



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERO EN MECATRÓNICA**

**TEMA:**

**“CARACTERIZACIÓN DE UN EXTRUSOR ENFRIADO POR  
AIRE PARA IMPRESIÓN 3D MEDIANTE SIMULACIÓN  
COMPUTACIONAL Y PRUEBAS EXPERIMENTALES”**

**AUTOR: JEFFERSON SANTIAGO FLORES RODRÍGUEZ**

**DIRECTOR: Ing. CHRISTIAN RENÁN VÁSQUEZ FALCONY MSc.**

**IBARRA - ECUADOR**

**2019**



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

<b>DATOS DEL AUTOR</b>			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD</b>	100376511-0		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	FLORES RODRÍGUEZ JEFFERSON SANTIAGO		
<b>DIRECCIÓN</b>	LOS CEIBOS - BARRIO EL BOSQUE		
<b>EMAIL</b>	jsflores@utn.edu.ec – jeffersonflores116@gmail.com		
<b>TELÉFONO FIJO</b>	-	<b>TELÉFONO MÓVIL</b>	0969783715
<b>DATOS DE LA OBRA</b>			
<b>TÍTULO</b>	“CARACTERIZACIÓN DE UN EXTRUSOR ENFRIADO POR AIRE PARA IMPRESIÓN 3D MEDIANTE SIMULACIÓN COMPUTACIONAL Y PRUEBAS EXPERIMENTALES”		
<b>AUTOR</b>	JEFFERSON SANTIAGO FLORES RODRÍGUEZ		
<b>FECHA</b>	10-12-2019		
<b>PROGRAMA</b>	PREGRADO		
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA</b>	INGENIERO EN MECATRÓNICA		
<b>DIRECTOR</b>	Ing. CHRISTIAN VÁSQUEZ MSc.		

## 2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original, y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad Técnica del Norte en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 10 días del mes de diciembre de 2019

EL AUTOR:



.....

Jefferson Santiago Flores Rodríguez

C.I.: 100376511-0



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

#### CERTIFICACIÓN

En calidad de director del trabajo de grado “CARACTERIZACIÓN DE UN EXTRUSOR ENFRIADO POR AIRE PARA IMPRESIÓN 3D MEDIANTE SIMULACIÓN COMPUTACIONAL Y PRUEBAS EXPERIMENTALES”, presentado por el egresado JEFFERSON SANTIAGO FLORES RODRÍGUEZ, para optar por el título de Ingeniero en Mecatrónica, certifico que el mencionado proyecto fue realizado bajo mi dirección.

Ibarra, a los 10 días del mes de diciembre de 2019

Ing. Christian Vasquez Msc  
DOCENTE  
MECATRÓNICA

.....  
Ing. Christian Renán Vásquez Falcony MSc.

DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

## **AGRADECIMIENTO**

A mis padres Silvia y Pedro quienes con su amor incondicional, trabajo y sacrificio en todos estos años, me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía. Han sido mi orgullo y ejemplo, son los mejores padres.

A mi hermana Erika por su amor, cariño y apoyo, por estar conmigo en todo momento gracias, la mejor hermana del mundo. Sobre todo por darme el mejor regalo, el cual es ser tío de David, Camila y Daniel a quienes amo con todo mi corazón.

Al Profe Christian Vásquez por guiarme a lo largo de este proceso con sus conocimientos y experiencias, pero sobre todo por ser un buen amigo.

A mis amigos con los que compartí dentro y fuera de las aulas, que se convirtieron en amigos de vida, gracias por todo su apoyo y diversión.

*Jefferson Flores*

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo con todo cariño y amor a mis padres, por su apoyo constante, por llenar mi vida con sus valiosos consejos.

*Jefferson Flores*

## **RESUMEN**

El presente proyecto de titulación tiene como objetivo estudiar el comportamiento térmico del disipador de calor, una de las partes principales de las impresoras 3D y caracterizarlo de forma teórica–experimental. Para el desarrollo de este estudio, se utilizó un modelo de elementos finitos para determinar el perfil de temperatura teórico del disipador de calor en un régimen de trabajo en estado estacionario. Este modelo matemático fue luego validado con datos experimentales registrados con cuatro termistores fijados en el disipador de calor, mediante el uso de una plataforma de pruebas para la caracterización experimental de extrusores y una cámara termográfica, considerando únicamente al disipador de 12 aletas circulares BCNozzle para el análisis experimental y la adquisición de datos, combinando los resultados de las tres fases de análisis (cámara termográfica, prueba experimental y simulación computacional), finalmente se validará el rediseño del disipador de calor mediante simulación computacional. Para ello, se han realizado análisis computacionales de modelos geométricos diferentes de disipador de calor, para encontrar el más óptimo, es decir el que consiga disipar mayor cantidad de calor, para diferentes flujos de aire refrigerante proveniente de un ventilador. Es necesario determinar los parámetros de trabajo correctos para optimizar el proceso de impresión (FDM), asegurando una distribución de temperatura adecuada a lo largo del cuerpo del disipador de calor. Esta es la importancia de este estudio, a través del cual se obtiene un modelo para analizar los mecanismos de transferencia de calor, aplicables a otros regímenes de trabajo y otras extrusoras basadas en los mismos principios de funcionamiento.

### **PALABRAS CLAVES**

Impresoras 3D, disipador de calor, extrusor, comportamiento térmico, análisis computacionales, transferencia de calor, CFD, FEM, FDM análisis experimental, cámara termográfica, disipación convectiva.

## ABSTRACT

The objective of this degree work is to study the thermal behavior of the heat sink, which is one of the main elements of 3D printers, and to characterize it in a theoretical – experimental way. For the development of this study, a finite element model was used to determine the theoretical temperature profile of the heat sink in a steady state working regime. This mathematical model was validated with experimental data recorded with four thermistors fixed on the heat sink, using a test platform for experimental characterization of extruders and a thermographic camera, considering the 12 circular fin BCNozzle dissipater for experimental analysis and data acquisition. Combining the results of the three phases of analysis (thermographic camera, experimental test and computational simulation), the redesign of the heat sink will be validated by computational simulation. For this purpose, computational analyses of different geometric models of heat sinks were carried out in order to find the optimal one, the one that dissipates the greatest amount of heat, for different flows of cooling air coming from a fan. It is necessary to determine the correct working parameters to optimize the printing process (FDM), ensuring an adequate temperature distribution throughout the heat sink. In this study a model is obtained to analyze heat transfer mechanisms, applicable to other work regimes and other extruders based on the same principles of operation.

## KEYS WORDS

3D printers, heat sink, extruder, thermal behavior, computational analysis, heat transfer, CDF, FEM, FDM, experimental analysis, thermographic camera, convective dissipation.

Victor Godoy  
R. O.





# ÍNDICE DE CONTENIDOS

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN .....	II
CERTIFICACIÓN .....	IV
AGRADECIMIENTO .....	V
DEDICATORIA .....	VI
RESUMEN.....	VII
ABSTRACT .....	VIII
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XII
ÍNDICE DE TABLAS .....	XVIII
ABREVIATURAS.....	XIX
SIMBOLOGÍA .....	XX
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Problema .....	2
1.3. Objetivos .....	2
1.3.1. Objetivo General.....	2
1.3.2. Objetivos Específicos.....	2
1.4. Justificación.....	3
1.5. Alcance.....	3
CAPÍTULO II.....	4
MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. Modelado por deposición fundida (FDM) .....	4
2.1.1. Ventajas y desventajas del modelado por deposición fundida.....	5
2.2. Transferencia de calor en las impresoras 3D.....	5
2.3. Cabezal extrusor o HotEnd .....	6
2.3.1. Partes de un cabezal extrusor .....	7
2.3.2. Tipos de cabezales extrusores .....	8
2.4. Disipador de calor.....	9

2.4.1.	Disipador de calor refrigerado por aire .....	10
2.4.2.	Disipador de calor refrigerado por agua .....	12
2.5.	Problemas de calidad de impresión por la temperatura .....	12
2.6.	Características del filamento de impresión PLA .....	15
2.7.	Software y equipo requeridos.....	15
2.7.1.	LabVIEW .....	16
2.7.2.	Access de Microsoft.....	16
2.7.3.	Ultimaker Cura .....	17
2.7.4.	CAD SolidWorks.....	18
2.7.5.	Cámara infrarroja Fluke TiS40.....	19
2.8.	Modelo de elementos finitos .....	19
2.9.	Análisis de extrusores refrigerados por aire .....	20
CAPÍTULO III .....		25
METODOLOGÍA.....		25
3.1.	Configuración experimental.....	25
3.1.1.	Descripción de la Plataforma de pruebas .....	26
3.1.2.	Componentes de la Plataforma de Pruebas .....	26
3.1.3.	Características generales .....	27
3.1.4.	Descripción experimental.....	27
3.1.5.	Procedimiento experimental.....	31
3.1.6.	Muestreo de datos .....	34
3.1.7.	Tratamiento de datos.....	34
3.1.8.	Gráfica Temperatura – Distancia (Configuración experimental).....	36
3.1.9.	Calibración de la cámara térmica / imágenes térmicas.....	39
3.1.10.	Gráfica Temperatura – Distancia (Cámara termográfica).....	44
3.2.	Desarrollo del Modelo de Elementos Finitos .....	47
3.2.1.	Parámetros de estudio .....	48
3.2.2.	Geometría y dominios FEM.....	48

3.2.3.	Definición de los materiales .....	50
3.2.4.	Ecuaciones constitutivas del modelo .....	51
3.2.5.	Definición del volumen de control del fluido .....	51
3.2.6.	Condiciones del modelo de estudio .....	52
3.2.7.	Mallado del modelo .....	55
3.2.8.	Simulación de modelos .....	57
3.2.9.	Obtención de resultados .....	57
3.2.10.	Gráfica Temperatura – Distancia (Simulaciones CFD).....	63
CAPÍTULO IV .....		67
RESULTADOS .....		67
4.1.	Pruebas experimentales .....	67
4.2.	Cámara termográfica.....	70
4.3.	Simulaciones computacionales.....	71
4.4.	Comparativa resultados – simulaciones computacionales, pruebas experimentales y cámara termográfica.....	73
4.5.	Rediseño de la geometría del dissipador de calor .....	77
4.6.	Gráfica Temperatura – Distancia (Simulación computacional – Rediseño del dissipador de calor).....	83
CAPÍTULO V.....		89
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		89
5.1.	Conclusiones.....	89
5.2.	Recomendaciones .....	90
BIBLIOGRAFÍA .....		91
ANEXOS.....		94
Anexo 1. Plano Probeta.....		94
Anexo 2. Planos componentes del extrusor.....		95
Anexo 3. Planos dissipadores de calor (Rediseño).....		99
Anexo 4. Tablas y curvas del material de los componentes del extrusor usados en la simulación computacional .....		102
Anexo 5. Datos de temperatura (°C) – pruebas experimentales.....		105

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Proceso de deposición del filamento fundido.....	4
Fig. 2. Cabezal extrusor o HotEnd.....	6
Fig. 3. ColdEnd y HotEnd en el extrusor. ....	7
Fig. 4. Extrusor tipo directo.....	8
Fig. 5. Extrusor tipo Bowden. ....	9
Fig. 6. Disipador de calor refrigerado por aire. ....	10
Fig. 7. Conjunto del disipador de calor refrigerado por aire. ....	10
Fig. 8. Bloque térmico tipo V6 original (A), Volcano paralelo al flujo (B). ....	11
Fig. 9. Disipador de calor refrigerado por agua.....	12
Fig. 10. Extrusor obstruido.....	12
Fig. 11. Temperatura demasiado alta. ....	13
Fig. 12. Sobrecalentamiento. ....	13
Fig. 13. Temperatura demasiado baja. ....	14
Fig. 14. Generación de hilos (Stringing).....	14
Fig. 15. Temperatura del HotEnd excesiva. ....	14
Fig. 16. Software LabVIEW – Interfaz de las gráficas y parámetros de impresión. ....	16
Fig. 17. Software Access – Base de datos.....	17
Fig. 18. Software Ultimaker Cura – Interfaz configuración parámetros de impresión...	17
Fig. 19. Software SolidWorks – Interfaz modelo 3D probeta.....	18
Fig. 20. Cámara infrarroja Fluke TiS40.....	19
Fig. 21. Perfiles de temperatura a lo largo del disipador de calor BCNozzle. ....	20
Fig. 22. Funciones de transferencia de calor por convección natural y forzada de un extrusor tipo HotEnd para diferentes números de aletas. ....	21
Fig. 23. Disipadores analizados: (a) BCNozzle, (b) Twist3D y (c) X Truder.....	22
Fig. 24. Resultados del modelo computacional definido para los tres extrusores: (a) con velocidad del ventilador de 0,70 m/s, (b) con velocidad 0,25 m/s.....	23
Fig. 25. Perfiles de temperatura en los tres modelos de disipador de calor: (a) velocidad del ventilador de 0,70 m/s, (b) con velocidad 0,25 m/s.....	23
Fig. 26. Bloque térmico 4 individual (a), Bloque térmico 4 en 1 (b). ....	24
Fig. 27. Plataforma de pruebas para la caracterización de extrusores. ....	25
Fig. 28. Principales componentes de la plataforma de pruebas.....	26

