

# Tabla de Contenidos

---

1.	Introducción.....	1
1.1.	Descripción del Contexto .....	1
1.1.1.	Eficiencia Energética.....	1
1.1.2.	Fuentes de Luz.....	2
1.2.	Descripción del Problema.....	2
1.2.1.	Uso ineficiente de la luz emitida .....	3
1.2.2.	Alto Consumo Eléctrico .....	4
1.2.3.	Falta de flexibilidad ante los cambios tecnológicos .....	4
1.3.	Objetivos.....	5
1.3.1.	Objetivo General.....	5
1.3.2.	Objetivos Específicos .....	5
1.4.	Alcances.....	6
1.5.	Limitaciones .....	7
2.	Marco Teórico .....	8
2.1.	Iluminación de Estado Sólido (SSL) .....	9
2.1.1.	Propiedad Física (Electroluminiscencia) .....	9
2.1.2.	Evolución de las fuentes de Luz .....	10
2.2.	Optimización.....	11
2.2.1.	Heurísticas .....	12
2.2.2.	Metaheurísticas .....	12

2.3. Geometría Computacional .....	15
2.3.1. Ray Tracing .....	15
2.3.2. Triangulación de Delaunay .....	16
2.4. Inteligencia Artificial (AI) .....	19
2.4.1. Comportamiento Emergente (boids) .....	19
3. Metodología de Trabajo .....	22
3.1. Desarrollo guiado por funcionalidades (FDD) .....	22
3.1.1. Diseñar un Modelo General .....	23
3.1.2. Crear una lista de funcionalidades .....	23
3.1.3. Planear por funcionalidad .....	24
3.1.4. Diseñar por funcionalidad .....	24
3.1.5. Construir por funcionalidad .....	25
3.2. Metodología del Proyecto .....	26
3.2.1. Modelo General .....	26
3.2.2. Lista de funcionalidades .....	27
3.2.3. Plan por Funcionalidades .....	27
3.2.4. Diseño por funcionalidad .....	28
3.2.5. Construcción por funcionalidad .....	29
3.3. Herramientas Utilizadas .....	30
3.3.1. Lenguaje unificado de modelado (UML) .....	30
3.3.2. Lenguaje de Programación Java .....	30
3.3.3. Librería JOGL .....	30
3.3.4. Netbeans 6.5 IDE .....	31
4. Desarrollo de la Aplicación .....	32
4.1. Etapa de concepción .....	32
4.1.1. Descripción .....	32
4.1.2. Lista de requisitos valorados por el usuario .....	33
4.2. Modelo General .....	34
4.2.1. Elementos Internos: ¿qué se optimizará? Y ¿cómo se optimizará? .....	34

4.2.2. Elementos Externos: ¿qué parámetros se requieren?, ¿cómo se entregarán? y ¿cómo se mostrarán los resultados?.....	36
4.3. Lista de Funcionalidades .....	38
4.4. Plan por Funcionalidades.....	39
4.4.1. Iteración 1 .....	39
4.4.2. Iteración 2 .....	41
4.4.3. Iteración 3 .....	42
4.4.4. Iteración 4 .....	44
4.4.5. Iteración 5 .....	45
4.5. Diseño y Construcción por Funcionalidad .....	47
4.5.1. Diseño .....	47
4.5.2. Implementación .....	69
5. Resultados.....	78
5.1. Solución inicial .....	78
5.2. Solución con Simulated Annealing .....	79
6. Conclusiones.....	80
6.1. Limitaciones .....	81
6.2. Mejoras posibles .....	81
Bibliografía .....	83
Índice de Alfabético.....	86
Índice de Ilustraciones .....	87
Índice de Ecuaciones .....	89
Índice de Tablas.....	90
Índice de Diagramas .....	91
Anexos .....	92

