

ÍNDICE

1	CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	16
1.1	ANTECEDENTES Y MOTIVACIÓN.....	17
1.2	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	17
1.3	SOLUCIÓN PROPUESTA.....	18
1.4	OBJETIVOS.....	19
1.4.1	OBJETIVO GENERAL.....	19
1.4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
1.5	ALCANCES.....	19
1.6	METODOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS UTILIZADAS.....	20
1.7	RESULTADOS ESPERADOS.....	21
1.8	ORGANIZACIÓN DEL DOCUMENTO.....	22
2	CAPITULO II: MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE.....	25
2.1	DISPOSITIVOS DE ENFRIAMIENTO.....	26
2.1.1	CONSIDERACIONES DE DISEÑO PARA DISPOSITIVOS DE ENFRIAMIENTO.....	26
2.1.2	CATEGORIAS DE ENFRIAMIENTO.....	27
2.1.3	MÉTODOS ACTUALES DE ENFRIAMIENTO.....	28
2.2	MICROFLÚIDOS.....	28
2.2.1	CARACTERÍSTICAS DE MICROFLUIDOS.....	28
2.3	FLUJO AL INTERIOR DE MINI/MICRO CANALES.....	29
2.3.1	CLASIFICACIÓN SEGÚN CANALES.....	30
2.3.2	CONSIDERACIONES BÁSICAS DE TRANSFERENCIA DE CALOR Y CAÍDA DE PRESIÓN.....	31
2.4	CARACTERISTICAS Y PROPIEDADES DEL MATERIAL.....	32
2.4.1	TIPOS DE MATERIALES.....	33
2.4.2	PROPIEDADES DE LOS MATERIALES.....	33
2.5	PROCESOS DE FABRICACIÓN PARA MICRODISPOSITIVOS.....	35
2.5.1	PROCESOS DE SUSTRACCIÓN.....	36
3	CAPÍTULO IV: MODELAMIENTO DEL ANÁLISIS NUMERICO.....	31
3.1	MODELAMIENTO DE LA SIMULACIÓN NUMÉRICA.....	39
3.2	FUNCIONAMIENTO DE CFD.....	39
3.2.1	PRE-PROCESADO.....	40

3.2.2	SOLUCIONADOR (SOLVER).....	41
3.2.3	POST-PROCESADO.....	42
3.3	MODELAMIENTO MATEMÁTICO DE LA SIMULACIÓN NUMÉRICA	42
3.3.1	ECUACIÓN DE CONSERVACIÓN DE MASA.....	43
3.3.2	ECUACIÓN DE MOMENTUM	44
3.3.3	ECUACIÓN DE ENERGÍA.....	46
4	CAPÍTULO V: MODELAMIENTO DEL ANÁLISIS TEÓRICO PARA LA MECÁNICA DE FLUIDOS.....	48
4.1	FLUJOS LAMINAR Y TURBULENTO	49
4.1.1	NÚMERO DE REYNOLDS	49
4.2	PRESIÓN: ESTÁTICA, DINÁMICA, HIDROSTÁTICA, TOTAL Y DE ESTANCAMIENTO.....	50
4.3	CAÍDA DE PRESIÓN EN FLUJO DE FASE SIMPLE (SINGLE-PHASE)	51
4.3.1	RELACIONES BÁSICAS DE LA CAÍDA DE PRESIÓN.....	51
4.3.2	FLUJO LAMINAR COMPLETAMENTE DESARROLLADO.....	53
4.3.3	FLUJO LAMINAR EN DESARROLLO.....	53
4.3.4	POTENCIA DE BOMBEO NECESARIA	54
5	CAPÍTULO VI: MODELAMIENTO DEL ANALISIS TEORICO PARA LA TRANSFERENCIA DE CALOR.....	56
5.1	MECANISMOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR.....	58
5.1.1	CONDUCCIÓN DE CALOR.....	58
5.1.2	CONVECCIÓN DE CALOR	59
5.1.3	RADIACIÓN.....	61
5.2	MODELO ANALITICO DE LA TRANSFERENCIA DE CALOR	61
5.2.1	MODELO DE RESISTENCIAS TÉRMICAS	62
5.2.2	TRANSFERENCIA DE CALOR EN MINICANALES	64
6	CAPÍTULO VII: DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN PLANTEADA.....	71
6.1	DECLARACIÓN DEL PROBLEMA A ESTUDIAR	72
6.1.1	CARACTERÍSTICAS DEL SÓLIDO.....	72
6.1.2	CARACTERÍSTICAS DEL FLUIDO.....	73
6.1.3	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.....	73
6.2	GEOMETRIAS PROPUESTAS	74
6.2.1	GEOMETRÍA A.....	75

