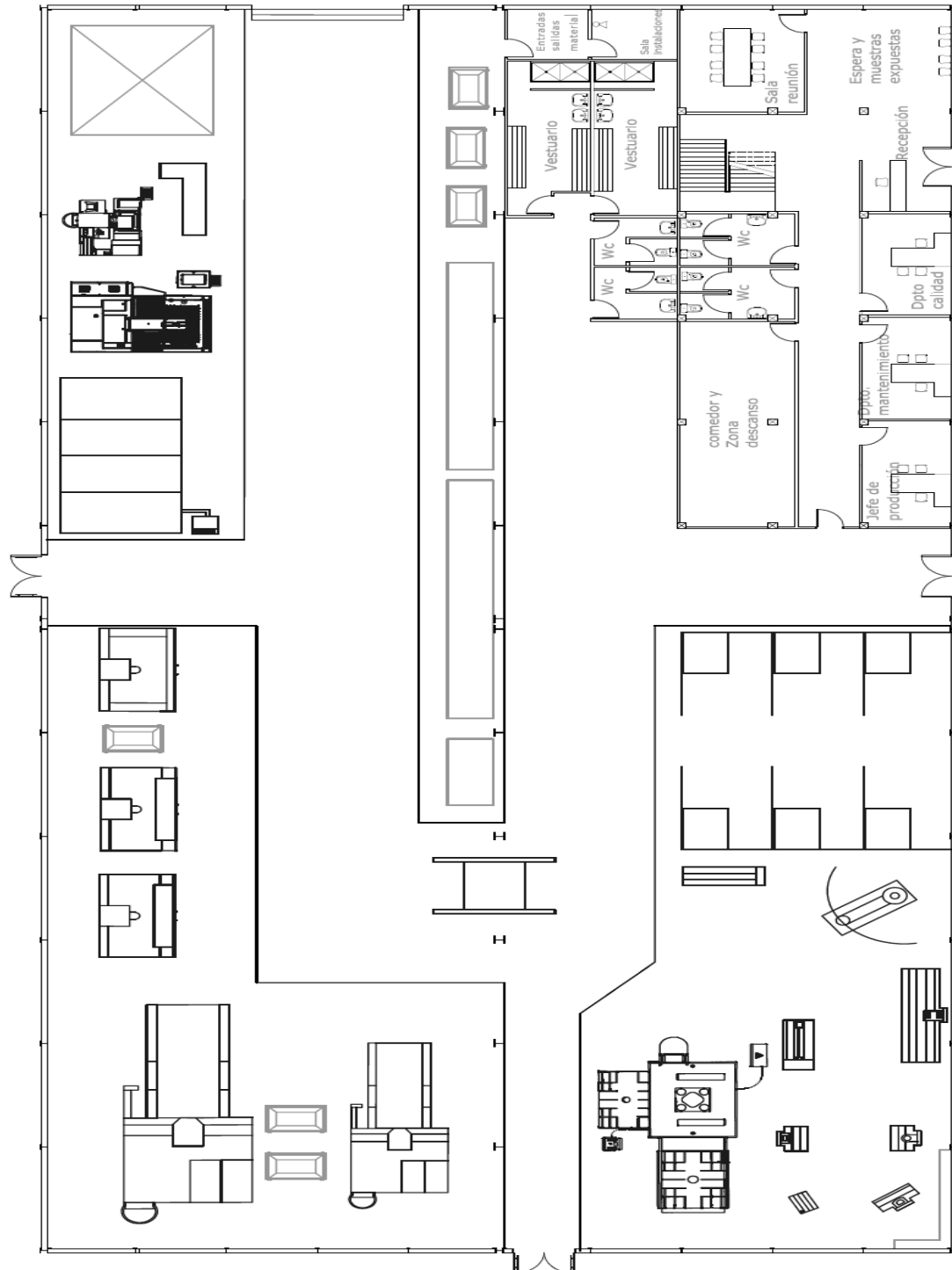


FIGURA 2: Distribución en planta área de producción.

## **5 ILUMINACIÓN.**

Una mala iluminación en los distintos lugares de trabajo puede producir fatiga ocular, cansancio, dolor de cabeza, estrés y accidentes. Por ello para evitar todos estos problemas el puesto de trabajo deberá disponer de una iluminación que permita una visibilidad adecuada para poder desarrollar dicha actividad sin riesgo.

Un cambio repentino del nivel de iluminación puede ser peligroso, pues esto produce un deslumbramiento temporal, mientras el ojo se adapta a la nueva situación de luz. Por tanto la seguridad con la que se realice el trabajo tendrá mucho que ver tanto con la cantidad de luz como con la calidad de la misma. Un ambiente bien iluminado no es tan solo el que tiene suficiente cantidad de iluminación.

Por tanto para alcanzar un buen nivel de iluminación en un puesto de trabajo, se debe conseguir un equilibrio, que consiga evitar los reflejos y parpadeos, la ausencia de excesivos contrastes, un nivel de uniformidad adecuado, etc. Todo ello, dependerá de las exigencias lumínicas de dicho trabajo como de las características personales de los diferentes operarios.

Una iluminación incorrecta puede ser causa, de posturas inadecuadas que generan a la larga, alteraciones musculo-esqueléticas.

### **5.1 PRINCIPIOS PARA DISEÑAR PUESTOS DE TRABAJO BIEN ILUMINADOS.**

-El uso de luz natural siempre que sea posible. Estos niveles de iluminación descienden a medida que uno se va alejando de las aberturas, por lo que dependiendo de la situación dentro del recinto será necesario el uso de una iluminación auxiliar artificial incluso de día.

-Evitar la ausencia total de luz natural, aún disponiendo de un sistema de iluminación artificial adecuado, debido a la sensación de encerramiento que esto supone.

-Una distribución uniforme de los niveles de iluminación. Una distribución desigual de los distintos puntos de luz produce diferencias de intensidad luminosa.

-Evitar la iluminación demasiado difusa. Este tipo de luz reduce los contrastes entre luces y sombras produciendo un empeoramiento en la percepción de los objetos en sus tres dimensiones.

-Evitar la iluminación excesivamente direccional porque produce sombras que dificultan la percepción. Se debe intentar conseguir un nivel de iluminación con una distribución uniforme. El uso de iluminación localizada debe emplearse solo en zonas de trabajo donde el nivel de iluminación necesario debe ser bastante elevado.

-La situación de las luminarias respecto al puesto de trabajo debe ser tal forma que, la iluminación llegue por ambos lados al trabajador con el fin de evitar sombras cuando se trabaja.

-Evitar los deslumbramientos directos producidos por la luz solar o por fuentes de luz artificial de alta iluminación. En ningún caso estas se colocaran sin protección.

-Las distintas superficies de las maquinarias u objetos en los lugares de trabajo serán pintadas de colores mates para evitar reflejos o imágenes producidos por las superficies brillantes.

## **5.2 TIPOS DE ILUMINACIÓN.**

La iluminación en un local puede ser de dos tipos:

-Iluminación artificial: es la suministrada por fuentes luminosas artificiales.

-Iluminación natural: es la suministrada por la luz solar y presenta grande ventajas sobre la artificial ya que permite definir los colores perfectamente, es más económica y produce menor fatiga visual.

En la vida real, se suele hacer una combinación de ambos tipos, dando lugar a una iluminación mixta.

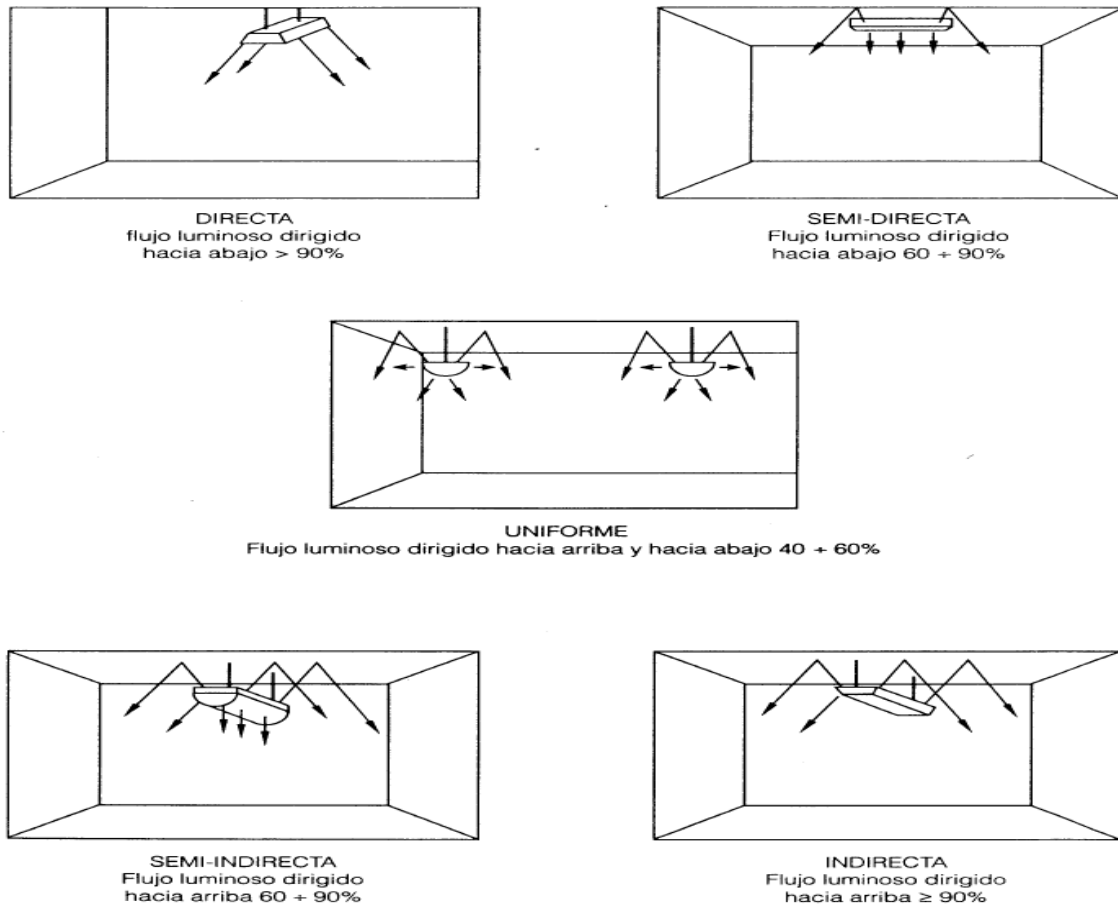
La iluminación también se puede clasificar en general o localizada. En la primera la luz es repartida uniformemente sobre toda la superficie de trabajo, mientras que la localizada suele utilizarse en áreas de trabajo donde el nivel de iluminación medio requerido es elevado, debido al tipo de trabajo realizado. La iluminación localizada se realiza con fuentes de iluminación artificiales.



### 5.2.1 ILUMINACIÓN ARTIFICIAL.

Según la distinta distribución y colocación de las luminarias, la iluminación mediante lámparas puede ser: directa, uniforme, semidirecta e indirecta.

Esto dependerá del porcentaje de luz reflejada, como se puede apreciar en la siguiente figura.



**FIGURA 3: tipos de iluminación artificial, según distribución y colocación de las luminarias.**

(Fuente: Apuntes Poliformat de la asignatura Teoría de Construcción y Arquitectura Industrial).


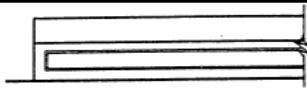
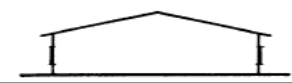
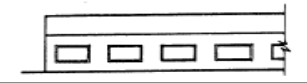

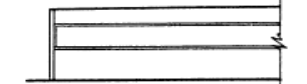
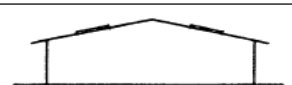
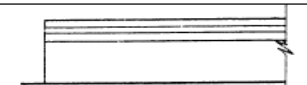

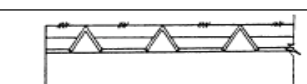
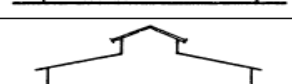
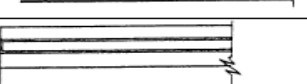

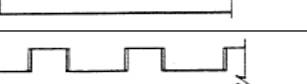

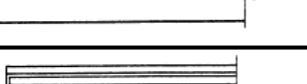
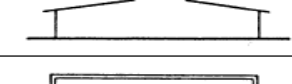
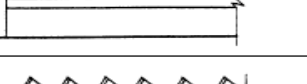
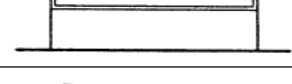
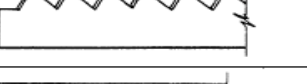
### 5.2.2 ILUMINACIÓN NATURAL

Como se ha comentado anteriormente el trabajo debe efectuarse, siempre que sea posible, con luz diurna. Únicamente cuando este tipo de iluminación sea insuficiente porque no cumple los niveles mínimos de iluminación requeridos, debe recurrirse al alumbrado mediante lámparas.

El empleo de luz natural en los lugares de trabajo tiene varias ventajas, al ahorro de energía se le une la calidad de la luz natural y sus incuestionables ventajas sobre la salud humana tanto desde el punto de vista fisiológico como psicológico.

Por otra parte se debe tener en cuenta las limitaciones del sistema de iluminación natural, ya que cuando el sistema productivo necesita de niveles de iluminación altos deberemos recurrir a la iluminación artificial. Los requerimientos necesarios para alcanzar los niveles mínimos de iluminación en las distintas zonas suelen estar recogidos en los respectivos marcos vigentes normativos.

Dependiendo de la ubicación de los dispositivos que permiten la entrada de la luz, la iluminación natural puede ser lateral, cenital o mixta. La iluminación cenital es aquella que las aberturas se encuentran en las cubiertas mediante lucernarios, mientras que en la iluminación lateral las aberturas se encuentran en los cerramientos laterales. La iluminación mixta es una combinación de las dos anteriores.

Ventanal corrido		
Ventanales		
Mansarda		
Lucernarios tendidos		
Monteras		
Linterna con lucernario cenital		
Linternas transversales con lucernario vertical		
Linternas con lucernario vertical		
Dientes de sierra		
Lucernarios verticales cubiertos paralelamente a los pares		

**FIGURA 4: Diferentes tipos de disposiciones de sistemas de iluminación natural.** (Fuente: Apuntes Poliformat de la asignatura Teoría de Construcción y Arquitectura Industrial).

### 5.3 REQUERIMIENTOS DE LA PLANTA.

Durante el diseño de iluminación de luz natural para nuestra planta se estudiarán principalmente tres factores: valor medio de iluminación en el plano de trabajo, uniformidad global de la iluminación y deslumbramiento.

El valor medio de iluminación en el plano de trabajo es el valor medio de iluminación que se quiere conseguir en las distintas zonas de la planta. Para el cálculo del valor medio se asignará a las distintas zonas diferentes valores de iluminación dependiendo del trabajo realizado en dicha zona y se calculará la media ponderada de los diferentes niveles de iluminación en base a la superficie ocupada por cada zona.

Uniformidad global de la iluminación, se define como la diferencia entre el valor de iluminación máximo y mínimo de dicha zona. Cuando el valor sea cercano a 0 la uniformidad es muy poca y por tanto existirá una gran diferencia entre el valor máximo y mínimo. Por otra parte, cuando el valor sea cercano a 1 no existirá prácticamente diferencia entre el máximo y mínimo de dicha zona. Como se ha comentado anteriormente es importante intentar estar siempre lo más cerca de 1 como sea posible para alcanzar una buena uniformidad.

Y con respecto al deslumbramiento como ya se dijo anteriormente no debe existir ningún riesgo de deslumbramiento de los operarios.

El primer paso es el de determinar los valores a alcanzar de los parámetros anteriores, es decir buscar un valor nominal para cada uno. Para ello hay que regirse por las normas vigentes.

Para determinar el valor de iluminación en cada zona de trabajo se utilizará la norma UNE-EN 12464-1 "iluminación de los puestos de trabajo". Esta norma indica el valor medio necesario dependiendo de a que este destinada dicha zona de trabajo.

Con respecto a la uniformidad de la iluminación no existe un reglamento específico para edificios industriales. Pero tanto el Código Técnico de la Edificación, el OGSHT y el RD486/1997 indican varias consideraciones a tener en cuenta sobre este tema.

En el Código Técnico de la Edificación se establecen algunas consideraciones que afectan a la uniformidad en las zonas de circulación. El factor de uniformidad media será del 40% como mínimo en las zonas de tránsito. Excluye de su ámbito las instalaciones industriales.

En la OGSHT también se establecen algunas consideraciones al respecto. Cuando exista iluminación natural se evitarán, en la medida de lo posible, las sombras que dificulten las operaciones a ejecutar. Se procurará que la intensidad luminosa en cada zona de trabajo sea uniforme.

El RD 486/1997 incluye alguna consideración como que la distribución sea lo más uniforme posible y se debe procurar mantener unos niveles y contrastes de iluminancia adecuados a las exigencias visuales de la tarea, evitando variaciones bruscas de luminancia dentro de las zona de operación y entre ésta y sus alrededores.

Por último, el deslumbramiento molesto de las ventanas es aun hoy un motivo de investigación. No hay todavía ningún método de evaluación del deslumbramiento que sea sencillo y universalmente aceptado. Por ello se acepta que no existe deslumbramiento cuando los haces de luz inciden sobre los ojos del operario con un ángulo superior a 30º sobre la horizontal.

#### 5.4 MÉTODO DE CÁLCULO ANALÍTICO.

Una vez asignado el valor medio de iluminación para la nave industrial, se debe determinar la superficie de ventanas necesaria. Este valor es necesario para no sobredimensionar o estar faltos de iluminación.

Para el cálculo de la superficie de ventanas la fórmula empleada es:

$$S_v = \frac{E_m \cdot S_s}{E_a \cdot f \cdot f' \cdot \eta} \quad (1)$$

Donde:

$E_m$ : nivel de iluminación horizontal media deseado en el interior (requerimientos ambientales).

$E_a$ : el nivel de iluminación horizontal en el exterior (3000luxes).

$f$ : factor de ventanas.

$f'$ : factor característico de reducción ventana-muro.

$\eta$ : rendimiento del recinto.

$S_s$ : superficie de suelo del recinto.

$S_v$ : superficie de ventanas.

Explicación de cada término en profundidad:

-Nivel de iluminación horizontal interior ( $E_m$ ): en cada zona de trabajo se requerirá un nivel de iluminación, el cual está estipulado en la norma UNE-EN 12464-1. Con este valor y el área de cada zona se calculara la media ponderada de los diferentes niveles de iluminación en base a la superficie que ocupe cada zona.

-Nivel de iluminación horizontal exterior ( $E_a$ ): La luz que penetra en un local tiene por origen, bien la bóveda celeste (radiación directa) o bien la reflexión producida (radiación difusa) por obstáculos o edificios situados en el exterior o bien la luz reflejada por los pavimentos exteriores.

El nivel de iluminación que llega a una superficie situada al aire libre, ubicada en un lugar geográfico se puede estimar a partir de los factores de los cuales depende:

-las coordenadas geográficas del lugar en el que se ubicará la planta.

-la fecha.

-las condiciones climatológicas y la presencia de obstáculos.

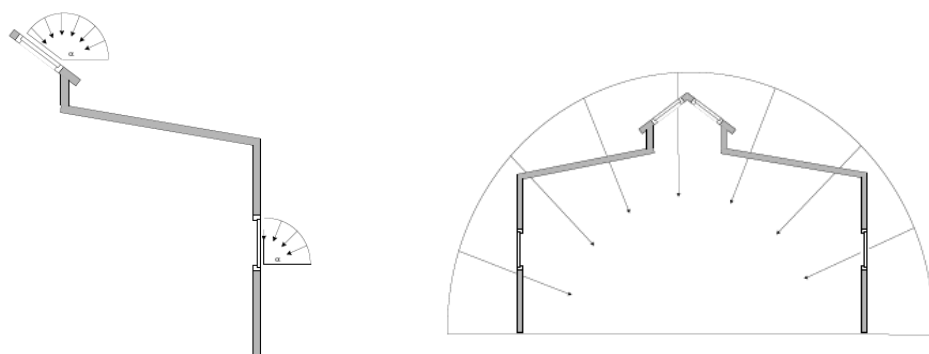
-el albedo de la superficie terrestre.

-la orientación (respecto N o S) y su inclinación (respecto a la horizontal).

De forma generalizada, los métodos que se utilizan para diseñar sistemas de iluminación en edificaciones, asumen un nivel de iluminación difusa sobre la superficie horizontal situada al aire libre de 3000 luxes.

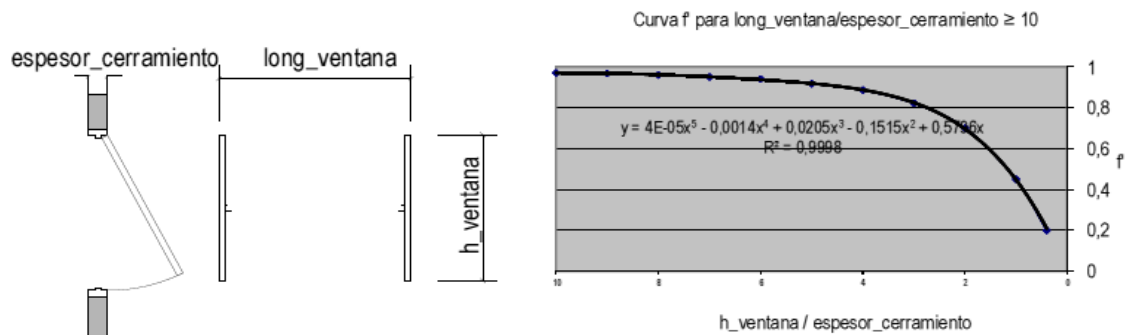
-Factor de ventanas ( $f$ ): este factor tiene en cuenta la reducción de la bóveda celeste que capta una ventana en función de su disposición en la edificación, se determina a través de la expresión:

$$f = \frac{\alpha}{180} \quad (2)$$



**FIGURA 5: factor de ventanas.** (Fuente: Apuntes Poliformat de la asignatura Teoría de Construcción y Arquitectura Industrial).

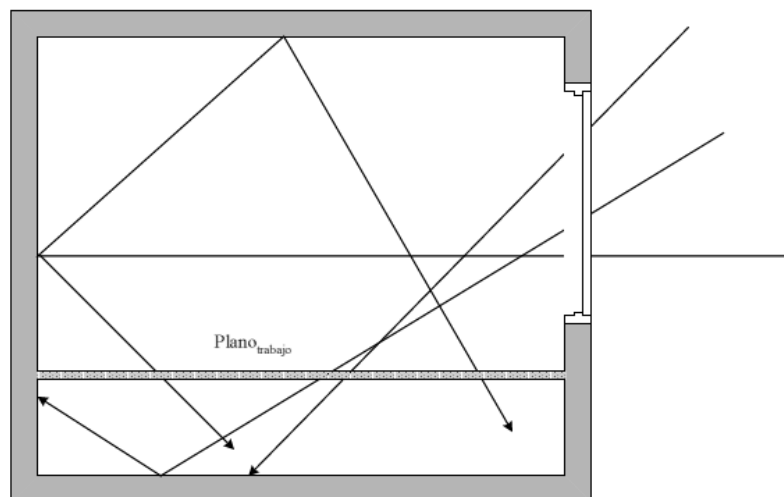
-Factor característico de reducción ventana-muro ( $f'$ ): Este parámetro tiene en cuenta la posible reducción que experimenta la radiación solar por el paso a través del grosor del cerramiento lateral. Hay que tener en cuenta que esta disminución es mayor cuanto menor es la relación entre la altura y longitud de la ventana y el espesor del cerramiento, respectivamente.



**FIGURA 6: factor de reducción ventana-muro.** (Fuente: Apuntes Poliformat de la asignatura Teoría de Construcción y Arquitectura Industrial).

-Rendimiento del recinto: el rendimiento tiene en cuenta que solo una parte del flujo luminoso que entra por las aperturas cae sobre el plano de trabajo, el resto incide sobre otras superficies, que a su vez, se reflejan, en parte, sobre el plano de trabajo.

Se suele tomar en recintos rectangulares del orden del 40-50%.



**FIGURA 7: Rendimiento del recinto.** (Fuente: Apuntes Poliformat de la asignatura Teoría de Construcción y Arquitectura Industrial).

-Superficie de suelo ( $S_s$ ): superficie total de la nave industrial. En este valor no influye el uso diferente que se le da a cada superficie.

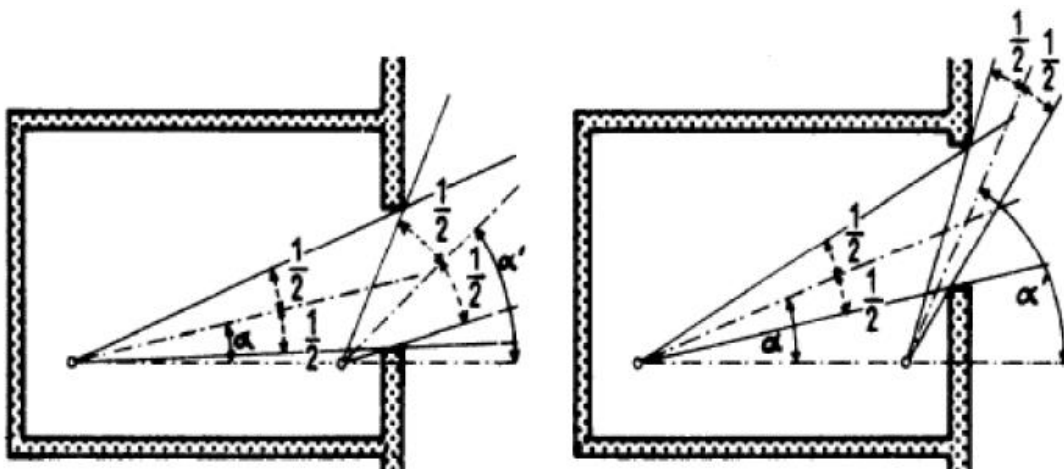
-Superficie de ventanas ( $S_v$ ): es el valor que se obtiene de la fórmula. Y como su nombre indica este parámetro nos dará un valor aproximado de la superficie de ventanas que necesitará el edificio.

### 5.5 SITUACIÓN DE ABERTURAS.

La colocación tanto de las ventanas como de los lucernarios se debe intentar realizar de la manera más eficaz posible para conseguir la mayor intensidad lumínica horizontal y uniformidad con la menor superficie de aberturas.

La iluminación y su uniformidad son máximas cuando la abertura está centrada en la pared o tejado en el que se ubica y mínimas cuando se coloca adyacente a unas de las paredes del recinto.

Por otra parte, cuanto más altas se dispongan las ventanas sobre el suelo meno será la iluminación, sin embargo la uniformidad será mayor y el punto con iluminación igual a la media horizontal se desplaza hacia el interior de la nave industrial.



**FIGURA 8: Diferencia dependiendo altura de la ventana.** ("Arte de proyectar en arquitectura", Ernst Neufert).

Con la colocación de ventanas altas se iluminan mejor los recintos profundos y se consigue hacer llegar la luz a los puntos alejados de la abertura con un ángulo de incidencia suficiente.

La luz debe incidir sobre el plano de trabajo con un ángulo superior a  $30^\circ$  así se podrán evitar tanto los deslumbramientos como las sombras.

Como se dijo anteriormente hay que tener en cuenta que hoy en día el deslumbramiento es motivo de investigación. No hay todavía un método de evaluación del deslumbramiento sencillo y universalmente aceptado.

## 5.6 VALOR DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN.

Una vez terminados todos los cálculos se deberá realizar un análisis del VEEI “valor de eficiencia energética de la instalación” del sistema de iluminación.

El cálculo del VEEI se realizará con la siguiente expresión:

$$VEEI = \frac{P \cdot 100}{S \cdot E_m} \quad (3)$$

P (W): Potencia de la lámpara más el equipo auxiliar.

S (m<sup>2</sup>): Superficie iluminada.

E<sub>m</sub> (lux): Iluminación media mantenida.

VEEI (W/m<sup>2</sup>): Valor de eficiencia de la instalación por cada 100 lux.

El número mínimo de puntos a considerar en el cálculo de la iluminancia media (E<sub>m</sub>) será:

$$K = \frac{L \cdot A}{H \cdot (L + A)} \quad (4)$$

L (m): Longitud del local.

A (m): anchura del local.

H (m): distancia del plano de trabajo a las luminarias.

## 6 DISEÑO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL.

### 6.1 INTRODUCCIÓN.

Antes de comenzar con el diseño de las aberturas para el sistema de iluminación natural, deberemos tener en cuenta la localización de la planta. Ya que el nivel de iluminación natural depende directamente del nivel de luz exterior existente en dicha localización. La nave que se ha estudiado se sitúa en Valencia.

Hay que tener en cuenta que al local entran dos tipos de luz: la radiación directa procedente de la bóveda celeste y la reflexión producida por objetos u otros edificios.



## 6.2 REQUERIMIENTOS LUMÍNICOS DE LA PLANTA.

En primer lugar se deberá conocer los valores medios de iluminación ( $E_m$ ) requeridos de las distintas zonas del local. Estos valores se obtendrán siguiendo la norma UNE-EN 12464-1. Posteriormente, con estos valores y sus áreas se obtendrá la media ponderada para obtener el valor de iluminación del local. Los valores medios de iluminación para cada zona son:

13. Trabajo y tratamiento de metales				
13.1	Forja en troquel abierto	200	25	60
13.2	Estampación en caliente y soldadura	300	25	60
13.3	Mecanización basta y media (tolerancias $\geq 0,1$ mm)	300	22	60
13.4	Mecanización de precisión (tolerancias $< 0,1$ mm)	500	19	60
13.5	Trazado, inspección	750	19	60
13.6	Talleres de estirado de hilos y tubos, conformado en frío	300	25	60
13.7	Mecanización de chapa (espesor $\geq 5$ mm)	200	25	60
13.8	Mecanización de chapa (espesor $< 5$ mm)	300	22	60
13.9	Fabricación de herramienta de corte	750	19	60
13.10	Montaje basto	200	25	80
13.11	Montaje medio	300	25	80
13.12	Montaje fino	500	22	80
13.13	Montaje precisión	750	19	80
13.14	Galvanización	300	25	80
13.15	Preparación de superficies y pintura	750	25	80
13.16	Fabricación de herramientas, patrones, Mecánica de precisión y micromecánica	1000	19	80

**TABLA 7: Valores de iluminación media requerida zonas de producción y pulido.**

1. Zonas de tráfico					
Nº ref	Tipo de interior, tarea y actividad	$E_m$ lux	UGR <sub>L</sub>	$R_a$	Observaciones
1.1	Áreas de circulación y pasillos	100	28	40	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Iluminancia al nivel del suelo.</li> <li>- <math>R_a</math> y UGR similares a áreas adyacentes.</li> <li>- 150 lux si hay vehículos en el recorrido.</li> <li>- El alumbrado de salidas y entradas debe proporcionar una zona de transición para evitar cambios repentinos en iluminancia entre interior y exterior de día o de noche.</li> <li>- Deberá tenerse cuidado para evitar el deslumbramiento de conductor y peatones</li> </ul>
1.2	Escaleras, cintas transportadoras, rampas/tramos de carga	150	25	40	

**TABLA 8: Valores de iluminación media requerida zonas de tráfico.**

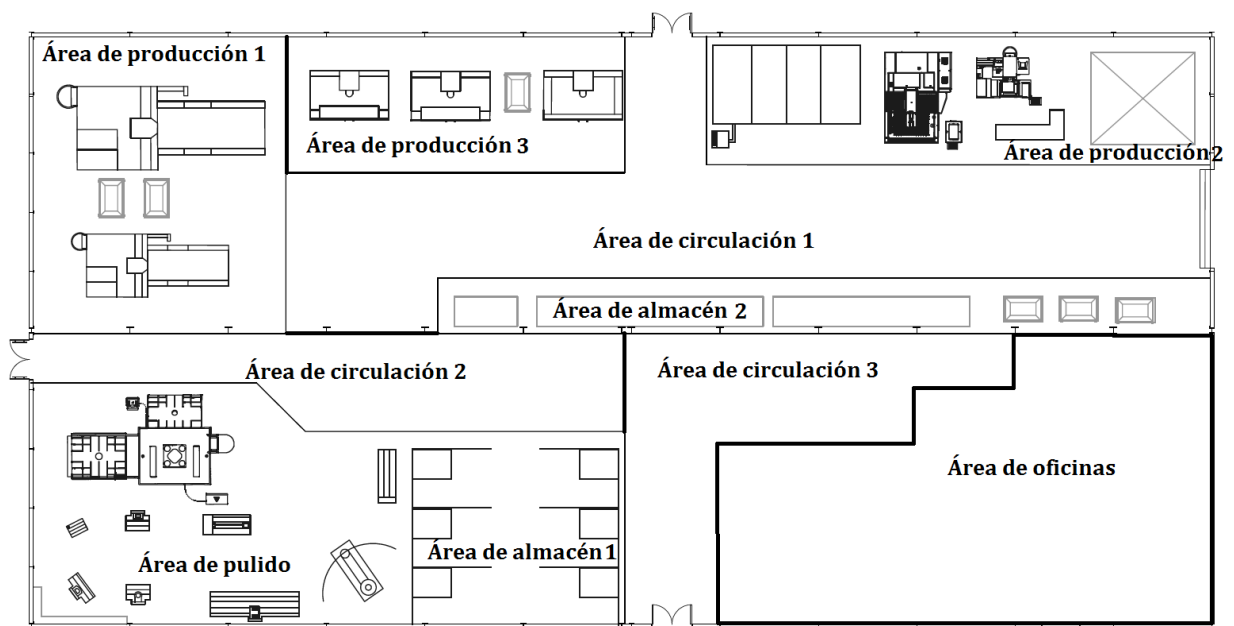
**4. Salas de almacenamiento, almacenes fríos**

4.1	Almacenes y cuarto de almacén	100	25	60	- 200 lux si está ocupado en continuo
4.2	Manipulación de paquetes y expedición	300	25	60	

**TABLA 9: Valores de iluminación media requerida zonas de almacenes.**

Estas tablas han sido obtenidas de la Norma Europea sobre Iluminación para Interiores.

La planta industrial estudiada se divide en diferentes zonas según el tipo de actividad que se realice en ella. Las zonas en las que se divide la planta se pueden ver en la siguiente figura:

**FIGURA 9: Distribución en planta de las distintas zonas.**

El delineado de las distintas áreas sirve para distinguir las diferentes zonas de trabajo. Excepto en el área de oficinas donde representa un tabique.