# Índice alfabético

---

ahorrar .....	8, 9, 13	Iluminación de Estado Sólido .....	9
área objetivo	12, 36, 37, 38, 39, 41, 42, 44, 48, 51, 55, 57, 60, 65, 67, 69, 72	Inteligencia Artificial .....	12, 24
boids .....	24, 25, 26, 27, 62, 64	medio ambiente .....	8
regla 1 .....	26	metaheurística .....	18
regla 2 .....	26	normas CNE .....	9
regla 3 .....	27	objetivo general .....	12
CIE .....	72	objetivos específicos .....	12
Comisión Nacional de Energía .....	9	optimización .....	12, 17, 18, 21, 35, 36, 39, 46, 66
Comportamiento Emergente .. <i>Véase</i> boids		Ray Tracing .....	20, 55
contaminación lumínica .....	10	Recocido Simulado .....	
Desarrollo guiado por funcionalidades ..	27	<i>Véase</i> Simulated Annealing	
<i>Diodo</i> .....	14	reflector de luz .	12, 23, 35, 36, 38, 41, 42, 46, 47, 52, 60, 61, 64, 66
distribución de probabilidad .....	19	semiconductores .....	14
<i>Eficiencia Energética</i> .....	8	Simulated Annealing .....	18
energía .....	8, 9, 10, 13, 15, 19, 35	sistemas de iluminación .....	9, 13
espacio de búsqueda .....	17	solución	12, 13, 17, 19, 35, 36, 37, 39, 41, 42, 46, 47, 48, 50, 60, 65, 66, 68, 69, 70, 73, 74, 75
FDD <i>Véase</i> desarrollo guiado por funcionalidades		Traza de Rayos .....	<i>Véase</i> Ray Tracing
flexibilidad .....	11	triangulación .....	21
flujo útil .....	10	propiedad 1 .....	22
fuentes de luz		propiedad 2 .....	23
descarga de alta intensidad (HID) .....	9	Triangulación de Delaunay .....	21
Fluorescentes .....	9	triángulos regulares .....	21
Incandescentes .....	9		
LED .....	9		
OLED .....	9		
Fuentes de Luz .....	9		
geometría computacional .....	20		

# Índice de Ilustraciones

---

ILUSTRACIÓN 1: MUESTRA UNA LÁMPARA QUE UTILIZA DE FORMA INEFICIENTE LA LUZ QUE EMITE. ....	3
ILUSTRACIÓN 2: EVOLUCIÓN DE LA EFICACIA EN LA TECNOLOGÍA SSL DESDE 1960 HASTA EL AÑO 2000 ...	11
ILUSTRACIÓN 3: ESQUEMA DEL FUNCIONAMIENTO DE RAY TRACING.....	15
ILUSTRACIÓN 4: DIFERENCIAS ENTRE UNA TRIANGULACIÓN CUALQUIERA Y UNA TRIANGULACIÓN DE DELAUNAY .....	16
ILUSTRACIÓN 5: PROPIEDAD 1 DEL ALGORITMO DE DELAUNAY.....	17
ILUSTRACIÓN 6: PROPIEDAD 2 DEL ALGORITMO DE DELAUNAY.....	18
ILUSTRACIÓN 7: REGLA NÚMERO UNO, BOIDS .....	20
ILUSTRACIÓN 8: REGLA NÚMERO DOS, BOIDS.....	21
ILUSTRACIÓN 9: REGLA NÚMERO TRES, BOIDS .....	21
ILUSTRACIÓN 10: MUESTRA EL PROCESO DE LA METODOLOGÍA DE DESARROLLO GUIADO POR FUNCIONALIDADES.....	23
ILUSTRACIÓN 11: MUESTRA CÓMO LOS RAYOS DE LUZ REBOTAN EN EL REFLECTOR Y PUEDEN DIRIGIRSE TANTO HACIA EL ÁREA OBJETIVO COMO FUERA.....	35
ILUSTRACIÓN 12: MUESTRA CÓMO SE DEFORMA EL REFLECTOR DE LUZ PARA DIRIGIR LOS RAYOS HACIA EL ÁREA OBJETIVO. ....	35
ILUSTRACIÓN 13: ACERCAMIENTO PARA OBSERVAR CÓMO SE REFLEJAN LOS RAYOS. ....	36
ILUSTRACIÓN 14: REGLA NÚMERO 1, MANTENER LOS PUNTOS EN TORNADO AL CENTRO. ....	59
ILUSTRACIÓN 15: REGLA NÚMERO 2, MANTENER UNA DISTANCIA MÍNIMA. ....	59
ILUSTRACIÓN 16: PANEL TABULADO PARA SEPARAR LAS FUNCIONALIDADES DE INGRESO DE DATOS Y VISUALIZACIÓN. ....	66
ILUSTRACIÓN 17: INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO QUE PERMITE INGRESAR LOS PARÁMETROS INICIALES...	70
ILUSTRACIÓN 18: SALIDA POR CONSOLA DE LA PRUEBA DE INGRESO DE PARÁMETROS INICIALES. ....	71