6.2.2	GEOMETRÍA B.....	76
6.3	DESARROLLO DEL ANÁLISIS TEÓRICO.....	77
6.3.1	CÁLCULO DE LA CAÍDA DE PRESIÓN	81
6.3.2	CÁLCULO DE TRANSFERENCIA DE CALOR.	82
6.4	DESARROLLO DE LA SIMULACIÓN NUMERICA.....	89
6.4.1	PRE-PROCESAMIENTO.....	90
6.4.2	SOLVER (SOLUCIONADOR).....	95
6.4.3	POST-PROCESAMIENTO	98
7	CAPÍTULO VIII: DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	106
7.1	ANÁLISIS DE RESULTADO TEORICOS	107
7.1.1	CAIDA DE PRESIÓN.....	107
7.1.2	TRANSFERENCIA DE CALOR	108
7.2	ANÁLISIS DE RESULTADOS PROCEDENTES DE LA SIMULACIÓN COMPUTACIONAL	112
7.2.1	CAÍDA DE PRESIÓN.....	112
7.2.2	TRANSFERENCIA DE CALOR	114
7.3	COMPARACIÓN DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS TEÓRICO Y NUMÉRICO.	115
7.3.1	CAÍDA DE PRESION.....	115
7.3.2	TRANSFERENCIA DE CALOR	118
8	CAPÍTULO IX: CONCLUSIONES.....	121
9	CAPÍTULO X: BIBLIOGRAFÍA	125
10	CAPITULO XI: ANEXOS	129
10.1	ANEXO A.1: ENFRIAMIENTO BASADO EN VENTILADORES Y DISIPADORES DE CALOR CONVENCIONALES.....	130
10.2	ANEXO A.2: ENFRIAMIENTO BASADO EN MACRO FLUIDOS	131
10.3	ANEXO A.3: ENFRIAMIENTO BASADO EN REFRIGERACIÓN	132
10.4	ANEXO A.4: ENFRIAMIENTO BASADO EN MICROFLUIDOS	133
10.5	ANEXO E.1: TABLA CON VALORES DE NUSSELT Y NÚMERO DE POISEUILLE PARA GEOMETRÍAS CONOCIDAS.....	135
10.6	ANEXO F.1: PLANOS CAD DE LA GEOMETRÍA A.....	136
10.7	ANEXO F.2: PLANOS CAD DE LA GEOMETRÍA B.....	139
10.8	ANEXO G.1: DOMINIOS DE LA GEOMETRÍA A	142

10.9 ANEXO G.2: SELECCIÓN DEL AGÚA COMO FLUIDO EN ANSYS FLUENT	143
10.10 ANEXO G.3: SELECCIÓN DEL COBRE COMO SÓLIDO EN ANSYS FLUENT.....	144
10.11 ANEXO G.4: CRITERIOS DE CONVERGENCIA.....	145

