

Tabla de Contenido

1. Introducción	1
1.1. Objetivos y Alcances	3
1.1.1. Objetivo general	3
1.1.2. Objetivos específicos	3
1.1.3. Alcances	3
2. Antecedentes	4
2.1. Principio de refrigeración y bomba de calor	4
2.1.1. Tipos de tecnologías de refrigeración	5
2.1.2. Ciclo de refrigeración por compresión de vapor	5
2.1.3. Tipos de refrigerantes	6
2.1.4. Coeficiente de rendimiento	7
2.2. Ciclo de refrigeración por absorción de vapor	8
2.2.1. Principio de absorción y desorción	8
2.2.2. Diagrama termodinámico	9
2.2.3. Coeficiente de rendimiento	11
2.3. Pares de fluidos de trabajo	11
2.3.1. Agua y bromuro de litio	11
2.3.2. Amoniaco y agua	12
2.3.3. Comparación de fluidos de trabajo	13
2.4. Equipo solar	14
2.4.1. Colectores de placa plana	14
2.4.2. Colectores de tubos al vacío	14
2.4.3. Eficiencia de colectores solares	15
2.5. Instrumentación y control	15
2.5.1. Medición de temperatura	15
2.5.2. Medición de presión	16
2.5.3. Medición de flujo másico	16
2.5.4. Visores	16
2.6. Aislación de sistemas	16
2.6.1. Aislación térmica	16
2.6.2. Aislación de vacío	16

2.7. Trabajos anteriores	18
3. Metodología	21
3.1. Caracterización y dimensionamiento del sistema	21
3.2. Diseño de detalle de la máquina prototipo	21
3.3. Selección de equipos y planificación del montaje de la máquina prototipo . .	22
4. Bases del diseño	23
4.1. Consideraciones generales	23
4.1.1. Ubicación	23
4.1.2. Requerimientos del diseño	24
4.1.3. Restricciones del diseño	24
4.2. Selección de tecnologías	25
4.2.1. Fuentes de energía	25
4.2.2. Fluidos de trabajo	25
4.2.3. Ciclo de refrigeración	26
4.2.4. Máquina de refrigeración	26
4.2.5. Cuerpo frío y caliente	26
4.2.6. Bombas	27
4.2.7. Manifold	27
4.3. Diagramas de componentes	27
4.4. Consideraciones técnicas	30
4.4.1. Cristalización	30
4.4.2. Corrosión	30
4.4.3. Vacío	30
4.4.4. Aislación	31
4.4.4.1. Aislación térmica	31
4.4.4.2. Aislación de vacío	31
4.4.5. Efecto de gases no condensables	31
4.5. Control del flujo másico	31
4.5.1. Control de bombas	32
4.6. Medición del flujo másico	32
4.6.1. Agua de enfriamiento y enfriada	32
4.6.2. Agua caliente	32
4.6.3. Solución	32
5. Dimensionamiento de la máquina prototipo	33
5.1. Modelo teórico del ciclo de refrigeración	34
5.1.1. Valores de entrada	34
5.1.2. Balances de masa y concentración de LiBr	35
5.1.3. Estados saturados	36
5.1.4. Balances de energía	38

5.1.5.	Área de transferencia de calor	41
5.1.6.	Coeficiente global de transferencia de calor	42
5.1.7.	Simplificaciones de modelo	45
5.1.8.	COP de refrigeración	46
5.1.9.	Resultados del modelo termodinámico en código EES	46
5.1.10.	Control del flujo másico	48
5.1.11.	Alturas hidráulicas de solución	48
5.2.	Diseño del equipo solar	50
5.2.1.	Estimación del recurso solar	50
5.2.2.	Cálculo de la temperatura del termotanque	51
5.2.3.	Determinación de la operabilidad del termotanque	53
6.	Diseño de la máquina prototipo	54
6.1.	Sistema de refrigeración solar	54
6.1.1.	Tanques	55
6.1.2.	Carcasas	56
6.1.3.	Tapas	57
6.1.3.1.	Tapa izquierda A-E	58
6.1.3.2.	Tapa derecha A-E	59
6.1.3.3.	Tapa izquierda G-C	59
6.1.3.4.	Tapa derecha G-C	60
6.1.4.	Bandejas	61
6.1.5.	Intercambiadores de calor	61
6.1.6.	Selección de bombas y sus métodos de control	62
6.1.6.1.	Bombas de agua de enfriamiento y enfriada	62
6.1.6.2.	Bomba de agua caliente	62
6.1.6.3.	Bomba de solución	62
6.1.7.	Válvulas	62
6.1.8.	Selección de mangueras	63
6.1.9.	Sistema de bidones de agua	64
6.1.10.	Selección de manifolds	64
6.1.11.	Selección de trampa de vacío	65
6.1.12.	Selección de aislación térmica	65
6.1.13.	Selección de aislación de vacío	65
6.1.14.	Visores	65
6.1.15.	Instrumentación	66
6.1.15.1.	Medición de temperatura	66
6.1.15.2.	Medición de presión	66
6.1.15.3.	Medición de flujo másico	66
6.1.16.	Estación de trabajo	67
7.	Planificación del Montaje	69

7.1.	Procesos de manufactura	69
7.1.1.	Manufactura de carcasas	69
7.1.2.	Manufactura de tapas	69
7.1.3.	Manufactura de bandejas	70
7.2.	Montaje del sistema de refrigeración	70
7.2.1.	Ensamble del tanque A-E	70
7.2.2.	Ensamble del tanque G-C	71
7.2.3.	Ensamble de la máquina prototipo con las mangueras externas	72
7.3.	Manual de operación	72
7.3.1.	Cómo introducir la mezcla de solución	72
7.3.2.	Puesta en marcha de la máquina	73
7.4.	Cotizaciones	74
8.	Diseño de las experiencias de laboratorio	76
8.0.1.	Experiencias de funcionamiento general de la máquina	76
8.0.1.1.	Experiencia N°1:	76
8.0.2.	Experiencias de monitoreo y control del generador	77
8.0.2.1.	Experiencia N°1:	77
8.0.2.2.	Experiencia N°2:	77
8.0.3.	Experiencias de monitoreo y control del cooler	77
8.0.3.1.	Experiencia N°1:	77
8.0.3.2.	Experiencia N°2:	78
8.0.3.3.	Experiencia N°3:	78
9.	Conclusiones	79
	Bibliografía	81
	Anexos	82
	Anexo A. Memoria de cálculo	82
A.1.	Recurso solar	82
	Anexo B. Código en EES	87
	Anexo C. Planos mecánicos	93