Como se puede observar en la figura 8 se ha dividido la planta de la nave industrial en 4 zonas según la actividad de trabajo estas son las áreas de pulido, producción, almacén y circulación.

Tanto las zonas de producción y almacén como la de circulación se han dividido en varias subzonas. Esto se ha llevado a cabo debido a la cantidad de objetos en cada zona y no por la necesidad de distintos los valores medios de iluminación ( $E_m$ ) requeridos. Esto es debido a un mero problema de cálculo, ya que de esta forma el software podrá trabajar de manera más veloz y para evitar problemas con el mismo. Por tanto los valores medios de iluminación ( $E_m$ ) requeridos para las subzonas será el mismo en todos los casos de la zona.

Los valores medios de iluminación ( $E_m$ ) requeridos son:

	Nombre según UNE-EN 12464-1	$E_m$ requerida (luxes)	Nº Ref(UNE-EN 12464-1)
Área de almacén 1	Almacenes y cuarto de almacén	100	4,1
Área de almacén 2	Almacenes y cuarto de almacén	100	4,1
Área de circulación 1	Área de circulación y pasillos	150	1,1
Área de circulación 2	Área de circulación y pasillos	150	1,1
Área de circulación 3	Área de circulación y pasillos	150	1,1
Área de producción 1	Mecanizado de chapa(espesor>5mm)	200	13,7
Área de producción 2	Mecanizado de chapa(espesor>5mm)	200	13,7
Área de producción 3	Mecanizado de chapa(espesor>5mm)	200	13,7
Área de pulido	Mecanización de precisión (tolerancias<0,1mm)	500	13,4

**TABLA 10: Valores de  $E_m$  requerida para cada zona.**

Para determinar el valor medio de iluminación requerido en la zona de circulación hay que ir a las observaciones de la tabla 8 donde se observa que para zonas de circulación de vehículos se usa un valor de 150 luxes en vez de los 100 luxes que indica con el número de referencia 1.1 seleccionado. Esto es debido al uso de carretillas elevadoras por la zona de circulación para el transporte de los distintos moldes.

Una vez los valores de iluminación requerida definidos, se calcula el valor medio requerido para la planta, para ello se realizará una media ponderada con el área de las distintas zonas con respecto a la superficie total de la planta:

$$E_{m, \text{planta}} = \frac{\sum E_{m, \text{zona}} \cdot S_{\text{zona}}}{S_S} \quad (5)$$

Siendo:

$E_{m, \text{planta}}$ : intensidad lumínica media requerida en la planta.

$E_{m, \text{zona}}$ : intensidad lumínica media requerida en cada zona.

$S_{\text{zona}}$ : área ocupada por cada zona.

$S_S$ : superficie total de la nave.

Por último, la nave estudiada tiene una superficie total de 1490 m<sup>2</sup> y las distintas zonas tienen una superficie de:

Superficie almacenes 274m<sup>2</sup>.

Superficie circulación 543m<sup>2</sup>.

Superficie de producción 484m<sup>2</sup>.

Superficie de pulido 189m<sup>2</sup>.

Por tanto el valor de iluminación media requerida en la planta es:

$$E_{m, planta} = 210.63 \text{ luxes.}$$

### 6.3 CÁLCULO DE LA SUPERFICIE DE ABERTURAS TEÓRICA.

Este cálculo se realiza para conseguir una referencia en cuanto a los m<sup>2</sup> de aberturas que se van a necesitar y así no sobredimensionar el proyecto o quedarse cortos en cuanto a la superficie de aberturas. Para este cálculo se utilizará la fórmula explicada en el punto 5.4 donde se explican los diferentes términos de la misma.

$$S_v = \frac{E_m \cdot S_s}{E_a \cdot f \cdot f' \cdot \eta} \quad (6)$$

Los valores de cada término de la expresión para la nave que se va a calcular son los siguientes.

-E<sub>m</sub>: 210.63 luxes. Valor obtenido del punto anterior 6.2.

-S<sub>s</sub>: 1490 m<sup>2</sup>.

-E<sub>a</sub>: 8229 luxes. Para obtener este valor de nivel de iluminación horizontal en el exterior se ha simulado con Dialux el día más oscuro del año, con cielo cubierto a las 11h en Valencia. Es por ello que se utiliza el cielo cubierto como condición de mínimo, garantizando un nivel de iluminación mínimo dentro de los edificios durante todo el año.

Utilizando el valor estándar de 3000 luxes se tiene menos de la mitad de la iluminación horizontal en el exterior. Utilizando este valor, se podría dar el caso que al simular a las 11h en cielo cubierto en verano salieran valores de E<sub>m</sub>>2000luxes, valor que en cualquier caso se debe evitar para no tener niveles de iluminación media demasiado elevados.

-f: 0.466

-f': 1

-η: 40%

Utilizando los valores anteriores en la fórmula de la superficie de aberturas teórica el valor obtenido es:

$$S_v=204.5\text{m}^2$$

Este valor es teórico y representa una aproximación a la superficie de aberturas a utilizar en la simulación. Dicho valor podrá variar dependiendo de la distribución de las aberturas. Ya que esta distribución debe estar realizada de una manera uniforme y simétrica.

## **6.4 PROPUESTAS DE SISTEMAS DE ILUMINACIÓN NATURAL.**

### **6.4.1 SIMULACIÓN MEDIANTE DIALUX.**

Hoy en día existen muchos programas que nos facilitan enormemente la tarea de diseñar sistemas de iluminación tanto para interiores como exteriores. Algunos de ellos son: DIALux, Lumenlux, CALCULUX, etc. Para la simulación se ha utilizado la versión DIALux evo. Este programa es del Instituto Alemán de Luminotecnia Aplicada (Deutsches Institut für angewandte Lichttechnik) DIAL y es Osram la empresa que más impulso le está dando.

Es útil para cálculos de iluminación interior, exterior y vial, trabaja con catálogos reales de fábricas europeas.

DIALux incorpora un módulo de iluminación natural para el cálculo de la iluminación.

### **6.4.2 INTRODUCCIÓN DE PARÁMETROS EN DIALux.**

Para el diseño de la planta se ha tenido en cuenta varios factores:

- 1) La ubicación de la planta.

Esta ha sido situada en Valencia, para esta versión de DIALux no es necesaria la introducción de las coordenadas geográficas, ya que en su base de datos contempla las dos coordenadas angulares, latitud y longitud, de diferentes ciudades. Los valores de  $E_a$  utilizados por DIALux dependerán tanto de la ubicación como la fecha y las condiciones atmosféricas.

- 2) Grados de reflexión.

-Paredes 70%

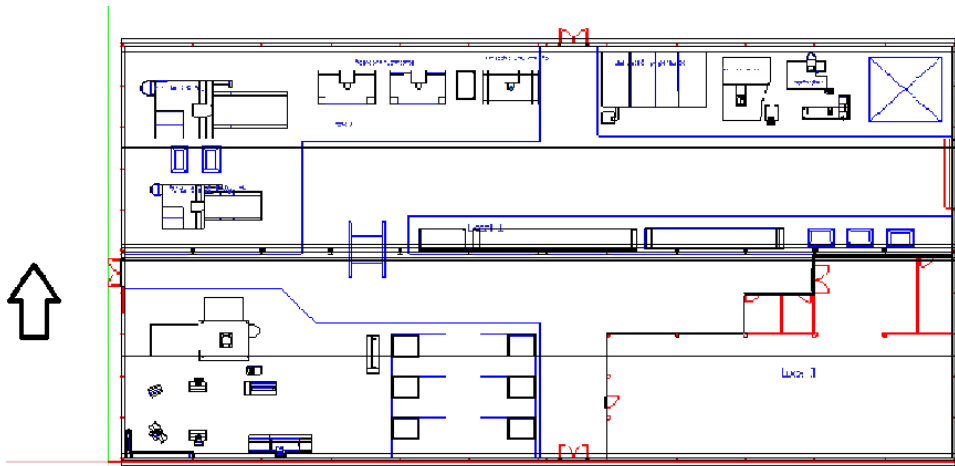
-Suelo 30%

-Techo 70%

-Maquinaria 70%

Para la maquinaria se ha utilizado el mismo grado de reflexión que paredes y techo para facilitar el cálculo al software.

3) La orientación de la planta industrial se observa en la siguiente figura:

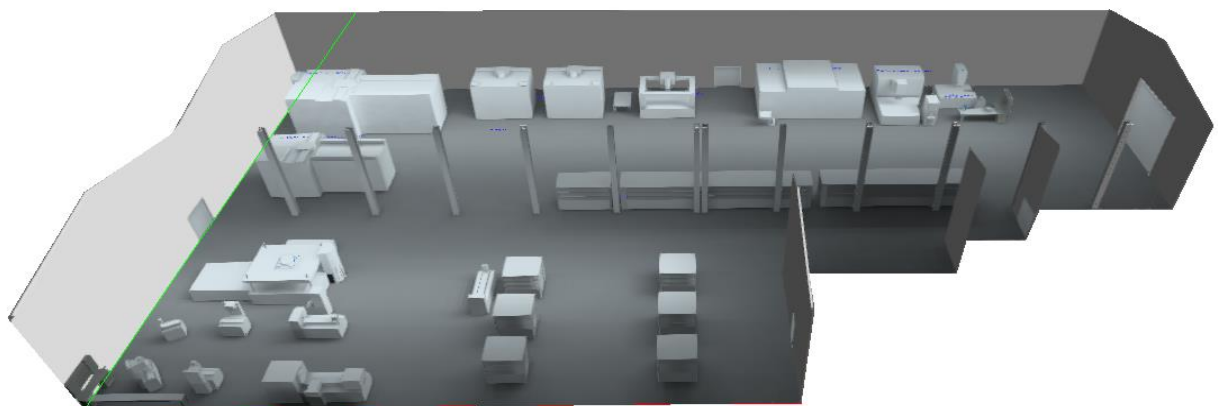


**FIGURA 10: Orientación planta industrial.**

4) Distribución de la maquinaria.

El diseño de las distintas máquinas se ha realizado siguiendo las medidas de diferentes diseños, esto se debe a que la colocación de archivos.3ds provoca el mal funcionamiento del software debido a la gran cantidad de grados de reflexión y la complejidad geométrica de la maquinaria. Solo se han utilizado archivos de este tipo para objetos que contiene la misma librería del programa como: mesas, ordenadores, estanterías, etc.

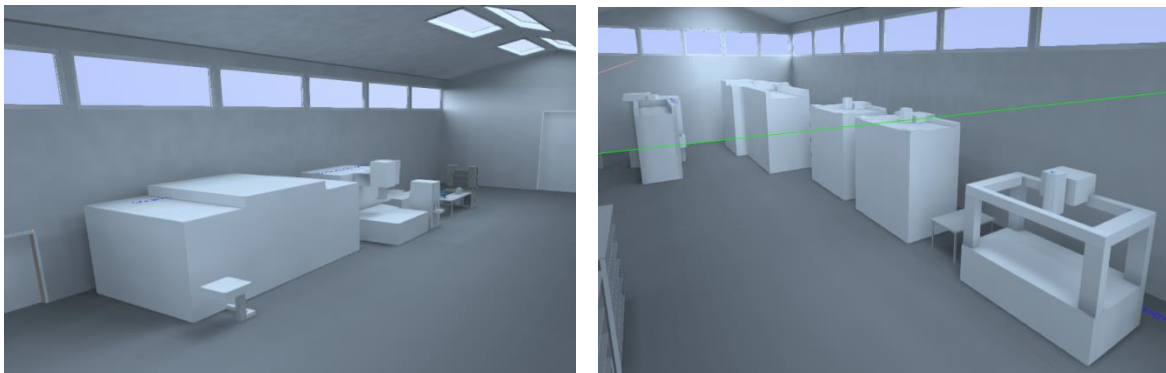
Imágenes con las distintas maquinarias diseñadas en DIALux y su distribución en la nave:



**FIGURA 11: Diseño de las distintas maquinarias en DiaLux y su distribución.**



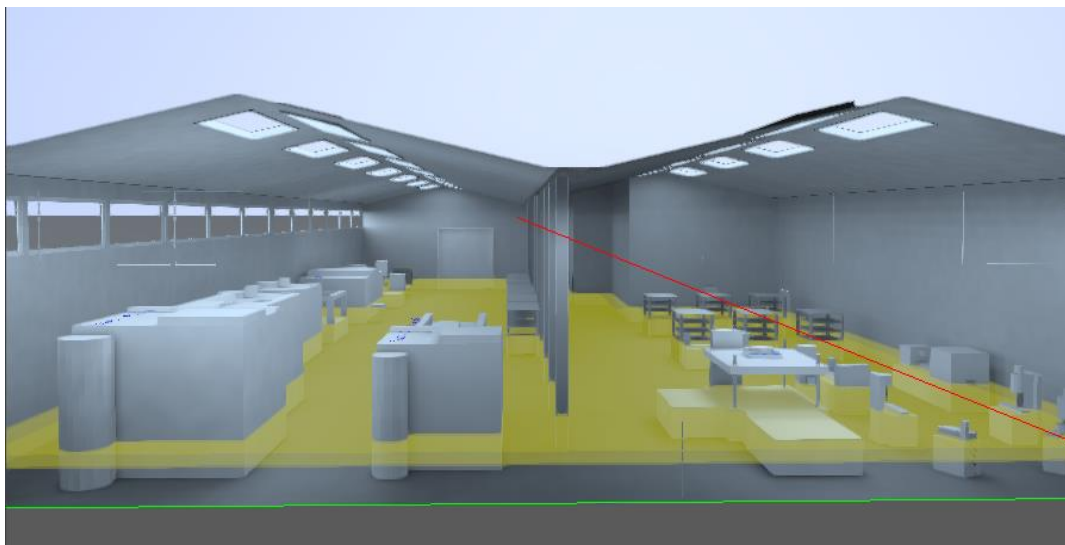
**FIGURA 12:** *Diseño de las distintas maquinarias en DiaLux. Área de pulido.*



**FIGURA 13:** *Diseño de las distintas maquinarias en DiaLux. Áreas de producción.*

##### 5) Plano de trabajo

El nivel de iluminación horizontal media en el interior del local se medirá en el plano de trabajo. El plano de trabajo seleccionado es el que da por defecto DIALux que es igual a 0.85 m.



**FIGURA 14:** *Plano de trabajo.*

## 6) Datos de escena de luz

DIALux permite calcular cualquier fecha y hora del año. Para este ensayo se van a realizar tres horas distintas, tanto para el día más corto como más largo del año y para las tres escenas de luz posible que son: cielo cubierto, cielo parcialmente cubierto y cielo despejado.

Tanto el ensayo de cielo parcialmente cubierto como despejado no se analizarán en las distintas propuestas, pero sus resultados se pueden ver en el Anexo 1.

Las horas seleccionadas para el cálculo han sido las 9, 10,11 horas, ya que son horas donde se trabaja a pleno rendimiento y valor de nivel de iluminación horizontal en el exterior varia. Con los resultados obtenidos en estas horas se podrá predecir el resto de horas.

El día al año donde se pueden tener más problemas de iluminación natural por falta de luz será el más corto y este es el 10/12.

Mientras que el día más largo del año puede provocar problemas de niveles de iluminación demasiado elevados, y este es el 21/6.

Por tanto el resto de días del año se encontrarán entre los valores de estos dos días y por tanto si estos dos días cumplen el resto también lo hará.

### **6.4.3 PROPUESTA 1.**

Como primera propuesta se ha realizado una propuesta de iluminación mixta con el objetivo de conseguir una distribución uniforme entre la intensidad lumínica mínima y máxima. Hay que tener en cuenta que el diseño de luminarias se realizará para que en un futuro la nave pueda tener un uso distinto por tanto se buscará una distribución simétrica.

Los cinco objetivos principales que se persiguen en dicho diseño son:

1. Obtención de la intensidad de iluminación media ( $E_m$ ) de toda la planta.
2. Obtención de la intensidad de iluminación media ( $E_m$ ) de cada zona de la distribución en planta particular. Esto no siempre será posible ya que dependiendo de la hora se obtendrá un valor u otro.

Para que los valores sean correctos se buscará, que en cielo cubierto en invierno cumplan parte de los valores y en el resto de simulaciones cumplan la mayoría, tanto en las zonas donde no cumplan como en zonas donde el nivel de iluminación requerido sea de un valor elevado se estudiará la utilización de iluminación artificial.



3. Alcanzar un factor de uniformidad global adecuado para cada zona.
4. Evitar los deslumbramientos directos producidos por la luz solar.
5. Evitar valores de iluminación media muy elevados. En torno a los 1000 y 2000 luxes.

Para la determinación de la superficie de aberturas a utilizar se va a realizar con un valor similar al obtenido por el método analítico ( $204.5\text{m}^2$ ) ya que este sirve como referencia.

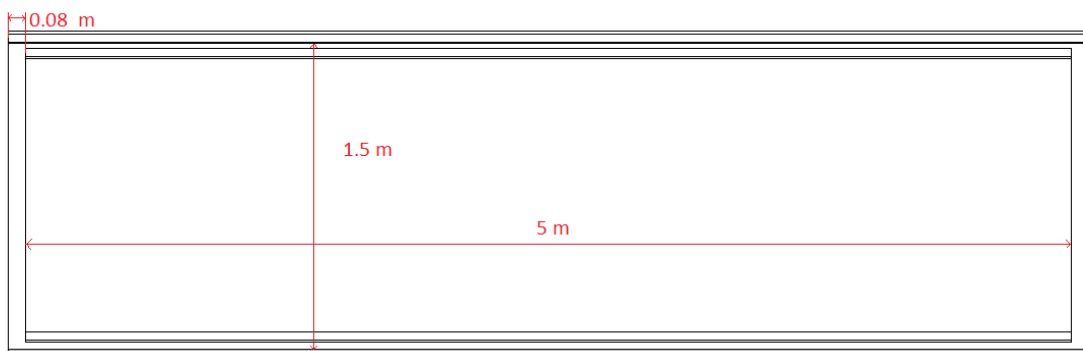
La superficie total de aberturas utilizadas para esta primera proposición es de  $274\text{m}^2$  para una superficie total de  $1490\text{m}^2$ . De ahí también habrá que diferenciar entre los distintos tipos de aberturas. De los  $274\text{m}^2$  se han utilizado  $105\text{m}^2$  en lucernario y el resto son ventanas distribuidas tanto en la fachada Norte del edificio como en la Este. Debido a que la nave se sitúa en el hemisferio Norte, se desea que en invierno el Sol no dé directamente a las ventanas, por tanto, tiene que estar orientada hacia el Norte. Así se evitará grandes niveles de iluminación y así evitar los deslumbramientos.

El uso de ventanas en la cara Este es debido a que se dispone de más superficie de fachada para la colocación de ventanas en comparación con la cara Oeste.

Las dimensiones tanto de los lucernarios como ventanas son:

-Lucernarios:

Altura	1.5 m
Anchura	5 m
Anchura de marco	0.08 m



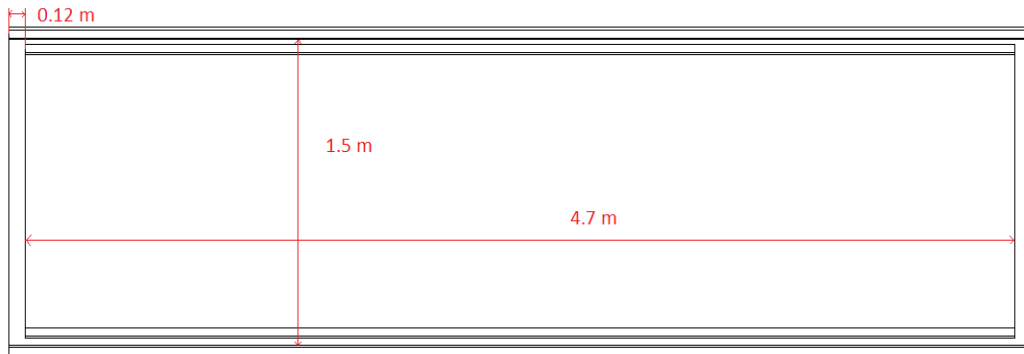
**FIGURA 15:** Acotación de los lucernarios.

-Ventanas fachada Norte:

Altura 1.5m

Anchura 4.7 m

Anchura de marco 0.12 m



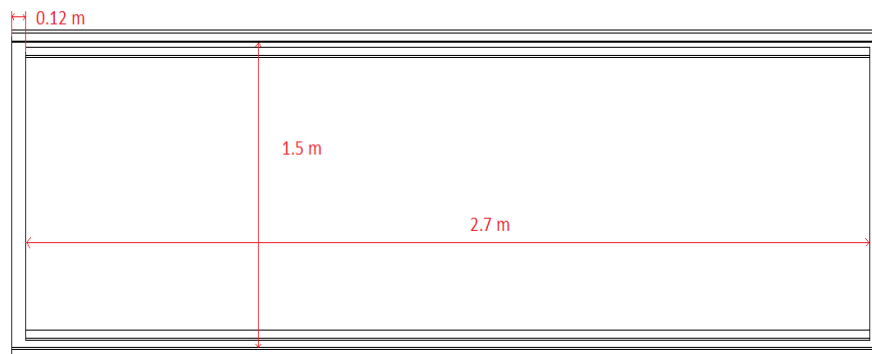
**FIGURA 16: Acotación de las ventanas fachada Norte.**

-Ventanas fachada Oeste:

Altura 1.5m

Anchura 2.7 m

Anchura de marco 0.12 m



**FIGURA 17: Acotación de las ventanas fachada Oeste.**

En el diseño de los lucernarios los travesaños intermedios no se han tenido en cuenta para el cálculo de la iluminación.

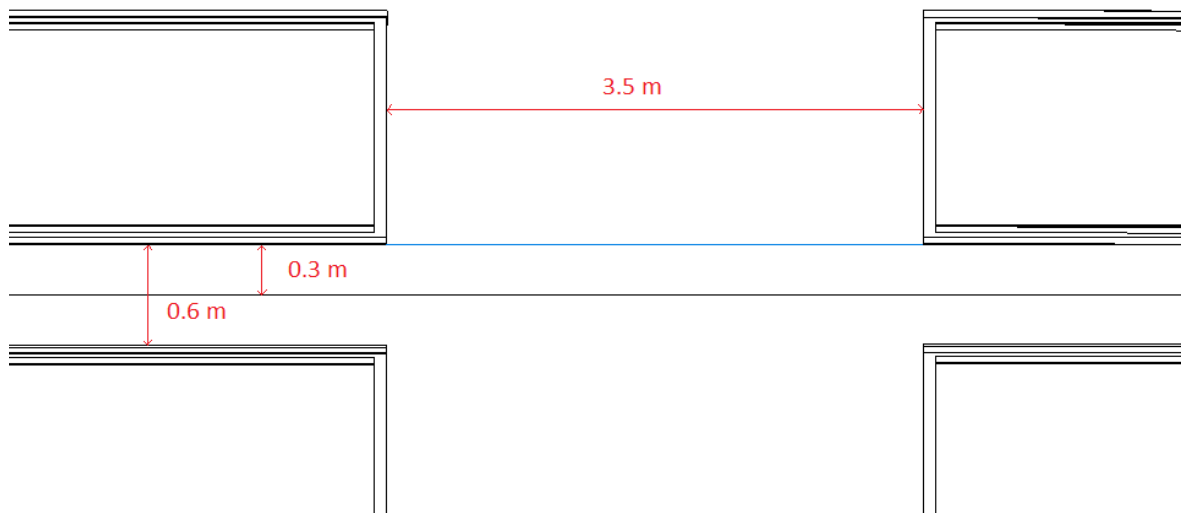
En el diseño de la iluminación para la nave industrial se van a utilizar 22 lucernarios y 22 ventanas para intentar conseguir una uniformidad alta.

Los lucernarios se colocarán próximos a la cumbrera del edificio, a una distancia de 0.3 m tanto en un faldón como en el otro.

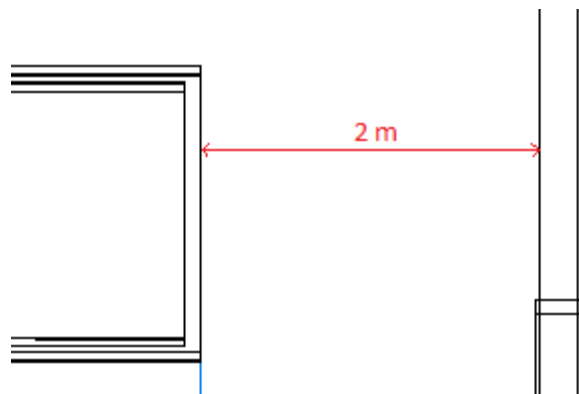
Como se ha dicho anteriormente el diseño debe ser simétrico. En uno de los faldones se situarán 7 lucernarios por cada faldón del tejado a dos aguas mientras que en el otro 4 por lado en cada faldón.

La separación entre cada lucernario será de 3.5 m. los lucernarios que se encuentran en los extremos tendrán una separación hasta el pórtico de fachada de 2 m, así se podrá conseguir la simetría buscada.

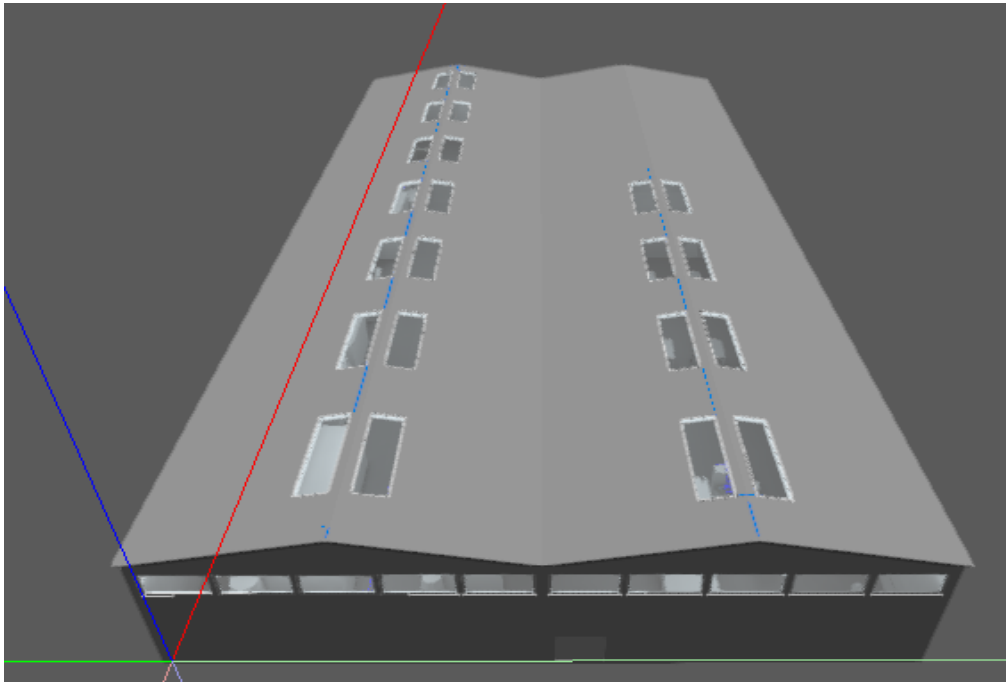
Imágenes de acotación entre lucernarios:



**FIGURA 18:** *Acotación distancia entre los lucernarios.*



**FIGURA 19:** *Acotación de los lucernarios hasta pórtico de fachada.*



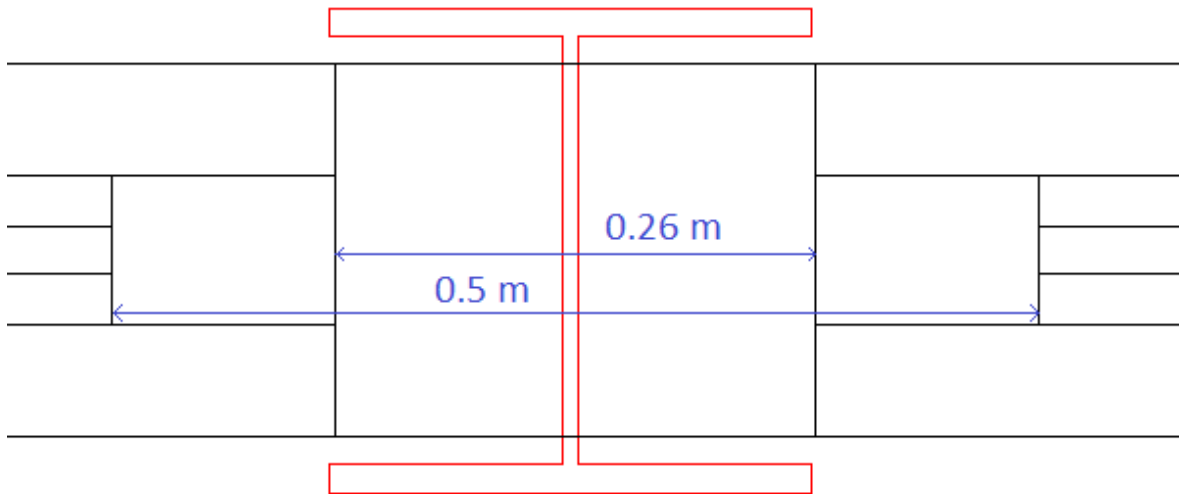
**FIGURA 20: Diseño de los lucernarios 3D.**

Como se puede observar en la imagen en 3D la distribución de los lucernarios es simétrica respecto a la cumbrera. Hay que tener en cuenta en la nave de la derecha que los lucernarios no ocupan todo el tejado a dos aguas ya que la parte no iluminada corresponde a la zona de oficinas, comedor, vestuarios, etc. Esta zona cuenta con dos plantas y ocupa toda la altura de la nave.

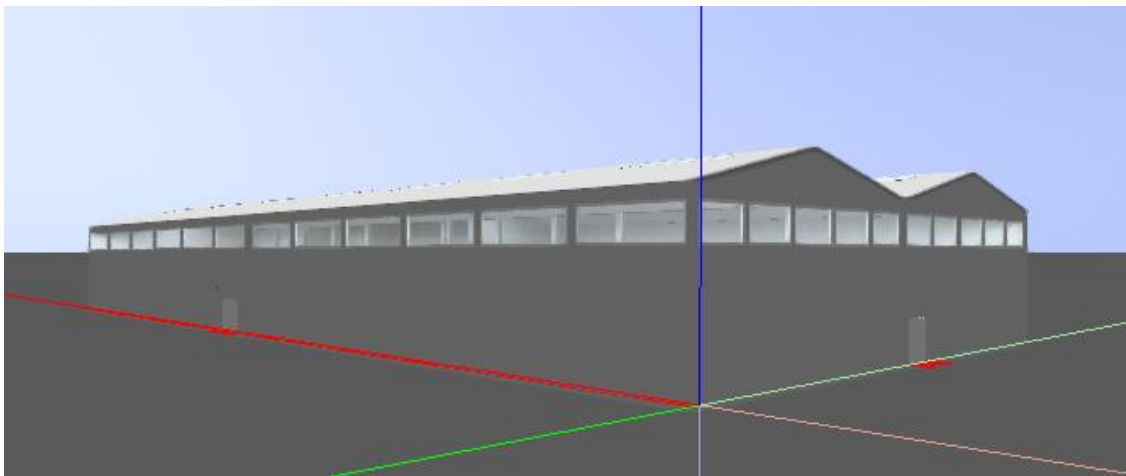
Las ventanas se colocarán 12 por la cara Norte, una entre cada pórtico y con las medidas descritas anteriormente. Habrá una separación entre marcos de 0.26m y una separación de 0.5 m entre el hueco de las ventanas.

En la fachada Oeste del edificio se colocarán 10 ventanas una entre cada pórtico con sus medidas correspondientes.

Por otra parte, cuanto más altas se dispongan las ventanas sobre el suelo menor será la iluminación, sin embargo la uniformidad es mayor y el punto con iluminación igual a la media horizontal se desplaza hacia el interior del edificio. La separación de los marcos como de las aberturas será el mismo que el de la cara Norte. La altura desde el suelo hasta el alféizar será de 5 m.



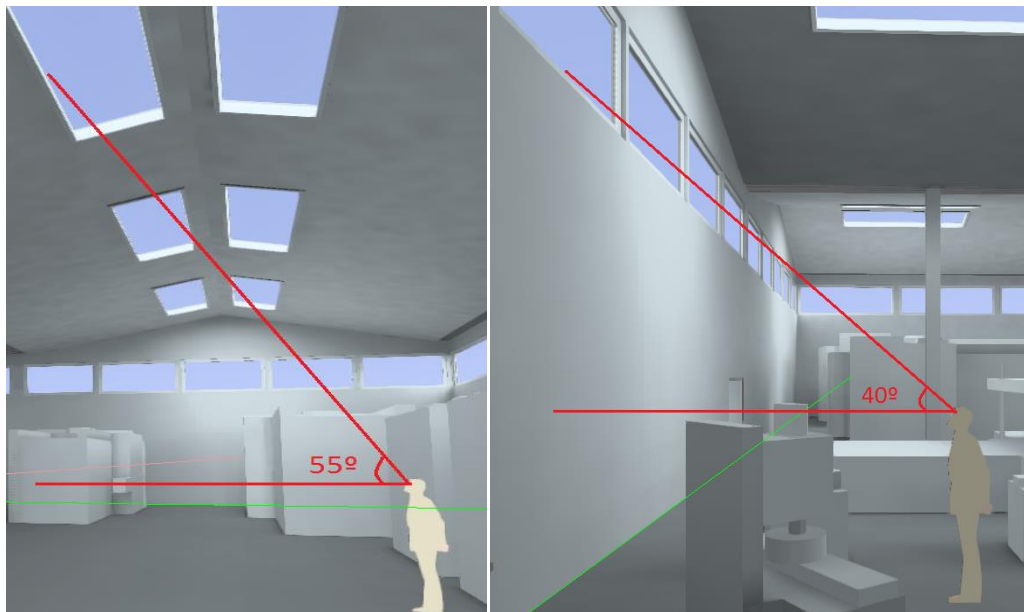
**FIGURA 21:** *Acotación distancia entre ventanas tanto fachada Norte como Oeste.*



**FIGURA 22:** *Diseño de las ventanas tanto orientadas al Norte como al Sur en 3D.*

Primero se va a realizar la comprobación del deslumbramiento, para ello se van a tomar tres puntos distintos críticos para el deslumbramiento, hay que tener en cuenta que tanto las ventanas como los lucernarios orientados hacia Norte no producirán deslumbramiento como se explicó anteriormente.