LISTA DE TABLAS

TABLA 1: COEFICIENTES DE LA ECUACIÓN 60.....	67
TABLA 2: PROPIEDADES DEL COBRE	73
TABLA 3: PROPIEDADES DEL AGUA.....	73
TABLA 4: VALORES Y DIMENSIONES CARACTERÍSTICAS DE CADA DISIPADOR A PARTIR DE LAS GEOMETRÍAS PROPUESTAS.....	78
TABLA 5: VALORES DEL NÚMERO DE REYNOLDS.....	80
TABLA 6: VALORES DE LA LONGITUD HIDRODINÁMICA Y DE LA LONGITUD TÉRMICA DE ENTRADA, PARA LAS GEOMETRÍAS A Y B.	80
TABLA 7: VALOR DE LA RELACIÓN DE ASPECTO PARA LAS GEOMETRÍAS A Y B.	81
TABLA 8: VALORES DEL NÚMERO DE POISEUILLE DESARROLLADOS EN LAS GEOMETRÍAS A Y B.....	81
TABLA 9: VALORES DEL FACTOR DE HAGENBACH DESARROLLADOS EN LAS GEOMETRÍAS A Y B.....	81
TABLA 10: VALORES DE LA CAÍDA DE PRESIÓN EN FUNCIÓN A LAS VELOCIDADES ESTABLECIDAS PARA CADA GEOMETRÍA DE DISIPADORES.....	82
TABLA 11: VALORES DE LA LONGITUD TÉRMICA DE ENTRADA PARA LAS GEOMETRÍAS A Y B.....	83
TABLA 12: VALORES DE LOS COEFICIENTES Y DEL NÚMERO DE NUSSELT (Nu_4 , promedio).	83
TABLA 13: VALORES DE LOS COEFICIENTES DE LA ECUACIÓN 60 Y LOS VALORES OBTENIDO PARA $Nu_{3, \infty}$ Y $Nu_{4, \infty}$	84
TABLA 14: VALORES DEL NÚMERO DE NUSSELT PROMEDIO PARA 3 PAREDES, RESPECTO A LAS GEOMETRÍAS A Y B.....	84
TABLA 15: VALORES DEL COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CALOR CONVECTIVO DESARROLLADO EN LAS GEOMETRÍAS A Y B.	85
TABLA 16: VALORES DE LA RESISTENCIA TÉRMICA CONVECTIVA PARA LAS GEOMETRÍAS A Y B.....	85
TABLA 17: VALORES DE LA RESISTENCIA TÉRMICA POR CONDUCCIÓN PARA LAS GEOMETRÍAS A Y B.	85
TABLA 18: VALORES DE LA RESISTENCIA TÉRMICA CAPACITIVA PARA LAS GEOMETRÍAS A Y B.....	86
TABLA 19: VALORES DE LA RESISTENCIA TÉRMICA TOTAL PARA LAS GEOMETRÍAS A Y B.....	86
TABLA 20: VALORES DE LA TEMPERATURA DE SALIDA DEL FLUIDO EN EL CASO DE LA GEOMETRÍA A.....	87

TABLA 21: VALORES DE LA TEMPERATURA DE SALIDA DEL FLUIDO EN EL CASO DE LA GEOMETRÍA B.....	87
TABLA 22: VALORES DE LA TASA NETA DE CALOR DISIPADO EN FUNCIÓN A DIFERENCIAS DE TEMPERATURAS ESTABLECIDAS, PARA EL CASO DE LA GEOMETRÍA A.....	88
TABLA 23: VALORES DE LA TASA NETA DE CALOR DISIPADO EN FUNCIÓN A DIFERENCIAS DE TEMPERATURAS ESTABLECIDAS, PARA EL CASO DE LA GEOMETRÍA B.....	89
TABLA 24: CARACTERÍSTICAS DE LAS PROPIEDADES DEL ENMALLADO PARA EL CASO DE LAS GEOMETRÍAS A Y B.....	91
TABLA 25: VALORES DE LA PRESIÓN: ESTÁTICA, DINÁMICA Y TOTAL EN FUNCIÓN A LAS VELOCIDADES ESTABLECIDAS, PARA LAS GEOMETRÍAS A Y B. OBTENIDAS DESDE SIMULACIONES COMPUTACIONALES.	96
TABLA 26: VALORES DE LA TEMPERATURA DE SALIDA DEL FLUIDO AL APLICAR DIFERENTES MAGNITUDES DE CALOR, OBTENIDOS DESDE SIMULACIONES COMPUTACIONALES PARA LA GEOMETRÍA A.	97
TABLA 27: VALORES DE LA TEMPERATURA DE SALIDA DEL FLUIDO AL APLICAR DIFERENTES MAGNITUDES DE CALOR, OBTENIDOS DESDE SIMULACIONES COMPUTACIONALES PARA LA GEOMETRÍA B.	98
TABLA 28: INFLUENCIA PORCENTUAL DE LA PRESIÓN DINÁMICA RESPECTO A LA PRESIÓN TOTAL DESARROLLADA EN LAS GEOMETRÍAS A Y B.	113
TABLA 29: COMPARACIÓN DE LAS TEMPERATURAS DE SALIDA DEL FLUIDO ENTRE LAS GEOMETRÍAS A Y B, PROVENIENTES DEL ANÁLISIS NUMÉRICO.....	115

