

# Índice de contenidos

Índice de contenidos	v
Índice de figuras	ix
Índice de tablas	xi
Resumen	xiii
Abstract	xv
<b>1. Conceptos de ebullición y CHF</b>	<b>3</b>
1.1. Ebullición	3
1.2. Pool Boiling o Ebullición de pileta	4
1.3. Critical Heat Flux (CHF)	8
<b>2. Diseño del experimento</b>	<b>11</b>
2.1. Circuito Conceptual	11
2.2. Dispositivos con fines similares en el mercado e investigaciones	12
2.2.1. El experimento de Nukiyama	12
2.2.2. Dispositivos educativos comerciales (Hilton, Gunt y QSI)	15
2.3. Requerimientos	16
2.4. Criterio de Diseño	18
2.5. Primer Análisis de los componentes	18
<b>3. Fluido de Trabajo</b>	<b>21</b>
3.1. Requerimientos	21
3.2. Determinación de fluidos de trabajo	22
3.3. Comparación de fluidos de trabajo	25
3.4. Temperatura de pared	27
<b>4. Fuente Caliente</b>	<b>29</b>
4.1. Requerimientos	29
4.2. Selección de Calefactor	30

---

4.2.1.	Métodos de calefacción . . . . .	30
4.2.2.	Investigación del Mercado . . . . .	31
4.3.	Experimentos . . . . .	33
4.3.1.	Ebullición con filamentos inmersos . . . . .	33
4.3.2.	Ebullición en cilindros . . . . .	36
4.3.3.	Conclusión de trabajo experimental . . . . .	43
4.4.	Diseño de Calefactor . . . . .	44
4.4.1.	Selección de materiales . . . . .	45
4.4.2.	Dimensionamiento y fabricación . . . . .	45
4.4.3.	Cálculo de temperatura de operación y esfuerzos . . . . .	46
4.5.	Conclusión y trabajos a futuro . . . . .	46
<b>5.</b>	<b>Fuente Fría</b> . . . . .	<b>49</b>
5.1.	Requerimientos . . . . .	49
5.2.	Diseño de condensador . . . . .	49
5.2.1.	Desarrollo conceptual de condensador . . . . .	50
5.2.2.	Dimensionamiento de condensador . . . . .	53
5.3.	Control de Fuente Fría . . . . .	56
5.3.1.	Variable de control . . . . .	56
5.3.2.	Implementación . . . . .	58
5.3.3.	Control de presión . . . . .	59
5.3.4.	Preparación de las condiciones de ensayo . . . . .	60
5.4.	Conclusión y trabajos a futuro . . . . .	60
<b>6.</b>	<b>Sistema de adquisición</b> . . . . .	<b>63</b>
6.1.	Requerimientos . . . . .	63
6.2.	Diseño y selección hardware del sistema de adquisición . . . . .	64
6.2.1.	Plataforma de adquisición . . . . .	66
6.2.2.	Potencia del calefactor (Tensión y Corriente) . . . . .	67
6.2.3.	Temperaturas . . . . .	69
6.2.4.	Presión de recipiente . . . . .	74
6.2.5.	Caudal de secundario . . . . .	74
6.2.6.	Válvulas . . . . .	76
6.2.7.	Fuentes de tensión y Drivers de corriente . . . . .	79
6.3.	Diseño de proceso de adquisición y software del sistema . . . . .	81
6.3.1.	Diseño conceptual: Máquina de estado . . . . .	81
6.3.2.	Bloques de programación . . . . .	83
6.3.3.	Interfaz con el usuario (HMI) . . . . .	89
6.4.	Conclusiones y trabajos a futuro . . . . .	89

---

<b>7. Contención</b>	<b>91</b>
7.1. Requerimientos . . . . .	91
7.2. Primeros conceptos . . . . .	92
7.3. Selección de materiales . . . . .	93
7.3.1. Material de envuelta transparente . . . . .	93
7.3.2. Material de tapas . . . . .	94
7.4. Dimensionamiento . . . . .	95
7.4.1. Cálculo de resistencia de materiales . . . . .	95
7.4.2. Cálculo dilatación térmica . . . . .	97
7.5. Entradas de componentes e instrumentación . . . . .	98
7.5.1. Cables de alimentación de calefactor y termocuplas (DEC-40 y DEC-44) . . . . .	99
7.5.2. Entrada y salida del condensador (DEC-30 y DEC-33) . . . . .	100
7.5.3. Salida de vapor para control y alivio (DEC-30 y DEC-33) . . . . .	100
7.5.4. Conexión para llenado y vaciado del sistema (DEC-40 y DEC-49) . . . . .	101
7.5.5. Entradas de sensores de temperatura (DEC-30, DEC-33, DEC-40 y DEC-49) . . . . .	101
7.5.6. Entrada de sensor de presión (DEC-30 y DEC-31) . . . . .	101
7.6. Estructura de soporte . . . . .	102
7.7. Conclusión y trabajo a futuro . . . . .	103
<b>8. Análisis integral de diseño</b>	<b>105</b>
8.1. Análisis económico . . . . .	105
8.2. Conclusiones generales y trabajos a futuro . . . . .	107
8.3. Cierre del trabajo . . . . .	107
<b>A. Algoritmo de calculo del salto térmico en cilindros (Matlab)</b>	<b>109</b>
<b>B. Algoritmo de la máquina de estado implementada en el arduino</b>	<b>111</b>
<b>C. Propiedades del borosilicato 7040 según [1]</b>	<b>121</b>
<b>D. Planos del dispositivos</b>	<b>125</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>153</b>
<b>Agradecimientos</b>	<b>157</b>