Fig. 29. Ventilador de 12V, 7 aletas 40x40x10mm. ....	28
Fig. 30. Esquema del montaje experimental. ....	28
Fig. 31. Pantalla HMI temperatura y flujo. ....	29
Fig. 32. Posición de los termistores en el disipador de calor. ....	30
Fig. 33. Programación: Comunicación LabVIEW - Access para la base de datos.....	31
Fig. 34. Diagrama de procesos – prueba experimental. ....	32
Fig. 35. Extrusor enfriado por aire tipo BCNozzle.....	33
Fig. 36. Puerto Sensores y Marlin – Plataforma de pruebas. ....	33
Fig. 37. Puerto COM interfaz software LabVIEW.....	33
Fig. 38. Modelo 3D de la probeta – SolidWorks.....	34
Fig. 39. Perfil térmico 100% de velocidad de enfriamiento – resultados experimentales. .....	36
Fig. 40. Perfil térmico 90% de velocidad de enfriamiento – resultados experimentales. .....	37
Fig. 41. Perfil térmico 80% de velocidad de enfriamiento – resultados experimentales. .....	37
Fig. 42. Perfil térmico 70% de velocidad de enfriamiento – resultados experimentales. .....	37
Fig. 43. Perfil térmico 60% de velocidad de enfriamiento – resultados experimentales. .....	38
Fig. 44. Perfil térmico 50% de velocidad de enfriamiento – resultados experimentales. .....	38
Fig. 45. Perfil térmico 40% de velocidad de enfriamiento – resultados experimentales. .....	38
Fig. 46. Perfil térmico 30% de velocidad de enfriamiento – resultados experimentales. .....	39
Fig. 47. Temperatura a los 30, 22, 15, 0 mm de distancia – 100% velocidad del aire. ..	41
Fig. 48. Temperatura a los 30, 22, 15, 0 mm de distancia – 90% velocidad del aire. ....	41
Fig. 49. Temperatura a los 30, 22, 15, 0 mm de distancia – 80% velocidad del aire. ....	41
Fig. 50. Temperatura a los 30, 22, 15, 0 mm de distancia – 70% velocidad del aire. ....	42
Fig. 51. Temperatura a los 30, 22, 15, 0 mm de distancia – 60% velocidad del aire. ....	42
Fig. 52. Temperatura a los 30, 22, 15, 0 mm de distancia – 50% velocidad del aire. ....	42
Fig. 53. Temperatura a los 30, 22, 15, 0 mm de distancia – 40% velocidad del aire. ....	43
Fig. 54. Temperatura a los 30, 22, 15, 0 mm de distancia – 30% velocidad del aire. ....	43

Fig. 55. Temperatura bloque térmico – cámara termográfica. ....	43
Fig. 56. Perfil térmico 100% de velocidad de enfriamiento – cámara termográfica. ....	44
Fig. 57. Perfil térmico 90% de velocidad de enfriamiento – cámara termográfica. ....	45
Fig. 58. Perfil térmico 80% de velocidad de enfriamiento – cámara termográfica. ....	45
Fig. 59. Perfil térmico 70% de velocidad de enfriamiento – cámara termográfica. ....	45
Fig. 60. Perfil térmico 60% de velocidad de enfriamiento – cámara termográfica. ....	46
Fig. 61. Perfil térmico 50% de velocidad de enfriamiento – cámara termográfica. ....	46
Fig. 62. Perfil térmico 40% de velocidad de enfriamiento – cámara termográfica. ....	46
Fig. 63. Perfil térmico 30% de velocidad de enfriamiento – cámara termográfica. ....	47
Fig. 64. Mallado del modelo (Jerez – Mesa). ....	48
Fig. 65. Boquilla (A), bloque térmico (B), barrera de calor (C), disipador de calor (D). .....	49
Fig. 66. Disipador de calor (A), bloque térmico (B), boquilla (C), barrera de calor (D) – modelos 3D SolidWorks. ....	49
Fig. 67. Materiales utilizados en el extrusor – Modelo 3D SolidWorks. ....	50
Fig. 68. Volumen de control del fluido. ....	52
Fig. 69. Temperatura bloque térmico y potencia resistencia – modelo 3D. ....	53
Fig. 70. Transferencia de calor en sólidos – modelo 3D. ....	53
Fig. 71. Entrada - SolidWorks. ....	54
Fig. 72. Salida - SolidWorks. ....	54
Fig. 73. Posiciones de los termistores en el disipador de calor – SolidWorks. ....	55
Fig. 74. Representación gráfica del estudio de convergencia de la malla. ....	56
Fig. 81. Malla más fina – Modelo 3D SolidWorks. ....	57
Fig. 76. Degrado de temperaturas del fluido en SolidWorks. ....	58
Fig. 77. Degrado de temperaturas del fluido en SolidWorks – vista superior. ....	58
Fig. 78. Superficie del disipador de calor con degradado de temperaturas SolidWorks, escala real (A), escala modificada (B) con el 100% de velocidad de enfriamiento. .....	59
Fig. 79. Superficie del disipador de calor con degradado de temperaturas SolidWorks, escala real (A), escala modificada (B) con el 90% de velocidad de enfriamiento. .	59
Fig. 80. Superficie del disipador de calor con degradado de temperaturas SolidWorks, escala real (A), escala modificada (B) con el 80% de velocidad de enfriamiento. .	60
Fig. 81. Superficie del disipador de calor con degradado de temperaturas SolidWorks, escala real (A), escala modificada (B) con el 70% de velocidad de enfriamiento. .	60

Fig. 82. Superficie del disipador de calor con degradado de temperaturas SolidWorks, escala real (A), escala modificada (B) con el 60% de velocidad de enfriamiento..	61
Fig. 83. Superficie del disipador de calor con degradado de temperaturas SolidWorks, escala real (A), escala modificada (B) con el 50% de velocidad de enfriamiento..	61
Fig. 84. Superficie del disipador de calor con degradado de temperaturas SolidWorks, escala real (A), escala modificada (B) con el 40% de velocidad de enfriamiento..	62
Fig. 85. Superficie del disipador de calor con degradado de temperaturas SolidWorks, escala real (A), escala modificada (B) con el 30% de velocidad de enfriamiento..	62
Fig. 86. Perfil térmico 100% de velocidad de enfriamiento – simulación computacional. .....	64
Fig. 87. Perfil térmico 90% de velocidad de enfriamiento – simulación computacional. .....	64
Fig. 88. Perfil térmico 80% de velocidad de enfriamiento – simulación computacional. .....	64
Fig. 89. Perfil térmico 70% de velocidad de enfriamiento – simulación computacional. .....	65
Fig. 90. Perfil térmico 60% de velocidad de enfriamiento – simulación computacional. .....	65
Fig. 91. Perfil térmico 50% de velocidad de enfriamiento – simulación computacional. .....	65
Fig. 92. Perfil térmico 40% de velocidad de enfriamiento – simulación computacional. .....	66
Fig. 93. Perfil térmico 30% de velocidad de enfriamiento – simulación computacional. .....	66
Fig. 94. Perfil térmico según el flujo de aire refrigerante – resultados experimentales..	67
Fig. 95. Curva temperatura vs velocidad de enfriamiento para el punto 15 mm en el disipador de calor – resultados experimentales. ....	68
Fig. 96. Curva temperatura vs velocidad de enfriamiento para el punto 15 mm en el disipador de calor – cámara termográfica.....	70
Fig. 97. Perfil térmico según el flujo de aire refrigerante – cámara termográfica.....	71
Fig. 98. Perfil térmico según el flujo de aire refrigerante – simulación computacional.	72
Fig. 99. Curva temperatura vs velocidad de enfriamiento para el punto 15 mm en el disipador de calor – resultados computacionales. ....	73

Fig. 100. Perfiles de temperatura con el 100% de flujo de aire – comparativa resultados. .....	73
Fig. 101. Perfiles de temperatura con el 90% de flujo de aire – comparativa resultados. .....	74
Fig. 102. Perfiles de temperatura con el 80% de flujo de aire – comparativa resultados. .....	74
Fig. 103. Perfiles de temperatura con el 70% de flujo de aire – comparativa resultados. .....	74
Fig. 104. Perfiles de temperatura con el 60% de flujo de aire – comparativa resultados. .....	75
Fig. 105. Perfiles de temperatura con el 50% de flujo de aire – comparativa resultados. .....	75
Fig. 106. Perfiles de temperatura con el 40% de flujo de aire – comparativa resultados. .....	75
Fig. 107. Perfiles de temperatura con el 30% de flujo de aire – comparativa resultados. .....	76
Fig. 108. Disipador de calor con 12 aletas cuadradas (A), hexagonales (B) y ranura (C), modelos 3D – SolidWorks.....	78
Fig. 109. Conjunto del extrusor con el disipador de calor 12 aletas hexagonales (A), cuadradas (B), y ranura (C) modelos 3D – SolidWorks.....	78
Fig. 110. Degrado de temperaturas del fluido en SolidWorks – vista superior – disipador aletas hexagonales.....	79
Fig. 111. Superficie del disipador de calor aletas hexagonales con degradado de temperaturas SolidWorks, escala real (A), escala modificada (B) con el 100% de velocidad de enfriamiento.....	79
Fig. 112. Superficie del disipador de calor aletas hexagonales con degradado de temperaturas SolidWorks, escala real (A), escala modificada (B) con el 50% de velocidad de enfriamiento.....	80
Fig. 113. Degrado de temperaturas del fluido en SolidWorks – vista superior – disipador aletas cuadradas.....	80
Fig. 114. Superficie del disipador de calor aletas cuadradas con degradado de temperaturas SolidWorks, escala real (A), escala modificada (B) con el 100% de velocidad de enfriamiento.....	81



Fig. 115. Superficie del disipador de calor aletas cuadradas con degradado de temperaturas SolidWorks, escala real (A), escala modificada (B) con el 50% de velocidad de enfriamiento.....	81
Fig. 116. Degrado de temperaturas del fluido en SolidWorks – vista superior – disipador aletas tipo ranura. ....	82
Fig. 117. Superficie del disipador de calor aletas tipo ranura con degradado de temperaturas SolidWorks, escala real (A), escala modificada (B) con el 100% de velocidad de enfriamiento.....	82
Fig. 118. Superficie del disipador de calor aletas tipo ranura con degradado de temperaturas SolidWorks, escala real (A), escala modificada (B) con el 50% de velocidad de enfriamiento.....	83
Fig. 119. Perfil térmico – simulación computacional – aletas hexagonales (100%). ....	84
Fig. 120. Perfil térmico – simulación computacional – aletas cuadradas (100%).....	85
Fig. 121. Perfil térmico – simulación computacional – aletas tipo ranura (100%). ....	85
Fig. 122. Perfil térmico – simulación computacional – aletas hexagonales (50%). ....	85
Fig. 123. Perfil térmico – simulación computacional – aletas cuadradas (50%).....	86
Fig. 124. Perfil térmico – simulación computacional – aletas tipo ranura (50%). ....	86
Fig. 125. Perfil térmico según el tipo de disipador de calor – simulación computacional para el 100% velocidad de enfriamiento. ....	87
Fig. 126. Perfil térmico según el tipo de disipador de calor – simulación computacional para el 50% velocidad de enfriamiento. ....	88

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Propiedades del filamento PLA .....	15
Tabla 2. Características generales de la plataforma de pruebas .....	27
Tabla 3. Configuración de la impresora .....	29
Tabla 4. Datos Flujo de aire refrigerante del ventilador .....	30
Tabla 5. Temperatura ambiente – resultados experimentales .....	32
Tabla 6. Promedio datos de temperatura – resultados experimentales .....	35
Tabla 7. Desviación estándar datos de temperatura – resultados experimentales .....	36
Tabla 8. Funciones y controles cámara térmica .....	40
Tabla 9. Datos de temperatura – resultados cámara termográfica.....	44
Tabla 10. Propiedades de los materiales del extrusor .....	50
Tabla 11. Condiciones de borde – simulación computacional .....	52
Tabla 12. Características tipo de malla – simulación computacional.....	56
Tabla 13. Datos de temperatura – resultados simulación computacional .....	63
Tabla 14. Probetas impresas según la velocidad de enfriamiento .....	69
Tabla 15. Error relativo – resultados experimentales vs computacionales .....	77
Tabla 16. Datos de temperatura – resultados simulación computacional – rediseño del disipador de calor con el 100% velocidad de enfriamiento.....	83
Tabla 17. Datos de temperatura – resultados simulación computacional – rediseño del disipador de calor con el 50% velocidad de enfriamiento.....	84
Tabla 18. Porcentaje de optimización para los disipadores de calor rediseñados .....	88

## ABREVIATURAS

FDM	Modelado por deposición fundida.
SLA	Estereolitografía.
FEM	Modelado de elementos finitos
PLA	Poliácido láctico
NEMA	National electrical manufacturers association
FFF	Fabricación por filamento fundido
FEA	Análisis de elementos finitos
CAD	Diseño asistido por computadora
CAM	Manufactura asistida por computadora
CFD	Dinámica de fluidos computacional
HMI	Interfaz humano máquina
PWM	Modulación por ancho de pulso
CAE	Ingeniería asistida por computadora
SD	Secure Digital
CPU	Unidad central de procesamiento
STL	Standard Triangle Language
OBJ	Wavefront 3D Objeto File
GIF	Graphics interchange format
JPG	Joint photographic experts group
PNG	Gráficos de red portátiles
BMP	Bit map picture

## SIMBOLOGÍA

$F$	Fuerza	$N (kg \cdot \frac{m}{s^2})$
$P$	Presión del fluido	$Pa (\frac{N}{m^2})$
$Q$	Flujo de calor	$J (kg \cdot \frac{m^2}{s^2})$
$S^2$	Desviación estándar	
$S$	Varianza	
$Cp$	Capacidad calorífica	$Cp (\frac{J}{Kg * ^\circ K})$
$\rho$	Densidad	$(\frac{Kg}{m^3})$
$k$	Conductividad térmica	$(\frac{W}{m * ^\circ K})$
$u$	Velocidad	$\frac{m}{s}$
$T$	Temperatura	$^\circ K$
$I$	Matriz identidad	
$\mu$	Viscosidad dinámica	$(\frac{N * s}{m^2})$

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. Antecedentes

La impresión 3D es un proceso de fabricación de conformado de piezas basada en la fabricación aditiva, esto quiere decir que en lugar de extraer material como en las técnicas de mecanizado por arranque de viruta, ésta lo aporta. Para ello se utiliza el método capa sobre capa. Es por esta razón, uno de los primeros pasos a realizar es convertir el diseño en un conjunto de capas en 2 dimensiones, que colocadas unas sobre otras en un orden concreto y mínimo espesor reproducen la pieza. De esta forma tenemos una técnica muy versátil donde prácticamente todo es fabricable. El rápido avance de la tecnología y el grado de simplificación pueden llegar a convertir a la impresión 3D en uno de los principales vectores de innovación en el campo de la tecnología mundial de los procesos de fabricación [1].

Actualmente los procesos de fabricación aditiva son varios, sus inicios se remontan al año 1984, cuando el norteamericano Charles Hull inventó el método de la estereolitografía (Stereolithography) o comúnmente llamado SLA. Esta técnica utiliza resina fotosensible y un láser que va reproduciendo cada una de las capas cada cierto tiempo. Entre capa y capa la base de trabajo se desplaza verticalmente la misma distancia que el espesor de capa, dando así el volumen final de la pieza [1]. Más adelante, en el año 1989 Scott Crump, desarrolló la técnica del Modelado por deposición fundida (FDM). Esta técnica consiste en ir depositando un hilo de plástico fundido capa tras capa desde un cabezal extrusor que, junto a la placa base, iba creando una pieza en 3 dimensiones, La principal ventaja de estos sistemas es la posibilidad de manufacturar elementos personalizados con formas geométricas complicadas [2].

