

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
RESUMEN.....	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. ANTECEDENTES.....	2
1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.3. SOLUCIÓN PROPUESTA.....	3
1.4. OBJETIVOS.....	5
1.4.1. Objetivo general.....	5
1.4.2. Objetivos específicos.....	5
1.5. ALCANCES.....	5
1.6. METODOLOGÍA.....	6
1.6.1. Primera etapa.....	6
1.6.2. Segunda etapa.....	7
1.6.3. Tercera etapa.....	8
1.6.4. Cuarta etapa.....	8
1.6.5. Quinta etapa.....	9
1.7. RESULTADOS ESPERADOS.....	9
1.8. ORGANIZACIÓN DEL DOCUMENTO.....	10
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....	12
2.1. RADIACIÓN TÉRMICA.....	13

2.1.1.	DEFINICIÓN	13
2.1.2.	ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO	14
2.1.3.	RADIACIÓN DE CUERPO NEGRO	15
2.1.4.	INTENSIDAD DE RADIACIÓN	18
2.1.5.	PROPIEDADES RADIATIVAS.....	19
2.1.6.	LEY DE KIRCHHOFF	21
2.1.7.	RADIACIÓN SOLAR.....	21
2.1.8.	BALANCE ENERGÉTICO	23
2.2.	ECUACIONES DE MAXWELL	24
2.2.1.	RCWA	26
2.3.	ENFRIAMIENTO RADIATIVO	26
2.3.1.	DEFINICIÓN	26
2.3.2.	ORÍGENES DEL ENFRIAMIENTO RADIATIVO	27
2.3.3.	VENTANA ATMOSFÉRICA.....	27
2.3.4.	ENFRIAMIENTO RADIATIVO EN LA ACTUALIDAD	28
2.3.5.	APLICACIONES	29
2.3.6.	ENERGÍA FOTOVOLTAICA.....	29
2.4.	POLARITONES MAGNÉTICOS.....	32
2.4.1.	ABSORBEDORES PERFECTOS Y METAMATERIALES	32
2.4.2.	MODELO CIRCUITO LC	34
CAPÍTULO 3. DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN A LA PROBLEMÁTICA		38
3.1.	DEFINICIÓN	39
3.2.	OBTENCIÓN DE PROPIEDADES ÓPTICAS.....	39
3.2.1.	Book of optical constants of solid (Palik, 1998).	39
3.2.2.	Refractive index.....	41

3.2.3.	Artículos científicos.....	41
3.3.	CALCULO DE constante dielectrica	41
3.3.1.	CALCULO REFLEXIÓN, TRANSMISIÓN Y ABSORCIÓN: S4	43
3.3.2.	BENCHMARK 1 (Z. Zhang et al., 2018)	45
3.3.3.	BENCHMARK 2 (Wang & Zhang, 2012).....	48
3.4.	CIRCUITO LC – CÓDIGO MATLAB.....	51
3.5.	POTENCIA ENFRIAMIENTO – MATLAB	53
3.6.	ESQUEMA RESUMEN PROCEDIMIENTO.....	54
CAPÍTULO 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS		56
4.1.	DEFINICIÓN	57
4.2.	ESTUDIOS DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS	58
4.2.1.	PRIMER ESTUDIO	58
4.2.2.	SEGUNDO ESTUDIO.....	60
4.2.3.	TERCER ESTUDIO.....	63
4.3.4.	CUARTO ESTUDIO.....	66
4.3.5.	QUINTO ESTUDIO.....	67
4.3.6.	SEXTO ESTUDIO	69
4.2.7.	SÉPTIMO ESTUDIO.....	71
4.3.	TABLA RESUMEN.....	73
4.4.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	73
4.4.1.	ESPECTRO DE EMISIÓN	74
4.4.2.	CIRCUITO LC	77
4.4.3.	POTENCIA DE ENFRIAMIENTO.....	77
4.4.4.	RESUMEN HALLAZGOS	78
CONCLUSIONES.....		80