## DESLUMBRAMIENTO.



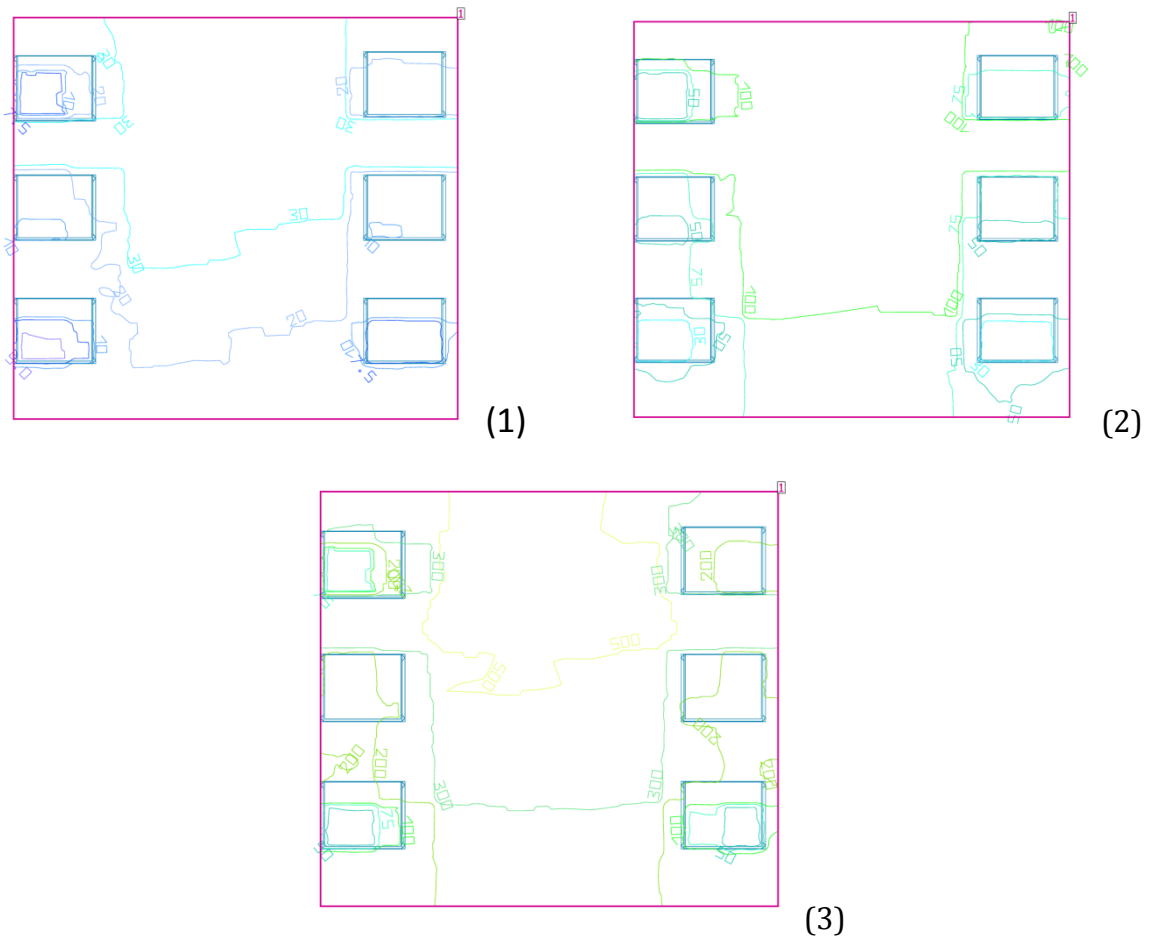
**FIGURA 23: Incidencia de los haces de luz sobre los operarios en tres zonas críticas tanto para los lucernarios como ventanas.**

Como se puede observar en la figura 23 los ángulos obtenidos son mayores de  $30^\circ$  por tanto no habrá problemas de deslumbramiento en los puntos críticos de las diferentes áreas de trabajo.

A continuación se va a proceder al análisis de los resultados obtenidos tras la simulación en los distintos horarios y condiciones:

1) ÁREA DE ALMACÉN 1.(  $E_m$  requerida= 100 luxes)

CIELO CUBIERTO EN INVIERNO.



**FIGURA 24:** Simulación área almacén 1 cielo cubierto invierno en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas.

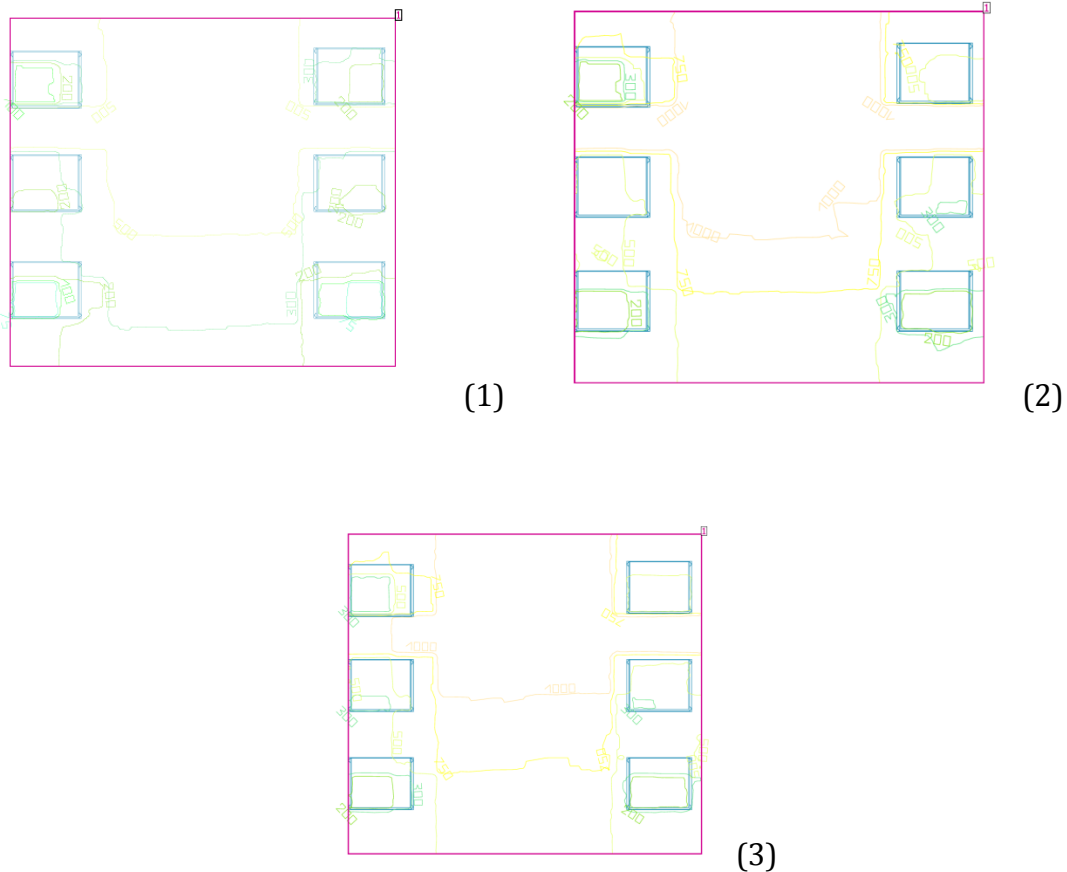
	CIELO CUBIERTO INVIERNO				
	$E_m$ (LUX)	MÍNIMA	MÁXIMA	MIN/MADIA	MIN/MAX
9 HORAS	24	4,78	44	0,199	0,109
10 HORAS	103	21	183	0,204	0,115
11 HORAS	324	41	576	0,127	0,071

**TABLA 11:** Resultados de la simulación área almacén 1, propuesta 1 cielo cubierto invierno.

Empezando por el análisis del área de almacén 1, en la tabla 11 se pueden observar los resultados luminotécnicos. En primer lugar se puede comprobar que el nivel de iluminación medio deseado se acerca bastante al nivel medio requerido ( $E_m$  requerida= 100 luxes). Excepto a las 9 horas cumple tanto a las 10 como a las 11. Entra dentro de los resultados esperados que el valor de iluminación medio requerido no se cumpla para todas las horas de cielo cubierto ya que si no podríamos tener valores de iluminación demasiado elevados en horas de cielo despejado.

Con respecto a la uniformidad, esta es muy baja esto es debido a la situación de las estanterías que provocan sombras. Como se puede observar a las 10 se consigue una mayor uniformidad, aunque esta sigue siendo baja.

**CIELO CUBIERTO VERANO.**



**FIGURA 25: Simulación área almacén 1 cielo cubierto verano en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas.**

	CIELO CUBIERTO VERANO				
	$E_m$ (LUX)	MÍNIMA	MÁXIMA	MIN/MADIA	MIN/MAX
9 HORAS	411	52	735	0,127	0,071
10 HORAS	793	101	1418	0,127	0,071
11 HORAS	750	152	1337	0,203	0,114

**TABLA 12: Resultados de la simulación área almacén 1, propuesta 1 cielo cubierto verano.**

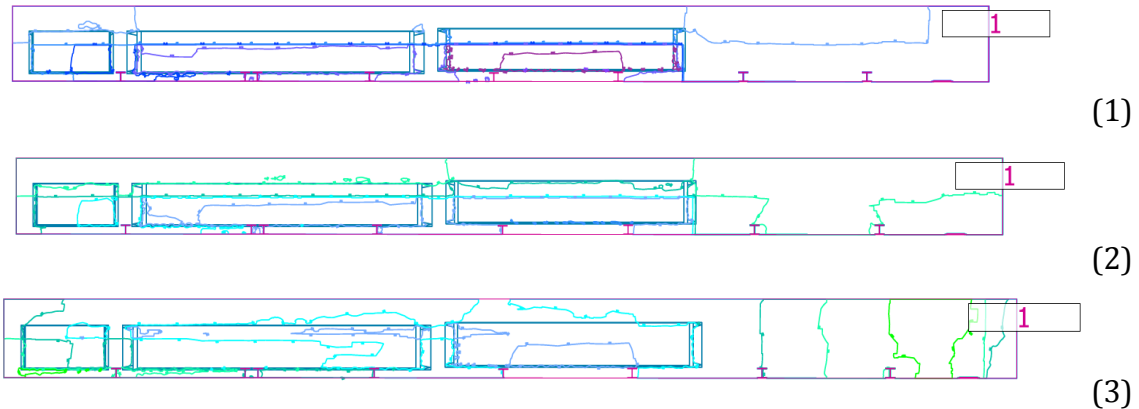
Atendiendo a los resultados luminotécnicos para el área de almacén 1 en cielo cubierto en el día más largo del año. Se puede observar claramente que los valores de iluminación media requerida ( $E_m$  requerida= 100 luxes) se cumple con creces. En estas condiciones de cielo cubierto en verano se puede observar que los valores de iluminación media se encuentran por debajo de los 100 luxes. Por tanto se evitan grandes niveles de iluminación.



Con respecto a la uniformidad se puede observar que aunque en las tres horas tenga un valor más o menos constante sigue teniendo un valor muy bajo debido a la situación de las estanterías como se puede observar en la figura 24.

## 2) ÁREA DE ALMACÉN 2 .( $E_m$ requerida= 100 luxes)

CIELO CUBIERTO EN INVIERNO.



**FIGURA 26:** Simulación área almacén 2 cielo cubierto invierno en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas.

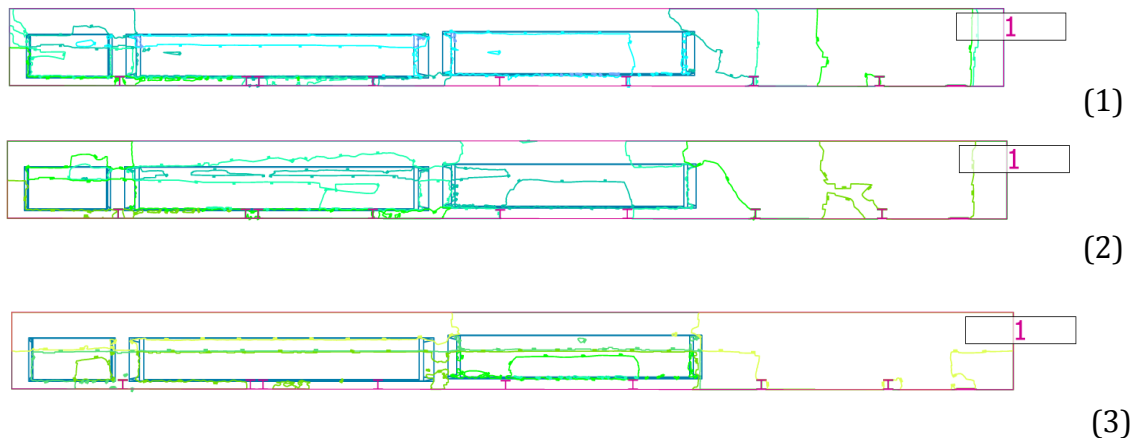
	CIELO CUBIERTO INVIERNO				
	$E_m$ (LUX)	MÍNIMA	MÁXIMA	MIN/MADIA	MIN/MAX
9 HORAS	13	1,9	23	0,146	0,083
10 HORAS	57	8,37	98	0,147	0,085
11 HORAS	48	13	123	0,271	0,106

**TABLA 13:** Resultados de la simulación área almacén 2, propuesta 1 cielo cubierto invierno.

Como se puede observar tanto en los resultados de la figura 24 y su correspondiente tabla 12, los valores de iluminación media están muy por debajo del nivel de iluminación media requerido ( $E_m$  requerida= 100 luxes). El valor de iluminación media a las 10 es el más elevado, esto es debido a que a las 11 se generan más sombras, que al igual que se comentó anteriormente, esto es debido a la distribución de las estanterías.

La uniformidad mantiene un valor bastante constante en las tres horas pero es muy baja. Como se puede observar en la figura 24, esto es debido por que los valores de iluminación en torno a las estanterías es muy bajo, pero en la zona de circulación se puede observar que la uniformidad es mayor.

## CIELO CUBIERTO EN VERANO.



**FIGURA 27: Simulación área almacén 2 cielo cubierto verano en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas.**

	CIELO CUBIERTO VERANO				
	Em (LUX)	MÍNIMA	MÁXIMA	MIN/MADIA	MIN/MAX
9 HORAS	60	17	155	0,283	0,11
10 HORAS	116	32	299	0,276	0,107
11 HORAS	412	60	715	0,146	0,084

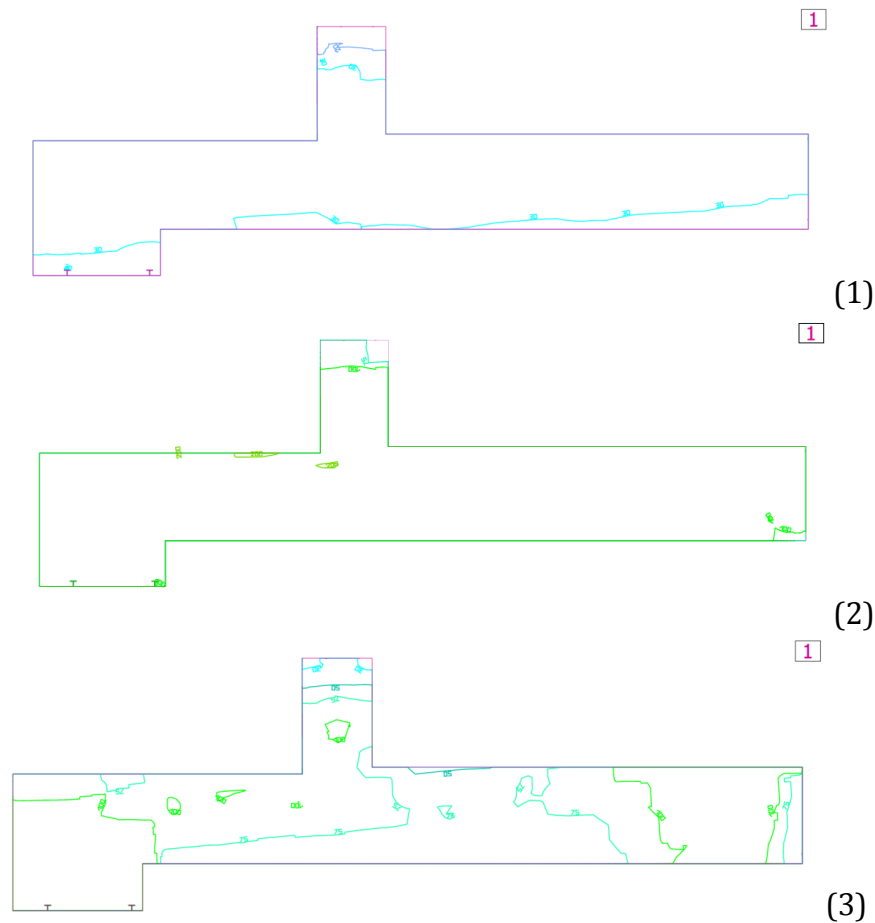
**TABLA 14: Resultados de la simulación área almacén 2, propuesta 1 cielo cubierto verano.**

Tras los resultados obtenidos de la simulación de cielo cubierto en verano para el almacén 2 se puede observar que los valores de iluminación media (a pesar de dos de ellos cumplir con el nivel de iluminación requerido, ( $E_m$  requerida= 100 luxes), son bajos para las condiciones calculadas.

La uniformidad se mantiene con unos valores similares a los obtenidos en el ensayo a cielo cubierto en invierno como se puede observar en la tabla 12. Esto es debido a que aunque se aumente el valor de la iluminación horizontal en el exterior las sombras producidas por las estanterías provocan un aumento muy débil de la iluminación mínima.

3) ÁREA DE CIRCULACIÓN 1.(  $E_m$  requerida= 150 luxes)

CIELO CUBIERTO INVIERNO.



**FIGURA 28:** Simulación área de circulación 1 cielo cubierto invierno en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas.

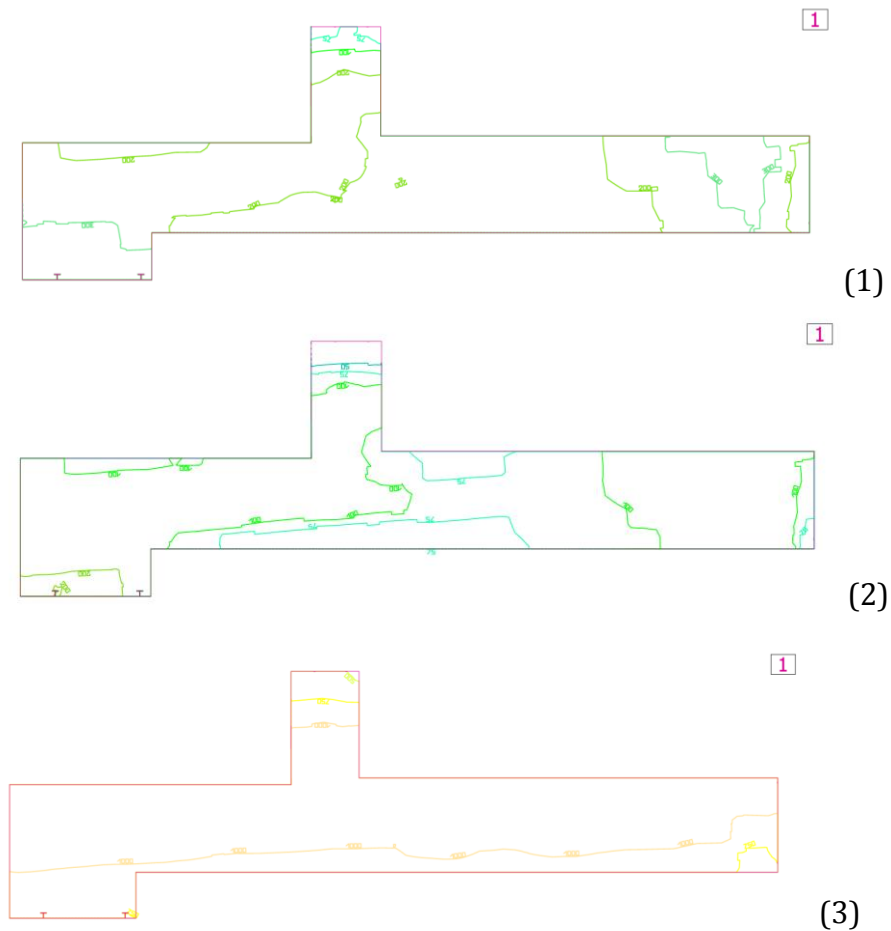
	CIELO CUBIERTO INVIERNO				
	Em (LUX)	MÍNIMA	MÁXIMA	MIN/MADIA	MIN/MAX
9 HORAS	21	0,45	49	0,021	0,009
10 HORAS	158	63	201	0,399	0,313
11 HORAS	91	25	181	0,275	0,138

**TABLA 15:** Resultados de la simulación área circulación 1, propuesta 1 cielo cubierto invierno.

Una vez obtenidos los cálculos del área de circulación 1 se observa en la tabla 13 que solo se consigue el valor de iluminación media requerida ( $E_m$  requerida= 150 luxes) a las 10. También se puede apreciar que a pesar de que el valor de iluminación horizontal en el exterior a las 11 es mayor, el valor de iluminación máxima es menor, esto puede ser debido a la situación del sol y su ángulo de incidencia sobre las aberturas y a la distancia entre las aberturas y la zona de circulación, esto produce que sea favorable a las 10 horas.

Con respecto a la uniformidad se puede observar que no tiene unos valores similares. A las 9 y 11 horas es muy baja sin embargo a las 10 el valor se encuentra próximo al 40% deseado en áreas de circulación.

**CIELO CUBIERTO VERANO.**



**FIGURA 29: Simulación área de circulación 1 cielo cubierto verano en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas.**

	CIELO CUBIERTO VERANO				
	Em (LUX)	MÍNIMA	MÁXIMA	MIN/MADIA	MIN/MAX
9 HORAS	115	31	231	0,27	0,134
10 HORAS	221	62	449	0,281	0,138
11 HORAS	1152	463	1462	0,402	0,317

**TABLA 16: Resultados de la simulación área circulación 1, propuesta 1 cielo cubierto verano.**

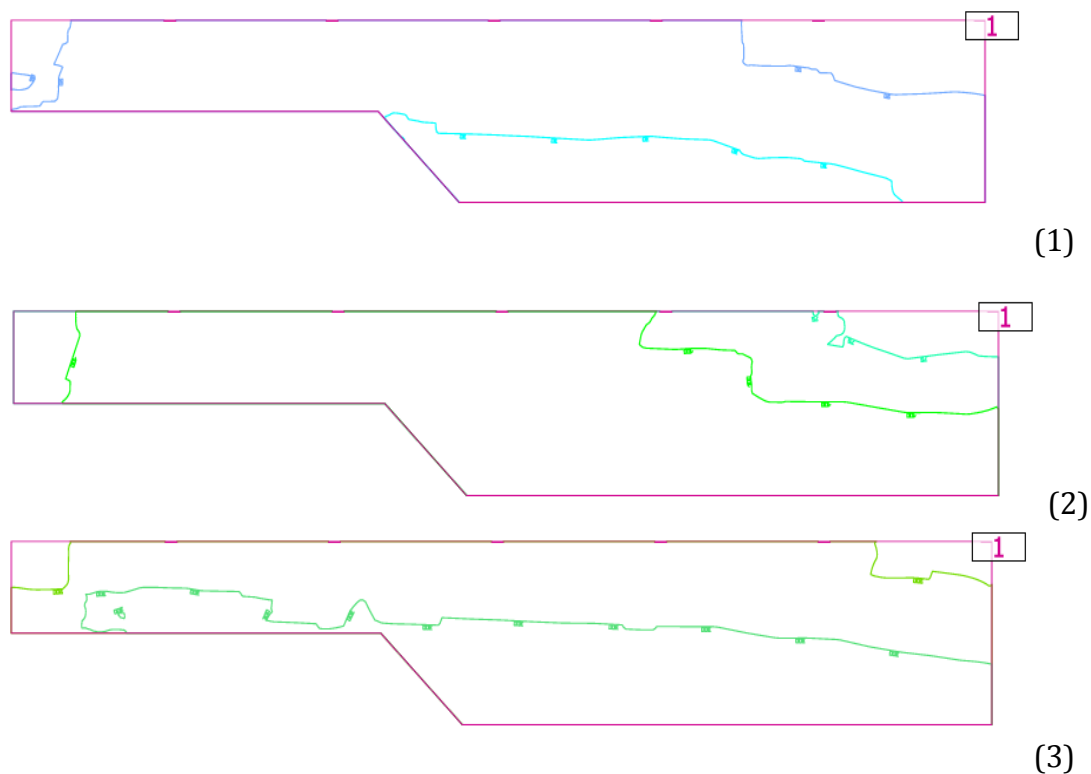
Atendiendo a los resultados luminotécnicos obtenidos en el ensayo del área de circulación 1 con cielo cubierto en verano se puede observar en la tabla 14 que en dos de las tres horas se alcanzan los valores de iluminación media requerida ( $E_m$  requerida= 150 luxes). Pero también se puede observar que a las 11 horas se sobre

pasa el nivel de iluminación máxima deseado de 1000 luxes. Esto podrá producir molestias en la visión de los operarios.

Se puede observar que la uniformidad a las 11 horas está cerca del valor deseado de un 40% y en la figura 26 se puede observar que la uniformidad más alta se encuentra en la zona alejada de la fachada Norte. Como se explicó anteriormente en zonas más alejadas de las aberturas se conseguirá una uniformidad mayor.

4) **ÁREA DE CIRCULACIÓN 2.**( $E_m$  requerida= 150 luxes)

CIELO CUBIERTO INVIERNO.



**FIGURA 30:** Simulación área de circulación 2 cielo cubierto invierno en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas.

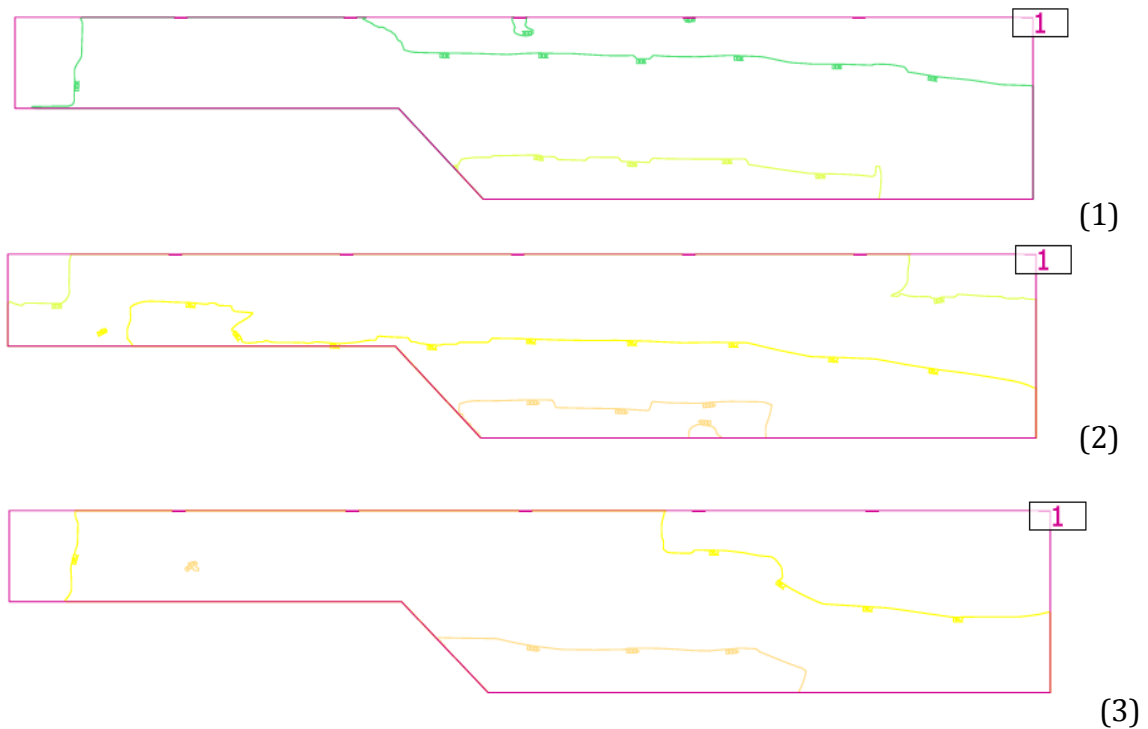
	CIELO CUBIERTO INVIERNO				
	Em (LUX)	MÍNIMA	MÁXIMA	MIN/MADIA	MIN/MAX
9 HORAS	26	16	35	0,615	0,457
10 HORAS	114	68	148	0,596	0,459
11 HORAS	293	169	427	0,577	0,396

**TABLA 17:** Resultados de la simulación área circulación 2, propuesta 1 cielo cubierto invierno.

Tras los resultados obtenidos en la simulación a cielo cubierto en invierno del área de circulación 2, se puede observar que los valores medios de iluminación son bajos comparados con los valores de iluminación media requerida ( $E_m$  requerida= 150 luxes).

Por otra parte se observa que el valor de la uniformidad alcanza valores mayores al 40%, esto es debido a que es un área de circulación y en ella no hay obstáculos que puedan producir grandes sombras.

**CIELO CUBIERTO VERANO.**



**FIGURA 31: Simulación área de circulación 2 cielo cubierto verano en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas.**

	CIELO CUBIERTO VERANO				
	Em (LUX)	MÍNIMA	MÁXIMA	MIN/MADIA	MIN/MAX
9 HORAS	373	211	542	0,566	0,389
10 HORAS	718	409	1037	0,57	0,394
11 HORAS	827	502	1074	0,607	0,467

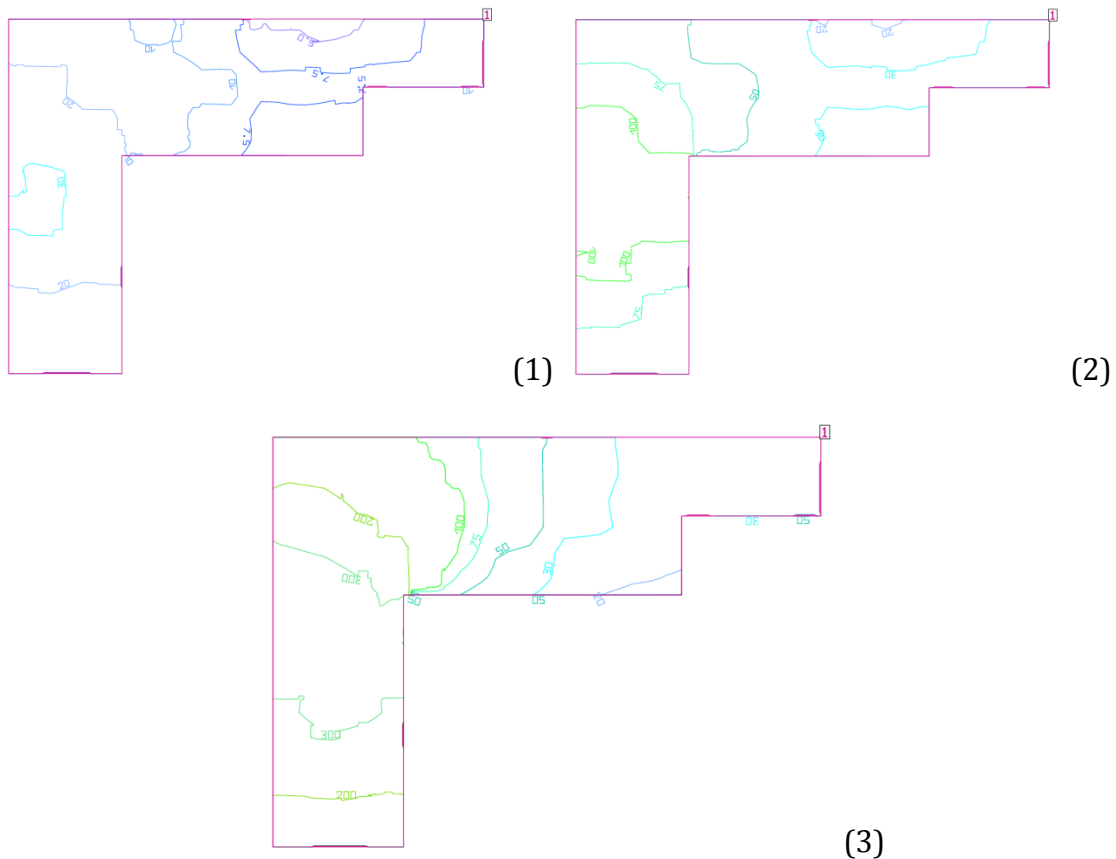
**TABLA 18: Resultados de la simulación área circulación 2, propuesta 1 cielo cubierto verano.**

Como se puede observar tanto en la figura 28 como en la tabla 16 se alcanzan los valores de iluminación media requerida de manera holgada ( $E_m$  requerida= 150 luxes) pero en ningún caso se supera el nivel máximo de iluminación.

En cuanto a la uniformidad se mantiene, como era de esperar, con valores similares a los calculados en la simulación en cielo cubierto en invierno y se encuentran dentro de los parámetros deseados.

5) **ÁREA DE CIRCULACIÓN 3.** ( $E_m$  requerida= 150 luxes)

CIELO CUBIERTO INVIERNO.



**FIGURA 32:** Simulación área de circulación 3 cielo cubierto invierno en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas.