El equipo de RepRapBCN en mayo del 2013, presentó la primera impresora 3D enfocada al uso doméstico con un coste inferior a los 900 euros bajo el nombre de BCN3D dando una apertura a las empresas de ingeniería, arquitectura y emprendedores que vieron una herramienta de muy alto potencial. RepRap también se enfocó en el desarrollo de extrusores como HotEnd, debido a que los primeros extrusores carecían de diseño y presentaban un bajo desempeño al momento de imprimir [2].

Por esta razón se empezó a desarrollar el extrusor de termoplástico con diferentes materiales, hasta llegar al HotEnd E3D V6 que es totalmente metálico, con un cartucho calentador, diseño térmico sensible y boquillas intercambiables, el primer material usado para una impresión 3D fue el plástico, pero en la actualidad existe una gama asombrosa y creciente de diferentes materiales de impresión 3D tales como cerámica, vidrio, alimentos e incluso tejido humano [3].

## **1.2. Problema**

A medida que el material es depositado sobre la plataforma de impresión se enfría provocando una solidificación con los materiales del entorno. Por esta razón, la distribución de temperatura a lo largo del disipador de calor y el comportamiento de un sistema FDM es un aspecto crítico para estudiar, ya que las propiedades mecánicas finales de las piezas impresas en 3D han demostrado ser altamente dependientes de la fuerza de unión entre los filamentos, consecuencia de ese proceso [4].

Por otro lado, la deformación observada en las piezas impresas es causada por las tensiones térmicas adquiridas durante la extrusión en caliente del material y consecuencia del comportamiento térmico del sistema. A bajas temperaturas se producen obstrucciones, variación de propiedades mecánicas del filamento impreso, imperfecciones en el producto final. En cambio, las altas temperaturas pueden provocar que el plástico se degrade y pierda propiedades estructurales, funcionales y/o estéticas, produciendo que la impresión no sea satisfactoria [5].

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo General**

Caracterizar un extrusor enfriado por aire para impresión 3D mediante simulación computacional y pruebas experimentales.

### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Obtener experimentalmente el perfil de temperatura.
- Obtener el perfil de temperatura mediante simulación computacional.
- Validar los perfiles obtenidos en la literatura.
- Rediseñar el extrusor para optimizar el perfil térmico.

## **1.4. Justificación**

La evolución de la impresión 3D desde sus orígenes en 1984 hasta la actualidad ha evolucionado en gran medida, pasando de ser utilizada por ingenieros y arquitectos en proyectos millonarios a utilizarse en cualquier hogar, instituto o centro cívico gracias a los avances en tecnología y al mayor conocimiento en materiales imprimibles [6].

La resolución y la reducción de tiempo de impresión junto al empleo de mayor variedad de materiales permitirá que las piezas impresas puedan emplearse en un gran número de campos: automovilismo, aeronáutica, espacio, biomedicina, ingeniería de tejidos, alimentación etc. También pueden imprimirse materiales combinados y materiales conductores para la fabricación de circuitos. Algunos autores consideran que la fabricación aditiva a partir de los modelos digitales terminará cambiando la fabricación y el comercio a nivel mundial, se imprimirán las piezas en el momento preciso consiguiendo que los ciclos de desarrollo de un producto sean más rápidos [6].

Sin embargo, las impresoras 3D presentan el inconveniente de tener que disipar una gran cantidad de calor para evitar el rápido deterioro de sus componentes. Para ello, se suele acoplar un ventilador que suministra un flujo de aire refrigerante al disipador de calor para acentuar la disipación de calor [1]. El cambio de temperatura por el filamento durante el proceso de impresión puede conllevar serios problemas al momento de imprimir. Es decir, al ser fundido el material y empujado a través del cabezal de extrusión, existe un cambio de temperatura por el método de enfriamiento, este provoca cambios en el material, problemas en el cabezal de extrusión, contracción y solidificación del material que conlleva a una mala unión entre capas presentando altas porosidades en la pieza impresa [4].

## **1.5. Alcance**

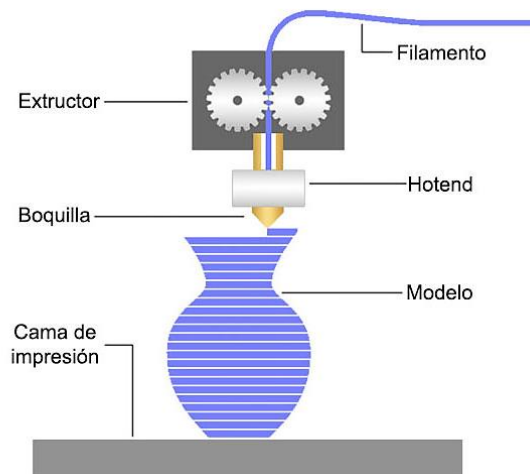
Caracterizar un extrusor enfriado por aire para impresión 3D mediante simulación computacional y pruebas experimentales con el fin de recomendar las mejores condiciones de trabajo del extrusor refrigerado por convección forzada, y estudiar el comportamiento térmico de todo el sistema a través del modelado de elementos finitos. Más específicamente, se prueban diferentes velocidades de flujo de aire y se analiza su influencia en el proceso de extrusión, permitiendo así optimizar los extrusores.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Modelado por deposición fundida (FDM)

Esta técnica de impresión 3D se basa en la deposición de material fundido sobre capas enfriadas colocadas en una cama de impresión para garantizar su rápida solidificación y endurecimiento. La deposición del material fundido se realiza a través del cabezal extrusor que recibe el filamento de una bobina [6]. El material utilizado viene presentado en una bobina de material polimérico de un diámetro de filamento de 2,88 mm. Mediante una transmisión reductora por engranajes el filamento se introduce dentro de una camisa térmica que al final tiene un extrusor conectado a una resistencia. Esta resistencia calienta al extrusor el cual tiene conectada una boquilla con un orificio de 0,3 mm de diámetro. Cuando el plástico entra en el extrusor, éste se funde y pasa a través de la boquilla reduciendo su diámetro como se muestra en la Fig. 1. Estos filamentos se depositan capa tras capa, reproduciendo así toda la geometría de la pieza a fabricar [1].



**Fig. 1.** Proceso de deposición del filamento fundido. [7]

Los materiales más utilizados para este tipo de impresión son polímeros (PLA, PVA, ABS, PC, PET, Nylon), pero debido a su gran aceptación, actualmente ya se pueden encontrar bobinas con cargas de otro tipo de material como metal, madera, conductivo, magnético o cerámica. Debido a su gran versatilidad y fácil utilización muchos sectores han apostado por esta tecnología, y su desarrollo para mejorar la precisión y encontrar nuevas aplicaciones [1].



### **2.1.1. Ventajas y desventajas del modelado por deposición fundida**

La ventaja de la tecnología FDM es la capacidad de fabricación de piezas totalmente funcionales, muy útil cuando se requiere el desarrollo de un producto que necesita prototipos para su testeo funcional [8], gran variedad de materiales disponibles, impresoras económicas y pequeñas, no se producen residuos (tan solo en los soportes de impresión) ya que todo se aprovecha para la construcción directa del modelo, los materiales disponibles son numerosos y con un amplio abanico de colores (rojo, amarillo, verde, azul, gris, blanco y negro, entre otros). La ventaja principal reside en su factibilidad de uso y versatilidad. Además, de ser más rápida que otras técnicas de impresión 3D [6].

El principal inconveniente de las impresoras que utilizan tecnología FDM radica en los materiales de impresión ya que sólo pueden imprimir con materiales que se puedan extruir. Por ejemplo: al metal o al vidrio fundido se le debe dar forma bajo condiciones diferentes [9]. La mayoría de las impresoras de adición que hay actualmente en el mercado se limitan a utilizar un tipo de plástico especial, creado especialmente para ellas. Además, se tiene la necesidad de crear soportes o estructuras de apoyo en las caras inclinadas (con voladizo), la baja resistencia de las piezas impresas en el eje z (dirección de impresión de las capas) y su lentitud cuando se desea modelos macizos y de gran tamaño [6]. Por otra parte, si no se tiene un buen control de la temperatura a la que el material es extruido o una buena electrónica que se encargue de la óptima transmisión de información, se obtienen deformaciones del modelo o atascos en la boquilla [8].

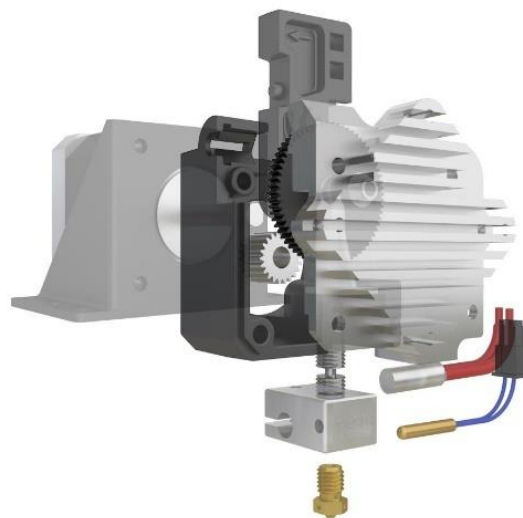
## **2.2. Transferencia de calor en las impresoras 3D**

La tecnología FDM se basa en la deposición de un filamento fundido y para ello es necesario que ciertas partes de la impresora alcancen altas temperaturas de hasta 250 °C. El rendimiento perfecto de una impresora se daría en el momento en que toda esa energía calorífica liberada por la resistencia se utilizara en su totalidad para fundir el filamento, pero en la realidad todo ese calor se escapa al resto de la estructura de la impresora 3D. Este exceso de temperatura puede llegar a generar graves problemas en las impresoras que no están debidamente preparadas como lo están las de uso industrial. Este es el caso de las impresoras RepRap o las que se fabrican directamente muchos de los usuarios. El calor del extrusor se transmite al resto de la máquina mediante la transmisión de calor por conducción entre cuerpos sólidos [1].

Este efecto se ve acentuado en las máquinas autoreproducibles. Al contener componentes hechos de material imprimible, la temperatura que alcanza el extrusor es la misma que la de fusión de los materiales con los que está hecha la impresora 3D. Aunque la temperatura de la resistencia no se transmite en su totalidad al resto de componentes, ésta sigue siendo alta y hay que tener en cuenta que, por ejemplo, la temperatura de fusión del PLA es de 210 °C, siendo un material que a los 35 °C ya empieza a deformarse. Por lo que, aunque la reducción de temperatura sea considerable, hay que tener presente que algunos componentes tendrán una vida útil muy corta y se deberá hacer una inversión continua para imprimir las piezas que deberá ir cambiando a la máquina por su fallo [1].

### 2.3. Cabezal extrusor o HotEnd

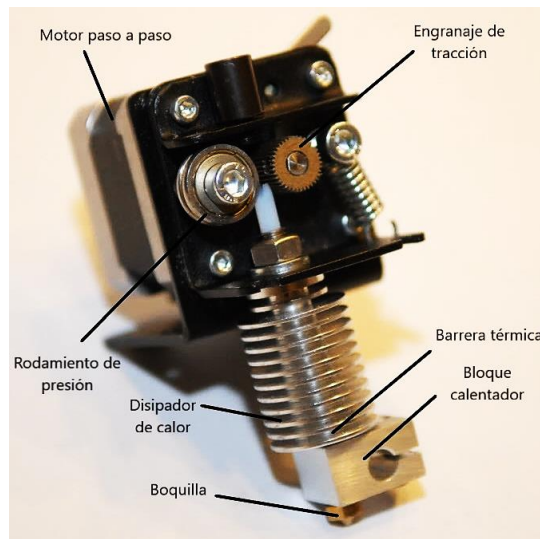
Encargado de depositar el plástico fundido sobre la plataforma de impresión o las capas ya depositadas a partir de la transformación de un hilo continuo en plástico fundido (PLA). El complejo funcionamiento se debe a que estos cabezales deben calentar el plástico a temperaturas de 190 – 250 °C y depositarlos en forma de hilo fino de 0,4 a 2 milímetros (el diámetro de la boquilla). Están fabricados completamente de metal, o pueden contener alguna pieza de teflón u otro material plástico. Los primeros pueden calentar por encima de los 250 °C [6]. El cuerpo del cabezal extrusor depende de la impresora 3D con la que se trabaje ya que cada uno tiene características diferentes que destacan a cada impresora, siendo los más comunes los cabezales extrusores de tipo directo y de tipo Bowden [9]. En la Fig. 2 se muestra el aspecto físico del cabezal extrusor.



**Fig. 2.** Cabezal extrusor o HotEnd. [10]

### 2.3.1. Partes de un cabezal extrusor

El cabezal extrusor se divide en dos partes que son: ColdEnd y HotEnd, ver Fig. 3. EL ColdEnd es el encargado de tomar el filamento y transportarlo o empujarlo hacia el HotEnd, mientras que el HotEnd es el encargado de fundir el filamento para realizar la deposición de este sobre la plataforma de impresión [11].



**Fig. 3.** ColdEnd y HotEnd en el extrusor. [12]

Dentro de las partes del ColdEnd se encuentra el motor paso a paso, uno de los más empleados por el precio son los motores NEMA ya que son robustos, económicos y fáciles de montar, se encarga de transmitir fuerza a la rueda dentada que agarra el filamento para luego ser extruido, se llaman así porque son capaces de controlar el número de giros que realiza su eje. El rodamiento de presión encargado de presionar al filamento contra el engranaje de tracción para que éste entre de manera continua y el engranaje de tracción el cual es una rueda dentada que desplaza el filamento mediante el giro del motor paso a paso [11].