REFERENCIAS	84
ANEXO 1: INTERPOLACIÓN MATERIALES USADOS.....	87
ANEXO 2: Paneles fotovoltaicos.....	90
ESTRUCTURA CELDA FOTOVOLTAICA.....	90
COMPORTAMIENTO DE LA LUZ EN UNA CELDA.....	93
ESTRUCTURA PANEL FOTOVOLTAICO	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1: Espectro electromagnético. FUENTE: (Kreith et al., 2012).....	15
Figura 2-2: Potencia de radiación temperaturas. FUENTE:(Kreith et al., 2012).....	17
Figura 2-3: Emisividad de distintos materiales según su longitud de onda. FUENTE:(Cengel, 2011).....	19
Figura 2-4: Diagrama esquemático reflexión, transmisión y absorción. FUENTE:(Kreith et al., 2012).....	20
Figura 2-5: Espectro solar y absorción de distintas moléculas en la atmosfera. FUENTE: (Modest, 2003)	23
Figura 2-6: Esquema de los flujos de calor que ocurren en las superficies terrestres. B. Espectro solar (rojo) y espectro de radiación terrestre (azul). FUENTE:(Yin et al., 2020)	28
Figura 2-7: Eficiencia vs temperatura en un panel de perovskita CH ₃ NH ₃ PbI ₃ . FUENTE:(Mesquita et al., 2019)	30
Figura 2-8: Procesos de absorción, emisión y reflexión que ocurren al recibir energía del sol. FUENTE:(D. Zhao et al., 2019)	31
Figura 2-9:Celda experimental propuesta: A la derecha (línea negra), el espectro de emisión de la celda experimental, superpuesta con el espectro solar y la ventana atmosférica. A la derecha la composición de la estructura estudiada. FUENTE:(D. Zhao et al., 2019)	32
Figura 2-10: Panel fotovoltaico sin SiC (Izquierda) y con SiC (derecha). FUENTE:(Cai et al., 2019).....	33
Figura 2-11: Absorción obtenida a partir de las celdas de la figura 2-15. La línea roja corresponde a la celda con SiC y la línea puntuada a la celda sin SiC. FUENTE:(Cai et al., 2019).....	34
Figura 2-12: Celda fotovoltaica y su circuito LC asociado. FUENTE:(Z. M. Zhang, 2020)....	35
Figura 3-1: Tabla con propiedades ópticas del telurio de cadmio. FUENTE:(Palik, 1998).....	40
Figura 3-2: Gráfica de propiedades ópticas del telurio de cadmio. FUENTE: (Palik, 1998)....	40
Figura 3-3: Interpolación realizada en Matlab para las constantes dieléctricas real e imaginaria del carburo de Silicio. FUENTE: Elaboración propia.....	43
Figura 3-4: Interfaz código programa S4. FUENTE: Elaboración propia.	44