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: RANGO DE TEMPERATURAS QUE SE PUEDEN ALCANZAR DE ACUERDO CON EL TIPO DE ENFRIAMIENTO [16].	27
FIGURA 2: ESQUEMA REPRESENTATIVO PARA EL TIPO DE DISPOSITIVOS MICROFLUÍDICOS EN FUNCIÓN AL VOLUMEN DE FLUIDO DESPLAZADO Y LONGITUD CARACTERÍSTICA [17].	29
FIGURA 3: TIPO DE APLICACIONES EN FUNCIÓN AL DIÁMETRO CARACTERÍSTICO [17].	30
FIGURA 4: ESQUEMA GENERAL BASADO EN EL DIÁMETRO CARACTERÍSTICO DE LA SECCIÓN PARA DEFINIR EL TIPO DE CANAL [19].	30
FIGURA 5: GRÁFICA DEL COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CALOR PARA MICRO Y MINI CANALES, EN FUNCIÓN DEL DIÁMETRO HIDRÁULICO DE UNA SECCIÓN CUADRADA [19].	32
FIGURA 6: GRÁFICA DEL GRADIENTE DE PRESIÓN GENERADO EN MICRO Y MINI CANALES, EN FUNCIÓN DEL DIÁMETRO HIDRÁULICO DE UNA SECCIÓN CUADRADA [19].	32
<i>FIGURA 7: GRÁFICA DE DIVERSOS MATERIALES CON SUS RESPECTIVOS VALORES DE LA CAPACIDAD ESPECIFICA DE CALOR [20].</i>	34
<i>FIGURA 8: GRÁFICA DE ALGUNOS MATERIALES CON ALTA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA [20].</i>	35
<i>FIGURA 9: GRÁFICA DE LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA, PARA MATERIALES SELECCIONADOS [20].</i>	35
FIGURA 10: CONTRASTE EN LA ABRASIÓN POR INYECCIÓN (A) ALTA PRESIÓN DURANTE CORTA DURACIÓN VERSUS (B) BAJA PRESIÓN DURANTE LARGA DURACIÓN [20].	37
FIGURA 11: ELEMENTO O PARTÍCULA DE UN FLUIDO CONSIDERADO PARA EL ANÁLISIS DE LAS LEYES DE CONSERVACIÓN.	43
FIGURA 12: DIAGRAMA DE TRANSFERENCIA DE CALOR A TRAVÉS DE UNA CAPA DE FLUIDO DE ESPESOR L Y DIFERENCIA DE TEMPERATURA ΔT [27].	61
FIGURA 13: DIAGRAMA DE TRANSFERENCIA DE CALOR A TRAVÉS DE UNA PARED PLANA, DONDE: (A) DISTRIBUCIÓN DE LA TEMPERATURA Y (B) CIRCUITO TÉRMICO ELÉCTRICO [31].	63
FIGURA 14: DISIPADOR DE CALOR [13] DONDE: (A) ES LA ESTRUCTURA DEL DISIPADOR DE CALOR Y (B) ES LA CELDA O UNIDAD BÁSICA CONSIDERADA PARA LOS ANÁLISIS.	68
FIGURA 15: DISIPADOR DE GEOMETRÍA A, SE VISUALIZAN LOS 2 DOMINIOS PRINCIPALES, UNO ES EL VOLUMEN DEL FLUIDO EN FORMA DE ESPIRAL (DE COLOR AMARILLO), MIENTRAS QUE EL OTRO	