	CIELO CUBIERTO INVIERNO				
	Em (LUX)	MÍNIMA	MÁXIMA	MIN/MADIA	MIN/MAX
9 HORAS	15	4,52	31	0,301	0,146
10 HORAS	62	19	130	0,306	0,146
11 HORAS	156	18	418	0,115	0,043

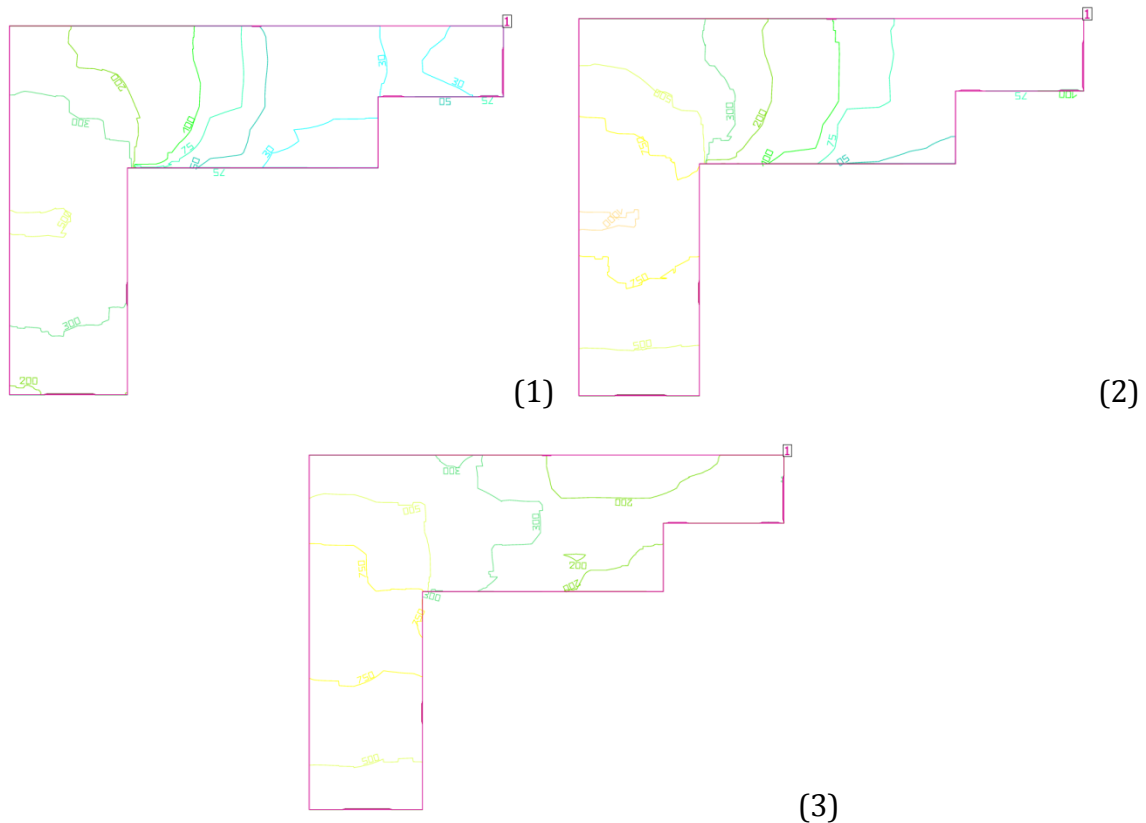
**TABLA 19:** Resultados de la simulación área circulación 3, propuesta 1 cielo cubierto invierno.

Después de la obtención de los resultados luminotécnicos se puede observar que tanto los valores de iluminación media como los de uniformidad son muy bajos. Esto puede ser debido tanto a la disposición de la nave como a la distribución de las

aberturas. Para conseguir una mejora se deberá estudiar la necesidad de una nueva distribución de los lucernarios o la colocación de luz artificial.

Se puede observar en la tabla 16 que el valor de intensidad media requerido ( $E_m$  requerida= 150 luxes) solo es alcanzado a las 11 horas. Mientras que los valores de uniformidad están en torno al 10% que es un valor muy lejano del 40% deseado.

**CIELO CUBIERTO VERANO.**



**FIGURA 33: Simulación área de circulación 3 cielo cubierto verano en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas.**

	CIELO CUBIERTO VERANO				
	Em (LUX)	MÍNIMA	MÁXIMA	MIN/MADIA	MIN/MAX
9 HORAS	198	23	523	0,116	0,044
10 HORAS	382	44	1027	0,115	0,043
11 HORAS	454	141	940	0,311	0,15

**TABLA 20: Resultados de la simulación área circulación 3, propuesta 1 cielo cubierto verano.**

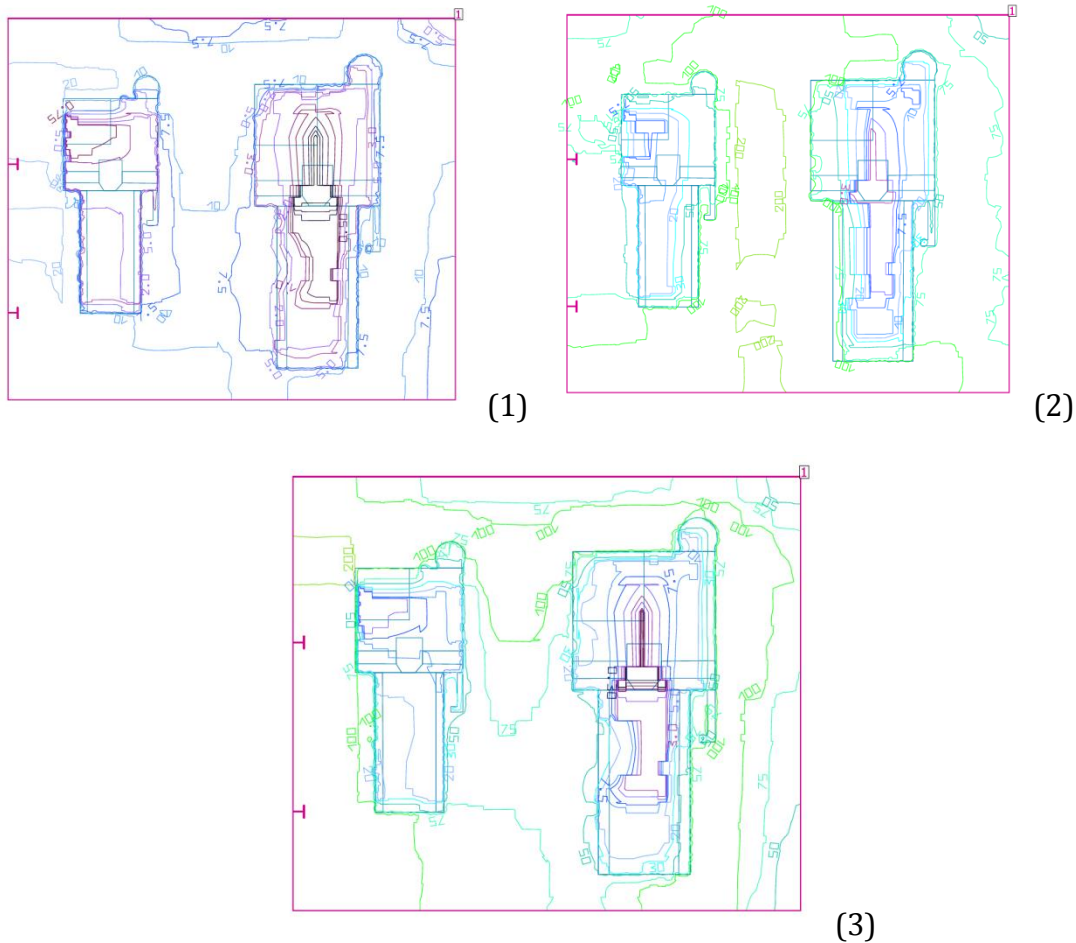
Atendiendo a los resultados obtenidos en el ensayo a cielo cubierto en verano para el área de circulación 3 se puede observar que los valores de iluminación media superan el valor medio requerido ( $E_m$  requerida= 150 luxes) y no superan en ningún caso el valor de iluminación máxima.



Por otro lado la uniformidad sigue siendo muy baja en comparación con la deseada del 40% ya que se mueve en valores entre el 5% y 10%, esto puede ser debido como se dijo en el ensayo a cielo cubierto en invierno tanto a la disposición de la nave como a la distribución de las luminarias.

### 6) ÁREA DE PRODUCCIÓN1. ( $E_m$ requerida= 200 luxes)

CIELO CUBIERTO INVIERNO.



**FIGURA 34: Simulación área de producción 1 cielo cubierto invierno en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas.**

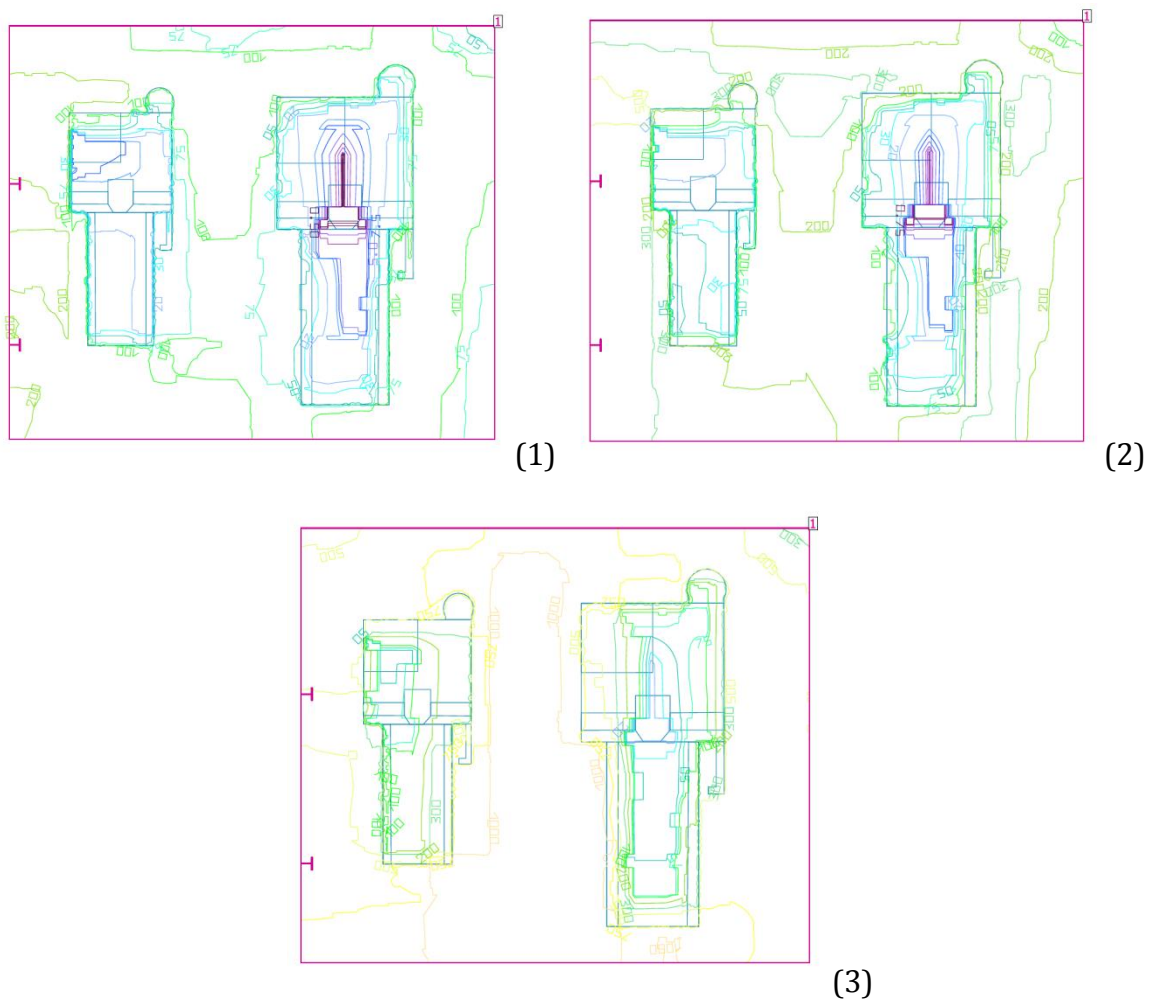
	CIELO CUBIERTO INVIERNO				
	Em (LUX)	MÍNIMA	MÁXIMA	MIN/MADIA	MIN/MAX
9 HORAS	9,94	0,03	28	0,003	0,001
10 HORAS	94	2,05	224	0,022	0,009
11 HORAS	80	0,27	224	0,003	0,001

**TABLA 21: Resultados de la simulación área producción 1, propuesta 1 cielo cubierto invierno.**

Tras el ensayo realizado en la zona de producción 1 en cielo cubierto en invierno se puede observar en la tabla 18, que los valores tanto de iluminación media como los de uniformidad están muy por debajo de lo deseado. Esto como se puede observar en la figura 31 es debido a las sombras creadas en las fresadoras automáticas, ya que como se observa en la tabla 18 los valores mínimos son muy bajos, sin embargo, los valores máximos tiene un valor aceptable.

Observando la figura 31 se puede ver que los valores en las zonas por donde se circula están dentro de unos valores razonables y que los valores más bajos se encuentran en torno a las fresadoras.

#### CIELO CUBIERTO VERANO.



**FIGURA 35:** Simulación área de producción 1 cielo cubierto verano en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas.

	CIELO CUBIERTO VERANO				
	Em (LUX)	MÍNIMA	MÁXIMA	MIN/MADIA	MIN/MAX
9 HORAS	102	0,35	296	0,003	0,001
10 HORAS	197	0,66	542	0,003	0,001
11 HORAS	681	15	1648	0,022	0,009

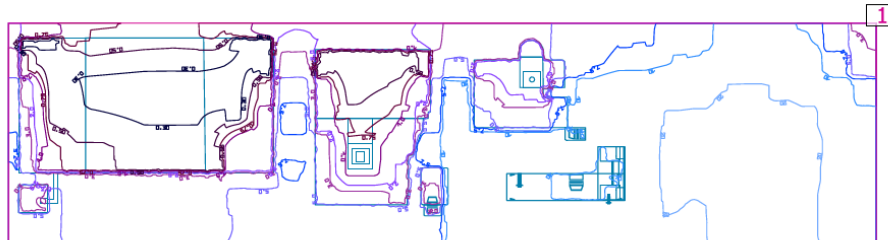
**TABLA 22: Resultados de la simulación área producción 1, propuesta 1 cielo cubierto verano.**

Analizando los resultados obtenidos para la zona de producción 1 en condiciones de cielo cubierto en verano, se puede observar que los resultados son muy parecidos al ensayo en cielo cubierto en invierno. Tan solo cambia que el valor de iluminación máximo aumenta, debido a que el nivel de iluminación exterior ha aumentado.

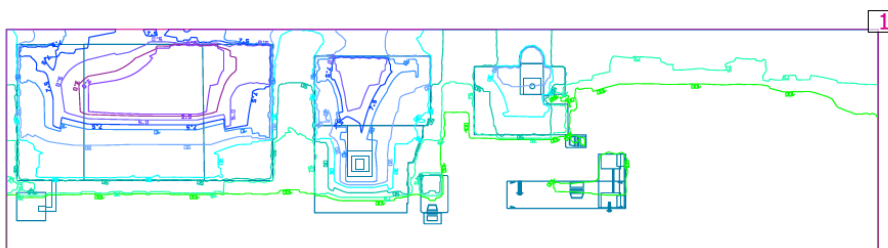
Viendo las imágenes de la figura 32 se puede observar que sigue habiendo niveles de iluminación muy bajos en torno a las fresadoras automáticas y un nivel aceptable en las zonas de circulación. Por tanto se deberá estudiar la posibilidad de la utilización de luminarias, en la distinta maquinaria.

#### 7) ÁREA DE PRODUCCIÓN 2. ( $E_m$ requerida= 200 luxes)

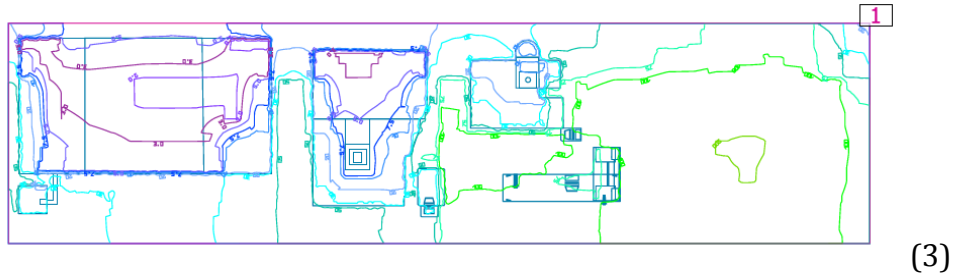
CIELO CUBIERTO INVIERNO.



(1)



(2)



**FIGURA 36: Simulación área de producción 2 cielo cubierto invierno en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas.**

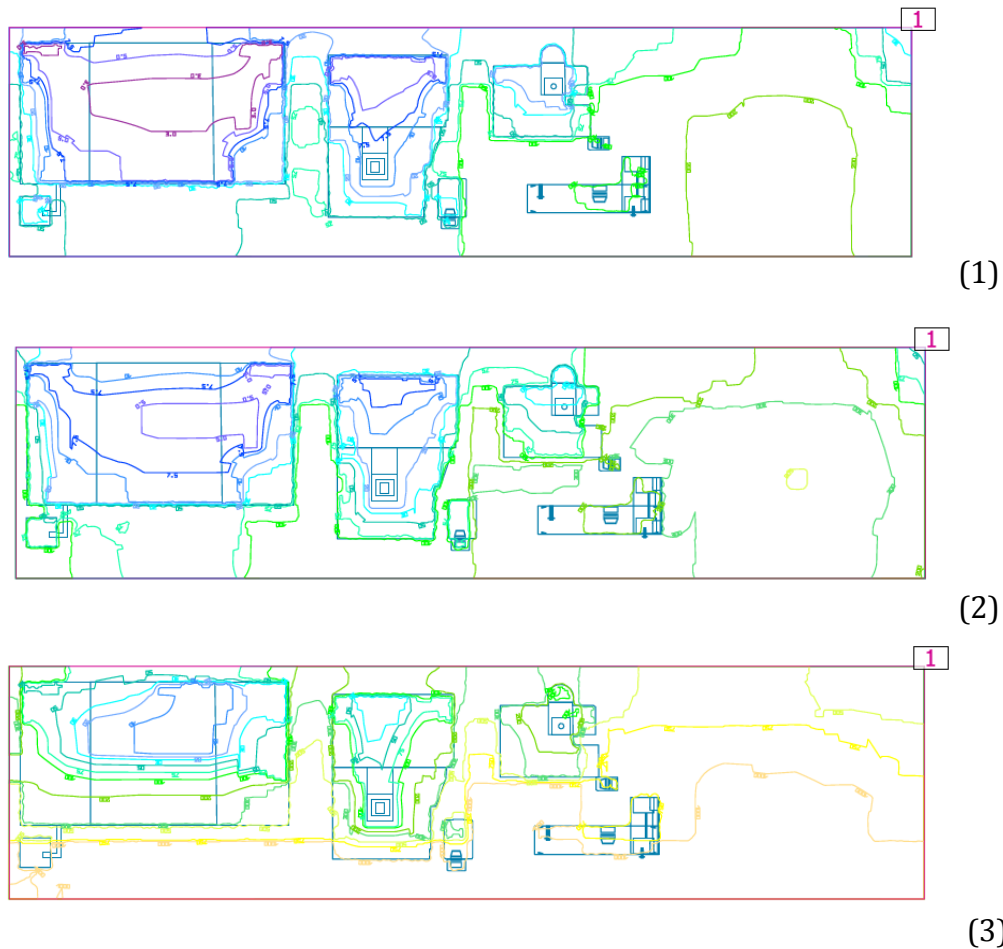
	CIELO CUBIERTO INVIERNO				
	Em (LUX)	MÍNIMA	MÁXIMA	MIN/MADIA	MIN/MAX
9 HORAS	8,04	0,23	26	0,029	0,009
10 HORAS	88	1,09	194	0,012	0,003
11 HORAS	65	1,87	208	0,029	0,009

**TABLA 23: Resultados de la simulación área producción 2, propuesta 1 cielo cubierto invierno.**

Como se puede observar en las isolíneas de la figura 33 del ensayo del área de producción 2 en cielo cubierto en invierno, los resultados obtenidos son similares a los de la figura 31, donde sobre la maquinaria se encuentran las zonas con mayores sombras debido a la geometría de las mismas.

Mientras tanto en las zonas de circulación los niveles tanto de uniformidad como de iluminación tienen un valor aceptable. Para mejorar la uniformidad en torno a las maquinas se estudiará el uso de luz artificial.

CIELO CUBIERTO VERANO.



**FIGURA 37: Simulación área de producción 2 cielo cubierto verano en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas.**

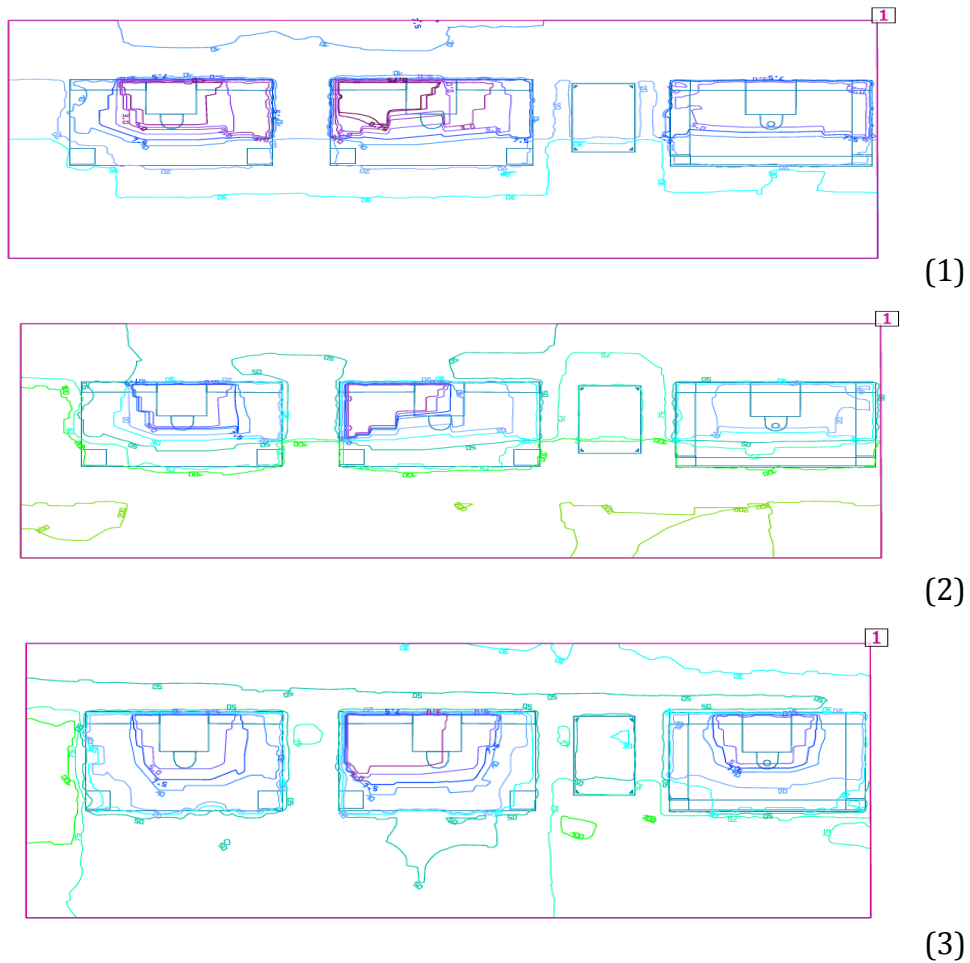
	CIELO CUBIERTO VERANO				
	Em (LUX)	MÍNIMA	MÁXIMA	MIN/MADIA	MIN/MAX
9 HORAS	82	2,37	263	0,029	0,009
10 HORAS	159	4,57	505	0,029	0,009
11 HORAS	641	7,91	1399	0,012	0,006

**TABLA 24: Resultados de la simulación área producción 2, propuesta 1 cielo cubierto verano.**

Tras el ensayo realizado en el área de producción 2 en cielo cubierto en verano, se observa tanto en la figura 34 como en la tabla 21 que hay gran diferencia entre los valores mínimos obtenidos y el máximo. Esto produce una uniformidad muy baja. Por ello se deberá estudiar una nueva distribución de los lucernarios o la utilización de luz artificial.

8) ÁREA DE PRODUCCIÓN 3. ( $E_m$  requerida= 200 luxes)

CIELO CUBIERTO INVIERNO.



**FIGURA 38:** Simulación área de producción 3 cielo cubierto invierno en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas.

	CIELO CUBIERTO INVIERNO				
	Em (LUX)	MÍNIMA	MÁXIMA	MIN/MADIA	MIN/MAX
9 HORAS	23	0,53	50	0,023	0,011
10 HORAS	98	2,61	209	0,027	0,012
11 HORAS	49	2,39	115	0,049	0,021

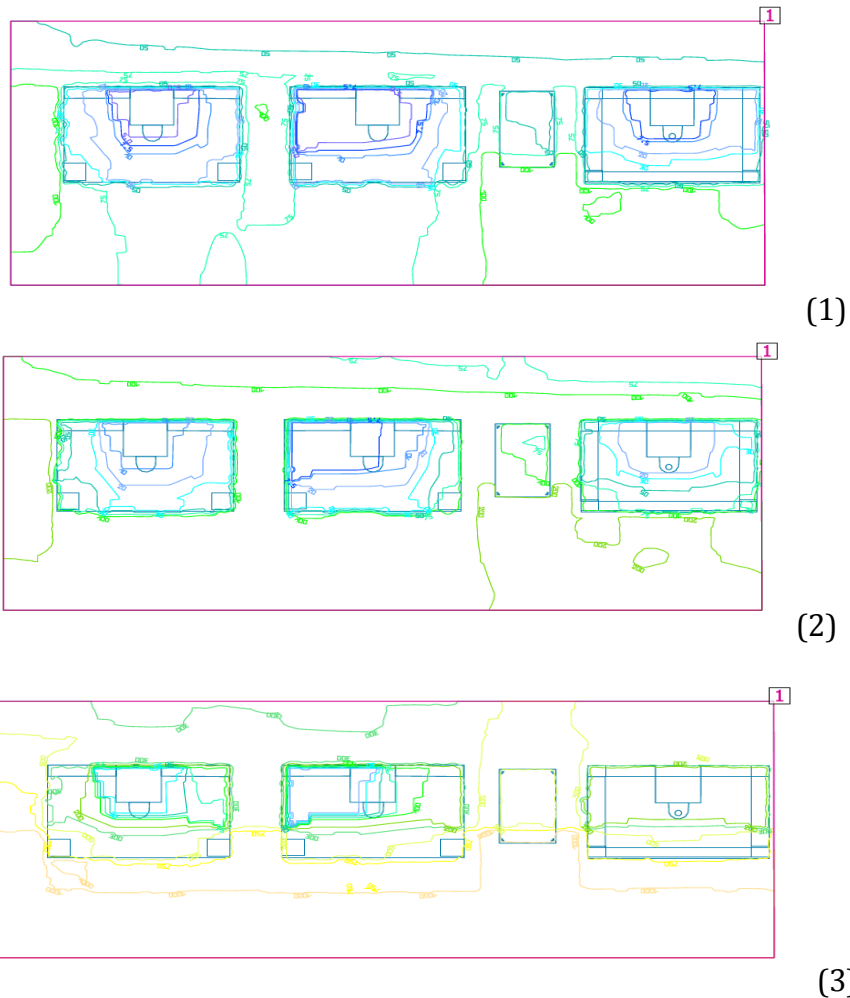
**TABLA 25:** Resultados de la simulación área producción 3, propuesta 1 cielo cubierto invierno.

Tras la obtención de los resultados luminotécnicos para el ensayo del área de producción 3 en cielo cubierto en invierno, se puede observar que los valores de iluminación media en las tres horas está muy por debajo del valor medio requerido ( $E_m$  requerida= 200 luxes), ya no solo por que el valor mínimo sea muy bajo sino que también el valor máximo no alcanza valores muy elevados, esto puede ser debido a la distribución de los lucernarios con respecto a la colocación de la maquinaria.

Con respecto a la uniformidad se puede observar que tiene valores muy similares en los tres casos, estos valores son muy bajos, en torno al 2%.

Para mejorar estos resultados se deberá realizar una nueva distribución de los lucernarios o la utilización de luminarias.

**CIELO CUBIERTO VERANO.**



**FIGURA 39: Simulación área de producción 3 cielo cubierto verano en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas.**

	CIELO CUBIERTO VERANO				
	Em (LUX)	MÍNIMA	MÁXIMA	MIN/MADIA	MIN/MAX
9 HORAS	62	3,03	145	0,049	0,021
10 HORAS	120	5,86	281	0,049	0,021
11 HORAS	714	19	1513	0,027	0,013

**TABLA 26: Resultados de la simulación área producción 3, propuesta 1 cielo cubierto verano.**

Los resultados obtenidos en el ensayo en cielo cubierto en verano para el área de producción 3, se puede observar que en dos de las tres horas no se alcanza el valor de

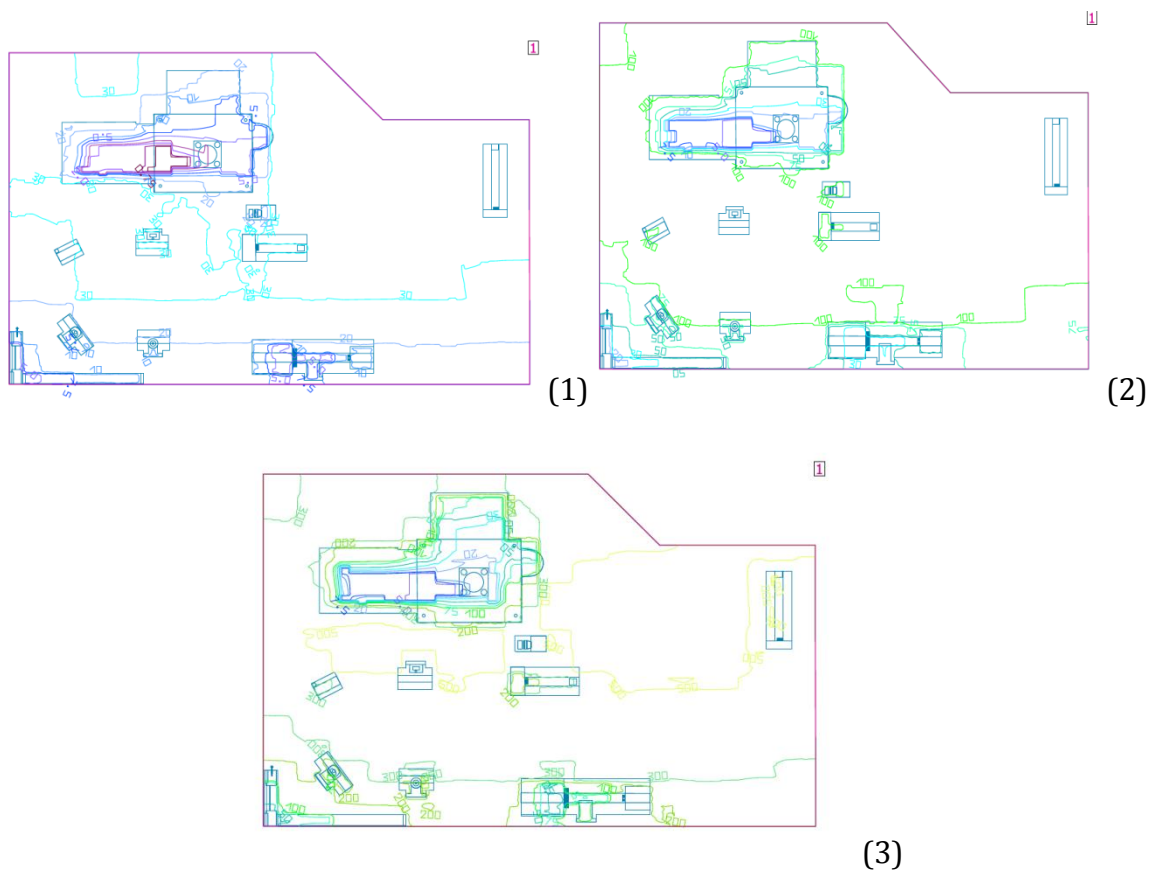
iluminación media requerida ( $E_m$  requerida= 200 luxes), solo a las 11 horas se supera el nivel de iluminación requerida.

Observando la uniformidad se puede ver que esta sigue siendo muy baja ya que el valor máximo ha aumentado pero el mínimo sigue siendo muy bajo. Esto puede ser debido a la geometría de las maquinarias y las sombras creadas por estas.

Para mejorar estos resultados, como se dijo anteriormente, se deberá realizar una nueva distribución de los lucernarios o la utilización de luminarias.

### 9) ÁREA DE PULIDO. ( $E_m$ requerida= 500 luxes)

CIELO CUBIERTO INVIERNO.



**FIGURA 40: Simulación área de pulido cielo cubierto invierno en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas.**



	CIELO CUBIERTO INVIERNO				
	Em (LUX)	MÍNIMA	MÁXIMA	MIN/MADIA	MIN/MAX
9 HORAS	27	0,74	47	0,027	0,016
10 HORAS	119	3,32	199	0,028	0,017
11 HORAS	354	4,28	610	0,012	0,007

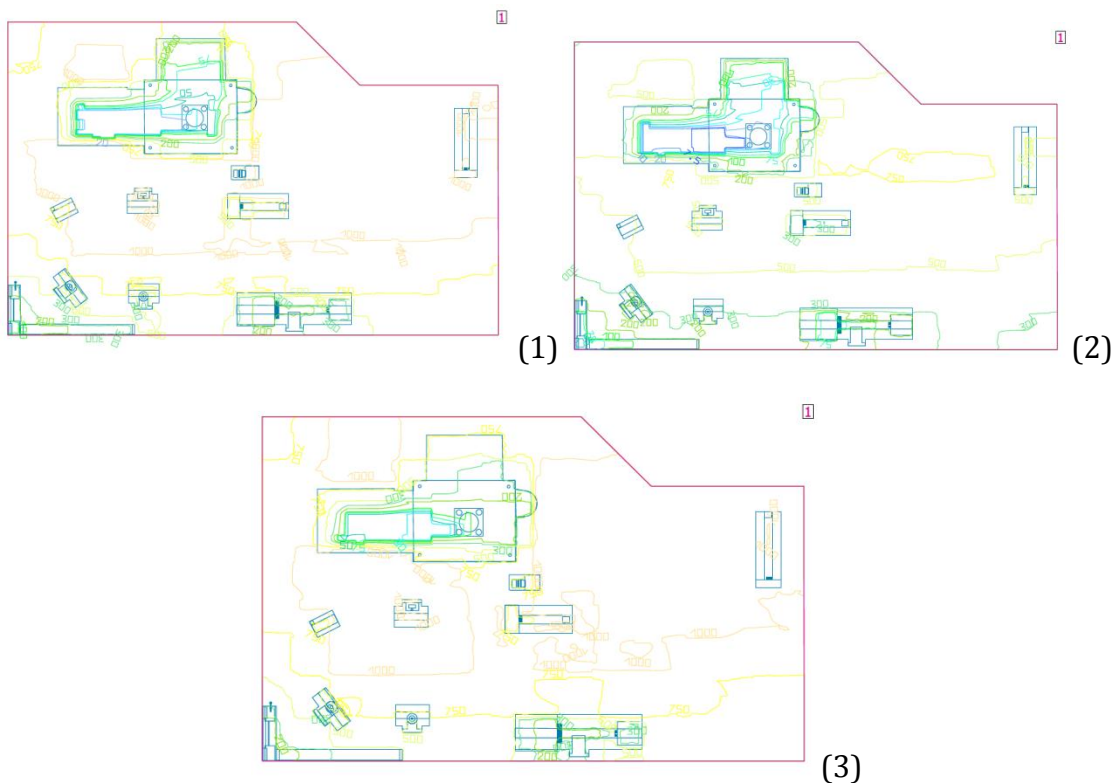
**TABLA 27: Resultados de la simulación área de pulido, propuesta 1 cielo cubierto invierno.**

Tras el ensayo realizado en el área de pulido para cielo cubierto en invierno, se puede observar que el nivel de iluminación media requerida ( $E_{m \text{ requerida}} = 500 \text{ luxes}$ ) tiene un valor considerable, esto es debido a los trabajos que se van a realizar en esta zona.