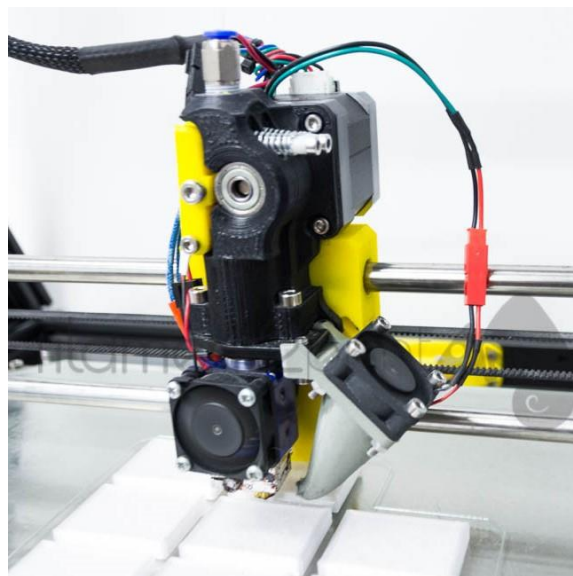
Dentro de las partes de HotEnd se encuentra la barrera térmica la cual crea una barrera en el HotEnd que impide que el calor del bloque calentador se disipe rápidamente hacia arriba, logrando derretir el plástico antes de lo necesario. Suele ser entero metálico o contener un tubo de teflón para guiar el filamento. El bloque calentador (Parte caliente del HotEnd) donde se inserta la resistencia de cartucho para aplicar calor y el termistor para controlar la temperatura de fusión del plástico. La boquilla por donde sale el

filamento fundido, tiene varias medidas en función del tamaño de la salida (0,5 – 0,4 mm) y el disipador de calor, parte que va anclada al extrusor. Su gran superficie y forma aleteada permite disipar el calor del HotEnd de forma conveniente, suele ser de aluminio e ir junto con un ventilador de refrigeración [11].

### 2.3.2. Tipos de cabezales extrusores

Se clasifica así en función del tipo de accionamiento: Directo y Bowden. En el extrusor directo el filamento transcurre directamente desde la rueda dentada del extrusor al HotEnd. En los extrusores Bowden, por el contrario, la unión con el HotEnd es a través de un tubo PTFE por el que transcurre el filamento [10].

El sistema de extrusión directa es el más simple que existe y efectivo, este tipo de extrusión se encarga de transportar el filamento de forma directa desde el motor paso de arrastre hacia el HotEnd, hasta llegar a la boquilla por donde sale el filamento listo para la impresión 3D, Fig. 4. En este tipo de extrusor todo el mecanismo es una sola pieza compacta y sencilla que además puede ser desmontada en su totalidad verificando fácilmente averías o atascos en el mismo [9]. Imprime todo tipo de materiales sin tener en cuenta la abrasión que presentan ciertos filamentos. Afecta principalmente a los ejes de desplazamiento donde se encuentra montado o instalado, ya que al ser un modelo compacto su peso es una carga para considerar. Este factor se va incrementado cuando se quieren realizar impresiones a altas velocidades [10].



**Fig. 4.** Extrusor tipo directo. [10]

El sistema de extrusión Bowden tiene varias similitudes al tipo de extrusión directo en cuanto a partes constitutivas y elementos, lo que diferencia a este tipo de extrusión es como se lleva el filamento hacia el HotEnd hasta llegar a la boquilla, ya que en este el motor de empuje está separado por lo que el filamento es llevado por medio de una tubería hasta el HotEnd para su impresión, Fig. 5 [10].

Al estar el extrusor y el motor del extrusor anclados al chasis de la impresora 3D se reducen mucho las inercias en el movimiento de los ejes. Esto permite realizar impresiones muy rápidas y a la vez de alta calidad. Presenta problemas para imprimir con filamentos flexibles de diámetro de 1.75 mm, ya que al ser un filamento flexible no es posible mantener constante la presión en el filamento a lo largo del tubo Bowden hasta el HotEnd [10].



**Fig. 5.** Extrusor tipo Bowden. [10]

## **2.4. Disipador de calor**

Elemento encargado de permitir el paso del filamento seleccionado para la impresión y fundirlo a través de una boquilla, siendo considerado como uno de los elementos más importantes dentro del proceso de impresión, ya que el mal funcionamiento de este llega a romper, taponar e incluso afectar la calidad del objeto impreso. Para evitar este exceso de temperatura no deseado, se ha implementado un sistema de disipación de calor en el conjunto del extrusor de las impresoras 3D. Estos son: disipación de calor por aire y agua [13].

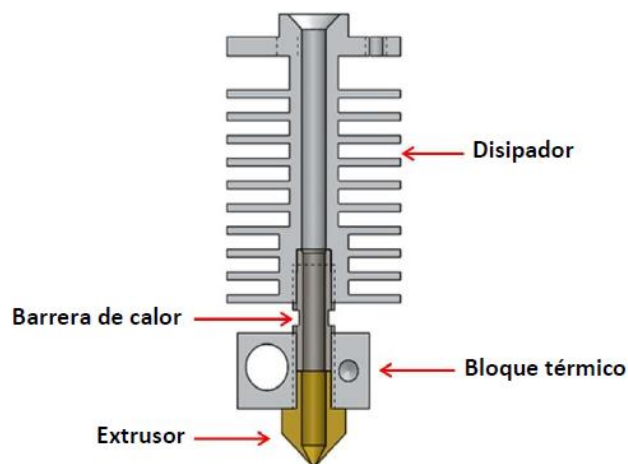
### 2.4.1. Disipador de calor refrigerado por aire

Encargado de fundir el filamento siendo refrigerado por aire mediante un ventilador acoplado al disipador de calor, Fig. 6. Es diseñado con aletas a lo largo de su cuerpo con la intención de poder disipar todo el calor posible hasta la llegada del filamento al bloque de calentamiento y conservar sus propiedades mecánicas [1]. Se presenta habitualmente el disipador de calor y las aletas en aluminio, ya que además de su conductividad térmica típica de los metales, se trata de un material ligero [8].



**Fig. 6.** Disipador de calor refrigerado por aire. [11]

Los componentes en conjunto del disipador de calor refrigerado por aire junto al sistema de disipación se muestran en la Fig. 7. Las cuatro partes se describen de la siguiente manera:

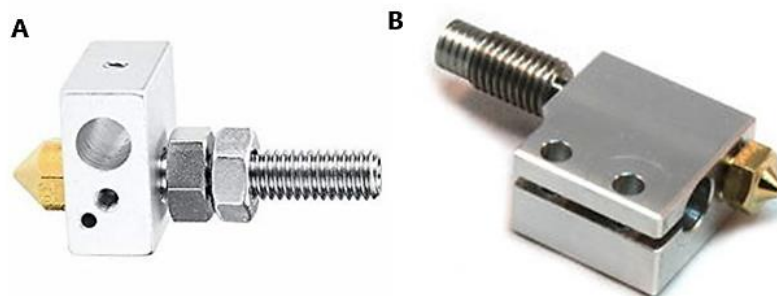


**Fig. 7.** Conjunto del disipador de calor refrigerado por aire. [4]

- Boquilla (Nozzle) fabricada en bronce para facilitar el deslizamiento interior del material semifundido (filamento) y el calentamiento por conducción desde el bloque térmico [4].

- Bloque térmico (Heat Block) donde se aloja la resistencia encargada de generar el flujo térmico y el termistor que permite monitorear los valores de temperatura, ayudando al sistema a regular la temperatura prefijada a través del programa de gestión de la impresora 3D. Este bloque está fabricado en aluminio, con alta conductividad térmica para asegurar el correcto flujo de calor [4].
- Barrera de calor (Heat Break) de acero inoxidable utilizado para la unión entre el bloque térmico y el disipador de calor, a través del cual pasa el filamento de camino al extrusor o boquilla. Su objetivo principal es frenar el avance del frente térmico a lo largo del extrusor, siendo la primera medida que previene el sobrecalentamiento del sistema (41 W/mK) [4].
- Disipador de calor (Heat Sink) fabricado en aluminio, estructura ligera aleteada que facilita la disipación de calor por convección forzada. Es el segundo mecanismo que impide el aumento de la temperatura en los puntos más próximos del extrusor a la estructura y componentes de la impresora 3D [4].

Dentro del proceso de impresión 3D la velocidad junto con la temperatura de extrusión tienen una relación directamente proporcional de crecimiento, es decir a mayor velocidad de impresión, mayor temperatura en el bloque térmico se necesitará. Para conseguir la mayor velocidad de impresión sin necesitar un aumento de temperatura de extrusión, se puede sustituir el extrusor original V6 por un extrusor Volcano (Fig. 8), que gracias a disponer del cartucho calentador en posición paralela al flujo del filamento consigue fundir más material con menos consumo de energía [14].



**Fig. 8.** Bloque térmico tipo V6 original (A), Volcano paralelo al flujo (B). [13]

### 2.4.2. Disipador de calor refrigerado por agua

Encargado de fundir el filamento siendo refrigerado por recirculación de agua destilada mediante un sistema de bombeo, Fig. 9. Es diseñado con un tanque que recubre el licuefactor del extrusor, posee una entrada y salida de agua teniendo como objetivo principal la circulación continua del líquido ayudado por una bomba externa y un tanque de reservorio conectados en serie [9].



**Fig. 9.** Disipador de calor refrigerado por agua. [13]

### 2.5. Problemas de calidad de impresión por la temperatura

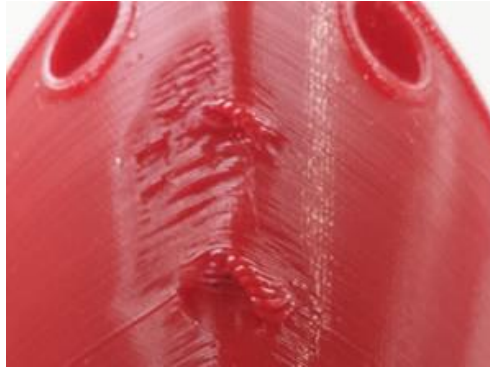
Los principales problemas que se presentan en la calidad de las piezas impresas y los elementos del extrusor debido a la incorrecta distribución de temperatura son: Extrusor obstruido (Fig. 10) ocurre si los residuos quedan atrapados dentro de la boquilla cuando el plástico caliente dentro del extrusor es demasiado largo, o si el enfriamiento térmico para el extrusor no es suficiente y el filamento empieza a suavizarse fuera del bloque térmico [15].



**Fig. 10.** Extrusor obstruido. [15]

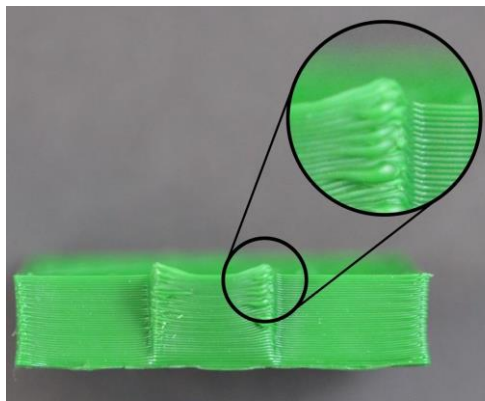


Temperatura demasiado alta (Fig. 11), cada material de impresión 3D tiene su propia temperatura de impresión óptima y cada impresora es diferente. Algunos materiales manejan una amplia gama de temperaturas, mientras que otros sólo manejan un rango de 5 °C. Si un material se calienta más allá de su temperatura de impresión óptima, se vuelve demasiado blando y puede burbujear, hervir o quemar, por lo que es difícil de imprimir [15].



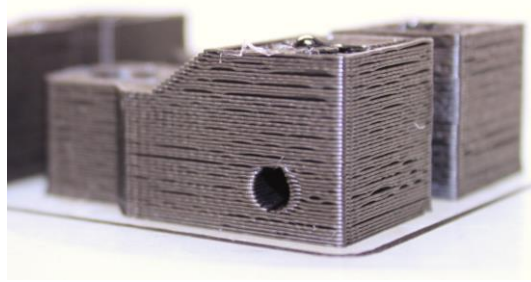
**Fig. 11.** Temperatura demasiado alta. [15]

Sobrecalentamiento (Fig. 12), el plástico emergente de la extrusora se encuentra entre los 190 a 250 °C. La causa más común de sobrecalentamiento sucede cuando el plástico no se enfría lo suficientemente rápido, el plástico caliente es libre de cambiar las formas a medida que se enfría lentamente, provocando esquinas rugosas o dobladas [15].



**Fig. 12.** Sobrecalentamiento. [15]

Temperatura demasiado baja (Fig. 13), el plástico caliente siempre se unirá mucho mejor que el plástico frío, se observa en la pieza impresa capas no unidas entre sí cuando la temperatura del filamento no es la correcta para que logre cambiar de estado y crear una unión más fuerte entre las capas de material [15].



**Fig. 13.** Temperatura demasiado baja. [15]

Generación de hilos (Fig. 14) se presentan cadenas antiestéticas de plástico entre las partes del modelo impreso. Se produce porque el filamento en el extremo caliente del disipador de calor, continúa exudando fuera de la boquilla durante movimientos que no son de impresión [15].



**Fig. 14.** Generación de hilos (Stringing). [15]

Temperatura del HotEnd excesiva (Fig. 15), si la temperatura es demasiada alta, el filamento dentro de la boquilla se vuelve demasiado viscoso y emerge por la boquilla, aunque el extrusor esté detenido [15].



**Fig. 15.** Temperatura del HotEnd excesiva. [15]

## 2.6. Características del filamento de impresión PLA

Como termoplástico biodegradable, el PLA (Ácido Poliláctico) es más ecológico que la mayoría de los filamentos 3D. Deriva de recursos renovables como el almidón de maíz o la caña de azúcar, no emite mal olor durante la impresión [16]. El PLA ofrece una buena resistencia a la tracción y calidad superficial, facilita el trabajo a altas velocidades de impresión, simplifica el uso en entornos domésticos y de oficina permitiendo la creación de piezas de alta resolución. Se utiliza principalmente para herramientas domésticas, juguetes, proyectos educativos, objetos de exposición, prototipado, modelos arquitectónicos y métodos de fundición para crear piezas de metal [17].