DOMINIO CORRESPONDE AL DEL SÓLIDO CUADRADO (40X40X4 MM) TRANSPARENTE.	76
FIGURA 16: DISIPADOR DE GEOMETRÍA B, SE VISUALIZAN LOS 2 DOMINIOS PRINCIPALES, UNO ES EL VOLUMEN DEL FLUIDO EN FORMA DE SERPENTÍN (DE COLOR AMARILLO Y SECCIONES RECTAS) MIENTRAS QUE EL OTRO DOMINIO CORRESPONDE AL DEL SÓLIDO CUADRADO (40X40X4 MM) TRANSPARENTE.	77
FIGURA 17: DIAGRAMA DE LA MATRIZ UNITARIA QUE SE UTILIZARÁ PARA EL ANÁLISIS TEÓRICO, EN DONDE LOS VALORES DE LAS COTAS ALLÍ MENCIONADAS SE ENCUENTRAN EN LA TABLA 4.....	79
FIGURA 18: DEFINICIÓN DE LOS DOMINIOS PARA EL CASO DEL DISIPADOR DE GEOMETRÍA B. VISTA IZQUIERDA SE APRECIA EL ÁRBOL DE PROCESOS REALIZADOS PARA LA DEFINICIÓN DE LOS DOMINIOS (FLUIDO Y SÓLIDO).	90
FIGURA 19: ENMALLADO DEL DOMINIO DEL FLUIDO PARA EL CASO DEL DISIPADOR DE CALOR DE GEOMETRÍA A.....	92
FIGURA 20: ENMALLADO DEL DOMINIO DEL FLUIDO PARA EL CASO DEL DISIPADOR DE CALOR DE GEOMETRÍA B.....	93
FIGURA 21: VISUALIZACIÓN DE LAS ZONAS DE MAYOR IMPORTANCIA PARA LA SIMULACIÓN EN EL CASO DEL DISIPADOR DE CALOR DE GEOMETRÍA B. VECTORES AZULES INDICAN EL INGRESO DEL FLUIDO, VECTORES ROJOS INDICAN LA ZONA POR DONDE EGRESA EL FLUIDO, ZONA DE COLOR VERDE PARA EL DOMINIO DEL FLUIDO Y SUPERFICIE GRIS REPRESENTA LA BASE DEL DISIPADOR POR DONDE PENETRA EL FLUJO DE CALOR.....	95
FIGURA 22: VISUALIZACIÓN DE LOS VECTORES DE VELOCIDAD PARA EL DOMINIO DEL FLUIDO DESARROLLADOS EN LA GEOMETRÍA A. LA VELOCIDAD DEL FLUIDO QUE INGRESA AL DISIPADOR DE CALOR (EN INLET_FLUID) CORRESPONDE A 0,2 m/s.....	99
FIGURA 23: VISUALIZACIÓN DE LOS VECTORES DE VELOCIDAD PARA EL DOMINIO DEL FLUIDO DESARROLLADOS EN LA GEOMETRÍA B. LA VELOCIDAD DEL FLUIDO QUE INGRESA AL DISIPADOR DE CALOR (EN INLET_FLUID) CORRESPONDE A 0,2 m/s.....	100
FIGURA 24: VISUALIZACIÓN DE LOS VECTORES DE PRESIÓN ESTÁTICA PARA EL DOMINIO DEL FLUIDO DESARROLLADOS EN LA GEOMETRÍA A. LE VELOCIDAD DEL FLUIDO PARA AQUELLA SIMULACIÓN CORRESPONDE A 0,2 m/s.	101
FIGURA 25: VISUALIZACIÓN DE LOS VECTORES DE PRESIÓN ESTÁTICA PARA EL DOMINIO DEL FLUIDO DESARROLLADOS EN LA GEOMETRÍA A. LE VELOCIDAD DEL FLUIDO PARA AQUELLA SIMULACIÓN CORRESPONDE A 0,2 m/s.....	101