En cuanto a la uniformidad se puede observar que está en torno al 1%. Esto puede ser debido a la geometría de las maquinas como se puede observar en las isolíneas 30 de la figura 36, donde los niveles más bajos se encuentran sobre ellas.

Para mejorar estos resultados se deberá realizar una nueva distribución de los lucernarios o la utilización de luz artificial.

#### CIELO CUBIERTO VERANO.



**FIGURA 41: Simulación área de pulido cielo cubierto verano en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas.**

	CIELO CUBIERTO VERANO				
	Em (LUX)	MÍNIMA	MÁXIMA	MIN/MADIA	MIN/MAX
9 HORAS	448	5,43	771	0,012	0,007
10 HORAS	865	10	1489	0,012	0,007
11 HORAS	863	24	1439	0,028	0,017

**TABLA 28: Resultados de la simulación área de pulido, propuesta 1 cielo cubierto verano.**

Analizando los resultados obtenidos en el área de pulido en condiciones de cielo cubierto en verano, se puede observar que a pesar de que el valor de iluminación requerida ( $E_m$  requerida= 500 luxes) es elevado, se ha logrado alcanzar en las 3 zonas.

Sin embargo con respecto a la uniformidad se puede decir que esta a disminuido con respecto al ensayo en cielo cubierto en invierno. Esto puede ser debido a que las sombras creadas son de mayor superficie y por tanto el valor de la uniformidad no supera el 1%. Para mejorar estos resultados se deberá realizar una nueva distribución de los lucernarios.

#### **6.4.4 PROPUESTA DE MEJORA.**

Tras el estudio de la propuesta 1 por zonas, se ha observado que este podría ser mejorado intentando alcanzar mayores niveles de iluminación en algunas zonas como una mayor uniformidad. Por tanto se realizará una nueva propuesta en la cual los objetivos de mejora son:

- 1) Mejorar los niveles de iluminación media, sobre todo en las zonas de producción ya que estos se encuentran muy por debajo del valor medio requerido ( $E_m$  requerida= 200 luxes). En el resto de zonas se debe intentar mantener los niveles o mejorarlos.
- 2) Un aumento de la uniformidad en las distintas zonas. Un aumento considerable de la misma será difícil de conseguir debido a los diferentes obstáculos que se encuentran en la nave industrial.

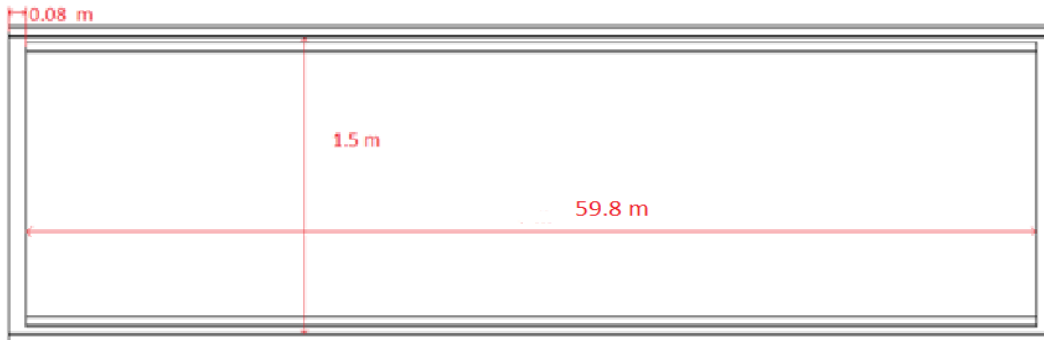
Para conseguir estos dos objetivos de mejora se va a optar por el aumento de la superficie de ventanas en un 5% y se pasará de 274m<sup>2</sup> de ventanas a 285m<sup>2</sup>.

También se buscará una nueva distribución en la cual se usará solo un sistema de iluminación cenital. Con la elección de dicha distribución se buscará una mayor uniformidad.

Si no se alcanzaran los valores deseados se estudiará la colocación de luz artificial en las horas más críticas.

Las dimensiones de los lucernarios de los faldones donde no hay oficinas son:

Altura	1.5 m
Anchura	59.8 m
Anchura de marco	0.08 m

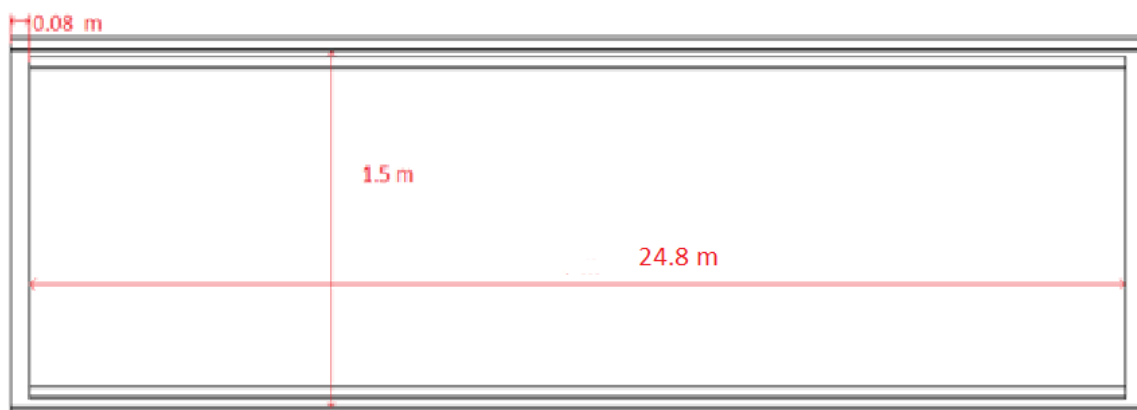


**FIGURA 42: Acotación de los lucernarios.**

La otra cumbre contará con dos lucernarios con las mismas medidas, excepto por la anchura que será de 24,8 m debido a que existe la zona de oficinas que llevará una iluminación diferente que no será calculada en este proyecto.

Las dimensiones de los lucernarios de los otros faldones son:

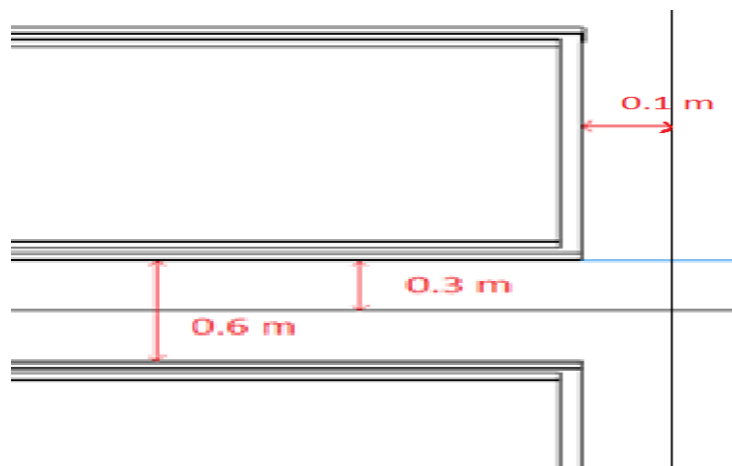
Altura	1.5 m
Anchura	24.8 m
Anchura de marco	0.08 m



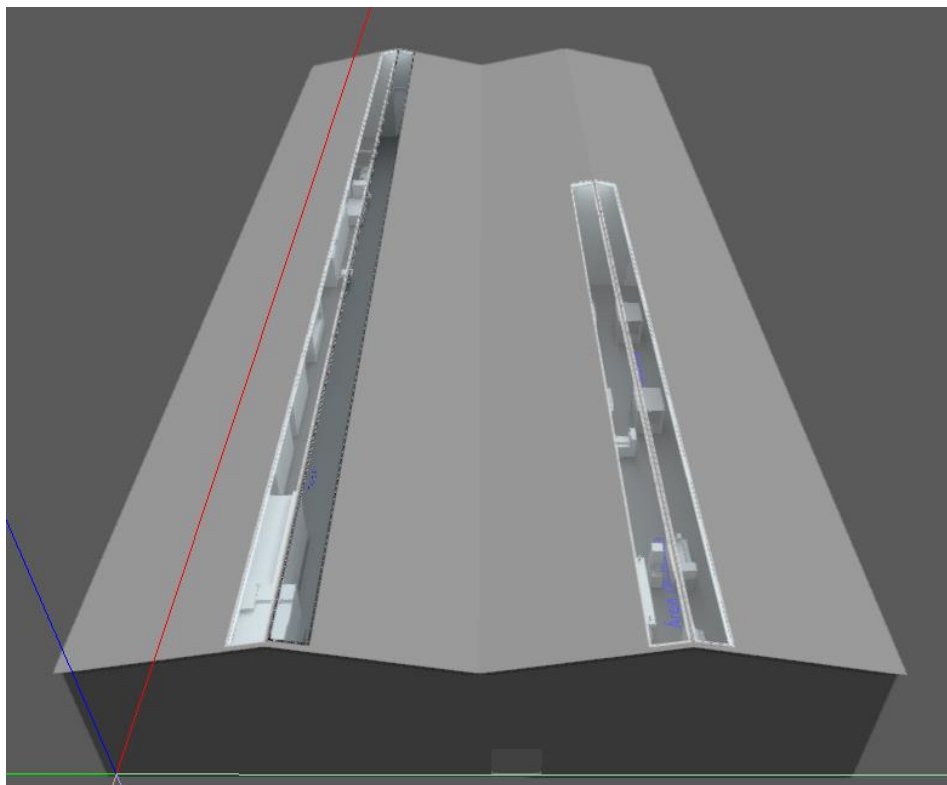
**FIGURA 43: Acotación de los lucernarios.**

La disposición sobre las cubiertas será idéntica a la de la propuesta 1. Habrá una distancia hasta la cumbre de 0.3 m y una distancia entre ellas de 0.6 m. como en la propuesta 1 no se ha tenido en cuenta los travesaños intermedios para el cálculo.

Imágenes de acotación entre lucernarios:



**FIGURA 44:** *Acotación entre los lucernarios y distancia hasta pórtico de fachada.*



**FIGURA 45:** *Diseño en 3D lucernarios propuesta de mejora.*

Como se puede observar en la imagen en 3D se sigue manteniendo un diseño simétrico de los lucernarios, ya que es un diseño en el cual se busca una distribución uniforme de la luz, independientemente del uso que se le vaya a dar en cada zona.

Como se ha dicho anteriormente las luminarias de la derecha de la imagen no llegan hasta el final de la cubierta ya que ahí se sitúan las zonas de oficinas, vestuarios, baños, etc., que no se calcularán en este proyecto.

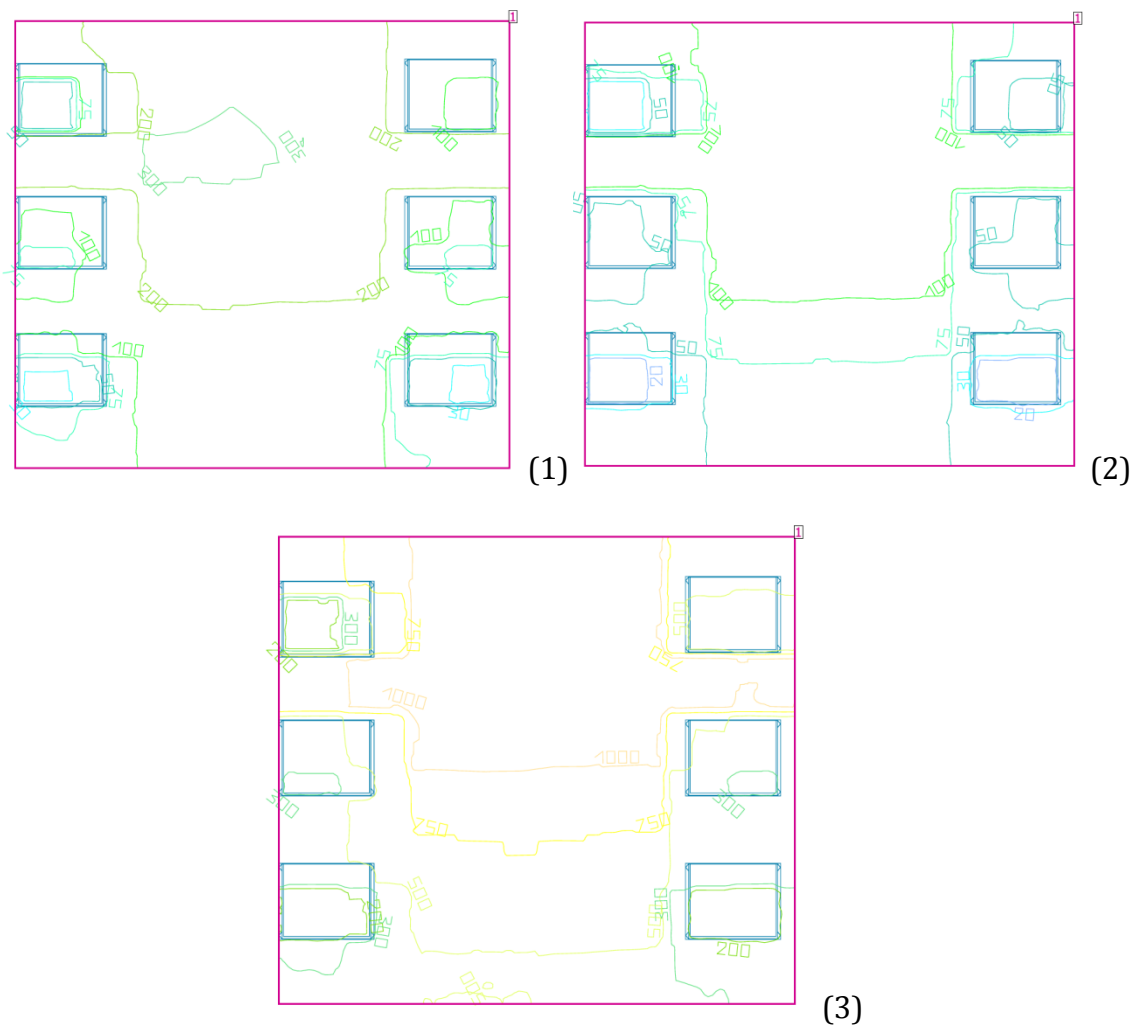
#### DESLUMBRAMIENTO.

Antes de empezar con el cálculo de las distintas áreas se debe estudiar si existe deslumbramiento. La disposición de los lucernarios en los faldones es idéntica que en la propuesta 1 por tanto no existe deslumbramiento.

A continuación se va a proceder al análisis de los resultados obtenidos tras la simulación en los distintos horarios y condiciones para el diseño de mejora propuesto:

#### 1) ÁREA DE ALMACÉN 1.( $E_m$ requerida= 100 luxes)

#### CIELO CUBIERTO INVIERNO.



**FIGURA 46:** Simulación área de almacén 1 cielo cubierto invierno en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas.

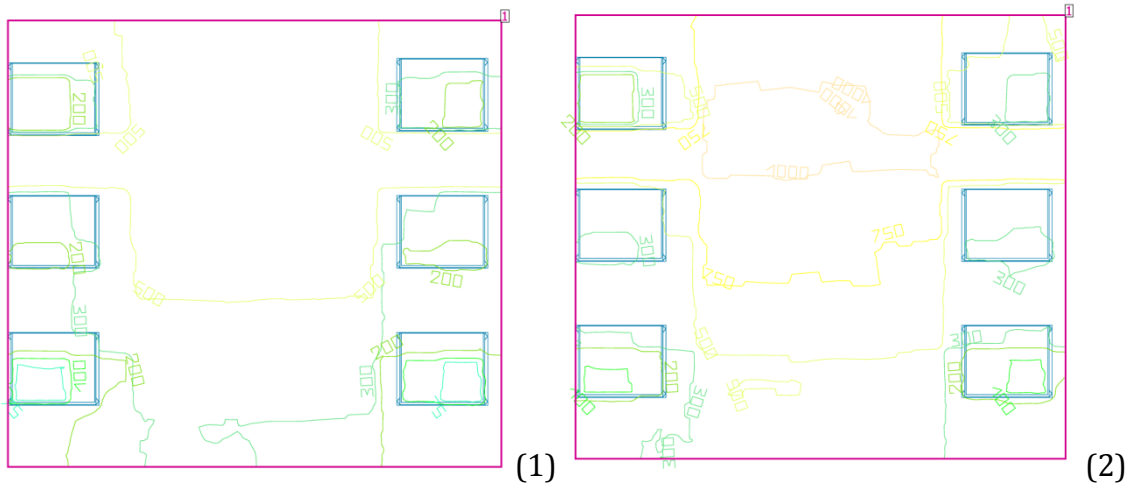
	CIELO CUBIERTO INVIERNO				
	Em (LUX)	MÍNIMA	MÁXIMA	MIN/MADIA	MIN/MAX
9 HORAS	84	13	149	0,155	0,087
10 HORAS	172	27	306	0,157	0,088
11 HORAS	691	106	1227	0,156	0,088

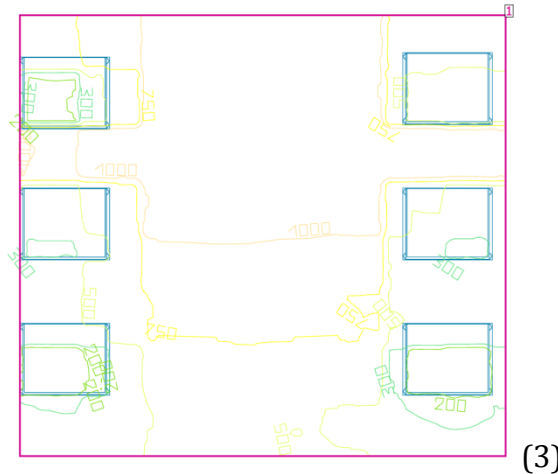
**TABLA 29: Resultados de la simulación área de almacén 1, propuesta de mejora cielo cubierto invierno.**

Como se puede observar en los resultados obtenidos en el ensayo del área de almacén 1, los resultados de iluminación media están por encima o cercanos al valor iluminación requerida ( $E_m$  requerida= 100 luxes). Por tanto comparando con el ensayo del área de almacén 1 para la propuesta 1, se puede observar una considerable mejora de este valor.

Con respecto a la uniformidad, esta se encuentra en torno a los mismos valores de la propuesta 1. Observando la figura 41 se puede observar que esto es debido a las estanterías ya que en las zonas de circulación los valores son uniformes, por tanto se deberá estudiar la posibilidad de utilizar luz artificial para conseguir mayores niveles de uniformidad.

**CIELO CUBIERTO VERANO.**





**FIGURA 47: Simulación área de almacén 1 cielo cubierto verano en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas.**

	CIELO CUBIERTO VERANO				
	Em (LUX)	MÍNIMA	MÁXIMA	MIN/MADIA	MIN/MAX
9 HORAS	421	66	745	0,157	0,089
10 HORAS	585	91	1036	0,156	0,088
11 HORAS	726	113	1290	0,156	0,088

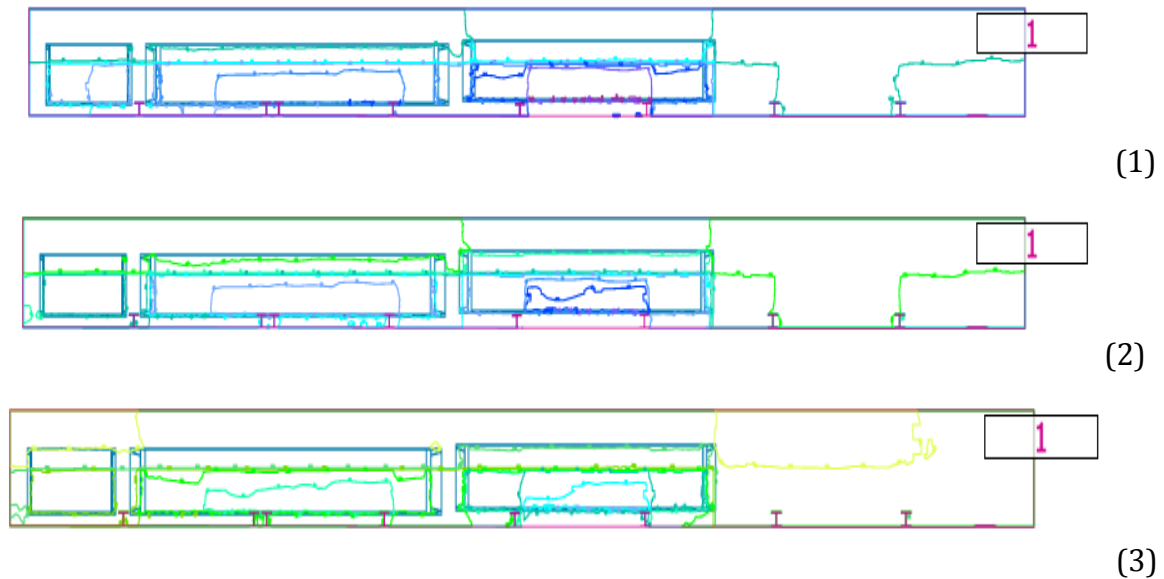
**TABLA 30: Resultados de la simulación área de almacén 1, propuesta de mejora cielo cubierto verano.**

Tras los resultados obtenidos en el ensayo luminotécnico en cielo cubierto en verano para el área de almacén, se puede observar que los valores de iluminación media están por debajo de los 1000 luxes y por encima de la iluminación media requerida ( $E_m$  requerida = 100 luxes). Comparando con la propuesta 1 se puede observar que los resultados de iluminación media son similares.

En cuanto a la uniformidad se puede observar que mantiene unos valores muy bajos, en torno al 10%, como se ha dicho en el ensayo en invierno se deberá estudiar la posibilidad de utilizar luz artificial para conseguir mayores niveles de uniformidad.

2) ÁREA DE ALMACÉN 2. ( $E_m$  requerida= 100 luxes)

CIELO CUBIERTO INVIERNO.



**FIGURA 48:** Simulación área de almacén 2 cielo cubierto invierno en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas.

	CIELO CUBIERTO INVIERNO				
	Em (LUX)	MÍNIMA	MÁXIMA	MIN/MADIA	MIN/MAX
9 HORAS	39	1,84	69	0,047	0,027
10 HORAS	79	3,77	141	0,048	0,027
11 HORAS	317	15	568	0,047	0,026

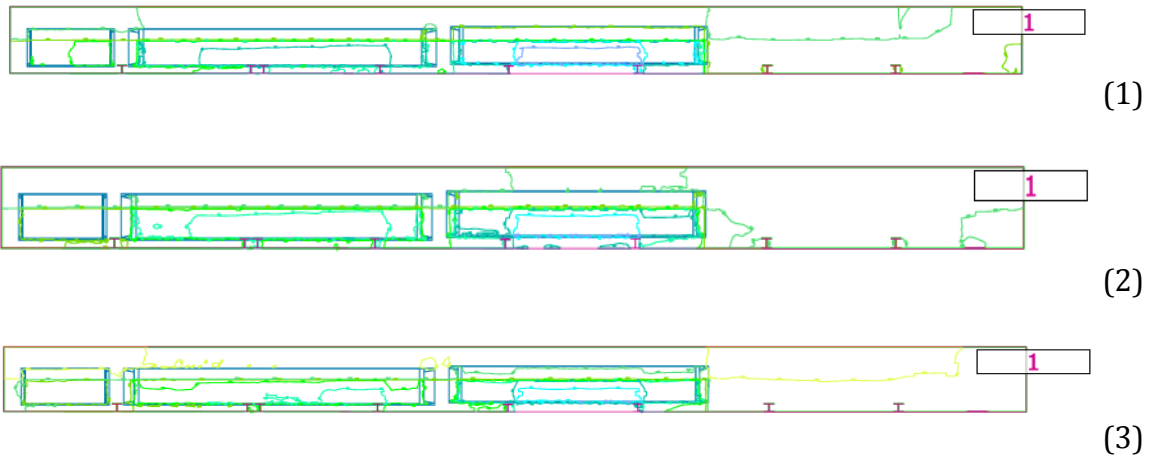
**TABLA 31:** Resultados de la simulación área de almacén 2, propuesta de mejora cielo cubierto invierno.

Una vez calculada el área de almacén 1 en invierno, se puede observar que los valores de iluminación media a las 9 y las 10, están por debajo del nivel de iluminación media requerida ( $E_m$  requerida= 100 luxes). Comparado con la propuesta 1 hay una considerable mejora ya que en esta no cumplía en ningún caso y en la propuesta de mejora tanto a las 10h como a las 11h se encuentra en torno al valor requerido.

Con respecto a la uniformidad se puede observar que los valores son similares pero muy bajos, en torno al 3%. Por tanto se deberá estudiar la posibilidad de utilizar luz artificial para conseguir mayores niveles de uniformidad.



## CIELO CUBIERTO VERANO.



**FIGURA 49: Simulación área de almacén 2 cielo cubierto verano en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas.**

	CIELO CUBIERTO VERANO				
	Em (LUX)	MÍNIMA	MÁXIMA	MIN/MADIA	MIN/MAX
9 HORAS	193	9,18	348	0,048	0,026
10 HORAS	269	13	483	0,048	0,027
11 HORAS	334	16	598	0,048	0,027

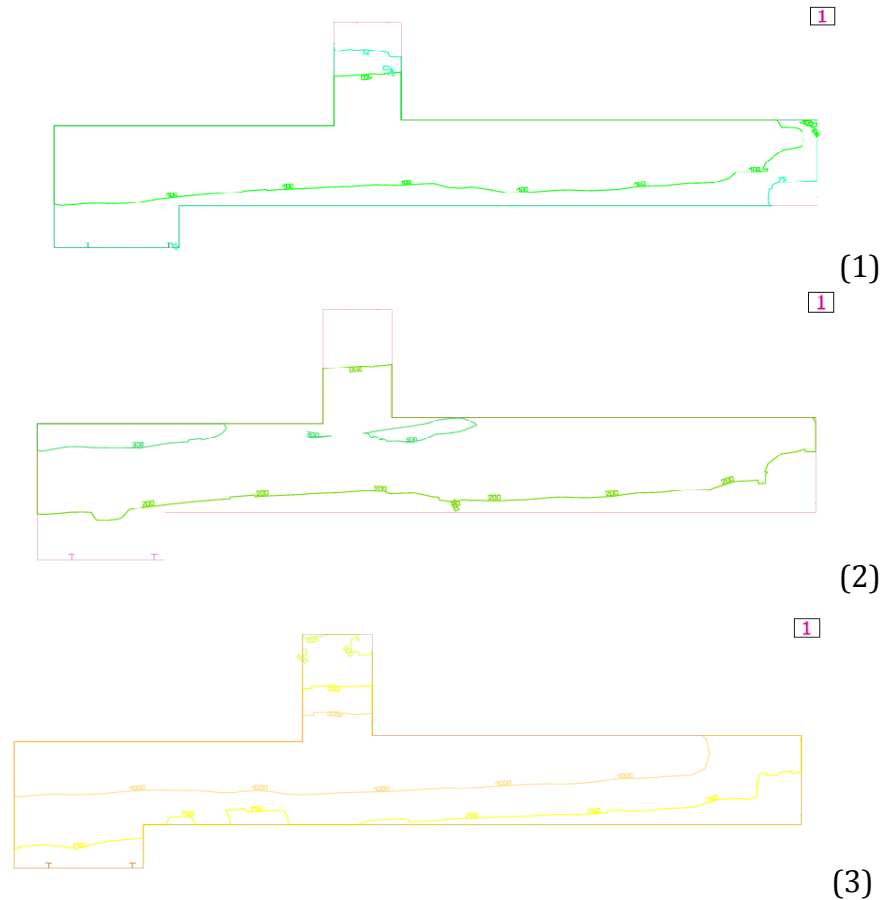
**TABLA 32: Resultados de la simulación área de almacén 2, propuesta de mejora cielo cubierto verano.**

Como se puede observar en la tabla 28 los valores de iluminación media obtenidos son mayores al valor medio de iluminación requerida ( $E_{m \text{ requerida}} = 100$  luxes). Y comparando con el ensayo de la propuesta 1 se puede observar una mejoría tanto a las 9 como a las 10.

En cuanto a la uniformidad, esta sigue en valores muy bajos y como se puede observar en la figura 44, los niveles más bajos de uniformidad están en torno a las estanterías. Por tanto se deberá estudiar la posibilidad de utilizar luminarias para conseguir mayores niveles de uniformidad.

3) **ÁREA DE CIRCULACIÓN 1.**( $E_m$  requerida= 150 luxes)

CIELO CUBIERTO INVIERNO.



**FIGURA 50:** Simulación área de circulación 1 cielo cubierto invierno en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas.

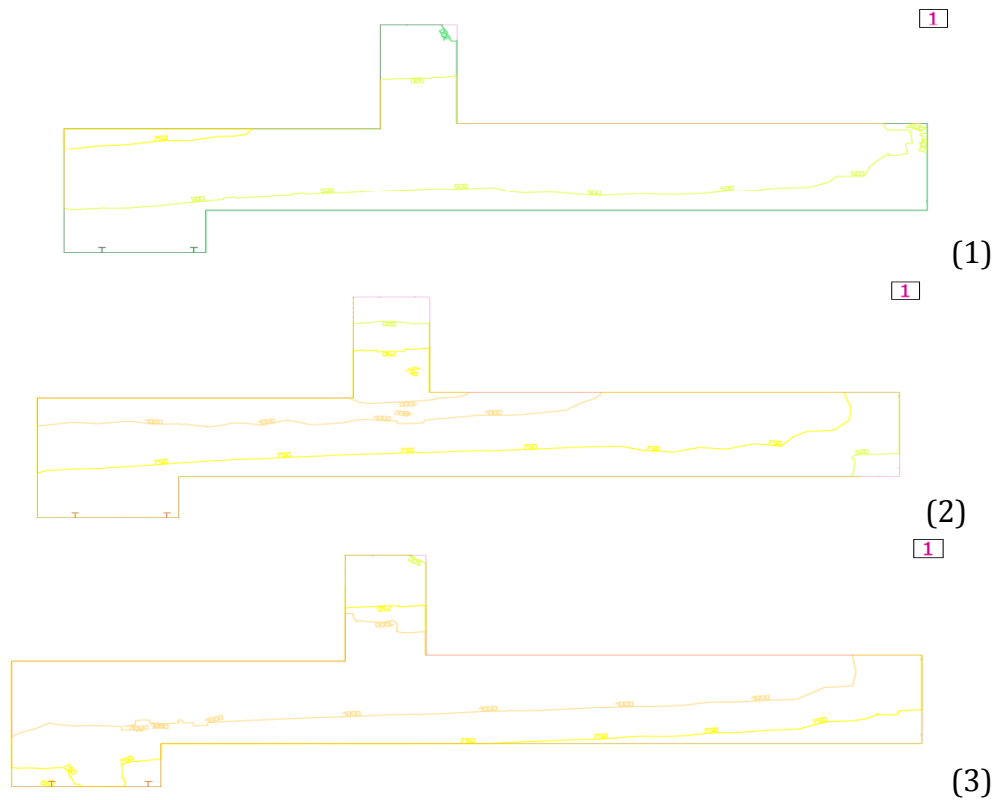
	CIELO CUBIERTO INVIERNO				
	Em (LUX)	MÍNIMA	MÁXIMA	MIN/MADIA	MIN/MAX
9 HORAS	116	55	154	0,474	0,357
10 HORAS	237	112	315	0,473	0,356
11 HORAS	951	445	1258	0,468	0,354

**TABLA 33:** Resultados de la simulación área de circulación 1, propuesta de mejora cielo cubierto invierno.

Tras los resultados obtenidos en el ensayo de cielo cubierto en verano para el área de circulación 1 se puede observar que se alcanzan los valores de iluminación media requerida ( $E_m$  requerida= 150 luxes) para dos de las tres horas, y aunque a las 9 horas no se alcance, se tiene un valor muy cercano. Comparado con el ensayo de la propuesta 1 para estas mismas condiciones, se puede observar una mejoría considerable ya que solo cumplía una de las tres horas ensayadas.

La uniformidad como se puede observar en la tabla 28, alcanza los valores deseados de en torno al 40% en las áreas de circulación. Por tanto se ha conseguido mejorar las condiciones de la propuesta 1.

**CIELO CUBIERTO VERANO.**



**FIGURA 51: Simulación área de circulación 1 cielo cubierto verano en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas.**

	CIELO CUBIERTO VERANO				
	Em (LUX)	MÍNIMA	MÁXIMA	MIN/MADIA	MIN/MAX
9 HORAS	579	271	767	0,468	0,353
10 HORAS	805	377	1066	0,468	0,354
11 HORAS	999	472	1319	0,472	0,358

**TABLA 34: Resultados de la simulación área de circulación 1, propuesta de mejora cielo cubierto verano.**

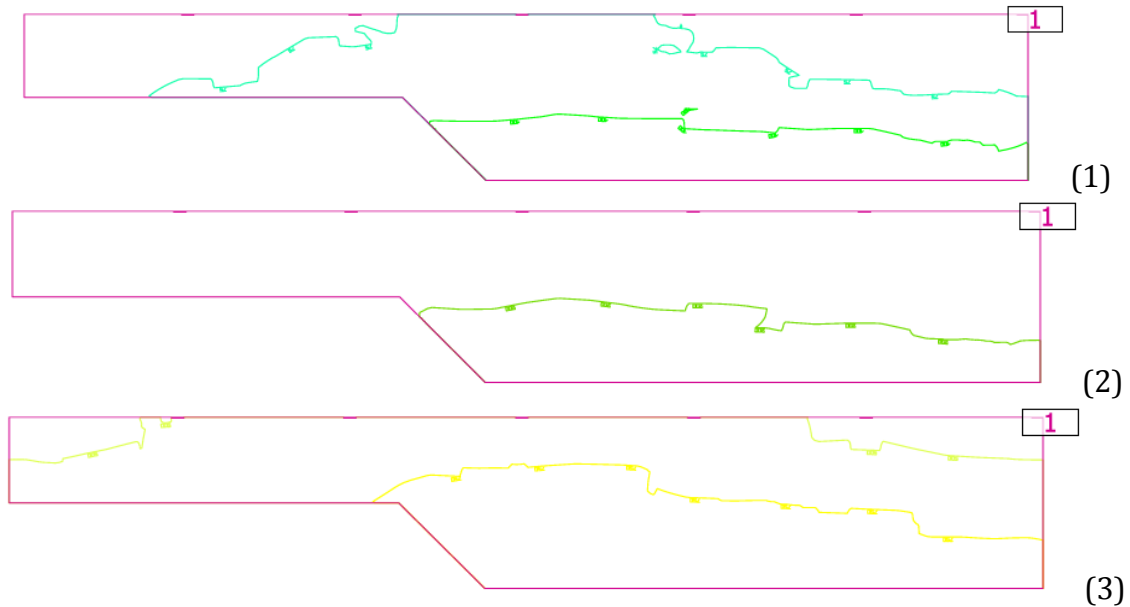
Como se puede observar en los resultados obtenidos para el área de circulación 1 en verano, superan los valores de iluminación media requerida ( $E_m$  requerida= 150 luxes) y nunca se superan los 1000 luxes de iluminación máxima. Comparándolos con la propuesta 1, estos valores son más uniformes.