**Tabla 1.** Propiedades del filamento PLA

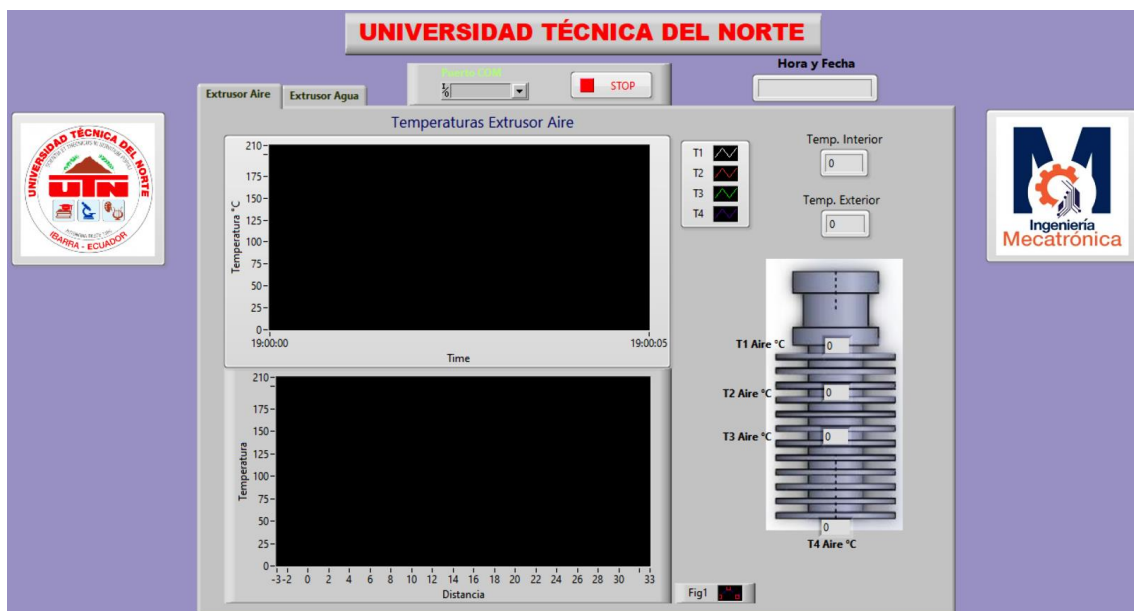
PLA	
Dureza   Flexibilidad   Durabilidad	Alta   Baja   Media
Dificultad de uso	Baja
Temperatura de impresión	180 °C-230 °C
Temperatura cama de impresión	20 °C-60 °C (no necesaria)
Deformación   Soluble	Mínima   No
Temperatura de fusión	145-160

## 2.7. Software y equipo requeridos

Los softwares requeridos para el funcionamiento correcto de la plataforma de pruebas para la caracterización de extrusores utilizada en este estudio son el “Ultimaker Cura” donde se puede configurar los parámetros completos de la impresora, “LabVIEW” permite visualizar las gráficas y parámetros de impresión y “Access de Microsoft” almacena los datos de temperatura obtenidos durante la impresión creando una base de datos para su procesamiento e interpretación. La cámara infrarroja Fluke TiS40 utilizada como equipo adicional para visualizar la temperatura en el disipador de calor durante la impresión y SolidWorks para realizar el análisis de elementos finitos (FEA), así como diseñar los modelos 3D de los elementos del extrusor.

### 2.7.1. LabVIEW

El Software LabVIEW es un lenguaje de programación cuyo entorno de desarrollo es gráfico, flexible y modular en su totalidad, diferente a la programación mediante comandos tipo texto, sistemas empleados en los lenguajes de programación de alto nivel tradicionales. La programación gráfica que LabVIEW ofrece permite visualizar cada aspecto de su aplicación, incluyendo configuración de hardware, datos de medidas y depuración. Esta visualización hace que sea más fácil integrar hardware de medidas de cualquier proveedor, representar una lógica compleja en el diagrama, desarrollar algoritmos de análisis de datos y diseñar interfaces de usuario personalizadas [18].



**Fig. 16.** Software LabVIEW – Interfaz de las gráficas y parámetros de impresión. [13]

### 2.7.2. Access de Microsoft

Microsoft Access es un Sistema de Gestión de Bases de Datos Relacionales que funciona en el entorno Windows. Proporciona un entorno gráfico de fácil manejo que permite el diseño y la gestión de bases de datos sin necesidad de aprender complicados lenguajes de programación [19].

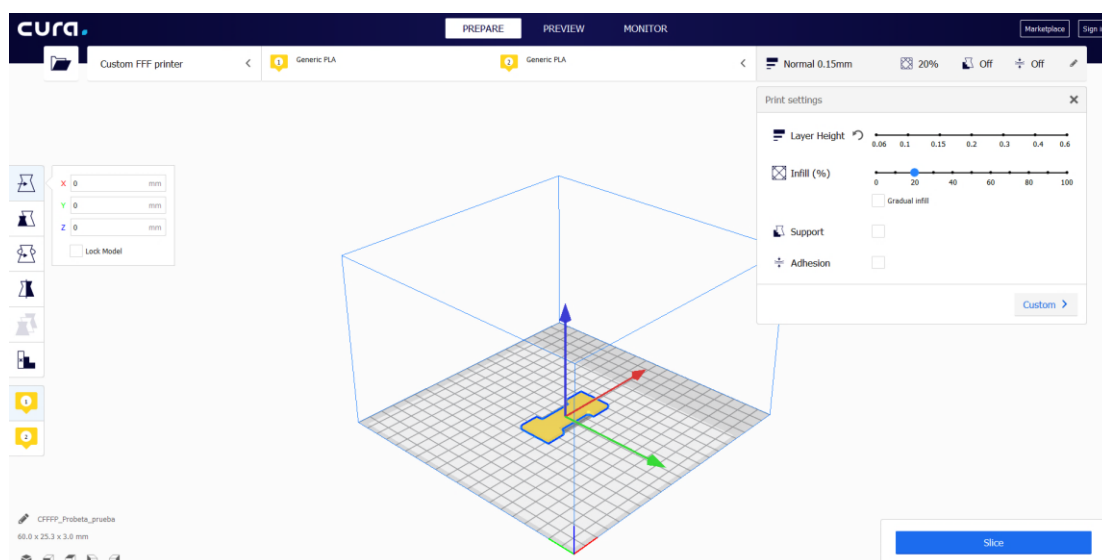
Una base de datos es un programa que permite gestionar y organizar una serie de datos permitiendo introducir, almacenar, ordenar y manipular datos, así como organizarlos de manera significativa para poder obtener información no visible como totales, tendencias o relaciones de otro tipo [19].

LLAVE	T1 AIRE	T2 AIRE	T3 AIRE	T4 AIRE	T1 AGUA	T2 AGUA	T3 AGUA	T4 AGUA	T_INTERIOR	T_EXTERIOR
10/1/2019 21:21:57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10/1/2019 21:21:58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10/1/2019 21:21:59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10/1/2019 21:22:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10/1/2019 21:22:01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10/1/2019 21:22:02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10/1/2019 21:22:03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10/1/2019 21:22:04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10/1/2019 21:22:05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10/1/2019 21:22:06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10/1/2019 21:22:07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10/1/2019 21:22:08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10/1/2019 21:22:09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10/1/2019 21:22:10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10/1/2019 21:22:11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10/1/2019 21:22:12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10/1/2019 21:22:13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10/1/2019 21:22:14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10/1/2019 21:22:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10/1/2019 21:22:16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10/1/2019 21:22:17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10/1/2019 21:22:18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10/1/2019 21:22:19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**Fig. 17.** Software Access – Base de datos. [13]

### 2.7.3. Ultimaker Cura

Es un programa de gestión y procesado de modelos 3D para impresión, cuenta con un modo de procesado simplificado que ayuda a generar los gcode ajustando tan solo unos pocos parámetros. Admite formatos comunes como el STL, OBJ, X3D y también archivos de imágenes GIF, JPG, PNG y BMP, permitiendo la impresión de varios objetos con diferentes configuraciones. Además de ser gratis y de código abierto. Está optimizado sobre todo para materiales e impresoras Ultimaker y es compatible con los sistemas operativos más comunes: Windows XP; 7; 8; 10, Linux y macOS [20].

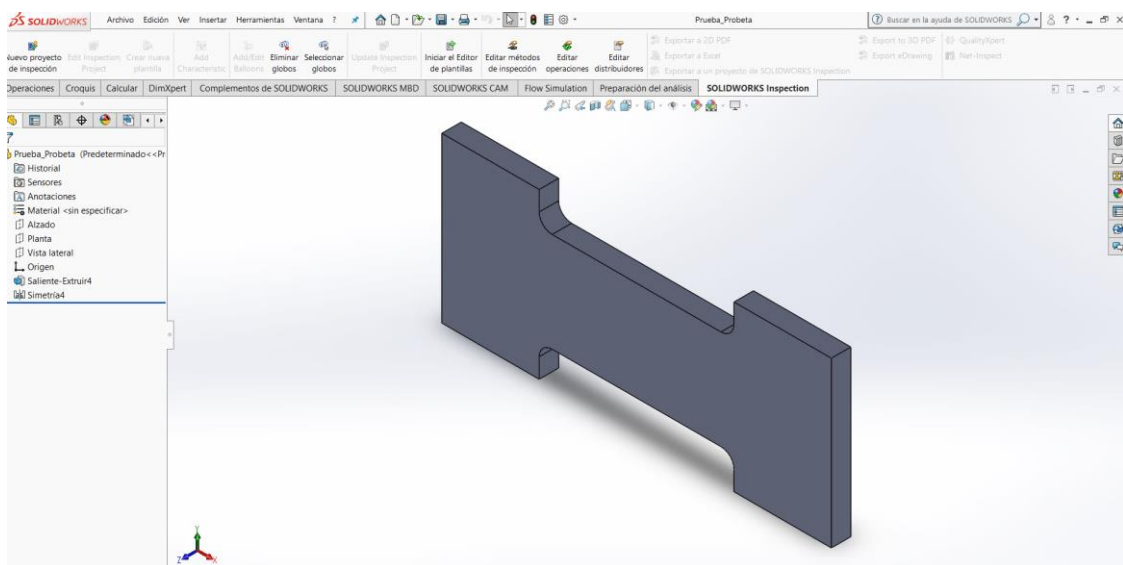


**Fig. 18.** Software Ultimaker Cura – Interfaz configuración parámetros de impresión.

## 2.7.4. CAD SolidWorks

La resolución de ecuaciones diferenciales en derivadas parciales permite describir las variaciones de las propiedades en el espacio y a lo largo del tiempo. Para que la resolución de estas ecuaciones generales sea válida en casos particulares es necesario introducir las condiciones iniciales y de borde. SolidWorks es una potente herramienta de estudio para prototipaje virtual que utiliza la resolución de ecuaciones diferenciales en derivadas parciales mediante el método de elementos finitos para las condiciones predeterminadas por el usuario. Permite escoger entre una alta variedad de casos de estudio como estático, frecuencia, pandeo, térmico, estudio de diseño, estático no lineal, dinámico no lineal, gráfico de historia – tiempo, armónico, vibración aleatoria, espectro de respuesta, caída, fatiga y diseño de recipiente a presión [21].

Permite determinar los efectos térmicos en un diseño o bien el impacto que tendrán los cambios del diseño en la temperatura de los componentes, esto mediante un análisis térmico estructural con SolidWorks Simulation. Este análisis consiste en la aplicación del método de elementos finitos para calcular la distribución de temperatura en una estructura sólida, basándose en las entradas térmicas (cargas de calor), salidas térmicas (pérdidas de calor) y barreras térmicas (resistencia al contacto térmico) del diseño. Aplicando tres métodos de transferencia de calor: por convección (establecida por un coeficiente de película de superficie), conducción (cuando los cuerpos están en contacto) y por radiación (emisividad de la superficie) cuando los cuerpos no están en contacto [21].



**Fig. 19.** Software SolidWorks – Interfaz modelo 3D probeta.

### 2.7.5. Cámara infrarroja Fluke TiS40

La cámara termográfica Fluke TiS40 (Fig. 20) es una cámara de captura de imágenes por infrarrojos de mano apta para numerosas aplicaciones. Estas aplicaciones incluyen reparación de equipos, mantenimiento preventivo y predictivo, diagnóstico de edificios e investigación y desarrollo. Presenta un enfoque fijo, resolución IR de 80x60 píxeles, resolución espacial de 7.8 mRad, distancia de punto a punto 128: 1 (D:S), sensibilidad térmica de 150 mK y LCD de 3.5". Puede detectar temperaturas de -20 °C a 250 °C, ofrece un campo de visión de 35.7° x 26.8°, 4 GB de memoria interna y carga de Wi-Fi a Fluke Cloud [22].

La cámara es compatible con el sistema inalámbrico Fluke Connect, el cual es un sistema que conecta de forma inalámbrica las herramientas de prueba de Fluke con una aplicación de su smartphone o tableta. Le permite ver las imágenes procedentes de la cámara de infrarrojos en la pantalla del smartphone o la tableta, guardar imágenes en el almacenamiento Fluke Cloud y compartir imágenes con el equipo [22].



**Fig. 20.** Cámara infrarroja Fluke TiS40. [22]

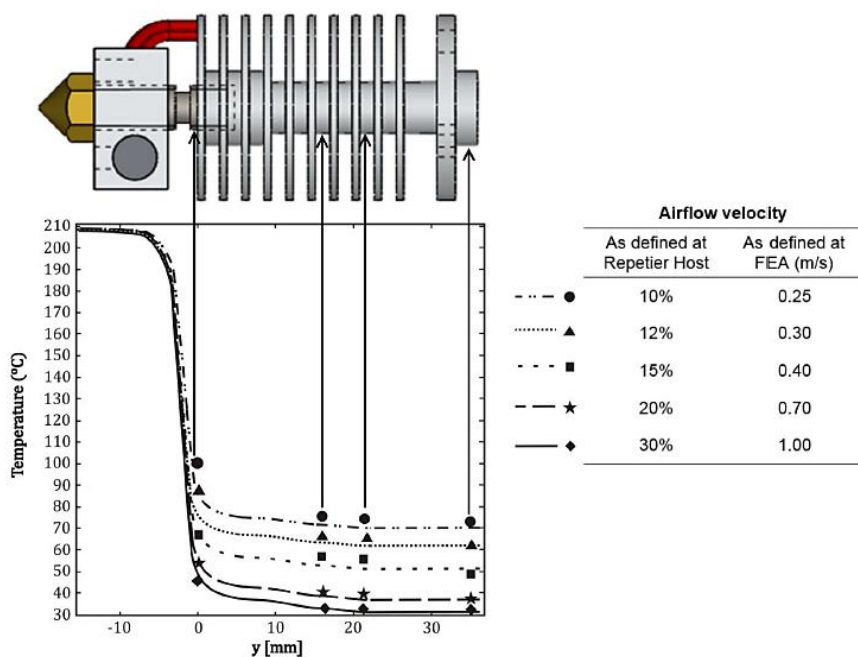
## 2.8. Modelo de elementos finitos

Las diferentes ciencias y disciplinas han pretendido entender y explicar los fenómenos naturales mediante leyes generales en forma de modelos matemáticos que permiten el estudio de casos particulares en ramas como la mecánica de fluidos o la termodinámica aplicando condiciones iniciales o de borde [1].