FIGURA 26: VISUALIZACIÓN DE LOS VECTORES DE PRESIÓN DINÁMICA PARA EL DOMINIO DEL FLUIDO DESARROLLADOS EN LA GEOMETRÍA A. LE VELOCIDAD DEL FLUIDO PARA AQUELLA SIMULACIÓN CORRESPONDE A $0,2\text{ m/s}$.	102
FIGURA 27: VISUALIZACIÓN DE LOS VECTORES DE PRESIÓN DINÁMICA PARA EL DOMINIO DEL FLUIDO DESARROLLADOS EN LA GEOMETRÍA B. LE VELOCIDAD DEL FLUIDO PARA AQUELLA SIMULACIÓN CORRESPONDE A $0,2\text{ m/s}$.	103
FIGURA 28: DISTRIBUCIÓN DE LA TEMPERATURA EN EL DOMINIO DEL FLUIDO PARA EL DISIPADOR DE GEOMETRÍA A. SIMULACIÓN REALIZADA PARA UNA VELOCIDAD DEL FLUIDO DE $0,2\text{ m/s}$	104
FIGURA 29: DISTRIBUCIÓN DE LA TEMPERATURA EN LA SUPERFICIE O BASE DEL DISIPADOR DE GEOMETRÍA A. ESTA ES EL ÁREA POR DONDE PASA EL FLUJO DE CALOR. ADEMÁS, LA IMAGEN CORRESPONDE A UNA SIMULACIÓN REALIZADA PARA UNA VELOCIDAD DEL FLUIDO DE $0,2\text{ m/s}$.	104
FIGURA 30: DISTRIBUCIÓN DE LA TEMPERATURA EN EL DOMINIO DEL FLUIDO PARA EL DISIPADOR DE GEOMETRÍA B. SIMULACIÓN REALIZADA PARA UNA VELOCIDAD DEL FLUIDO DE $0,2\text{ m/s}$.	105
FIGURA 31: DISTRIBUCIÓN DE LA TEMPERATURA EN LA SUPERFICIE O BASE DEL DISIPADOR DE GEOMETRÍA B. ESTA ES EL ÁREA POR DONDE PASA EL FLUJO DE CALOR. ADEMÁS, LA IMAGEN CORRESPONDE A UNA SIMULACIÓN REALIZADA PARA UNA VELOCIDAD DEL FLUIDO DE $0,2\text{ m/s}$.	105
FIGURA 32: GRÁFICA DE LA CAÍDA DE PRESIÓN EN FUNCIÓN AL NÚMERO DE REYNOLDS PARA LOS DISIPADORES DE CALOR DE GEOMETRÍAS A Y B. CORRESPONDE AL ANÁLISIS TEÓRICO.	107
FIGURA 33: GRÁFICA DE LA TEMPERATURA DE SALIDA DEL FLUIDO EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE REYNOLDS, PARA LOS DISIPADORES DE CALOR DE GEOMETRÍAS A Y B. CORRESPONDE AL ANÁLISIS TEÓRICO.	109
FIGURA 34: GRÁFICA DE LA TASA NETA DE CALOR DISIPADO EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE REYNOLDS, PARA LOS DISIPADORES DE CALOR DE GEOMETRÍAS A Y B. CORRESPONDE AL CASO DE UNA DIFERENCIA DE TEMPERATURA DE 70 K , RESPECTO AL ANÁLISIS TEÓRICO..	110
FIGURA 35: GRÁFICA DE LA INFLUENCIA DE LAS RESISTENCIAS TÉRMICAS PARCIALES (VALOR PORCENTUAL) EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE REYNOLDS, PARA EL CASO DEL DISIPADOR DE CALOR DE LA GEOMETRÍA A.	111