Figura 3-5: Validación código realizado en software S4 a partir de una celda de perovskita. FUENTE: Elaboración propia.	45
Figura 3-6: Estructura celda para realizar el benchmark 1. FUENTE:(Z. Zhang et al., 2018) .	46
Figura 3-7: Reflexión (línea azul) y absorción (línea roja) versus longitud de onda producida por la estructura propuesta. FUENTE: (Z. Zhang et al., 2018)	47
Figura 3-8: Resultados obtenidos de la simulación usando el programa S4 (línea negra), datos obtenidos de la figura 3-7 (línea azul). FUENTE: Elaboración propia.	48
Figura 3-9: Estructura propuesta en el artículo. FUENTE: (Wang & Zhang, 2012)	49
Figura 3-10: Gráfica de longitud de onda versus emitancia de la estructura propuesta (línea roja). FUENTE: (Wang & Zhang, 2012).....	50
Figura 3-11 Resultados obtenidos de la simulación usando el programa S4 (línea negra), datos obtenidos de la figura 3-10 (línea azul). FUENTE: Elaboración propia.	51
Figura 3-12: Gráfica de ancho de tira de metal versus longitud de onda y versus emitancia. Mientras más claro es el sector, la emitancia es mayor. En los triángulos verdes se marca el sector donde ocurre la resonancia por polaritones magnéticos. FUENTE: (Wang & Zhang, 2012).....	52
Figura 3-13: Gráfica de ancho de tira de metal versus longitud de onda. La línea azul representa la referencia y los puntos magenta los resultados obtenidos con el código. FUENTE: Elaboración propia.	53
Figura 3-14: Diagrama de flujo simplificado del procedimiento para diseñar una estructura. FUENTE: Elaboración propia.	55
Figura 4-1: Espectro de emisión/absorción con distintos ángulos de incidencia para la primera nanoestructura estudiada. FUENTE: Elaboración propia.....	59
Figura 4-2: Gráfico de factor de llenado versus peak de absorción en la nanoestructura a partir del modelo del circuito LC. FUENTE: Elaboración propia.	61
Figura 4-3: Espectro de emisión/absorción con distintos ángulos de incidencia para la segunda nanoestructura estudiada. FUENTE: Elaboración propia.....	62
Figura 4-4: Gráfico espesor de la capa del material dieléctrico (SiO ₂) versus peak de absorción en la nanoestructura a partir del modelo del circuito LC. FUENTE: Elaboración propia.	64
Figura 4-5: Espectro de emisión/absorción con distintos ángulos de incidencia para la tercera nanoestructura estudiada. FUENTE: Elaboración propia.....	65

Figura 4-6: Espectro de emisión/absorción con distintos ángulos de incidencia para la cuarta nanoestructura estudiada. FUENTE: Elaboración propia.....	67
Figura 4-7: Estructura usada en el caso de estudio. FUENTE:(Cai et al., 2019)	68
Figura 4-8: Espectro de emisión/absorción con distintos ángulos de incidencia para la quinta nanoestructura estudiada. FUENTE: Elaboración propia.....	69
Figura 4-9: Espectro de emisión/absorción con distintos ángulos de incidencia para la sexta nanoestructura estudiada. FUENTE: Elaboración propia.....	71
Figura 4-10: Espectro de emisión/absorción con distintos ángulos de incidencia para una capa de tungsteno, usada como séptimo caso de estudio. FUENTE: Elaboración propia.....	72
Figura 4-11: Espectro solar (amarillo), ventana atmosférica (azul), espectro emisión cuerpo negro a 300K (línea puntuada), emisión ideal de un enfriador radiativo (línea roja). FUENTE:(Li & Fan, 2019)	74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1 Medidas estructura usada como primer estudio. FUENTE: Elaboración propia.	58
Tabla 4.2 Medidas iniciales de nanoestructura usada para estudio a partir del espesor factor de llenado. FUENTE: Elaboración propia.	60
Tabla 4.3 Medidas finales de la estructura usada como segundo diseño. FUENTE: Elaboración propia.	62
Tabla 4.4 Medidas iniciales de la nanoestructura usada para estudio a partir del espesor de la tira del dieléctrico. FUENTE: Elaboración propia.	63
Tabla 4.5 Medidas finales de la estructura usada como tercer diseño. FUENTE: Elaboración propia.	65
Tabla 4.6 Medidas nanoestructura articulo Cai, 2009 usada como cuarto estudio. FUENTE: Elaboración propia.	66
Tabla 4.7 Medidas estructura articulo Cai, 2009 usado como quinto estudio. FUENTE: Elaboración propia.	68
Tabla 4.8 Medidas finales de la estructura usada como sexto diseño. FUENTE: Elaboración propia.	70
Tabla 4.9 Tabla resumen de los resultados obtenidos en todas las pruebas. FUENTE: Elaboración propia.	73
Tabla 4.10 Resumen con los resultados y análisis obtenidos. FUENTE. Elaboración propia. .	79