En el caso concreto de la mecánica de fluidos, la alta complejidad que ésta presenta ha llevado a plantear este tipo de problemas de diversas maneras: simplificando las ecuaciones para la obtención de soluciones analíticas, mediante análisis dimensional (con semejanzas geométricas, cinemáticas y dinámicas) y pruebas experimentales. Ante las dificultades que pueden llegar a presentar estos métodos de resolución, debido al alto grado de simplificación necesario que difiere en exceso de la realidad o el alto coste del testeo experimental, se ha aprovechado la rápida evolución de la informática para desarrollar nuevas técnicas de análisis basados en la resolución numérica de las ecuaciones clásicas y su posterior mapeado: el estudio computacional de los flujos o dinámica de fluidos computacional (CFD) [1].

## 2.9. Análisis de extrusores refrigerados por aire

En la investigación realizada por el Departamento de Ingeniería Mecánica del Politécnico de Catalunya, Barcelona – España, “Análisis de elementos finitos del comportamiento térmico de un extrusor RepRap de una impresora 3D” [4], se analiza el desempeño de un disipador de calor por convección forzada durante el proceso de impresión, donde se ha determinado un perfil de temperatura (Fig. 21) en régimen de trabajo, validando un modelo matemático mediante el uso de termocuplas en las 9 aletas de un extrusor y un modelado por elementos finitos [4].



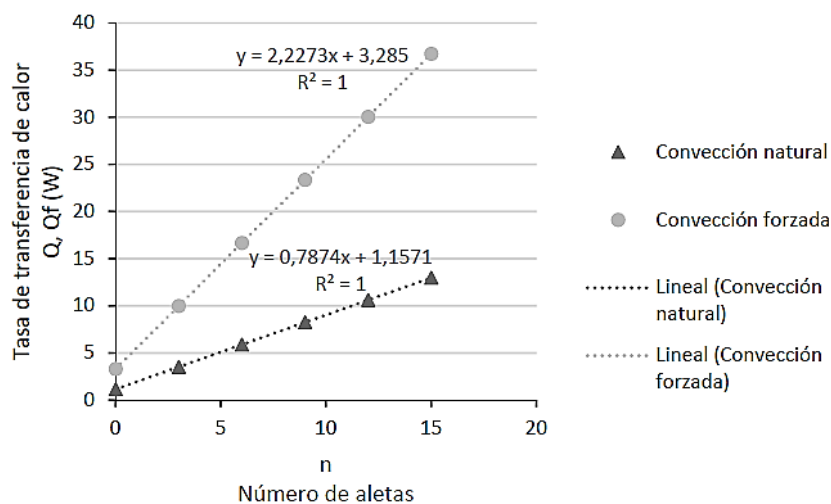
**Fig. 21.** Perfiles de temperatura a lo largo del disipador de calor BCNozzle. [4]



En la Fig. 21 se muestra la temperatura a lo largo del disipador de calor BCNozzle para diferentes velocidades de aire del ventilador, la correlación de la velocidad operativa % de ventilador del Repetier Host y la velocidad real de flujo de aire derivada del FEM. Además se puede observar los puntos de las temperaturas medidas con termopares y las líneas resultado del análisis FEM [4].

Este trabajo llega a concluir que el rendimiento de la disipación de calor por convección muestra una influencia relevante en la temperatura final alcanzada en la parte superior del disipador, por lo que el ventilador de refrigeración no debe quedar fuera cuando se extruye el PLA con una extrusora BCNozzle. Un elemento importante en el HotEnd es la barrera de calor, minimiza la conducción de calor desde el bloque de calentamiento al disipador de calor, es capaz de disminuir la temperatura al inicio del extrusor de 210 °C a un rango de 100 °C y hasta 40 °C utilizando convección forzada [4].

En el artículo “Análisis térmico y comparativo de un extrusor tipo HotEnd enfriado por aire y otro enfriado por agua para impresión 3D” [23], realizado por el Departamento de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Técnica del Norte, Ibarra – Ecuador, se analizó térmicamente los extrusores considerando un flujo estable y una función lineal de transferencia de calor entre el número de aletas y la tasa de enfriamiento para determinar la capacidad de disipación de calor de un extrusor tipo HotEnd desarrollado por RepRap, (refrigerado mediante aletas y convección forzada) y otro extrusor refrigerado por recirculación de agua desarrollado experimentalmente [23].

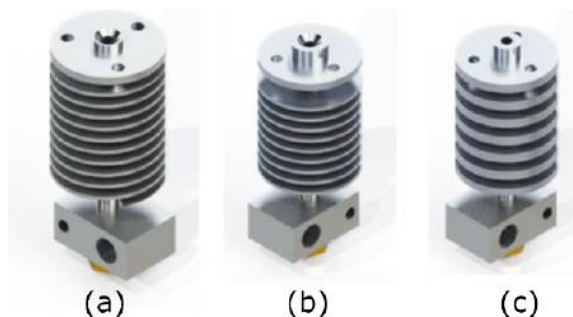


**Fig. 22.** Funciones de transferencia de calor por convección natural y forzada de un extrusor tipo HotEnd para diferentes números de aletas. [23]

En la Fig. 22, se observa la dispersión de puntos en un diagrama: Transferencia de calor por convección natural y forzada versus el número de aletas del disipador en una función lineal, siendo la función lineal un modelo matemático [23].

Este artículo llega a concluir que los métodos de enfriamiento permiten mantener un mayor control de temperatura en condiciones de impresión para cada material, optimizando el proceso y asegurando una adecuada distribución de temperatura a lo largo del extrusor, evitando sobrecalentamiento del material de aporte y manteniendo la calidad de impresión en prolongados periodos de tiempo. Además, los cálculos de transferencia de calor permitieron comparar ambos extrusores según su capacidad de enfriamiento y durante la etapa de pruebas se pudo evidenciar que el enfriamiento evaporativo mantiene el control de temperatura y la calidad de impresión sin ser afectado por la variación de las condiciones ambientales [23].

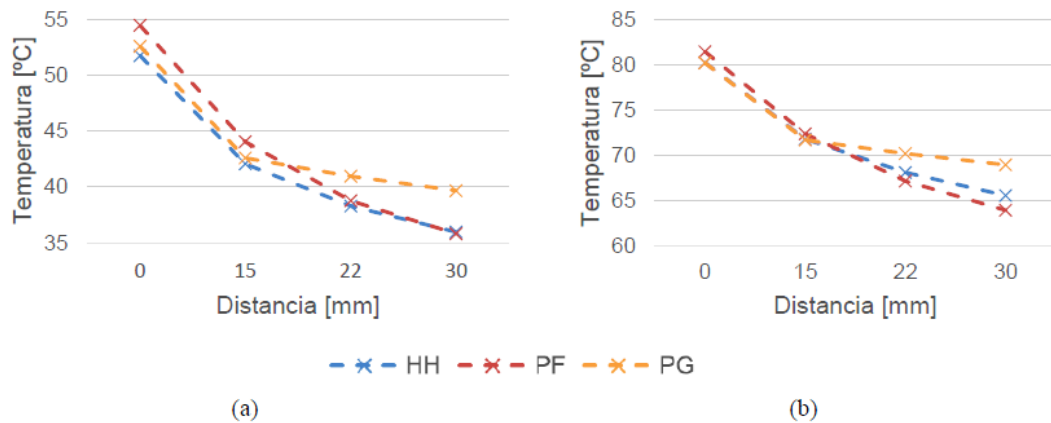
El artículo “Estudio comparativo del comportamiento térmico de diferentes disipadores de calor para impresoras 3D a través de MEF” realizado por el departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica de Catalunya centra su análisis en una de las partes de estos dispositivos, el cabezal extrusor, y tiene como objetivo estudiar su comportamiento térmico comparando la eficacia y funcionamiento de tres diferentes soluciones geométricas de su disipador de calor. La primera corresponde a un extrusor comercial, mientras que los otros dos han sido fabricados, Fig. 23 [24].



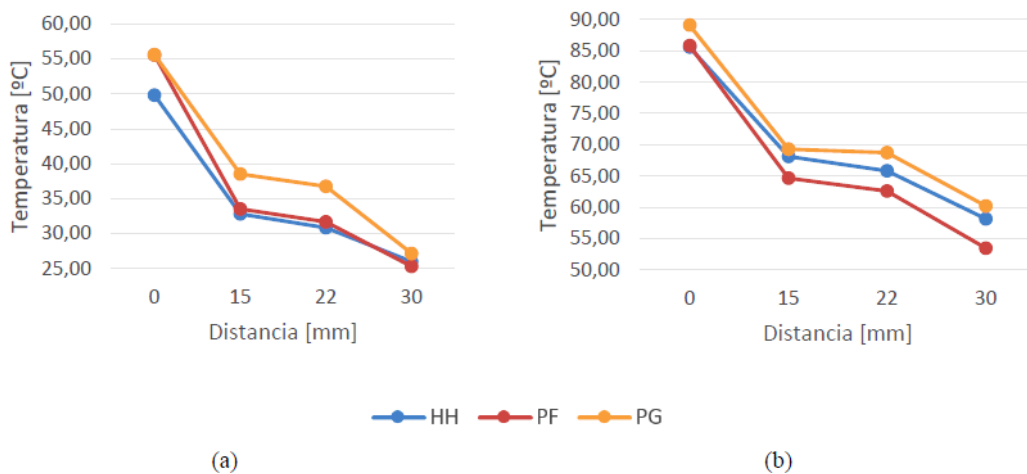
**Fig. 23.** Disipadores analizados: (a) BCNozzle, (b) Twist3D y (c) X Truder. [24]

Se incluye también en el análisis la variación del caudal de refrigeración del ventilador acoplado a dichos disipadores. Para ello, se ha elaborado un modelo de elementos finitos que representa el perfil de temperaturas de los tres extrusores analizados en estado estacionario. Estos resultados analíticos son posteriormente comparados con el perfil real de temperaturas medidos a través de un montaje experimental [24].

Los resultados obtenidos al analizar los tres modelos se representan en la Fig. 24 (simulación computacional) y Fig. 25 (montaje experimental), para velocidades del caudal de aire de 0,70 y 0,25 m/s. Como puede verse el comportamiento es similar en ambos casos, pese a que, como cabía esperar, un flujo de aire mayor genera menores temperaturas en el cuerpo disipador de calor por hacer más intenso el fenómeno de convección forzada [24].



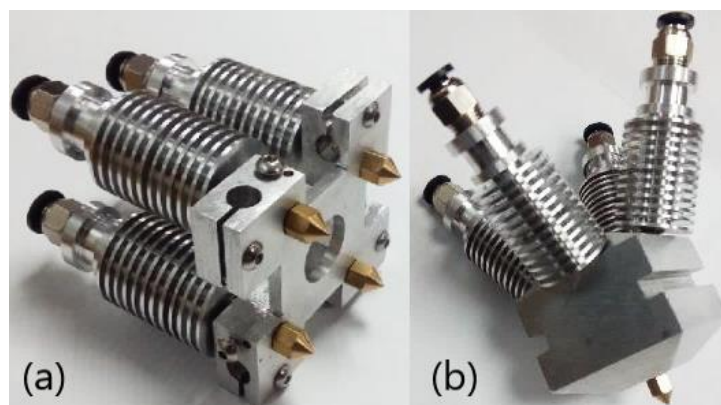
**Fig. 24.** Resultados del modelo computacional definido para los tres extrusores: (a) con velocidad del ventilador de 0,70 m/s, (b) con velocidad 0,25 m/s. [24]



**Fig. 25.** Perfiles de temperatura en los tres modelos de disipador de calor: (a) velocidad del ventilador de 0,70 m/s, (b) con velocidad 0,25 m/s. [24]

Los tres modelos de extrusor estudiados muestran diferencias significativas en su funcionamiento, tanto en el modelo teórico como en el caso experimental real, siendo los modelos BCNozzle y Twist3D los que dan lugar a menores temperaturas en el punto superior del cuerpo del extrusor [24].

En el trabajo de grado “Cabezal multiextrusor para impresora 3D” [9], realizada por el Departamento de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Técnica del Norte, Ibarra – Ecuador, se presenta una alternativa a la impresión de materiales por deposición fundida de un solo color, mediante el diseño y construcción de un cabezal multiextrusor para realizar impresiones 3D a color (Fig. 26). Se analizaron diferentes tipos de extrusores, sus ventajas y desventajas. Además, se estudiaron los materiales usados en la impresión 3D para el diseño del cabezal, realizando el diseño del cabezal multiextrusor por medio de cálculos térmicos tanto para los materiales de impresión como para la disipación de calor del multiextrusor [9].



**Fig. 26.** Bloque térmico 4 individual (a), Bloque térmico 4 en 1 (b). [9]

Este trabajo llega a concluir que el desempeño de transferencia de calor por convección del extrusor tiene una influencia directa con el número de aletas que posea el disipador de calor, siendo 15 aletas el límite para una transferencia de calor de 12.968 W por convección natural y 36.695 W por convección forzada, incrementando hasta en un 17% la transferencia de calor que puede disipar un extrusor refrigerado por agua de 30.719 W [9].

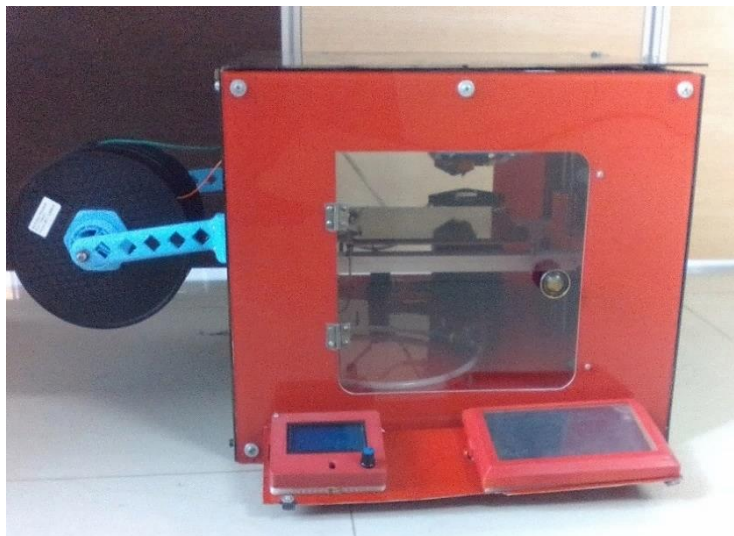
## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA

#### 3.1. Configuración experimental

En este apartado se detalla la metodología llevada a cabo para la validación de los datos obtenidos mediante simulación computacional, el procedimiento experimental en las pruebas realizadas y una explicación del tratamiento de los datos obtenidos de manera experimental. Cuando se trata de datos obtenidos experimentalmente se cuenta con la ventaja del realismo experimental, pero esto no implica que sea perfectamente válido, siempre pueden aparecer fenómenos que hagan variar los resultados de una manera u otra. Por esta razón se requiere un método para validar estos datos y que a su vez sirvan para ser comparados con los resultados. De esta manera también se consigue reducir el gran volumen de datos obtenidos a determinados estadísticos y variables que permitan analizar el estudio de una manera más sintética [1].