FIGURA 36: GRÁFICA DE LA CAÍDA DE PRESIÓN EN FUNCIÓN AL NÚMERO DE REYNOLDS PARA LOS DISIPADORES DE CALOR DE GEOMETRÍAS A Y B. CORRESPONDE AL ANÁLISIS NUMÉRICO.....	112
FIGURA 37: GRÁFICA DE LA TEMPERATURA DE SALIDA DEL FLUIDO EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE REYNOLDS, PARA LOS DISIPADORES DE CALOR DE GEOMETRÍAS A Y B. CORRESPONDE AL ANÁLISIS NUMÉRICO.....	114
FIGURA 38: GRÁFICA DE LA CAÍDA DE PRESIÓN EN FUNCIÓN AL NÚMERO DE REYNOLDS PARA EL DISIPADOR DE CALOR DE GEOMETRÍA A. LA GRÁFICA PERMITE COMPARAR LOS RESULTADOS OBTENIDOS DESDE EL ANÁLISIS TEÓRICO Y NUMÉRICO.	116
FIGURA 39: GRÁFICA DE LA CAÍDA DE PRESIÓN EN FUNCIÓN AL NÚMERO DE REYNOLDS PARA EL DISIPADOR DE CALOR DE GEOMETRÍA B. LA GRÁFICA PERMITE COMPARAR LOS RESULTADOS OBTENIDOS DESDE EL ANÁLISIS TEÓRICO Y NUMÉRICO.	117
FIGURA 40: GRÁFICA DE LA TEMPERATURA DE SALIDA DEL FLUIDO EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE REYNOLDS, PARA EL DISIPADOR DE CALOR DE LA GEOMETRÍA A. LA GRÁFICA PERMITE COMPARAR LOS RESULTADOS OBTENIDOS DESDE EL ANÁLISIS TEÓRICO Y NUMÉRICO.....	119
FIGURA 41: GRÁFICA DE LA TEMPERATURA DE SALIDA DEL FLUIDO EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE REYNOLDS, PARA EL DISIPADOR DE CALOR DE LA GEOMETRÍA B. LA GRÁFICA PERMITE COMPARAR LOS RESULTADOS OBTENIDOS DESDE EL ANÁLISIS TEÓRICO Y NUMÉRICO.....	120
FIGURA 42: VISTA SUPERIOR E INFERIOR DE UN DISIPADOR DE CALOR DE ALUMINIO CON VENTILADOR. UTILIZADO PRINCIPALMENTE EN CPUS [16].....	130
FIGURA 43: REFRIGERACIÓN POR MEDIO DE TUBOS AL INTERIOR DE LOS DISIPADORES, PARA EL FLUJO DE LOS FLUIDOS REFRIGERANTES [16].	131
FIGURA 44: VISTA ESQUEMÁTICA DE UN DISPOSITIVO TERMOELÉCTRICO [16].	133
FIGURA 45: MICRO INTERCAMBIADOR DE CALOR CON MICRO CANALES, PROPUESTO POR JIANG [15].	134
FIGURA 46: TABLA CON NÚMEROS DE NUSSELT PARA FLUJOS LAMINARES COMPLETAMENTE DESARROLLADOS EN DUCTOS. [19]	135
FIGURA 47: DOMINIOS DEL DISIPADOR DE CALOR DE GEOMETRÍA A.....	142
FIGURA 48: VENTANA QUE SE GENERA PARA MODIFICAR LOS VALORES DEL CRITERIO ABSOLUTO DE CONVERGENCIA.	145

FIGURA 49: VENTANA GENERADA POR EL PROGRAMA PARA SELECCIONAR LAS CONDICIONES DE CONVERGENCIA Y LOS VALORES PARA EL CRITERIO DE DETENCIÓN.....	145
FIGURA 50: VALORES PROPORCIONADOS POR LA SIMULACIÓN DEL DISIPADOR DE CALOR DE GEOMETRÍA A, UNA VELOCIDAD DE 0,2 <i>m/s</i> Y 30 ITERACIONES DE CÁLCULO.	146