Con respecto a la uniformidad como sucede en el ensayo en invierno, alcanza los valores deseados del 40% para las zonas de circulación y comparándolo con la

propuesta 1, como se ha dicho anteriormente, los valores obtenidos son mas uniformes.

4) **ÁREA DE CIRCULACIÓN 2.**( $E_m$  requerida= 150 luxes)

CIELO CUBIERTO INVIERNO.



**FIGURA 52:** Simulación área de circulación 2 cielo cubierto invierno en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas.

	CIELO CUBIERTO INVIERNO				
	Em (LUX)	MÍNIMA	MÁXIMA	MIN/MADIA	MIN/MAX
9 HORAS	85	54	118	0,635	0,458
10 HORAS	175	110	243	0,629	0,453
11 HORAS	703	442	972	0,629	0,455

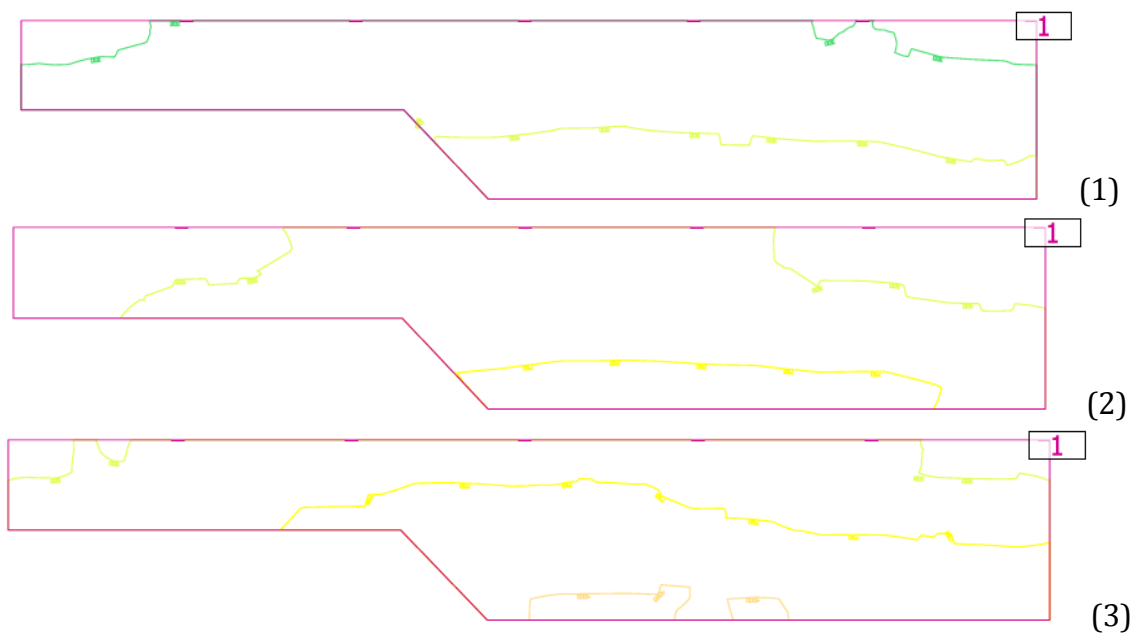
**TABLA 35:** Resultados de la simulación área de circulación 2, propuesta de mejora cielo cubierto invierno.

Como se puede observar tanto en la figura 47 como en la tabla 31 los valores de iluminación media obtenidos son mayores que el valor medio requerido ( $E_m$  requerida= 150 luxes) excepto a las 9 horas que se encuentra por debajo.

Sin embargo comparado con el ensayo de la propuesta 1, se puede observar que exista una cierta mejoría ya que en la propuesta 1 tan sólo cumple a las 11 horas.

Con respecto a la uniformidad esta obtiene valores muy similares al 40% deseado en las zonas de transito. Y se mantienen los mismos niveles que en la propuesta 1.

## CIELO CUBIERTO VERANO.



**FIGURA 53:** Simulación área de circulación 2 cielo cubierto verano en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas.

	CIELO CUBIERTO VERANO				
	Em (LUX)	MÍNIMA	MÁXIMA	MIN/MADIA	MIN/MAX
9 HORAS	429	269	592	0,627	0,454
10 HORAS	596	374	823	0,628	0,454
11 HORAS	738	465	1016	0,63	0,458

**TABLA 36:** Resultados de la simulación área de circulación 2, propuesta de mejora cielo cubierto verano.

Tras el estudio luminotécnico del área de circulación 2 en verano, se puede observar que superan los niveles de iluminación media requerida ( $E_{m \text{ requerida}} = 150 \text{ luxes}$ ) y siempre por debajo de los 1000luxes de iluminación máxima.

Con respecto a la uniformidad se puede observar que se alcanza una uniformidad muy similar en los tres casos y está en torno al 40% deseado.

5) ÁREA DE CIRCULACIÓN 3. ( $E_m$  requerida= 150 luxes)

CIELO CUBIERTO INVIERNO.

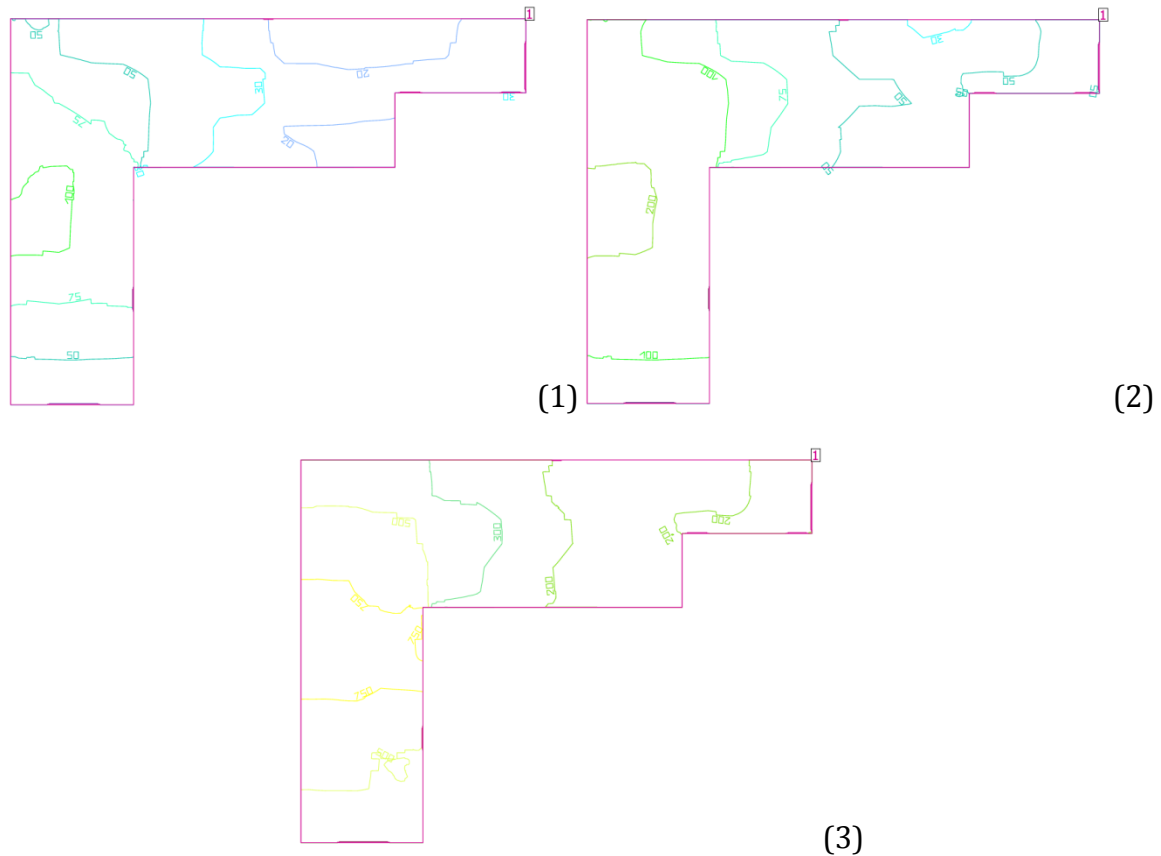


FIGURA 54: Simulación área de circulación 3 cielo cubierto invierno en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas.

	CIELO CUBIERTO INVIERNO				
	Em (LUX)	MÍNIMA	MÁXIMA	MIN/MADIA	MIN/MAX
9 HORAS	50	14	105	0,28	0,133
10 HORAS	102	28	215	0,275	0,13
11 HORAS	409	112	864	0,274	0,13

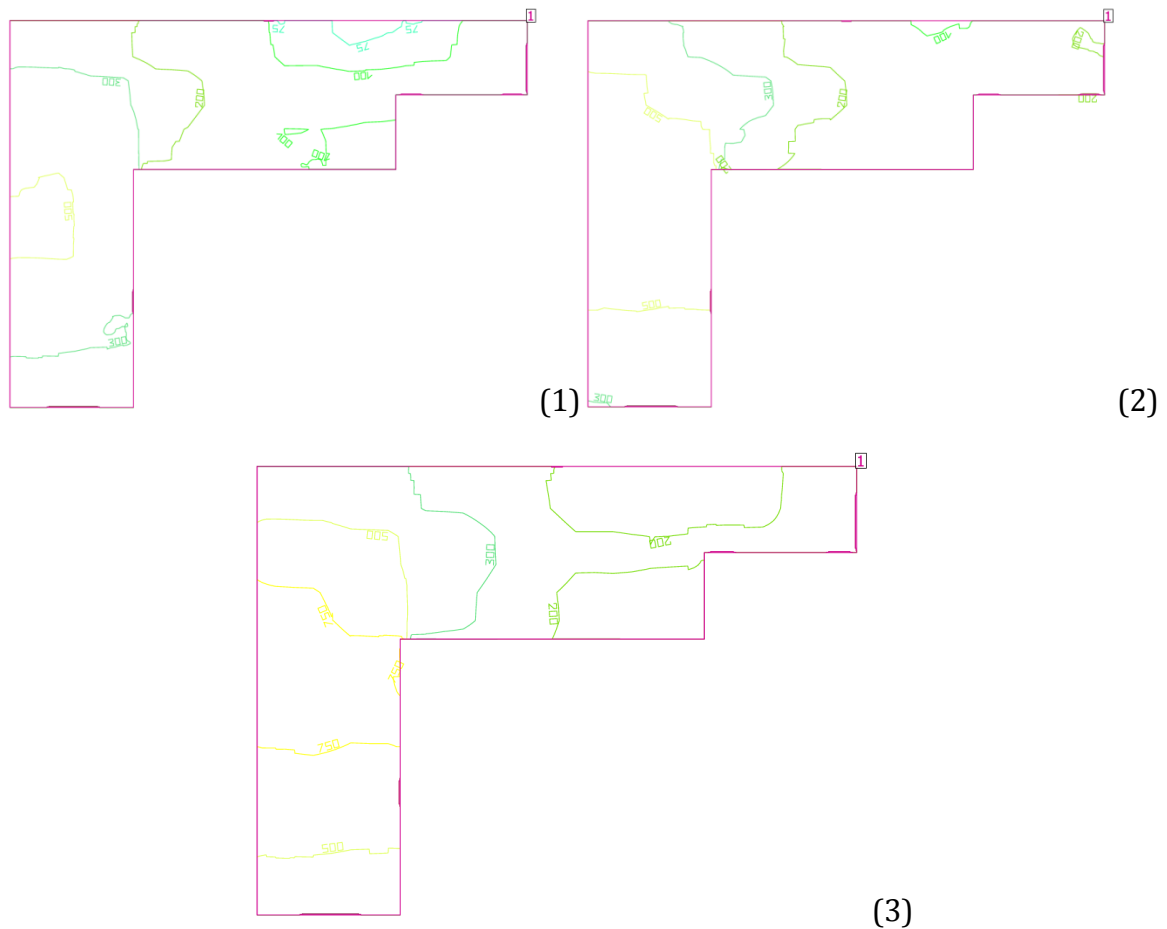
TABLA 37: Resultados de la simulación área de circulación 3, propuesta de mejora cielo cubierto invierno.

Como se puede observar, tras el ensayo del área de circulación 3 en el día más corto del año, los valores de la iluminación media, excepto a las 11 horas, están por debajo del nivel medio requerido ( $E_m$  requerida= 150 luxes). Comparando con los resultados obtenidos en la propuesta 1 se consigue una mejora con respecto al nivel de iluminación media.

Con respecto a la uniformidad el valor es el mismo en los tres casos pero tan solo alcanza en torno al 10%. Con respecto a la propuesta 1 estos valores son similares excepto a las 11 donde en la propuesta 1 este valor desciende.

Se deberá estudiar la posibilidad de utilizar luminarias para conseguir mayores niveles de uniformidad.

**CIELO CUBIERTO VERANO.**



**FIGURA 55: Simulación área de circulación 3 cielo cubierto verano en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas.**

	CIELO CUBIERTO VERANO				
	Em (LUX)	MÍNIMA	MÁXIMA	MIN/MADIA	MIN/MAX
9 HORAS	250	69	531	0,276	0,13
10 HORAS	347	96	738	0,277	0,13
11 HORAS	430	119	914	0,277	0,13

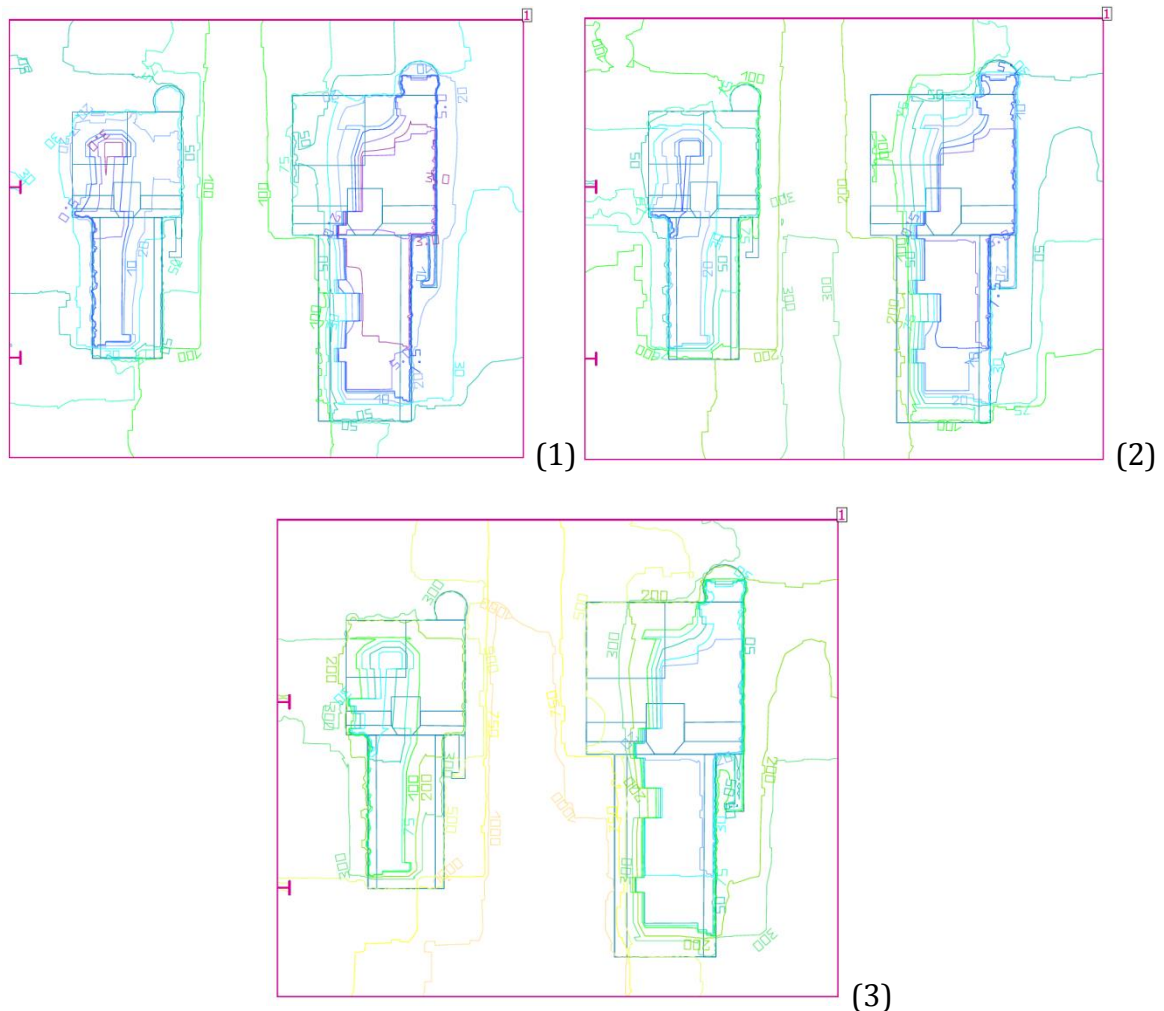
**TABLA 38: Resultados de la simulación área de circulación 3, propuesta de mejora cielo cubierto verano.**

Con respecto a los valores obtenidos para el área de circulación 3 en cielo cubierto en verano, los valores de iluminación media están por encima del valor de iluminación media requerida ( $E_{m \text{ requerida}} = 150 \text{ luxes}$ ). Comparado con la propuesta 1 los valores obtenidos son similares pero con menor diferencia entre el mayor y el menor, por tanto tienen una mayor uniformidad.

Como se acaba de mencionar la uniformidad en este caso es mayor que en la propuesta 1 pero esta no alcanza un valor cercano al 40%, por tanto se deberá estudiar la posibilidad de utilizar luz artificial para conseguir mayores niveles de uniformidad.

#### 6) ÁREA DE PRODUCCIÓN 1. ( $E_{m \text{ requerida}} = 200 \text{ luxes}$ )

CIELO CUBIERTO INVIERNO.



**FIGURA 56: Simulación área de producción 1 cielo cubierto invierno en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas.**



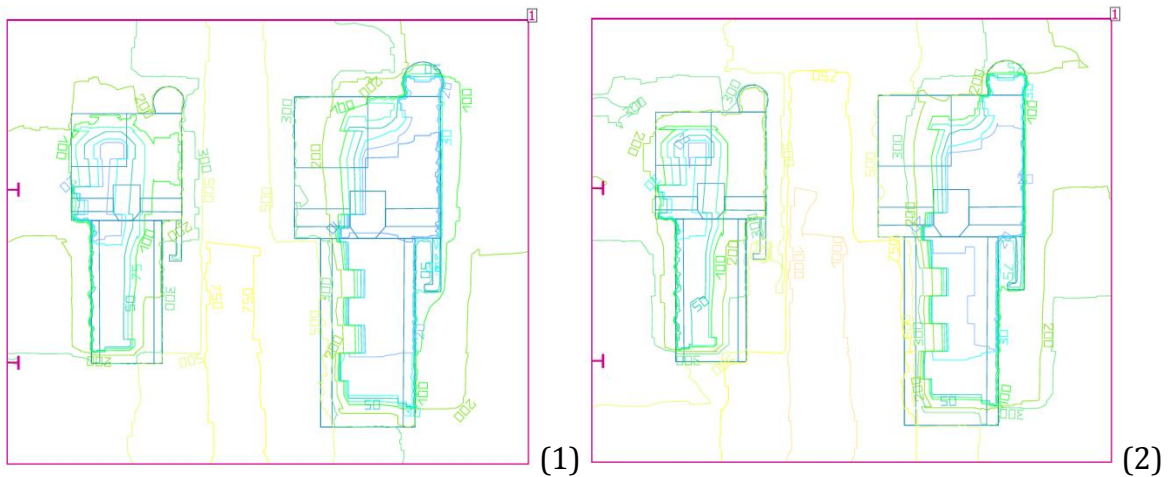
	CIELO CUBIERTO INVIERNO				
	Em (LUX)	MÍNIMA	MÁXIMA	MIN/MADIA	MIN/MAX
9 HORAS	59	1,74	160	0,029	0,011
10 HORAS	121	3,56	328	0,029	0,011
11 HORAS	484	14	1317	0,029	0,011

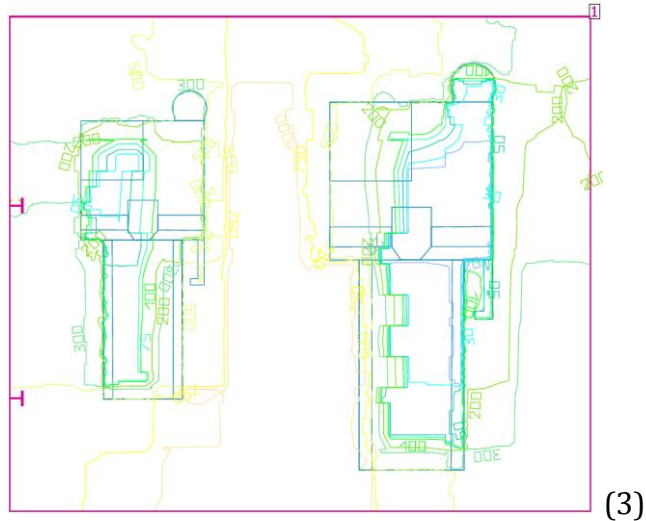
**TABLA 39: Resultados de la simulación área de producción 1, propuesta de mejora cielo cubierto invierno.**

Tras los resultados del área de producción 1 se puede observar que los valores de iluminación media para cielo cubierto en invierno tanto a las 9 como a las 10 están por debajo del valor medio requerido ( $E_m$  requerida= 200 luxes). Pero sin embargo, se ha conseguido mejorar notablemente los valores de la propuesta 1.

En cuanto a la uniformidad, es muy baja a consecuencia de la geometría de la maquinaria, ya que como se puede observar en la figura 51, en las zonas de transito los valores obtenidos de uniformidad son más altos. Por tanto se deberá estudiar la posibilidad de utilizar luz artificial para conseguir mayores niveles de uniformidad.

#### CIELO CUBIERTO VERANO.





**FIGURA 57:** Simulación área de producción 1 cielo cubierto verano en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas.

	CIELO CUBIERTO VERANO				
	Em (LUX)	MÍNIMA	MÁXIMA	MIN/MADIA	MIN/MAX
9 HORAS	296	8,69	801	0,029	0,011
10 HORAS	411	12	1113	0,029	0,011
11 HORAS	511	15	1381	0,029	0,011

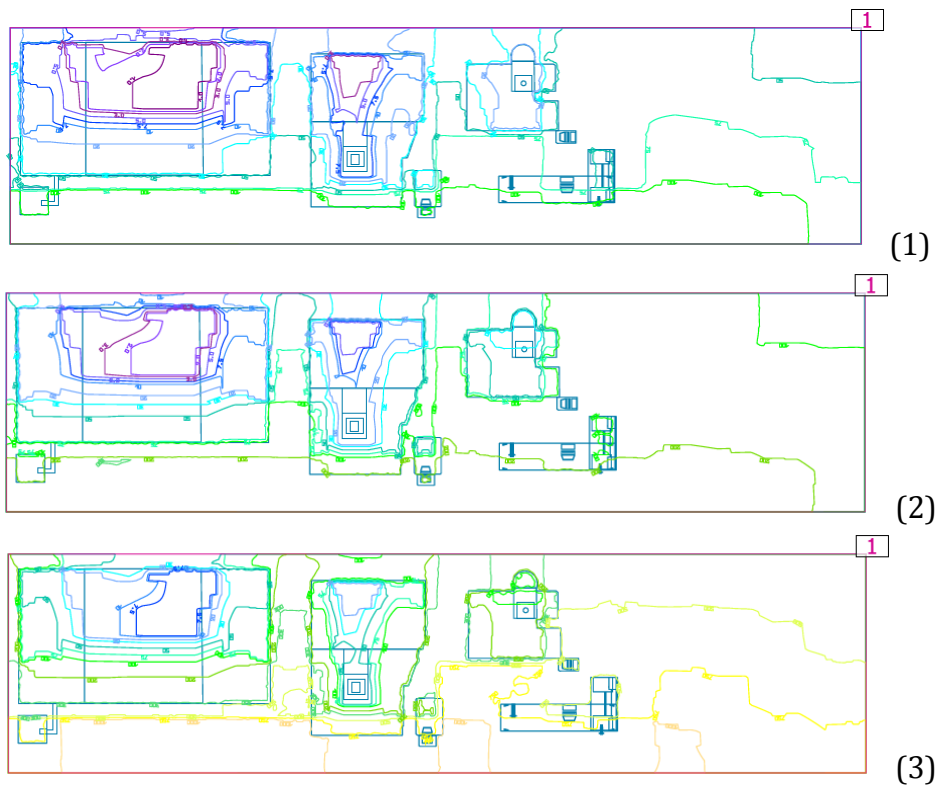
**TABLA 40:** Resultados de la simulación área de producción 1, propuesta de mejora cielo cubierto verano.

Tras los resultados sacados en el ensayo del área de producción 1 en el día más largo del año, se puede observar que los valores de iluminación media superan el valor de iluminación media requerida ( $E_m$  requerida= 200 luxes). Con respecto a la propuesta 1 se puede observar una gran mejoría.

Con respecto a la uniformidad esta sigue siendo baja, muy parecida al ensayo de cielo cubierto en invierno y se puede observar en la figura 52. Por tanto se deberá estudiar la posibilidad de utilizar luz artificial para conseguir mayores niveles de uniformidad.

7) ÁREA DE PRODUCCIÓN 2. ( $E_m$  requerida= 200 luxes)

CIELO CUBIERTO INVIERNO.



**FIGURA 58:** Simulación área de producción 2 cielo cubierto invierno en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas.

	CIELO CUBIERTO INVIERNO				
	Em (LUX)	MÍNIMA	MÁXIMA	MIN/MADIA	MIN/MAX
9 HORAS	60	0,8	147	0,013	0,005
10 HORAS	122	1,64	302	0,013	0,005
11 HORAS	490	6,57	1205	0,013	0,005

**TABLA 41:** Resultados de la simulación área de producción 2, propuesta de mejora cielo cubierto invierno.

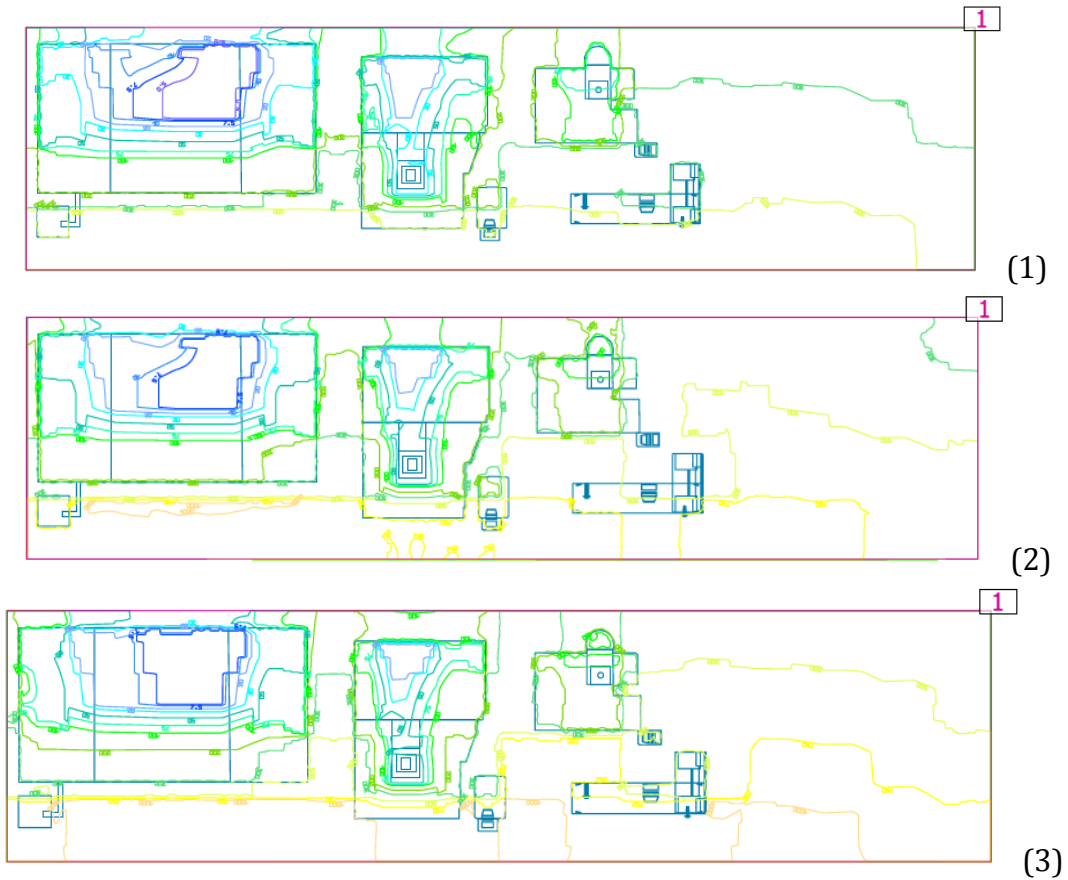
Tras los ensayos luminotécnicos del área de producción 2 de cielo cubierto en invierno, se puede observar que los valores de iluminación media a las 9h y a las 10h están por debajo de la iluminación media requerida ( $E_m$  requerida= 200 luxes).

La uniformidad en este ensayo no alcanza ni el 1%.

Por tanto se deberá estudiar el uso de luminarias para conseguir un mayor nivel de iluminación media y mayor uniformidad en torno a las maquinas.

Sin embargo, comparando estos resultados con los de la propuesta 1, se puede observar que hay una cierta mejoría en el nivel de iluminación media.

#### CIELO CUBIERTO VERANO.



**FIGURA 59:** Simulación área de producción 2 cielo cubierto verano en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas.

	CIELO CUBIERTO VERANO				
	Em (LUX)	MÍNIMA	MÁXIMA	MIN/MADIA	MIN/MAX
9 HORAS	299	4,01	735	0,013	0,005
10 HORAS	415	5,56	1021	0,013	0,005
11 HORAS	516	6,91	1270	0,013	0,005

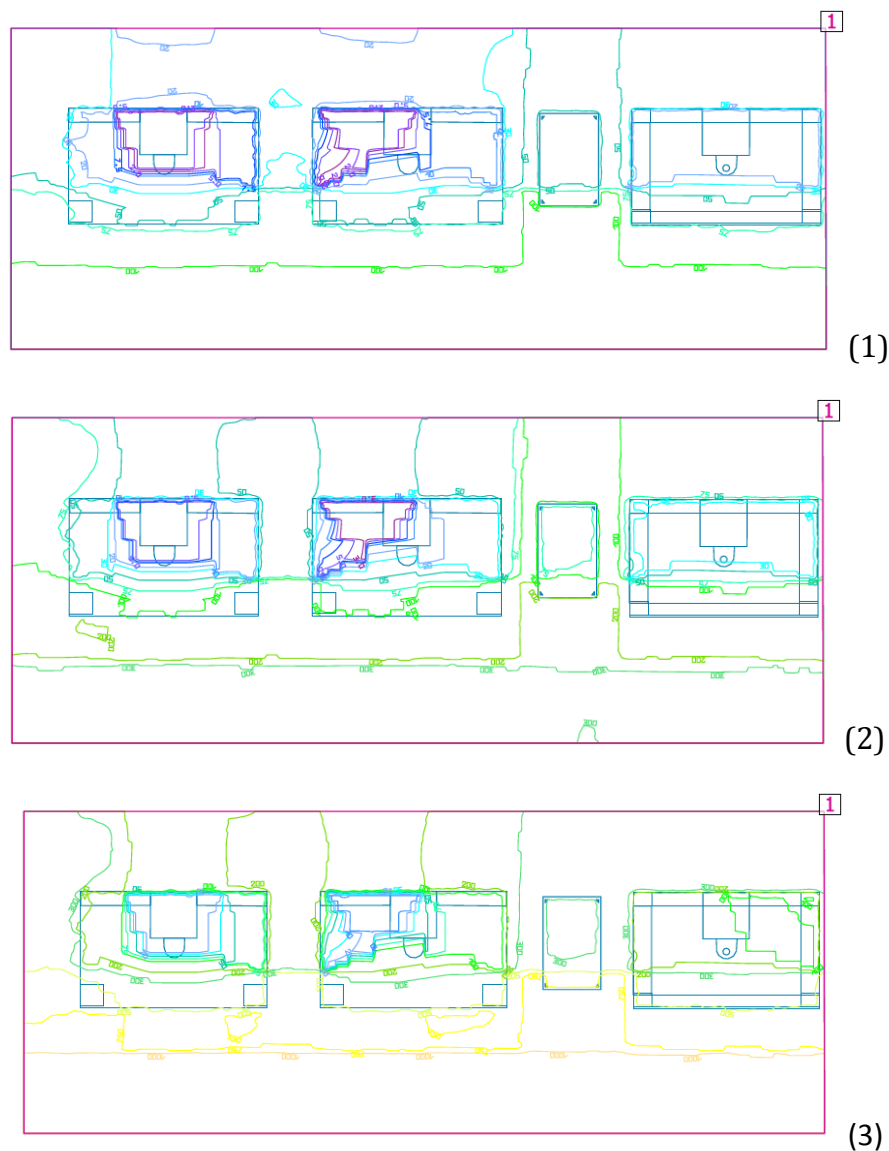
**TABLA 42:** Resultados de la simulación área de producción 2, propuesta de mejora cielo cubierto verano.