ILUSTRACIÓN 19: INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO QUE PERMITE VISUALIZAR LA SOLUCIÓN E INTERACTUAR CON ELLA. ....	72
ILUSTRACIÓN 20: MUESTRA EL PROCESO PARA ELEGIR LA MEJOR ALTURA.....	74
ILUSTRACIÓN 21: MUESTRA GRÁFICAMENTE EL CÁLCULO DE LA FUNCIÓN DE FITNESS. ....	75

# Índice de Ecuaciones

---

ECUACIÓN 1: DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD DE BOLTZMANN. ....	14
ECUACIÓN 2: FUNCIÓN DE FITNESS. ....	14
ECUACIÓN 3: CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE LEDS A UTILIZAR .....	57

# Índice de Tablas

---

TABLA 1: ELEMENTOS SEMICONDUCTORES.....	9
TABLA 2: FORMALIZACIÓN DEL CONCEPTO DE OPTIMIZACIÓN EN LENGUAJE MATEMÁTICO. ....	12
TABLA 3: MUESTRA LA LISTA DE FUNCIONALIDADES OBTENIDAS DEL USUARIO.....	39
TABLA 4: PSEUDOCÓDIGO DEL ALGORITMO DE TRIANGULACIÓN DE DELAUNAY.....	61
TABLA 5: PSEUDOCÓDIGO DEL ALGORITMO PARA ENCONTRAR LA SOLUCIÓN INICIAL. ....	63
TABLA 6: PSEUDOCÓDIGO DEL ALGORITMO DE SIMULATED ANNEALING ADAPTADO AL PROBLEMA. ....	64
TABLA 7: ESTRUCTURA DEL ARCHIVO DE TEXTO PLANO QUE ALMACENARÁ LAS SOLUCIONES.....	68
TABLA 8: TABLA DE ILUMINACIÓN SEGÚN LUGAR A ILUMINAR (20).....	69
TABLA 9: MUESTRA LAS LINEAS DEL PSEUDOCÓDIGO DONDE SE USA LA TEMPERATURA. ....	76



# Índice de Diagramas

---

DIAGRAMA 1: DIAGRAMA DE CLASES, QUE MUESTRA LAS RELACIONES DE LAS CLASES PERTENECIENTES A LA INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO. ....	37
DIAGRAMA 2: DIAGRAMA DE CLASES GENERAL, EN DONDE SE MUESTRAN LAS RELACIONES DE LAS CLASES PERTENECIENTES AL MODELO DEL PROBLEMA. ....	47
DIAGRAMA 3: CLASE <i>SOLUCION</i> . ....	48
DIAGRAMA 4: CLASE <i>SUPERFICIE</i> ....	49
DIAGRAMA 5: CLASE <i>LED</i> ....	50
DIAGRAMA 6: CLASE <i>PUNTO</i> . ....	51
DIAGRAMA 7: CLASE <i>RECTA</i> ....	52
DIAGRAMA 8: CLASE <i>VECTOR3D</i> ....	53
DIAGRAMA 9: CLASE <i>TRIANGULO</i> . ....	54
DIAGRAMA 10: DIAGRAMA DE CLASES REPRESENTANDO LA ESTRUCTURA DEL INGRESO DE PARÁMETROS INICIALES. ....	55
DIAGRAMA 11: DIAGRAMA DE CASOS DE USO QUE MUESTRA EL INGRESO DE PARÁMETROS INICIALES. ....	56
DIAGRAMA 12: DIAGRAMA DE CLASES QUE MUESTRA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA INTERFAZ <i>BOID</i> ....	58
DIAGRAMA 13: DIAGRAMAS DE FLUJO DE LOS ALGORITMOS DE <i>BOID</i> ....	60
DIAGRAMA 14: CLASE <i>SOLUCION</i> CON LOS MÉTODOS RELACIONADOS CON LA SOLUCIÓN INICIAL. ....	62
DIAGRAMA 15: DIAGRAMA DE CASOS DE USO QUE MUESTRA LA VISUALIZACIÓN E INTERACCIÓN CON LA SOLUCIÓN. ....	65
DIAGRAMA 16: DIAGRAMA DE CLASES QUE MUESTRA LA ESTRUCTURA DE LA INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO. ....	66
DIAGRAMA 17: DIAGRAMA DE CASOS DE USO QUE MUESTRA LA PERSISTENCIA A ARCHIVOS DE LA APLICACIÓN. ....	67