La realización de las pruebas experimentales se llevó a cabo en las oficinas de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas de la Universidad Técnica del Norte y se utilizó una plataforma de pruebas (Fig. 27) para la caracterización experimental de extrusores para una impresora 3D realizada por [13], durante 4 días consecutivos con el objetivo de conseguir una menor variación de las condiciones ambientales que pueden afectar directamente a los resultados, principalmente la temperatura ambiente.



**Fig. 27.** Plataforma de pruebas para la caracterización de extrusores.

### 3.1.1. Descripción de la Plataforma de pruebas

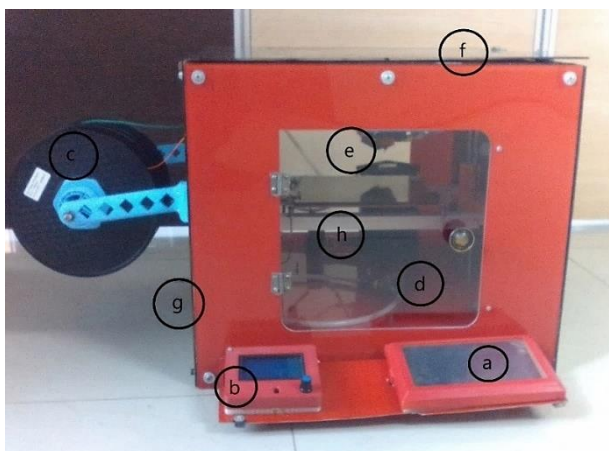
Se define como plataforma de pruebas para la caracterización experimental de extrusores enfriados por aire y agua para una impresora 3D (Fig. 27) al dispositivo que tiene como finalidad la adquisición de datos mediante el uso de termistores instalados en los sistemas de enfriamiento, el interior y exterior de la plataforma que evalúa condiciones ambientales, utilizando una pantalla LCD acoplada a la impresora 3D previo al procesamiento de datos por medio de una tarjeta de adquisición obteniendo una base de datos, la misma que servirá para representar la curva de comportamiento; temperatura vs distancia y temperatura vs tiempo [13].

La longitud del extrusor servirá para el análisis de desempeño térmico, para esto se utilizará varios termistores ubicados en las aletas de los disipadores de calor, los cuales permitirán determinar un perfil de temperatura en régimen de trabajo y mantener la temperatura adecuada sin perder las propiedades del material [13].

Se tiene dentro de la pantalla un sistema de control de flujo tanto de aire como de agua que permite una transferencia de calor forzada al extrusor durante la operación, para esto se controlará un flujómetro que arrojará un caudal determinado mediante el sistema de control y a su vez se tendrá una interfaz gráfica en el software LabVIEW que muestren las gráficas temperatura – tiempo y temperatura – distancia en el software LabVIEW [13].

### 3.1.2. Componentes de la Plataforma de Pruebas

En la Fig. 28 se muestra la plataforma de pruebas con sus principales componentes.



- a. Pantalla HMI temperatura y flujo.
- b. Pantalla de parámetros de impresión.
- c. Carretes de filamentos.
- d. Purga refrigerante.
- e. Sistema de extrusión.
- f. Tapa superior.
- g. Conectores eléctricos.
- h. Sistema de flujo de agua.

**Fig. 28.** Principales componentes de la plataforma de pruebas.

### 3.1.3. Características generales

En la Tabla 2 se muestran las características generales de la plataforma de pruebas para la caracterización experimental de extrusores para una impresora 3D [13].

**Tabla 2.** Características generales de la plataforma de pruebas

Características Generales	
Marca	DUAL TEST 3D PRINT
Modelo - Tipo	Core xy
Altura	60 cm
Anchura	55 cm
Longitud	55 cm
Peso total	25 kg
Temperatura máxima admisible	70 °C
Material constructivo	Acrílico y metal
Número de pantallas	2

### 3.1.4. Descripción experimental

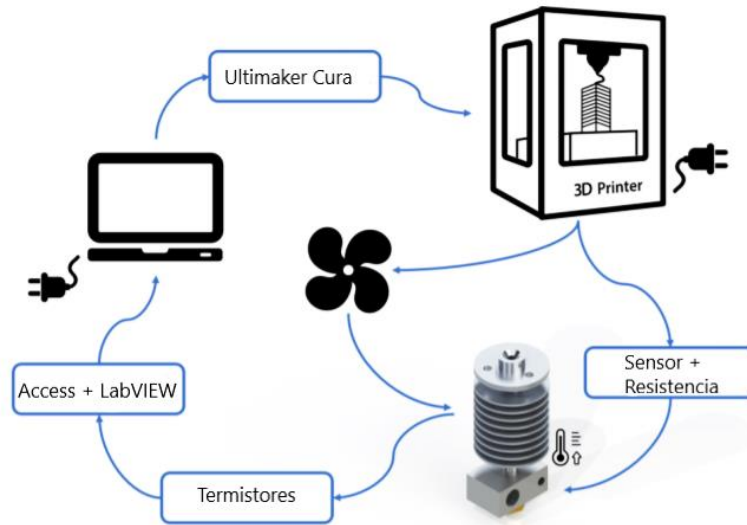
La prueba experimental que se describe a continuación y a lo largo de los próximos apartados permite registrar la temperatura en la superficie del disipador de calor estudiado en varios puntos equidistantes, utilizando como referencia el trabajo realizado por [4] donde se realiza un análisis de elementos finitos del comportamiento térmico de un extrusor RepRap de una impresora 3D.

Para poder comparar ambas metodologías de estudio, se han recreado las mismas condiciones que en la simulación computacional dinámica de fluidos (CFD) con el disipador de 12 aletas circulares de estudio, aplicando diferentes velocidades de aire con un ventilador real utilizado en impresoras 3D de 12V, 7 aletas 40x40x10mm, Fig. 29. Para cada situación se ha realizado varias repeticiones de los experimentos para poder validar la repetitividad de los resultados obtenidos.



**Fig. 29.** Ventilador de 12V, 7 aletas 40x40x10mm. [25]

Para una mejor representación de lo que pasa en la realidad en las pruebas realizados, se han podido tomar imágenes térmicas a partir de una cámara infrarroja Fluke TiS40 (Fig. 20) facilitada por los laboratorios de la Universidad Técnica del Norte. Todas las pruebas experimentales se realizaron por convección forzada siguiendo el montaje que se muestra en la Fig. 30.



**Fig. 30.** Esquema del montaje experimental. [1]

El experimento descrito se lo realizó para registrar la temperatura en la superficie del disipador de calor estudiado en puntos equidistantes distribuidos a 0, 15, 22 y 30 mm a lo largo del cuerpo del disipador de calor, como se ha explicado en el apartado anterior. Se han llevado a cabo varias repeticiones de los experimentos para el 100%, 90%, 80%, 70%, 60% 50%, 40% y 30% de flujo de aire refrigerante. La impresora ha sido comandada con el software Ultimaker Cura, las temperaturas medidas mediante los termistores NTC 100k 3950 y el software de visualización y almacenamiento de datos, LabVIEW y Access.

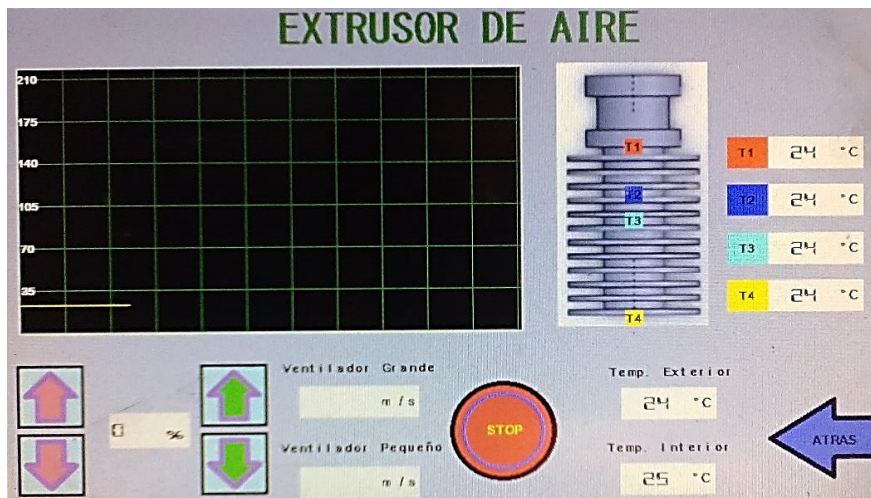


La energía aportada para aumentar la temperatura del extrusor viene generada por una resistencia de 41 W/mK alojada en el interior del bloque térmico. El flujo de calor que se genera viene determinado por la intensidad de corriente que pasa por la resistencia a cada instante. El software Ultimaker Cura fue configurado para todas las pruebas realizadas con los parámetros que se muestran en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Configuración de la impresora

Parámetros de impresión	
Altura de capa	0.15 mm
Espesor superior e inferior	0.8 mm
Densidad de relleno	20%
Patrón de relleno	Cuadrícula
Temperatura de impresión	200 °C
Temperatura plataforma	60 °C
Velocidad de impresión y relleno	60 mm/s

La temperatura del bloque térmico se fija en grados centígrados [°C] a un valor de 200 °C. Para regular la velocidad del ventilador se usa un regulador porcentual vinculado a la función PWM que se muestra en la pantalla HMI temperatura y flujo (Fig. 31). Ambas variables pueden ser reguladas en la pantalla de parámetros de impresión.



**Fig. 31.** Pantalla HMI temperatura y flujo.

Para registrar los datos de temperatura se colocaron cuatro termistores NTC 100k 3950 equidistantes a lo largo del disipador de calor tipo BCNozzle de 12 aletas circulares en las posiciones de 0, 15, 22 y 30 mm, Fig. 32 y a su vez conectados a un sistema de adquisición de datos [13].



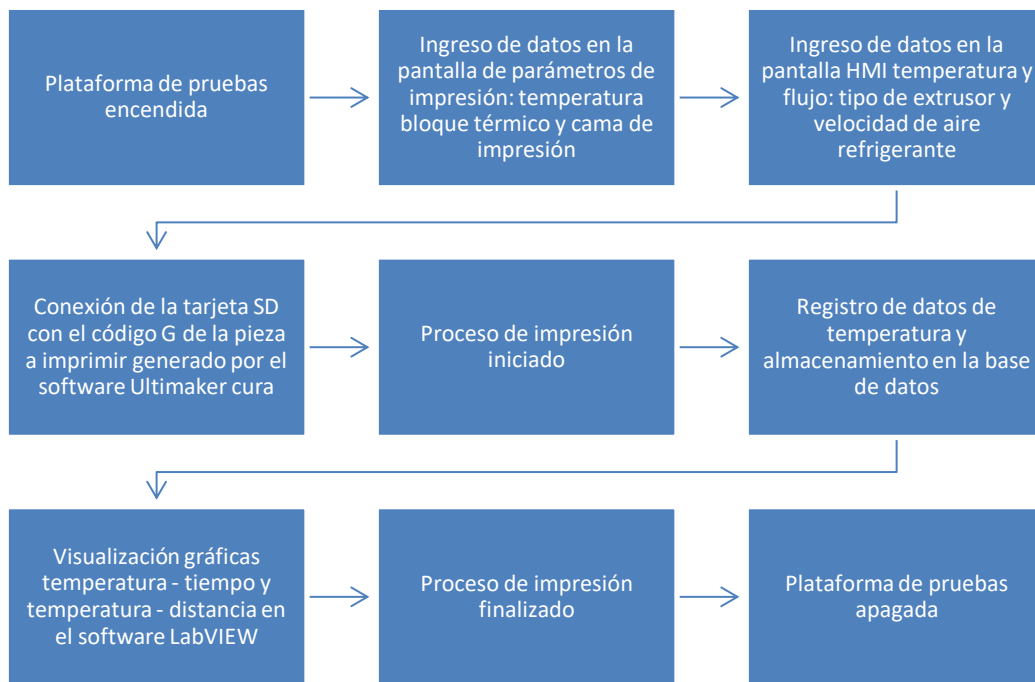
**Fig. 32.** Posición de los termistores en el disipador de calor. [13]

El ventilador se encuentra a una distancia de 10 mm entre la cara frontal del ventilador y la paralela tangente a la superficie del disipador de calor. Los valores en m/s de la velocidad de flujo de aire refrigerante del ventilador se muestran en la Tabla 4.

**Tabla 4.** Datos Flujo de aire refrigerante del ventilador

Porcentaje y velocidad de flujo de aire	
100%	4.7 m/s
90%	3.9 m/s
80%	3.3 m/s
70%	2.8 m/s
60%	2.3 m/s
50%	1.7 m/s
40%	1.1 m/s
30%	0.5 m/s





**Fig. 34.** Diagrama de procesos – prueba experimental.

Los datos que se muestran en la Tabla 5 pertenecen al promedio de datos obtenidos en cada prueba realizada correspondientes a la temperatura ambiente. El material de impresión utilizado para todas las piezas de prueba fue PLA y el extrusor de estudio es refrigerado por aire tipo BCNozzle de 12 aletas circulares, Fig. 35.

**Tabla 5.** Temperatura ambiente – resultados experimentales

Temperatura ambiente (°C)			
Día	Porcentaje flujo de aire	T. exterior	T. interior
1	100%	25.89	29.56
	90%	27.89	30.15
2	80%	27.17	29.85
	70%	25.12	27.58
3	60%	27.91	28.73
	50%	30.5	31.13
4	40%	25.14	27.02
	30%	26.6	28.05



**Fig. 35.** Extrusor enfriado por aire tipo BCNozzle. [26]

Para la puesta en marcha de la plataforma de pruebas se conecta el cable de energía a una corriente de 120V, el cable de datos en el conector con la etiqueta MARLIN, esto permite la comunicación con el software Ultimaker Cura, el cable de datos en el conector con la etiqueta SENSORES para la comunicación con el software LabVIEW y visualización de los parámetros de impresión, se utilizó también una tarjeta SD, Fig. 36.