Tras los ensayos de la propuesta de mejora para el área de producción 2 en verano, se puede observar una gran mejoría en el nivel de iluminación media llegando a conseguir el nivel de iluminación media requerida ( $E_{m \text{ requerida}} = 200 \text{ luxes}$ ) en los tres supuestos.

Con respecto a la uniformidad esta descende con respecto a la propuesta 1. Estos valores como se puede observar en la figura 54, están en torno a la geometría de la maquinaria, sin embargo en las zonas de tránsito es más uniforme. Por tanto se deberá estudiar la posibilidad de colocar luminarias en torno a los lugares de trabajo.

8) ÁREA DE PRODUCCIÓN 3. ( $E_m$  requerida= 200 luxes)

CIELO CUBIERTO INVIERNO.



**FIGURA 60:** Simulación área de producción 3 cielo cubierto invierno en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas.

	CIELO CUBIERTO INVIERNO				
	Em (LUX)	MÍNIMA	MÁXIMA	MIN/MADIA	MIN/MAX
9 HORAS	70	1,12	156	0,016	0,007
10 HORAS	13	2,29	320	0,016	0,007
11 HORAS	575	9,18	1282	0,016	0,007

**TABLA 43: Resultados de la simulación área de producción 3, propuesta de mejora cielo cubierto invierno.**

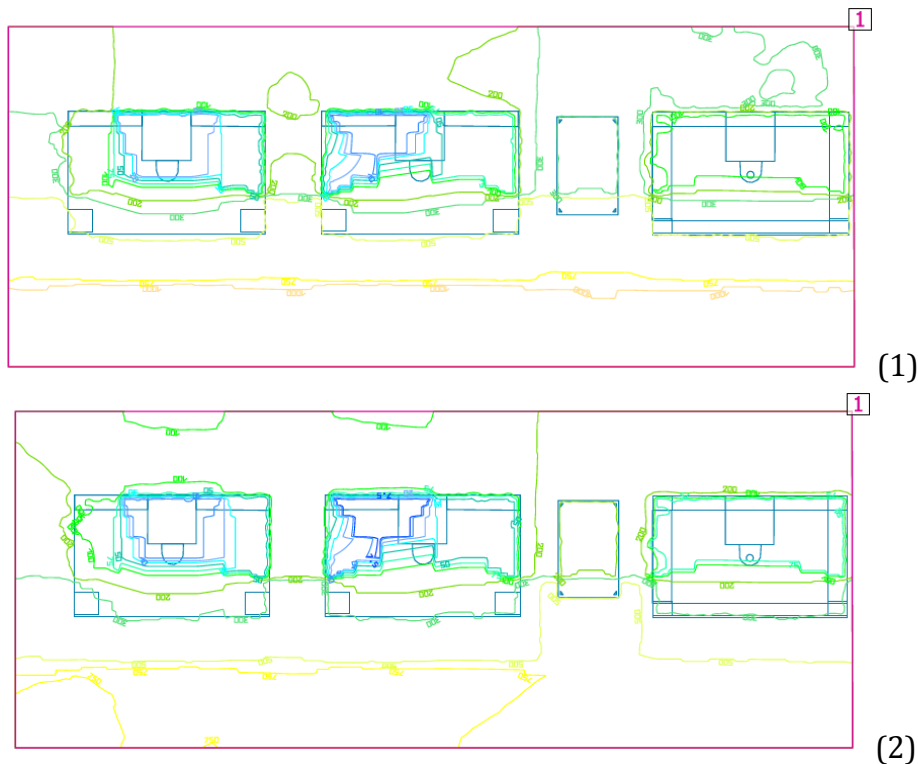
Tras los resultados obtenidos en la tabla 37 para el ensayo de la zona de producción 3 en invierno, se puede observar que los valores de iluminación media, excepto a las 11, son muy bajos. Teniendo en cuenta los valores máximos y mínimos se puede observar que el valor mínimo está en torno a 0 y se puede observar en la figura 55 que esto se produce en torno a la maquinaria.

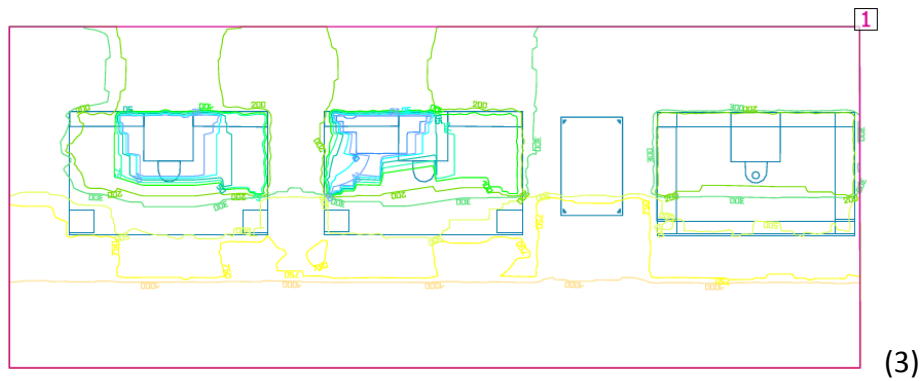
Con respecto a la uniformidad, esta es más baja de lo esperado, esto se debe a las sombras producidas por la maquinaria.

Por tanto se deberá considerar la instalación de luminarias para mejorar ambos parámetros.

En comparación con la propuesta 1, se ha conseguido una mejora en la iluminación media, pero no es suficiente para alcanzar el nivel de iluminación media requerida ( $E_m$  requerida= 200 luxes). La uniformidad en ambas propuestas es muy baja.

#### CIELO CUBIERTO VERANO.





**FIGURA 61: Simulación área de producción 3 cielo cubierto verano en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas.**

	CIELO CUBIERTO VERANO				
	Em (LUX)	MÍNIMA	MÁXIMA	MIN/MADIA	MIN/MAX
9 HORAS	351	5,59	781	0,016	0,007
10 HORAS	487	7,77	1085	0,016	0,007
11 HORAS	605	9,65	1350	0,016	0,007

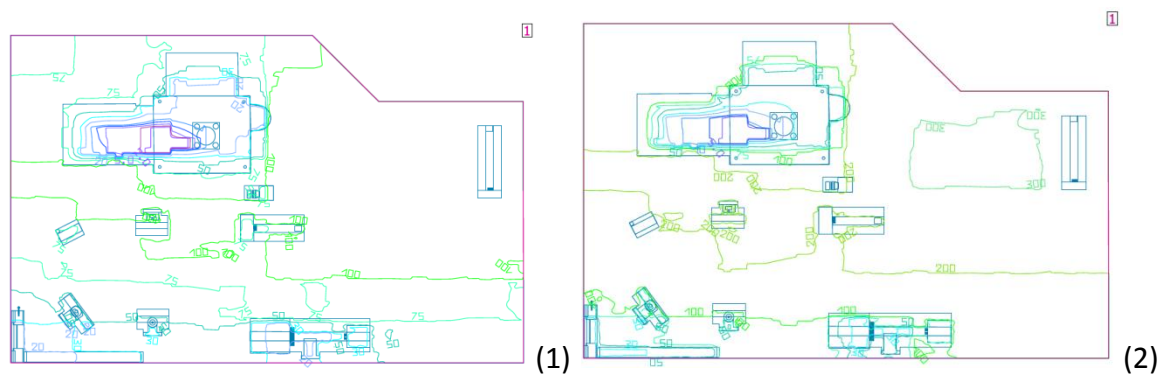
**TABLA 44: Resultados de la simulación área de producción 3, propuesta de mejora cielo cubierto verano.**

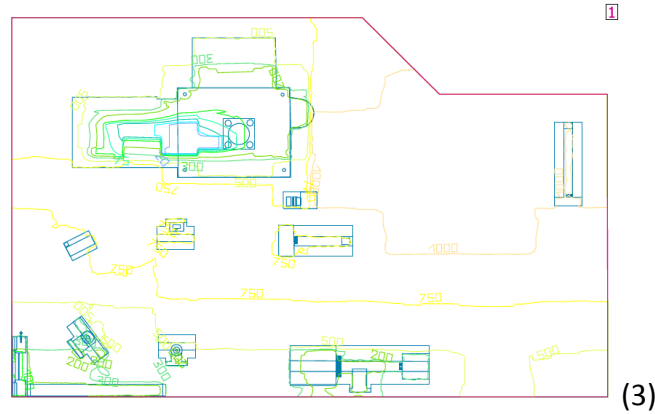
Tras el ensayo luminotécnico se puede observar en la tabla que los valores de iluminación media requerida ( $E_m$  requerida= 200 luxes) son superados y no se acercan a los 1000 luxes de iluminación máxima. En comparación con la propuesta 1 hay una notable mejoría.

Se puede observar que el nivel de iluminación mínima es muy bajo, en torno a 10 luxes, esto provoca una uniformidad muy baja, como se ha dicho en casos anteriores, esto es debido a las sombras producidas por las distintas maquinas. Por tanto se deberá considerar la colocación de luz artificial.

ÁREA DE PULIDO. ( $E_m$  requerida= 500 luxes)

CIELO CUBIERTO INVIERNO.





**FIGURA 62:** Simulación área de pulido cielo cubierto invierno en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas.

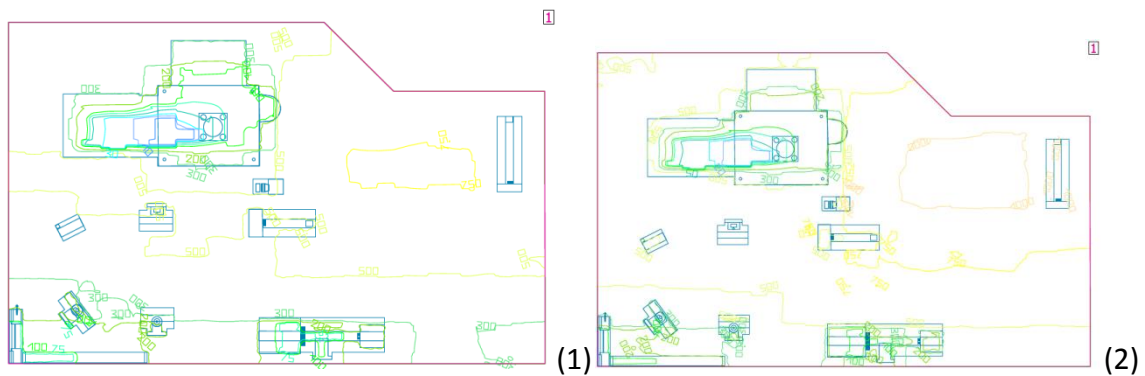
	CIELO CUBIERTO INVIERNO				
	Em (LUX)	MÍNIMA	MÁXIMA	MIN/MADIA	MIN/MAX
9 HORAS	85	1,59	154	0,019	0,01
10 HORAS	175	3,25	316	0,019	0,01
11 HORAS	703	13	1260	0,018	0,01

**TABLA 45:** Resultados de la simulación área de pulido, propuesta de mejora cielo cubierto invierno.

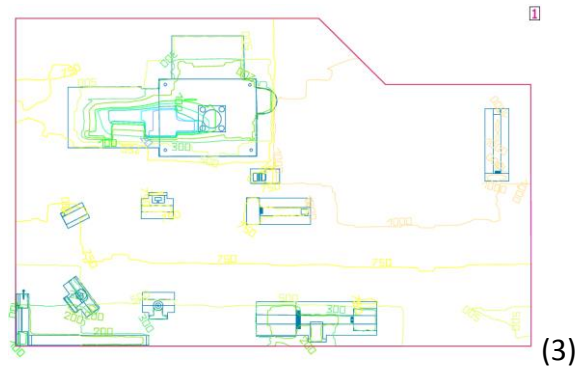
Como se puede observar en los resultados luminotécnicos obtenido para el área de pulido, tanto los valores de iluminación media como la uniformidad son muy bajos.

A pesar de ello se ha conseguido un incremento en ambos con respecto a los niveles obtenidos en la propuesta 1, pero estos son insuficientes para cumplir con la UNE-EN 12464-1. Por tanto habrá que valorar el uso de luz artificial para conseguir un aumento en ambos parámetros.

**CIELO CUBIERTO VERANO.**







**FIGURA 63:** *Simulación área de pulido cielo cubierto verano en diferente horario, (1) 9 horas, (2) 10 horas, (3) 11 horas.*

	CIELO CUBIERTO VERANO				
	Em (LUX)	MÍNIMA	MÁXIMA	MIN/MADIA	MIN/MAX
9 HORAS	428	7,95	773	0,019	0,01
10 HORAS	594	11	1075	0,019	0,01
11 HORAS	738	14	1334	0,019	0,01

**TABLA 46:** *Resultados de la simulación área de pulido, propuesta de mejora cielo cubierto verano.*

Tras los resultados obtenidos en el día más largo del año en cielo cubierto para el área de pulido, se puede observar en la tabla 38 que los valores de iluminación media están en torno al valor de iluminación media requerida ( $E_{m \text{ requerida}} = 500 \text{ luxes}$ ).

Como se puede observar en la figura 58, en las zonas de circulación tanto el nivel de iluminación como la uniformidad, adquieren valores más elevados y uniformes comparados con los obtenidos en torno a las máquinas. Se deberá estudiar la posibilidad de colocar luminarias para mejorar la uniformidad.

## 7. SOLUCIÓN ADOPTADA.

Tras los resultados obtenidos en la propuesta de mejora y la comparación con la propuesta 1 la conclusión que se ha obtenido es la insuficiencia de los niveles de iluminación medios requeridos en algunas horas determinadas para las diferentes áreas de trabajo.

También con respecto a la uniformidad esta es muy baja en casi todas las escenas calculadas debido a la geometría de las diferentes máquinas y objetos.

Con respecto al deslumbramiento, no existe riesgo de deslumbramiento.

Por tanto tras el análisis de los cálculos se ha decidido la instalación de un sistema de iluminación mixto que contará con el sistema de iluminación natural de la propuesta de mejora y se incorporará un sistema de iluminación artificial.

## 8. ILUMINACIÓN ARTIFICIAL.

Como se ha dicho en el punto anterior se va a utilizar un sistema de iluminación mixto. Para el cálculo de luz artificial se ha utilizado la luminaria DIAL 24SDK 102-400 GESCHLOSSEN que tiene una potencia de 420 W. Para el cálculo de luz artificial se va a utilizar el programa DIALux LIGHT.

Para el cálculo se va a suponer una nave rectangular de 1490m<sup>2</sup> debido a que solo permite introducir datos de ancho y largo. Por tanto se supondrá una nave de 50 m de largo por 30m de ancho.

Los resultados mediante DIALux LIGHT para un 100% de iluminación artificial son:

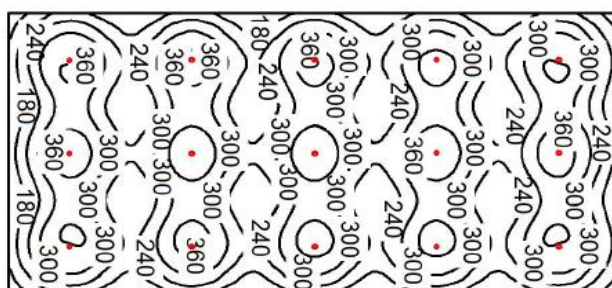


FIGURA 64: Simulación Dialux Light 100% luz artificial.

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	273	89	386	0.326

TABLA 47: Resultados de la simulación Dialux Light 100% luz artificial.

Como se puede observar el resultado de iluminación media en el plano útil será de 273 lux.

### 8.1 EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA PLANTA.

El valor de eficiencia para las condiciones de luz artificial calculadas en el punto anterior es:

Potencia Total	Superficie	Em	VEEI
6300 (W)	1490m <sup>2</sup>	273 lux	1,28 (W/m <sup>2</sup> /100 lux)

TABLA 48: Valor del VEEI.

## **9. ANÁLISIS ECONÓMICO.**

En este punto se va a realizar un estudio económico del diseño y colocación de lucernarios. Se va a suponer que la nave industrial no está construida y se tiene que tomar la decisión de introducir lucernarios al diseño.

Más tarde se realizará un balance económico comparando el sistema de luz mediante lucernarios y un sistema de luz con iluminación artificial.

### **9.1 PRESUPUESTO.**

El presupuesto se ha realizado utilizando la base de datos del IVE “Instituto Valenciano de la Edificación” utilizando la base de datos del año 2015.

En el cálculo del presupuesto se ha utilizado la base de datos del año 2015 del IVE (Instituto Valenciano de la Edificación).

Para el cálculo del presupuesto se ha utilizado la versión de Menfis 8.1.12.

## PRESUPUESTO DISEÑO LUCERNARIOS.

Mentis 8.1.12 - Versión evaluación				
			Pág.: 1	
		PRESUPUESTO DE RECURSOS POR CLASE	Ref.: prorec8	
		CARPINTERIA	Fec.:	
Código	Cantidad	Descripción del recurso	Precio	Importe
<b>UO2</b>		<b>CARPINTERIA</b>		
<b>7.1</b>		<b>Mano de Obra</b>		
MOOA12a	24,000	h Peón ordinario construcción	13,11	314,64
MOOC.8a	8,000	h Oficial 1º carpintería	16,49	131,92
		<b>Total 7.1:</b>		<b>446,56</b>
<b>7.2</b>		<b>Maquinaria</b>		
MMAR.2abba	1,000	d Plat art 16m dsl crg-225 4000kg	154,50	154,50
MMMA.6a	16,000	h Motosold 4.5mm	4,51	72,16
MMMT.1ab	8,000	h Cmn grúa autcg 13T s/JIC	53,48	427,84
		<b>Total 7.2:</b>		<b>654,50</b>
<b>7.3</b>		<b>Material</b>		
PBUT12b	241,000	u Tornillo autr6.5x70 a inox c/aran	0,44	106,04
PQKW.1a	350,400	m Perfil al universal c/goma-trap	8,37	2.932,85
		<b>Total 7.3:</b>		<b>3.038,89</b>
<b>7.4</b>		<b>Medio auxiliar</b>		
%	82,800	Costes Directos Complementarios	1,00	82,80
		<b>Total 7.4:</b>		<b>82,80</b>
		<b>Total Capítulo UO2</b>		<b>4.222,75</b>
<b>UO3</b>		<b>ACRISTALAMIENTO LUCERNARIOS</b>		
<b>7.1</b>		<b>Mano de Obra</b>		
MOOV.8a	8,000	h Oficial 1º vidrio	12,91	103,28
MOOVV12a	8,000	h Peón ord vidrio	10,28	82,24
		<b>Total 7.1:</b>		<b>185,52</b>
<b>7.2</b>		<b>Maquinaria</b>		
MMAR.2abba	1,000	d Plat art 16m dsl crg-225 4000kg	154,50	154,50
MMMT.1ab	8,000	h Cmn grúa autcg 13T s/JIC	53,48	427,84
		<b>Total 7.2:</b>		<b>582,34</b>
<b>7.3</b>		<b>Material</b>		
PFPL.1afaa	253,800	m2 PL PMMA cold inc 5mm lis	8,48	2.152,22
		<b>Total 7.3:</b>		<b>2.152,22</b>
<b>7.4</b>		<b>Medio auxiliar</b>		
%	58,400	Costes Directos Complementarios	1,00	58,40
		<b>Total 7.4:</b>		<b>58,40</b>
		<b>Total Capítulo UO3</b>		<b>2.978,48</b>
		<b>Total Presupuesto</b>		
		<b>Total recursos</b>		
		Costes indirectos, medios auxiliares y redondeos		7.201,23
		<b>Total presupuesto</b>		<b>7.201,23</b>

**TABLA 49: Presupuesto de recursos por capítulo y clase.**

Para el cálculo del presupuesto de ejecución por contrata se va a utilizar un 15% gastos Generales y un 6% de Beneficio Industrial.

Por tanto el valor del Presupuesto de Ejecución por Contrato será:

PEC	<b>8.713,49 €</b>
-----	-------------------

**TABLA 50: Presupuesto aplicando PEC.**

Aplicando un 21% de IVA se obtiene un total de:

Presupuesto con IVA	<b>10543.320€</b>
---------------------	-------------------

**TABLA 51: Presupuesto con IVA instalación de lucernarios.**

## 9.2 BALANCE ECONÓMICO.

En este punto se pretende realizar una comparación entre el coste de un sistema de iluminación mixto como el expuesto en el punto 7 y un sistema de iluminación totalmente artificial.

### 9.2.1 COSTE SISTEMA DE ILUMINACIÓN 100% ARTIFICIAL.

Para estimar la tarifa contratada por la empresa se deberá conocer el consumo

NOMBRE	unidades	Kw/unidad	Kw
FRESADORA CNC 6 ejes	1	32,5	32,5
FRESADORA CNC 6 ejes peq.	1	32,5	32,5
FRESADORA AUTOMÁTICA	2	27,5	55
FRESADORA CNC pequeña	1	22,5	22,5
PERFORADORA PROFUNDA	1	16,25	16,25
ELECTROEROSIÓN PENETRACIÓN	1	10	10
ELECTROEROSIÓN HILO	1	6,25	6,25
PRENSA DE AJUSTE	1	27,5	27,5
RECTIFICADORA PLANA grande	1	2	2
RECTIFICADORA PLANA pequeña	1	1,04	1,04
TORNO CONVENCIONAL	1	2,56	2,56
ROSCADORA	1	0,88	0,88
TALADRO	1	6,104	6,104
FRESADORA MANUAL	1	1,112	1,112
TALADRO Radial	1	1,2	1,2
LUMINARIAS 24 SDK 102-400	15	0,42	6,3
<b>TOTAL</b>			<b>223,696</b>

**TABLA 52: Potencia estimada de la planta con 100% iluminación artificial.**

La potencia total nominal es de 223.696. Por tanto la tarifa contratada será la 3.1a donde la potencia contratada en todos los periodos es igual o inferior a 450Kw. Donde el precio del término de potencia (€/Kw año) y el término de energía (€/Kwh) en cada periodo es igual a:

	<b>Tp(€/Kw*año)</b>		<b>Te(€/Kwh)</b>
Periodo 1	59,173468	Periodo 1	0,014335
Periodo 2	36,490689	Periodo 2	0,012754
Periodo3	8,367731	Periodo3	0,007805

**TABLA 53: Término de Potencia y Término de Energía.**

	00_01	01_02	02_03	03_04	04_05	05_06	06_07	07_08	08_09	09_10	10_11	11_12	12_13	13_14	14_15	15_16	16_17	17_18	18_19	19_20	20_21	21_22	22_23	23_24
Enero	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P2
Febrero	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P2
Marzo	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P2
El cambio de horario de VERANO se produce el último domingo de Marzo según la directiva Europea 2000/84																								
Abril	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P2	P2	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2
Mayo	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P2	P2	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2
Junio	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P2	P2	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2
Julio	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P2	P2	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2
Agosto	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P2	P2	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2
Septiembre	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P2	P2	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2
Octubre	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P2	P2	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2
El cambio de horario de INVIERNO se produce el último domingo de Octubre según la directiva Europea 2000/84																								
Noviembre	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P2
Diciembre	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P2
Se considerarán como días festivos los de ámbito nacional excluidos tanto los festivos sustituibles como los que no tienen fecha fija																								
Sábados, Domingos y Festivos	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2

P1

 Punta
 

P2

 Llano
 

P3

 Valle

**TABLA 54: Discriminación horaria tarifa 3.1a.**

Para realizar el cálculo del consumo eléctrico se va a suponer que el horario de trabajo va desde las 9 horas hasta las 18 horas dejando una hora entre las 14 y las 15 para el almuerzo. Por tanto la jornada laboral será de 8 horas diarias de lunes a viernes sin contar los festivos.

Por tanto las horas de cada periodo en los diferentes meses serán:

	<b>Días laborables</b>	<b>Horas P1</b>	<b>Horas P2</b>	<b>Horas P3</b>
Enero	20	20	140	0
Febrero	20	20	140	0
Marzo	22	22	154	0
Abril	20	100	60	0
Mayo	20	100	60	0
Junio	22	110	66	0
Julio	23	115	69	0
Agosto	21	105	63	0
Septiembre	22	110	66	0
Octubre	21	105	63	0
Noviembre	21	21	147	0
Diciembre	21	21	147	0
<b>TOTAL</b>	<b>253</b>	<b>849</b>	<b>1175</b>	<b>0</b>

**TABLA 55: Total de horas laborables en cada periodo durante el año 2015.**

Por tanto el valor del término de potencia se puede obtener de la siguiente fórmula:

$$\text{Término de potencia (€)} = \sum_i P_T(\text{kW}) \cdot P_i \left( \frac{\text{€}}{\text{kW}} \cdot \text{año} \right) \quad (7)$$

Dónde:

$P_T$  (Kw): Potencia total demandada por la planta.

$P_i$  (€/kW\*año): Precio de cada periodo al año

$i$ : Número de periodo.

Por tanto el resultado del término de potencia tras aplicar la fórmula es:

	<b>Periodo 1</b>	<b>Periodo 2</b>	<b>Periodo 3</b>	<b>TOTAL (€/año)</b>
<b>Término de Potencia (€)</b>	372.79	229.891	52.7167	<b>655.3977</b>

**TABLA 56: Total de €/año a pagar por el término de potencia 100% iluminación artificial.**

Ahora se va a calcular el término de energía eléctrica para ello solo se va a tener en cuenta el consumo de las luminarias que es de 6.3Kw. Se utilizará la siguiente fórmula:

$$\text{Término de energía eléctrica (€)} = \sum_i P_T(\text{kW}) \cdot P_i\left(\frac{\text{€}}{\text{kWh}}\right) \cdot h_i \quad (8)$$

Dónde:

$P_T$  (Kw): Potencia total demandada por la planta.

$P_i$  (€/kW\*h): Precio de cada periodo por hora

$h_i$ : número de horas laborables del periodo

$i$ : Número de periodo.

Por tanto el resultado del término de energía tras aplicar la fórmula es:

	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	TOTAL €
<b>Término de Energía (€)</b>	76.64	94.411	0	<b>171.051</b>

**TABLA 57: Total de €/año por el término de energía 100% iluminación artificial.**

Ahora se deberá aplicar el impuesto eléctrico a la suma de ambos términos. Este impuesto se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{Impuesto Eléctrico} = (TP + TEE) \cdot 1,051127 \cdot 4,864\% \quad (9)$$

Dónde:

TP(€): Término de potencia.

TEE(€): Término de energía.

Aplicando la fórmula a la suma de ambos términos el impuesto eléctrico es:

<b>Impuesto sobre electricidad (ISE)</b>	<b>42.25€</b>
--	---------------

**TABLA 58: Impuesto sobre la electricidad 100% iluminación artificial.**

Habrá que tener en cuenta el precio de alquiler del equipo de medición que es de 98 €/mes y que al cabo del año serán 1176€/año.



Cálculo del importe del IVA:

$$IVA = (TP + TEE + ISE + PAE) \cdot 21\% \quad (10)$$

Dónde:

TP(€): Término de potencia.

TEE(€): Término de energía.

ISE (€): Impuesto sobre la electricidad.

PAE(€): Precio alquiler del equipo de medición.

Aplicando la fórmula el IVA obtenido es:

IVA	429.387€
-----	----------

**TABLA 59: IVA 100% iluminación artificial.**

Por tanto el importe total de la factura al año será la suma de todos estos términos.

$$Importe Total = TP + TEE + ISE + PAE + IVA \quad (11)$$

Dónde:

TP(€): Término de potencia.

TEE(€): Término de energía.

ISE (€): Impuesto sobre la electricidad.

PAE(€): Precio alquiler del equipo de medición.

IVA (€): Impuesto al valor agregado.

Por tanto el importe total a pagar al cabo del año será:

Importe total factura eléctrica	2474.0857€
---------------------------------	------------

**TABLA 60: Importe total factura eléctrica 100% iluminación artificial.**

## PRESUPUESTO DE INSTALACIÓN DE LUMINARIAS.

Para calcular el coste del mantenimiento de las luminarias al año es necesario conocer la vida útil de las luminarias. Para las luminarias utilizadas la vida útil aproximada es 25000 horas. Sabiendo que si utilizamos el 100% de la jornada laboral las luminarias, estas trabajarán 2024 horas al año por tanto su vida útil será de 12.35 años.

Muestra 1.12 - Valoración				
				Pág.: 1
PRESUPUESTO DE RECURSOS POR CAPÍTULO				Ref.: prorec2
				Rec.:
Código	Cantidad	Descripción del recurso	Precio	Importe
<b>U02</b>		<b>Instalación Cableado</b>		
EIEL.1aaaa	150,000 m	Línea 3x1.5 to fix PVC	4,08	612,00
MMAR.1aaaa	2,000 d	Plat tij 12m del org-600 2000Kg	82,40	164,80
MOOE.8a	16,000 h	Oficial 1ª electricidad	16,58	265,28
MOOE12a	16,000 h	Peón electricidad	13,18	210,88
		<b>Total U02:</b>		<b>1.252,96</b>
<b>U01</b>		<b>Instalación luminarias</b>		
000001	15,000 u	Diel 24 SDK 102-400 Geschlossen	332,44	4.986,60
MMAR.1aaaa	3,000 d	Plat tij 12m del org-600 2000Kg	82,40	247,20
MOOE.8a	24,000 h	Oficial 1ª electricidad	16,58	397,92
MOOE12a	48,000 h	Peón electricidad	13,18	632,64
		<b>Total U01:</b>		<b>6.264,36</b>
<b>U03</b>		<b>Instalación caja protección aislamiento</b>		
MOOA.8a	0,400	Oficial 1ª construcción	15,77	6,31
MOOA12a	0,800 h	Peón ordinario construcción	13,11	10,49
MOOE.8a	1,000 h	Oficial 1ª electricidad	16,58	16,58
PIEA.1aa	1,000	CGP esquema 1 Intemp 100A	57,33	57,33
PIEC.4bal	3,000	Cable Cu fix RV0.6/1kV 1x50	6,53	19,59
PIEP.1aa	1,000	Electrodo pica d 14.6mm lg 1.5m	15,55	15,55
		<b>Total U03:</b>		<b>125,85</b>
		<b>Total recursos</b>		<b>7.643,17</b>
		Costes indirectos, medios auxiliares y redondeos		152,87
		<b>Total presupuesto</b>		<b>7.796,04</b>

**TABLA 61: Presupuesto de recursos por capítulo y clase Instalación de luminarias.**

Para el cálculo del presupuesto de ejecución por contrata se va a utilizar un 15% gastos Generales y un 6% de Beneficio Industrial.

Por tanto el valor del Presupuesto de Ejecución por Contrato será:

PEC	<b>9433.21€</b>
-----	-----------------

**TABLA 62: Presupuesto de instalación luminarias aplicando PEC.**

Aplicando un 21% de IVA se obtiene un total de:

<b>Presupuesto con IVA</b>	<b>11414.184 €</b>
----------------------------	--------------------

**TABLA 63: Presupuesto de instalación luminarias con IVA 100% iluminación artificial.**

Para calcular el presupuesto total anual se dividirá el presupuesto con IVA por la vida útil. La vida útil de las lámparas será aproximadamente de 25000 horas y trabajarán 2025 horas anuales por tanto la vida útil será de 12.35 años.

<b>Presupuesto Instalación Luminarias Total por año</b>	<b>924.225 €</b>
---	------------------

**TABLA 64: Presupuesto de instalación luminarias por año 100% iluminación artificial.**

**PRESUPUESTO DE MANTENIMIENTO Y RENOVACIÓN.**

Mantén 1.12 - Versión evaluación					
				Página: 1	
PRESUPUESTO RESUMIDO				Ref.: propio2	
Mantenimiento				Fac.:	
N.º Orden	Descripción de las unidades de obra		Medición	Precio	Importe
<b>01</b>	<b>Mantenimiento</b>				
01.01	h	Peón electricidad	2,00	13,18	26,36
01.02	u	Lampara halogena	15,00	5,55	83,25
01.03	d	Plat tij 12m del cig-600 2000kg	1,00	82,40	82,40
01.04		Costes Directos Complementarios	0,02	192,01	3,84
		<b>Total Capítulo 01</b>			<b>195,85</b>
		<b>Total Presupuesto</b>			<b>195,85</b>

**TABLA 65: Presupuesto mantenimiento instalación 100% iluminación artificial.**

Para el cálculo del presupuesto de ejecución por contrata se va a utilizar un 15% gastos Generales y un 6% de Beneficio Industrial.

Por tanto el valor del Presupuesto de Ejecución por Contrato será:

PEC	<b>236.98€</b>
-----	----------------

**TABLA 66: Presupuesto mantenimiento instalación aplicando PEC.**

Aplicando un 21% de IVA se obtiene un total de:

<b>Presupuesto con IVA</b>	<b>286.745 €</b>
----------------------------	------------------

**TABLA 67: Presupuesto mantenimiento instalación con IVA 100% iluminación artificial.**

El mantenimiento se realizará cada 12.35 años que es la vida útil de las luminarias y así se podrá garantizar una buena iluminación. Por tanto el precio al año de mantenimiento será de **19.18€/año**.

Por tanto el coste total anual será la suma del coste de la tarifa eléctrica anual, el presupuesto de instalación anual y el coste de mantenimiento anual:

<b>Importe total factura eléctrica</b>	2474.0857€
<b>Presupuesto Instalación luminarias total por año</b>	924.225€
<b>Coste mantenimiento lucernarios</b>	23.218€
<b>COSTE TOTAL ANUAL 100% ILUMINACIÓN ARTIFICIAL</b>	<b>3421.528€</b>

**TABLA 68: Coste total anual iluminación 100% artificial.**

## 9.2.2 COSTE SISTEMA DE UN 60% DE ILUMINACIÓN ARTIFICIAL.

FACTURA ELÉCTRICA SISTEMA 60% ILUMINACIÓN ARTIFICIAL.

Tanto el término de potencia como el de energía para el 60% de luz artificial serán:

	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	TOTAL (€/año)
<b>Término de Potencia (€)</b>	372.79	229.891	52.7167	<b>655.3977</b>

**TABLA 69: Total de €/año pagar por el término de potencia 60% luz artificial.**

	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	(TOTAL €/año)
<b>Término de Energía (€)</b>	45.984	56.6466	0	<b>102.6306</b>

**TABLA 70: Total de €/año por el término de energía 60% luz artificial.**

Aplicando la fórmula del impuesto eléctrico se obtiene un impuesto sobre la electricidad de:

<b>Impuesto sobre electricidad(€)</b>	<b>38.75€</b>
---------------------------------------	---------------

**TABLA 71: Impuesto sobre la electricidad 60% iluminación artificial.**

Habrà que tener en cuenta el precio de alquiler del equipo de medición que es de 98 €/mes y que al cabo del año serán 1176€/año.

