

Índice

Nomenclatura		vii
Resumen		viii
Capítulo 1 “Planteamiento del problema”		
1	Introducción	10
1.1	Objetivo general	12
1.2	Objetivos específicos	12
1.3	Metodología	13
Capítulo 2 “Fundamentos Teóricos”		
2	Introducción	15
2.1	Antecedentes generales de energía solar	15
2.1.1	Fuente y características de la energía solar	15
2.2	Energía solar	17
2.2.1	Constante solar	19
2.2.2	Distribución espectral de la radiación solar	19
2.2.3	Variación de la luz solar directa con la elevación	21
2.2.4	Flujo solar disperso por el suelo	22
2.2.5	Declinación solar	23
2.2.6	Comportamiento de la radiación solar en la atmósfera	25
2.3	Descripción del programa	33
2.3.1	Mathcad	33
2.3.2	Creación de expresiones matemáticas	38
2.3.3	Representación gráfica	41
2.3.4	Formateo de resultados	43
2.3.5	Manejo de unidades	43
2.3.6	Impresión de los resultados	44

	Capítulo 3 “Desarrollo Anteproyecto”	
3	Introducción	46
3.1	Desarrollo del proceso de la simulación	46
3.2	Etapa de análisis del problema	47
3.3	Etapa de desarrollo de la solución	49
3.3.1	Etapa de construcción de la simulación	50
3.3.2	Etapa de prueba de la simulación	50
3.4	Documentación	52
3.5	Estructura de la programación	52
3.5.1	Emplazamiento geográfico para la ciudad de Curicó	52
3.5.2	Algoritmo de la declinación solar	53
3.5.3	Algoritmo variación de la constante solar	54
3.5.4	Algoritmo de la distancia al cenit	55
3.5.5	Algoritmo flujo solar en función de la distancia al cenit y la altura	56
3.5.6	Algoritmos disponibilidad de energía solar incidente en función del día y la hora solar	57
3.5.6.1	Disponibilidad energía solar placa plana horizontal	57
3.5.6.2	Disponibilidad energía solar placa inclinada plana	58
3.6	Pruebas de consistencia	61
3.7	Diagrama de flujo de programación de simulación desarrollada	64
	4 Conclusiones	65
	5 Citas Bibliográficas	68
	5.1 Páginas Web	68

6 Anexos

Anexo A: Emplazamiento geográfico para la ciudad de Curicó	71
Anexo B: Algoritmo de la declinación solar	72
Anexo C: Algoritmo variación de la constante solar	74
Anexo D: Algoritmo de la distancia al cenit	75
Anexo E: Algoritmo flujo solar en función de la distancia al cenit y la altura	77
Anexo F: Algoritmos disponibilidad de energía solar incidente en función del día y la hora solar	78
Anexo F1: Disponibilidad energía solar placa plana horizontal	78
Anexo F2: Disponibilidad energía solar placa inclinada plana	79
Anexo G: Tabla de promedios mensuales de radiación para el emplazamiento geográfico especificado	84
Anexo H: Promedio anual y máxima para los meses de Octubre a Marzo de radiación solar.	86

Nomenclatura

Símbolo	Significado	Unidad
a	: Constante de altitud	km
A_z	: Angulo azimutal respecto al meridiano solar	$^{\circ}$
b_n	: Hora angular del sol a partir del meridiano solar	$^{\circ}$
H_m	: Altura sobre el nivel del mar	km
I_o	: Constante solar	W/m^2
I_{od_n}	: Variación de la constante solar según el día del año	W/m^2
I_{phn}	: Disponibilidad de energía solar en una placa horizontal fija.	W/m^2
I_{pin}	: Disponibilidad de energía solar en una placa inclinada.	W/m^2
I_{pil_n}	: Energía solar placa plana con promedio de tabla	W/m^2
I_{zn}	: Flujo solar en función de la distancia al cenit y la altura.	W/m^2
I_{zt}	: Promedio de energía disponible obtenido de tabla	W/m^2
n	: Numero secuencial del día del año (a contar del 1 de enero).	-
Z_n	: Distancia al ángulo cenital según el día del año	$^{\circ}$
α_n	: Angulo que forma el rayo solar con el plano perpendicular a este	$^{\circ}$
γ	: Azimut, ángulo formado por la proyección del rayo solar y la línea norte-sur	$^{\circ}$
δ_n	: Declinación solar según el día del año	$^{\circ}$
λ	: Latitud del lugar en que se está situado	$^{\circ}$
θ	: Altitud, ángulo que forma el rayo solar con el plano perpendicular a este.	$^{\circ}$
τ	: Ángulo horario del Sol, igual al número de horas que el Sol dista del meridiano del lugar (mediodía).	$^{\circ}$