Aplicando la fórmula el IVA utilizada anteriormente se obtiene un IVA:

<b>IVA</b>	<b>414.284€</b>
------------	-----------------

**TABLA 72: IVA 60% iluminación artificial.**

<b>Importe total factura eléctrica</b>	<b>2387.0623€</b>
--	-------------------

**TABLA 73: Importe total factura eléctrica para el 60% de luz artificial.**

## PRESUPUESTO DE INSTALACIÓN DE LUMINARIAS 60% ILUMINACIÓN ARTIFICIAL.

El presupuesto de instalación será el mismo que en la instalación del 100% de iluminación artificial, sin embargo el número de horas de vida útil aumentará.

Aplicando el 21% de IVA:

<b>PRESUPUESTO INSTALACIÓN CON IVA</b>	<b>11414.184 €</b>
--	--------------------

**TABLA 74: Presupuesto de Instalación luminarias con IVA para el 60% iluminación artificial.**

Por tanto dividiendo entre 20.58 que es la vida útil de la instalación se obtiene un valor anual de:

<b>Presupuesto Instalación Luminarias Total por año</b>	<b>554.625€</b>
---	-----------------

**TABLA 75: Presupuesto de instalación luminarias por año 60% iluminación artificial.**

## PRESUPUESTO DE MANTENIMIENTO Y RENOVACIÓN LUMINARIAS

El coste de mantenimiento y renovación de los mismos será el mismo que para el 100% de luz artificial.

Aplicando un 21% de IVA se obtiene un total de:

<b>Presupuesto con IVA</b>	<b>286.745 €</b>
----------------------------	------------------

**TABLA 76: Presupuesto mantenimiento instalación con IVA 60% iluminación artificial.**

El mantenimiento se realizará cada 20.58 que es la vida útil de las luminarias así se podrá garantizar una buena iluminación. Por tanto el precio al año de mantenimiento será de 13.93 €/año.

## PRESUPUESTO MANTENIMIENTO LUCERNARIOS.

Mant. 112 - Versión evaluación				
				Pág.: 1
PRESUPUESTO DE RECURSOS POR CAPÍTULO				Ref.: gresoc2
				Fac.:
Código	Cantidad	Descripción del recurso	Precio	Importe
UO1		Mantenimiento lucernarios		
MMAr.1aca3	1,000	Plat tij 12m del org-600 2000Kg	82,40	82,40
MO OA12a	2,000	Peón ordinari construcción	13,11	26,22
		<b>Total UO1:</b>		<b>108,62</b>
		<b>Total recursos</b>		<b>108,62</b>
		Costes indirectos, medios auxiliares y redondeos		2,17
		<b>Total presupuesto</b>		<b>110,79</b>

**TABLA 77: Presupuesto mantenimiento lucernarios 60% iluminación artificial.**

Para el cálculo del presupuesto de ejecución por contrata se va a utilizar un 15% gastos Generales y un 6% de Beneficio Industrial.

Por tanto el valor del Presupuesto de Ejecución por Contrato será:

PEC	<b>134,06 €</b>
-----	-----------------

**TABLA 78: Presupuesto mantenimiento lucernarios aplicando PEC.**

Aplicando el Impuesto al valor agregado:

Presupuesto con IVA	<b>162.212€</b>
---------------------	-----------------

**TABLA 79: Presupuesto mantenimiento lucernarios con IVA 60% iluminación artificial.**

La limpieza y mantenimiento de los lucernarios se realizará cada 5 años por tanto el coste anual será de **32.44€/año**

Por tanto el coste total anual será la suma del coste de la tarifa eléctrica anual, el presupuesto de instalación anual y el coste de mantenimiento anual:

<b>Importe total factura eléctrica</b>	2387.0623€
<b>Presupuesto Instalación luminarias total por año</b>	<b>554.625€</b>
<b>Coste mantenimiento luminarias</b>	13.93€
<b>Coste mantenimiento lucernarios</b>	32.44€
<b>COSTE TOTAL ANUAL 40% ILUMINACIÓN ARTIFICIAL</b>	<b>2988.057€</b>

**TABLA 80: Coste total anual iluminación 60% artificial.**

### 9.2.3 COSTE SISTEMA DE UN 40% DE ILUMINACIÓN ARTIFICIAL.

POTENCIA DEMANDADA POR LA EMPRESA CON EL 40% ILUMINACIÓN ARTIFICIAL.

Tanto el término de potencia como el de energía para el 40% de luz artificial serán:

	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	TOTAL (€/año)
<b>Término de Potencia (€)</b>	372.79	229.891	52.7167	<b>655.7167</b>

**TABLA 81: Total de €/año pagar por el término de potencia 40% luz artificial.**

	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	(TOTAL €/año)
<b>Término de Energía (€)</b>	30.656	37.7644	0	<b>68.4204</b>

**TABLA 82: Total de €/año por el término de energía 40% luz artificial.**

Aplicando la fórmula del impuesto eléctrico se obtiene un impuesto sobre la electricidad de:

<b>Impuesto sobre electricidad(€)</b>	<b>37.022€</b>
---------------------------------------	----------------

**TABLA 83: Impuesto sobre la electricidad 40% iluminación artificial.**

Habrá que tener en cuenta el precio de alquiler del equipo de medición que es de 98 €/mes y que al cabo del año serán 1176€/año.

Aplicando la fórmula el IVA utilizada anteriormente se obtiene un IVA:

<b>IVA</b>	<b>406.8035€</b>
------------	------------------

**TABLA 84: IVA para el 40% de luz artificial.**

<b>Importe total factura eléctrica</b>	<b>2343.962€</b>
--	------------------

**TABLA 85: Importe total factura eléctrica para el 40% de luz artificial.**

**PRESUPUESTO DE INSTALACIÓN DE LUMINARIAS 40% ILUMINACIÓN ARTIFICIAL.**

El coste de la instalación no varía, lo único que variará es la vida útil que será menor.

Aplicando el 21% de IVA:

<b>PRESUPUESTO INSTALACIÓN CON IVA</b>	<b>11414.184 €</b>
--	--------------------

**TABLA 86: Presupuesto de Instalación luminarias con IVA para el 40% iluminación artificial.**

Por tanto dividiendo entre 30.87 que es la vida útil de la instalación se obtiene un valor anual de:

<b>Presupuesto Instalación Luminarias Total por año</b>	<b>369.75€</b>
---	----------------

**TABLA 87: Presupuesto de instalación luminarias por año 40% iluminación artificial.**

**PRESUPUESTO DE MANTENIMIENTO Y RENOVACIÓN.**

El coste de mantenimiento y renovación de los mismos será el mismo que para el 100% de luz artificial.

Aplicando un 21% de IVA se obtiene un total de:

<b>Presupuesto con IVA</b>	<b>286.745 €</b>
----------------------------	------------------

**TABLA 88: Presupuesto mantenimiento instalación con IVA 40% iluminación artificial.**

El mantenimiento se realizará cada 30.87 años que es la vida útil de las luminarias así se podrá garantizar una buena iluminación. Por tanto el precio al año de mantenimiento será de **9.28€/año**.

#### PRESUPUESTO MANTENIMIENTO LUCERNARIOS.

Mantel: 112 - Varón evaluación				
PRESUPUESTO DE RECURSOS POR CAPÍTULO				Pág.: 1
				Ref.: proyect
				Fac.:
Código	Cantidad	Descripción del recurso	Precio	Importe
UO1		Mantenimiento lucernarios		
IMMAR.1a0a3	1,000	Plat tlf 12m diel org-600 2000Kg	82,40	82,40
MOOA12a	2,000	Peón ordinario construcción	13,11	26,22
Total UO1:				108,62
Total recursos				108,62
Costes indirectos, medios auxiliares y redondeos				2,17
Total presupuesto				110,79

**TABLA 89: Presupuesto mantenimiento lucernarios 40% iluminación artificial.**

Para el cálculo del presupuesto de ejecución por contrata se va a utilizar un 15% gastos Generales y un 6% de Beneficio Industrial.

Por tanto el valor del Presupuesto de Ejecución por Contrato será:

PEC	<b>134,06 €</b>
-----	-----------------

**TABLA 90: Presupuesto mantenimiento lucernarios aplicando PEC.**

Aplicando el Impuesto al valor agregado:

Presupuesto con IVA	<b>162.212€</b>
---------------------	-----------------

**TABLA 91: Presupuesto mantenimiento lucernarios con IVA 40% iluminación artificial.**

La limpieza y mantenimiento de los lucernarios se realizará cada 5 años por tanto el coste anual será de **32.44€/año**.

Por tanto el coste total anual será la suma del coste de la tarifa eléctrica anual, el presupuesto de instalación anual y el coste de mantenimiento anual:

<b>Importe total factura eléctrica</b>	2343.962€
<b>Presupuesto Instalación luminarias total por año</b>	369.75€
<b>Coste mantenimiento luminarias</b>	9.28€
<b>Coste mantenimiento lucernarios</b>	32.44€
<b>COSTE TOTAL ANUAL 20% ILUMINACIÓN ARTIFICIAL</b>	<b>2755.432€</b>

**TABLA 92: Coste total anual iluminación 40% artificial.**



### 9.3 ANÁLISIS ECONÓMICO.

Tras el estudio económico de las dos propuestas planteadas se va a estudiar la viabilidad de la instalación de los sistemas de iluminación mixto, comparando con el sistema de iluminación 100% artificial.

SISTEMA ILUMINACIÓN	COSTE	AHORRO ANUAL
100% ILUMINACIÓN ARTIFICIAL	3421.528€	
60%ILUMINACION NATURAL 60% ARTIFICIAL	2988.057€	433.471€
80%ILUMINACION NATURAL 40% ARTIFICIAL	2755.432€	666.096€

TABLA 93: Ahorro sistema de iluminación.

Para el estudio de viabilidad se van a aplicar el VAN y el TIR.

VAN

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{r}{(1+i)^t} - I_0 \quad (12)$$

Dónde:

VAN: Valor actual neto.

n: Número de periodos.

r: Cantidad recuperada cada año

i: Interés.

$I_0$ : Inversión inicial.

TIR

$$0 = \sum_{t=1}^n \frac{r}{(1+TIR)^t} - I_0 \quad (13)$$

Dónde:

TIR: Tasa interna de retorno.

n: Número de periodos.

r: Cantidad recuperada cada año

i: Interés.

$I_0$ : Inversión inicial

Para el cálculo del VAN y el TIR se supondrá que el número de periodos será igual a la vida útil de las luminarias naturales, para ello se ha supuesto una vida de 30 años.

La solución al VAN y al TIR será:

CASO	Inversión inicial (€)	r (€)	VAN 2% (€)	VAN 4% (€)	VAN 6% (€)	TIR
60% iluminación artificial	10.543 €	433,471	4.035,66 €	1.960,65 €	1.724,73 €	1,24%
40% iluminación artificial	10.543 €	666,096	9.047,74 €	8.670,99 €	8.308,45 €	4,68%

TABLA 94: Cálculo del VAN y TIR.

Para los 30 años de vida útil el sistema será rentable cuando se cumpla que:

1. **60% iluminación artificial 40% iluminación natural:** mientras los intereses sean menores del **1.24%**.
2. **40% iluminación artificial 60% iluminación natural:** mientras los intereses sean menores del **4.68%**.

## 10. CONCLUSIONES.

Tras los resultados obtenidos, tanto en el ensayo práctico como en el balance económico la conclusión que se ha extraído, es que la mejor solución sería el montaje mixto. Las razones que han llevado a esta elección han sido:

1. En el ensayo de luz natural se puede observar que en cuanto a **la iluminación media requerida**, cumple en torno al 50% de las horas calculadas. Para el resto de horas se necesitaría de un sistema de iluminación mixta o iluminación 100% artificial.
2. La **uniformidad**, ha sido el principal problema que se ha encontrado durante el ensayo de luz natural, sobre todo en áreas con maquinaria.
3. Con respecto a los **deslumbramientos**, no existe deslumbramiento en ninguna de las zonas de trabajo.
4. En cuanto al **balance económico** la inversión inicial quedará amortizada y obtendremos beneficios siempre que los intereses sean menores al 1.24%.

## 11. BIBLIOGRAFÍA

AVIA. *Cluster de Automocion de la Comunidad Valenciana. Datos del sector.*

<http://www.avia.com.es/>

OICA. *International Organization of Motor Vehicle Manufacturers. Production Statistics.*

<http://www.oica.net/>

PWC. *Presentación "Temas candentes de la industria del automóvil".*

<http://www.pwc.es/>

Apuntes Poliformat de la asignatura Teoría de Construcción y Arquitectura Industrial.

UNE 12454.1. *Norma Europea sobre Iluminación para Interiores.*

DIAL. *New calculation method.* Daniel Witzel.

<http://www.dial.de>.

Iberdrola. *Tríptico de tarifas 2015.* <https://www.iberdrola.es>

## **12. TABLAS SIMULACIONES DIALUX**

## PROPUESTA 1

## PROPUESTA DE MEJORA

### **13. HOJA CARACTERÍSTICA DE LA LUMINARIA**

## **14. PLANO CUBIERTA.**



	CIELO CUBIERTO										CIELO PARCIALMENTE CUBIERTO										CIELO DESPEJADO									
	INVIERNO					VERANO					INVIERNO					VERANO					INVIERNO					VERANO				
	MEDIA	MINIMA	MAXIMA	MIN/MEDIA	MIN/MAX	MEDIA	MINIMA	MAXIMA	MIN/MEDIA	MIN/MAX	MEDIA	MINIMA	MAXIMA	MIN/MEDIA	MIN/MAX	MEDIA	MINIMA	MAXIMA	MIN/MEDIA	MIN/MAX	MEDIA	MINIMA	MAXIMA	MIN/MEDIA	MIN/MAX	MEDIA	MINIMA	MAXIMA	MIN/MEDIA	MIN/MAX
	ÁREA ALMACÉN (100lux)																													
9 HORAS	24	4.78	44	0.199	0.109	411	52	735	0.127	0.071	109	29	197	0.266	0.147	781	214	1264	0.274	0.169	178	53	287	0.298	0.185	598	161	977	0.269	0.165
10 HORAS	103	21	183	0.204	0.115	793	101	1418	0.127	0.071	316	80	581	0.253	0.138	1298	287	2245	0.221	0.128	330	96	556	0.291	0.173	789	178	1424	0.226	0.125
11 HORAS	324	41	976	0.127	0.071	750	152	1337	0.203	0.114	524	125	1001	0.239	0.125	1654	300	3130	0.181	0.097	431	118	777	0.274	0.152	916	183	1860	0.2	0.098
	ÁREA ALMACÉN 2 (100lux)																													
9 HORAS	13	1.9	23	0.146	0.083	60	17	155	0.283	0.11	65	11	117	0.169	0.094	517	88	959	0.17	0.092	136	36	321	0.265	0.112	425	80	777	0.188	0.103
10 HORAS	57	8.37	98	0.147	0.085	116	32	299	0.276	0.107	191	36	380	0.188	0.095	781	117	1457	0.15	0.08	254	63	500	0.248	0.126	484	93	877	0.192	0.106
11 HORAS	48	13	123	0.271	0.106	412	60	715	0.146	0.084	318	62	590	0.195	0.105	859	124	1574	0.144	0.079	333	80	584	0.24	0.137	494	100	852	0.202	0.117
	ÁREA DE CIRCULACIÓN 1 (150lux)																													
9 HORAS	21	0.45	49	0.021	0.009	115	31	231	0.27	0.134	172	85	233	0.494	0.365	1252	440	1738	0.351	0.253	279	133	377	0.477	0.353	991	354	1424	0.357	0.249
10 HORAS	158	63	201	0.399	0.313	221	62	449	0.281	0.138	509	265	682	0.521	0.389	2059	722	2817	0.351	0.256	525	282	715	0.537	0.394	1256	434	1818	0.346	0.239
11 HORAS	91	25	181	0.275	0.138	1152	463	1462	0.402	0.317	856	405	1168	0.473	0.347	2551	921	3655	0.361	0.252	694	415	909	0.598	0.457	1376	492	219	0.358	0.244
	ÁREA DE CIRCULACIÓN 2 (150lux)																													
9 HORAS	26	16	35	0.615	0.457	373	211	542	0.566	0.389	149	94	188	0.631	0.5	912	498	1195	0.546	0.417	255	151	339	0.592	0.445	709	381	969	0.537	0.393
10 HORAS	114	68	148	0.596	0.459	718	409	1037	0.57	0.394	476	305	594	0.641	0.513	1528	829	2023	0.543	0.41	511	304	659	0.595	0.461	902	481	1270	0.533	0.379
11 HORAS	293	169	427	0.577	0.396	827	502	1074	0.607	0.467	855	574	1067	0.671	0.538	1982	1052	2786	0.531	0.378	709	469	881	0.661	0.532	1071	554	1541	0.517	0.36
	ÁREA DE CIRCULACIÓN 3 (150lux)																													
9 HORAS	15	4.52	31	0.301	0.146	198	23	523	0.116	0.044	66	28	130	0.424	0.215	427	182	744	0.426	0.245	122	68	190	0.557	0.358	343	174	531	0.507	0.328
10 HORAS	62	19	130	0.306	0.146	382	44	1027	0.115	0.043	197	82	382	0.416	0.215	656	269	1221	0.41	0.22	229	120	366	0.524	0.328	405	215	672	0.531	0.32
11 HORAS	156	18	418	0.115	0.043	454	141	940	0.311	0.15	340	136	640	0.4	0.213	784	293	1655	0.374	0.177	308	156	514	0.506	0.304	444	218	827	0.491	0.264
	ÁREA DE PRODUCCIÓN 1 (200lux)																													
9 HORAS	9.94	0.03	28	0.003	0.001	102	0.35	296	0.003	0.001	116	4.08	249	0.035	0.016	811	28	1942	0.035	0.014	197	12	367	0.061	0.033	683	31	1649	0.045	0.019
10 HORAS	94	2.05	224	0.022	0.009	197	0.66	542	0.003	0.001	356	11	713	0.031	0.015	1360	44	3369	0.032	0.013	383	19	706	0.05	0.027	853	32	2379	0.038	0.013
11 HORAS	80	0.27	224	0.003	0.001	681	15	1648	0.022	0.009	613	17	1167	0.028	0.015	1699	46	3985	0.027	0.012	516	21	917	0.041	0.023	920	29	2228	0.032	0.013
	ÁREA DE PRODUCCIÓN 2 (200lux)																													
9 HORAS	8.04	0.23	26	0.029	0.009	82	2.37	263	0.029	0.009	101	1.75	221	0.017	0.008	613	9.01	1504	0.015	0.006	154	5.39	300	0.035	0.018	442	14	1057	0.032	0.013
10 HORAS	88	1.09	194	0.012	0.003	159	4.57	505	0.029	0.009	315	5.56	668	0.018	0.008	1037	14	2617	0.014	0.005	306	10	592	0.033	0.017	598	15	1547	0.025	0.01
11 HORAS	65	1.87	208	0.029	0.009	641	7.91	1399	0.012	0.006	560	8.64	1137	0.015	0.008	1389	17	3481	0.012	0.005	427	13	795	0.03	0.016	740	16	1934	0.022	0.008
	ÁREA DE PRODUCCIÓN 3 (200lux)																													
9 HORAS	23	0.53	50	0.023	0.011	62	3.03	145	0.049	0.021	122	3.67	239	0.03	0.015	769	28	1644	0.036	0.017	197	10	366	0.051	0.027	604	34	1232	0.056	0.028
10 HORAS	98	2.61	209	0.027	0.012	120	5.86	281	0.049	0.021	382	11	730	0.029	0.015	1330	40	2824	0.03	0.014	391	16	704	0.041	0.023	819	36	1719	0.044	0.021
11 HORAS	49	2.39	115	0.049	0.021	714	19	1513	0.027	0.013	671	17	1253	0.025	0.014	1787	42	3837	0.024	0.011	536	20	948	0.037	0.021	982	33	2119	0.034	0.016
	ÁREA DE PULIDO (500lux)																													
9 HORAS	27	0.74	47	0.027	0.016	448	5.43	771	0.012	0.007	134	6.31	216	0.047	0.029	1000	57	1587	0.057	0.036	221	13	354	0.059	0.037	833	42	1378	0.05	0.03
10 HORAS	119	3.32	199	0.028	0.017	865	10	1489	0.012	0.007	397	18	657	0.045	0.027	1661	71	2902	0.043	0.024	410	24	706	0.059	0.034	1048	37	1771	0.035	0.021
11 HORAS	354	4.28	610	0.012	0.007	863	24	1439	0.028	0.017	660	28	1244	0.042	0.023	2062	75	3671	0.036	0.02	527	30	983	0.057	0.031	1139	38	1995	0.033	0.019

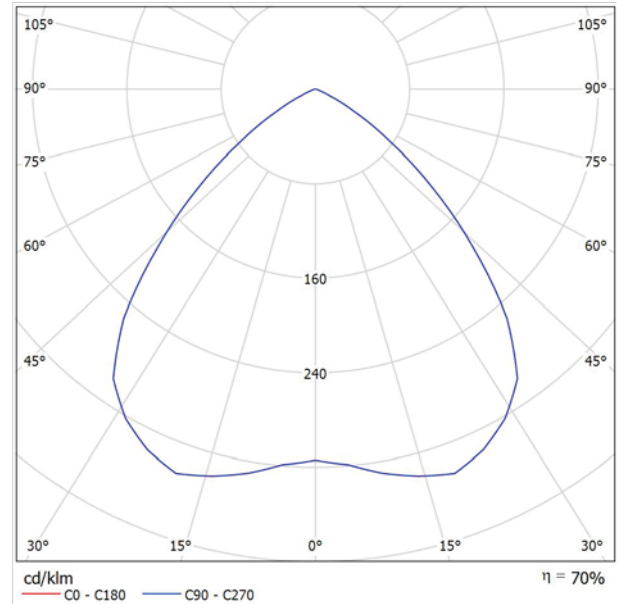
	CIELO CUBIERTO										CIELO PARCIALMENTE CUBIERTO										CIELO DESPEJADO									
	INVIERNO					VERANO					INVIERNO					VERANO					INVIERNO					VERANO				
	MEDIA	MINIMA	MAXIMA	MIN/MEDIA	MIN/MAX	MEDIA	MINIMA	MAXIMA	MIN/MEDIA	MIN/MAX	MEDIA	MINIMA	MAXIMA	MIN/MEDIA	MIN/MAX	MEDIA	MINIMA	MAXIMA	MIN/MEDIA	MIN/MAX	MEDIA	MINIMA	MAXIMA	MIN/MEDIA	MIN/MAX	MEDIA	MINIMA	MAXIMA	MIN/MEDIA	MIN/MAX
	ÁREA ALMACÉN (200lux)																													
9 HORAS	84	13	149	0.155	0.087	421	66	745	0.157	0.089	176	36	316	0.205	0.114	1245	236	2143	0.19	0.11	252	68	417	0.27	0.163	876	172	1512	0.196	0.114
10 HORAS	172	27	306	0.157	0.088	585	91	1036	0.156	0.088	512	106	948	0.207	0.112	2096	351	3837	0.167	0.091	473	121	825	0.256	0.147	1204	208	2312	0.173	0.09
11 HORAS	691	106	1227	0.156	0.088	726	113	1290	0.156	0.088	851	175	1652	0.206	0.106	2727	393	5358	0.144	0.073	619	152	1116	0.246	0.136	128	226	2941	0.158	0.077
	ÁREA ALMACÉN 2 (200lux)																													
9 HORAS	39	1.84	69	0.047	0.027	193	9.18	348	0.048	0.026	86	6.19	159	0.072	0.039	663	33	1284	0.05	0.026	148	33	242	0.223	0.136	494	44	1034	0.089	0.043
10 HORAS	79	3.77	141	0.048	0.027	269	13	483	0.048	0.027	252	21	471	0.083	0.045	1023	43	2014	0.042	0.021	277	60	503	0.217	0.119	575	52	1150	0.09	0.045
11 HORAS	317	15	568	0.047	0.026	334	16	598	0.048	0.027	421	45	769	0.107	0.059	1165	54	2261	0.046	0.024	365	76	710	0.208	0.107	594	44	1160	0.074	0.038
	ÁREA DE CIRCULACIÓN 1 (150lux)																													
9 HORAS	116	55	154	0.474	0.357	579	271	767	0.468	0.353	254	123	354	0.484	0.347	1745	708	2383	0.406	0.297	369	218	529	0.591	0.412	1329	512	1928	0.385	0.266
10 HORAS	237	112	315	0.473	0.356	805	377	1066	0.468	0.354	755	336	1080	0.445	0.311	2981	1204	4297	0.404	0.28	708	408	1020	0.576	0.4	1791	644	2732	0.36	0.236
11 HORAS	951	445	1258	0.468	0.354	999	472	1319	0.472	0.358	1284	601	1823	0.463	0.33	3849	1466	5894	0.381	0.249	957	475	1352	0.496	0.351	2016	780	3251	0.387	0.24
	ÁREA DE CIRCULACIÓN 2 (150lux)																													
9 HORAS	85	54	118	0.635	0.458	429	269	592	0.627	0.454	231	147	293	0.636	0.502	1411	789	1828	0.559	0.432	366	220	436	0.601	0.505	1012	557	1303	0.55	0.427
10 HORAS	175	110	243	0.629	0.453	596	374	823	0.628	0.454	743	488	915	0.657	0.533	2401	1279	3227	0.533	0.396	751	464	874	0.618	0.531	1337	714	1913	0.534	0.373
11 HORAS	703	442	972	0.629	0.455	738	465	106	0.63	0.458	1338	921	1618	0.688	0.569	3164	1671	4447	0.528	0.376	1049	733	1232	0.699	0.595	1637	849	2441	0.519	0.348
	ÁREA DE CIRCULACIÓN 3 (150lux)																													
9 HORAS	50	14	105	0.28	0.133	250	69	531	0.276	0.13	106	38	205	0.358	0.185	670	234	1213	0.349	0.193	171	85	285	0.497	0.298	482	214	821	0.444	0.261
10 HORAS	102	28	215	0.275	0.13	347	96	738	0.277	0.13	319	120	611	0.376	0.196	1047	364	2032	0.348	0.179	323	153	545	0.474	0.281	585	255	1098	0.436	0.232
11 HORAS	409	112	864	0.274	0.13	430	119	914	0.277	0.13	556	205	1090	0.369	0.188	1290	415	2889	0.322	0.144	437	199	758	0.455	0.263	664	282	1404	0.425	0.201
	ÁREA DE PRODUCCIÓN 1 (200lux)																													
9 HORAS	59	1.74	160	0.029	0.011	296	8.69	801	0.029	0.011	155	8.01	358	0.052	0.022	1078	50	2615	0.046	0.019	259	19	518	0.073	0.037	876	53	2106	0.061	0.025
10 HORAS	121	3.56	328	0.029	0.011	411	12	1113	0.029	0.011	481	23	1070	0.048	0.021	1885	70	4582	0.037	0.015	518	27	1011	0.052	0.027	1164	48	2900	0.041	0.017
11 HORAS	484	14	1317	0.029	0.011	511	15	1381	0.029	0.011	830	35	1788	0.042	0.02	2420	70	6023	0.029	0.012	700	32	1331	0.046	0.024	1294	43	3576	0.033	0.012
	ÁREA DE PRODUCCIÓN 2 (200lux)																													
9 HORAS	60	0.8	147	0.013	0.005	299	4.01	735	0.013	0.005	145	2.3	337	0.016	0.007	780	11	2023	0.014	0.005	206	6	430	0.029	0.014	543	16	1433	0.029	0.011
10 HORAS	122	1.64	302	0.013	0.005	415	5.56	1021	0.013	0.005	463	6.39	1047	0.014	0.006	1388	17	3819	0.012	0.004	423	10	865	0.024	0.012	790	19	2291	0.024	0.008
11 HORAS	490	6.57	1205	0.013	0.005	516	6.91	1270	0.013	0.005	843	11	1830	0.013	0.006	1987	21	5617	0.011	0.004	611	12	1168	0.02	0.01	1049	19	3038	0.018	0.006
	ÁREA DE PRODUCCIÓN 3 (200lux)																													
9 HORAS	70	1.12	156	0.016	0.007	351	5.59	781	0.016	0.007	183	4.13	371	0.023	0.011	1074	30	2318	0.028	0.013	287	12	536	0.042	0.022	807	52	1759	0.064	0.03
10 HORAS	13	2.29	320	0.016	0.007	487	7.77	1085	0.016	0.007	584	13	1159	0.022	0.011	1945	45	4276	0.023	0.011	585	20	1056	0.034	0.019	1193	45	2707	0.038	0.017
11 HORAS	575	9.18	1282	0.016	0.007	605	9.65	1350	0.016	0.007	1044	21	1998	0.02	0.011	2754	50	6071	0.018	0.008	814	24	1446	0.029	0.017	1521	40	3430	0.026	0.012
	ÁREA DE PULIDO (1000lux)																													
9 HORAS	85	1.59	154	0.019	0.01	428	7.95	773	0.019	0.01	199	5.28	340	0.027	0.016	1514	41	2482	0.027	0.017	295	11	467	0.037	0.024	1199	37	2011	0.031	0.018
10 HORAS	175	3.25	316	0.019	0.01	594	11	1075	0.019	0.01	589	15	1026	0.025	0.015	2571	53	4393	0.021	0.012	551	21	918	0.038	0.023	1573	35	2907	0.022	0.012
11 HORAS	703	13	1260	0.018	0.01	738	14	1334	0.019	0.01	970	25	1765	0.026	0.014	3250	60	5840	0.018	0.01	704	28	1206	0.04	0.023	1727	33	3267	0.019	0.01

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**DIAL 24 SDK 102-400 GESCHLOSSEN / Hoja de datos de luminarias**



Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 70 97 100 100 70

SDK 102-400 W-IC Hallen-Reflektorleuchte mit Natriumdampf-Lampe

1 x SON 400 W Hochdruck-Natriumdampf-Lampe,  
KVG kompensiert.  
Industrie-Reflektorleuchte, tiefbreitstrahlend.  
Abmessungen D x H: 424 x 484 mm.

Leuchtenkörper aus schwarzem Phenol-Kunststoff,  
bis 140°C hitzebeständig, mit dem Vorschaltge-  
räte-Gehäuse aus Aluminium-Druckguß wieder lös-  
bar verschraubt. Mit integriertem Tragegriff.  
Asymmetrische Anordnung von Leuchtenkörper und  
Reflektor für optimale Wärmeableitung und beste  
Betriebsbedingungen.

Integrierte Universal-Aluminium-Montageschiene.  
Anschlußfertig verdrahtet mit wärmebeständigen  
Leitungen, fest montierte Schraubanschlußklemme  
5 x 4 mm<sup>2</sup>. Leitungseinführung durch Kabelver-  
schraubung PG16. Durchgangsverdrahtung über aus-  
brechbare Öffnung für zweite PG16-Verschraubung  
möglich.

Aluminium-Reflektor semihochglänzend eloxiert,  
tiefbreitstrahlend. Bajonettverschlußartige  
Aufnahme des rotationssymmetrischen Reflektors.

Offene Ausführung:  
Zwangsventilation im Reflektor/Leuchtenkörper  
durch ausbrechbare Öffnungen im Kunststoffge-  
häuse oberhalb der Keramikfassung E 40 erlaubt  
den Einsatz in Umgebungstemperaturen bis 45°C.  
Gleichzeitiger Selbstreinigungseffekt durch  
vertikale Staubableitung.

Geschlossene Ausführung:  
Für Umgebungstemperaturen bis 40°C auch wahlwei-  
se mit Abdeckung aus temperaturwechselbestän-  
digem Sicherheitsglas mit umlaufender Profil-  
gummidichtung und werkzeuglos bedienbaren Ver-  
schlüssen aus rostfreiem Stahl zur Erhöhung der  
Schutzart auf IP 54.

IP 22 (IP54), Schutzklasse I, VDE

Emisión de luz 1:

Valoración de deslumbramiento según UGR												
ρ Techo	70	70	50	50	30	70	50	50	30	70	50	30
ρ Paredes	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	50	30
ρ Suelo	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Tamaño del local	Mirado en perpendicular al eje de lámpara				Mirado longitudinalmente al eje de lámpara							
X Y	2H	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
	2H	26.5	27.5	26.8	27.7	27.9	26.5	27.5	26.8	27.7	27.9	27.8
	3H	26.4	27.3	26.7	27.5	27.8	26.4	27.3	26.7	27.5	27.8	27.7
	4H	26.3	27.2	26.6	27.4	27.7	26.3	27.2	26.6	27.4	27.7	27.6
	6H	26.3	27.0	26.6	27.3	27.6	26.3	27.0	26.6	27.3	27.6	27.5
	8H	26.2	26.9	26.6	27.2	27.6	26.2	26.9	26.6	27.2	27.6	27.5
	12H	26.2	26.9	26.5	27.2	27.5	26.2	26.9	26.5	27.2	27.5	27.4
	2H	26.5	27.3	26.8	27.5	27.8	26.5	27.3	26.8	27.5	27.8	27.7
	3H	26.4	27.0	26.7	27.4	27.7	26.4	27.0	26.7	27.4	27.7	27.6
	4H	26.3	26.9	26.7	27.2	27.6	26.3	26.9	26.7	27.2	27.6	27.5
	6H	26.2	26.7	26.6	27.1	27.5	26.2	26.7	26.6	27.1	27.5	27.4
	8H	26.2	26.7	26.6	27.0	27.5	26.2	26.7	26.6	27.0	27.5	27.4
	12H	26.2	26.6	26.6	27.0	27.4	26.2	26.6	26.6	27.0	27.4	27.3
	4H	26.2	26.7	26.6	27.0	27.4	26.2	26.7	26.6	27.0	27.4	27.3
	6H	26.1	26.5	26.6	26.9	27.4	26.1	26.5	26.6	26.9	27.4	27.3
	8H	26.1	26.4	26.5	26.8	27.3	26.1	26.4	26.5	26.8	27.3	27.2
	12H	26.0	26.3	26.5	26.8	27.3	26.0	26.3	26.5	26.8	27.3	27.2
	4H	26.2	26.6	26.6	27.0	27.4	26.2	26.6	26.6	27.0	27.4	27.3
	6H	26.1	26.4	26.5	26.8	27.3	26.1	26.4	26.5	26.8	27.3	27.2
	8H	26.0	26.3	26.5	26.8	27.3	26.0	26.3	26.5	26.8	27.3	27.2
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias												
S = 1.0H	+1.1 / -2.2				+1.1 / -2.2							
S = 1.5H	+2.6 / -6.8				+2.6 / -6.8							
S = 2.0H	+4.4 / -11.9				+4.4 / -11.9							
Tabla estándar	BK00				BK00							
Sumando de corrección	6.8				6.8							
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 55500lm Flujo luminoso total												