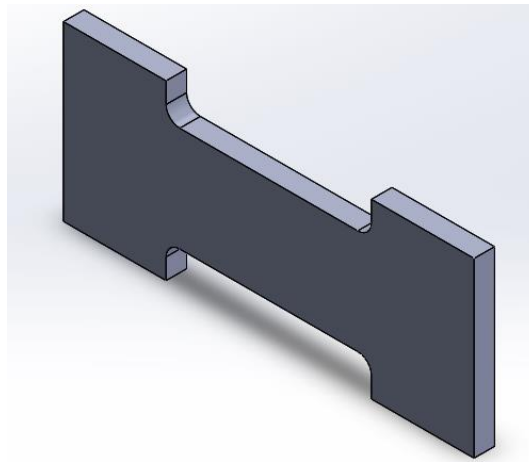
**Fig. 36.** Puerto Sensores y Marlin – Plataforma de pruebas.

En la pantalla HMI temperatura y flujo (Fig. 31) se puede observar el tipo de extrusor, las temperaturas a lo largo del cuerpo del disipador de calor, la temperatura exterior e interior de la plataforma de pruebas, la velocidad de flujo de aire refrigerante y su respectivo porcentaje. Además, previo al calentamiento del extrusor por parte de la impresión se procede a encender los flujos de aire al valor deseado para cada prueba realizada. Para la visualización de los parámetros en el software LabVIEW, primero se selecciona el puerto COM donde se encuentra conectado el cable de SENSORES.



**Fig. 37.** Puerto COM interfaz software LabVIEW.

Se diseñó una probeta para todas las pruebas realizadas con el objetivo de observar la calidad de la pieza impresa bajo diferentes velocidades de aire refrigerante proveniente del ventilador. En la Fig. 38 se muestra la probeta en 3D realizada en el software SolidWorks y el plano con sus dimensiones se pueden apreciar en el Anexo 1. Posteriormente, se guardó el archivo de la probeta en la tarjeta SD en formato .STL colocada en la plataforma de pruebas para comenzar con el proceso de impresión y adquisición de datos. En la pantalla de parámetros de impresión se selecciona el archivo (gcode) de la pieza a imprimir generado directamente por el programa Ultimaker Cura.



**Fig. 38.** Modelo 3D de la probeta – SolidWorks.

### **3.1.6. Muestreo de datos**

El tiempo total de impresión para cada prueba experimental realizada fue de 10 minutos debido a la geometría y dimensiones de la probeta, con un tiempo de muestreo de un dato por segundo, obteniendo un total de 600 datos en cada punto seleccionado del disipador de calor. Los datos completos de las temperaturas para cada velocidad de aire refrigerante se encuentran en el Anexo 5. Además, se utilizaron 2 gramos y 0.56 metros de longitud del filamento (PLA) por probeta impresa.

### **3.1.7. Tratamiento de datos**

Al tratarse de conjuntos de grandes cantidades de datos, es necesario reducir la información con un tratamiento de datos. Como las muestras representan los valores obtenidos durante el período de tiempo de impresión en condiciones constantes, cada conjunto de datos se ha resumido en un promedio y desviación estándar, para comprobar la fiabilidad de los datos obtenidos.

La desviación estándar de una muestra es la raíz cuadrada de la varianza de todos los valores que componen la muestra; donde la varianza (Eq. 1) es la distancia cuadrática media entre todos los valores de una muestra y el valor promedio [27].

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad \text{Eq. 1}$$

La desviación estándar proporciona la información necesaria para valorar la validez de las muestras, caso contrario se pondría en duda la estabilidad de la muestra. Al ser un valor cuadrático, su percepción puede ser confusa. Es por ello por lo que se utiliza la desviación estándar (Eq. 2), esto es, una adaptación de la varianza para tener las mismas unidades que la muestra [27].

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad \text{Eq. 2}$$

En la Tabla 6 y Tabla 7 se muestran los resultados de la temperatura promedio a los 0, 15, 22 y 30 mm de distancia en el disipador de calor para cada flujo de aire refrigerante, la temperatura exterior e interior de la plataforma de pruebas y la desviación estándar tras el tratamiento de los datos.

**Tabla 6.** Promedio datos de temperatura – resultados experimentales

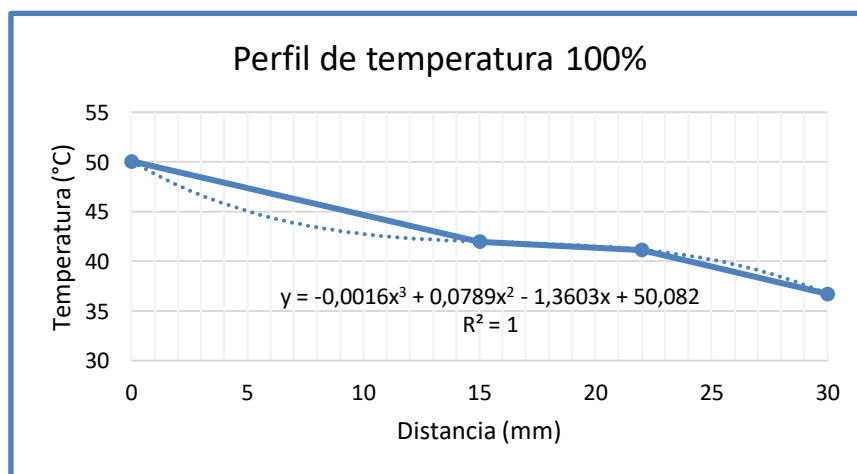
Temperatura promedio (°C)						
Flujo de aire	T1	T2	T3	T4	T. ext	T. int
100%	36.72	41.16	41.98	50.08	25.89	29.56
90%	37.99	42.38	43.49	51.67	27.89	30.15
80%	38.6	42.8	43.87	52.51	27.17	29.85
70%	39.67	43.76	44.78	53.52	25.12	27.58
60%	42.00	46.22	46.56	56.87	27.91	28.73
50%	45.82	50.05	50.95	60.6	30.5	31.13
40%	50.34	55.14	56.21	67.63	25.14	27.02
30%	58.44	63.3	64.87	76.35	26.6	28.05

**Tabla 7.** Desviación estándar datos de temperatura – resultados experimentales

Desviación estándar						
Flujo de aire	T1	T2	T3	T4	T. ext	T. int
100%	0.76	0.9	1.05	0.92	1.32	0.57
90%	0.65	0.74	0.74	0.81	1.34	0.43
80%	1.04	0.86	0.91	0.73	1.28	0.42
70%	0.5	0.56	0.57	0.51	1.35	0.64
60%	0.48	0.72	0.92	0.84	1.35	0.71
50%	0.8	0.74	0.74	0.83	1.51	0.44
40%	0.49	0.56	0.48	0.81	1.12	0.34
30%	2.3	2.48	2.41	3.37	1.31	0.33

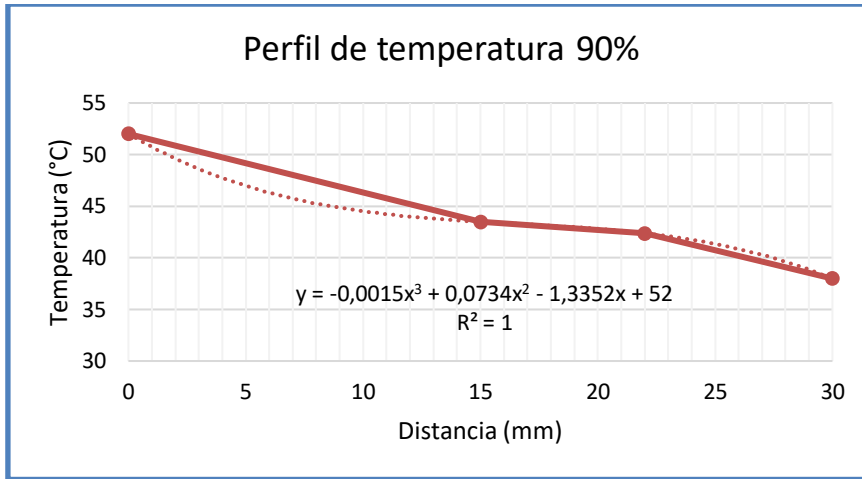
### 3.1.8. Gráfica Temperatura – Distancia (Configuración experimental)

Al obtener los datos de las temperaturas a lo largo del cuerpo del disipador de calor para cada velocidad de enfriamiento se consigue la gráfica temperatura – distancia, donde T1, T2, T3 y T4 corresponden a 30, 22, 15 y 0 mm respectivamente, posiciones donde se encuentran colocados los termistores NTC 100k 3950 en el disipador de calor. A continuación, se muestran los perfiles de temperatura para el 100%, 90%, 80%, 70%, 60%, 50%, 40% y 30% de velocidad de enfriamiento del ventilador.

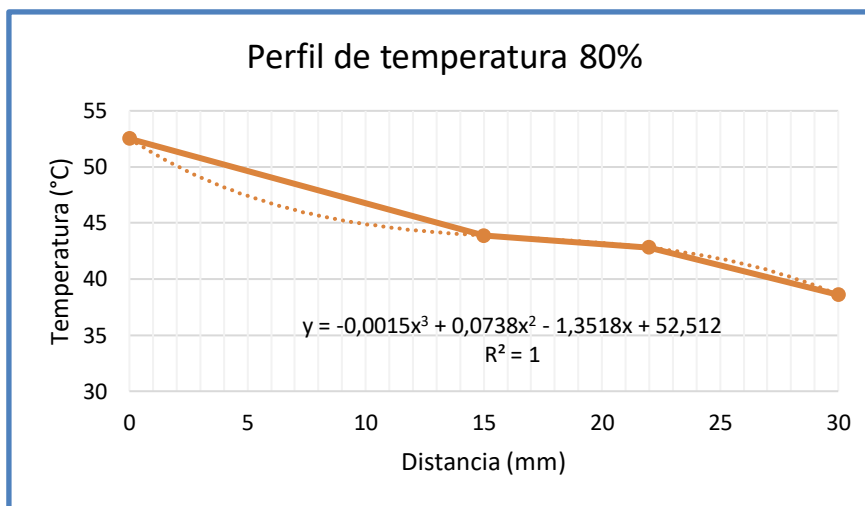


**Fig. 39.** Perfil térmico 100% de velocidad de enfriamiento – resultados experimentales.

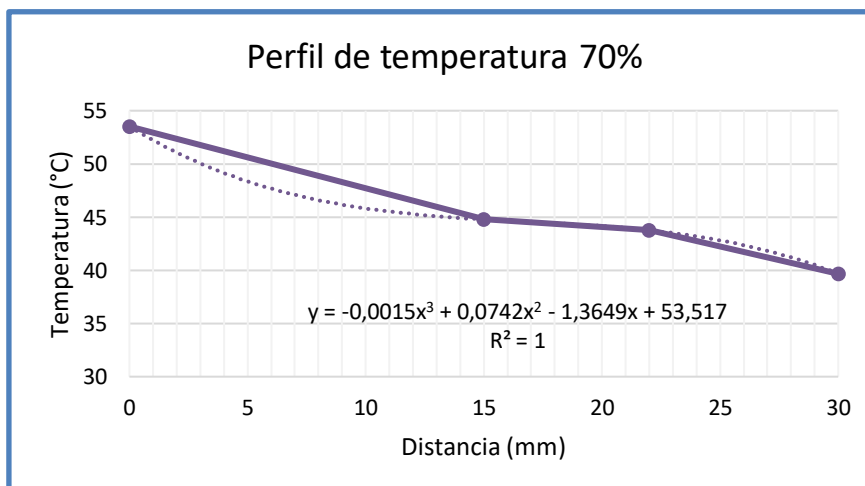




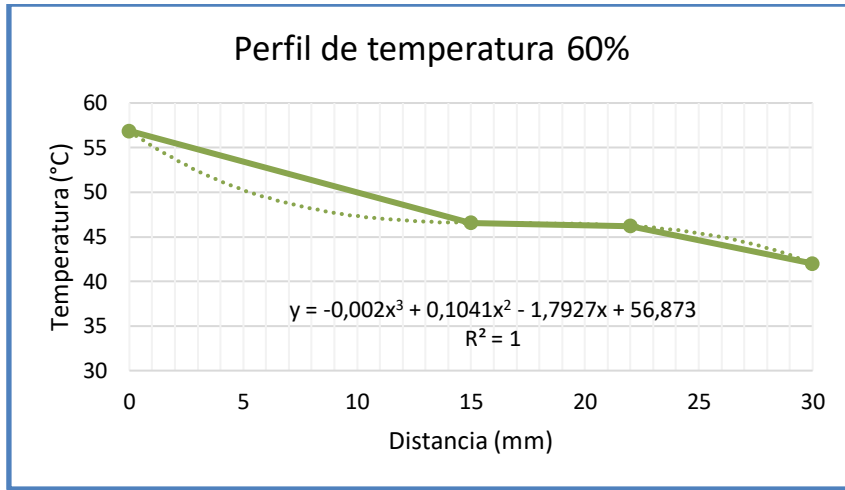
**Fig. 40.** Perfil térmico 90% de velocidade de enfriamiento – resultados experimentales.



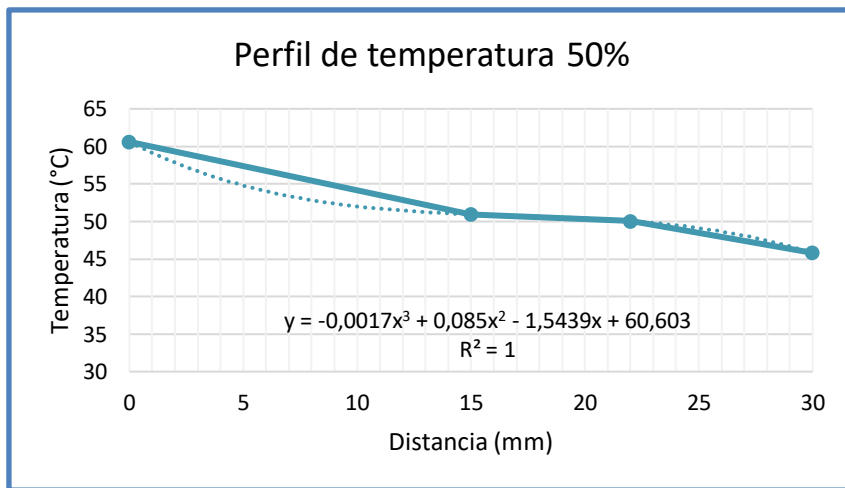
**Fig. 41.** Perfil térmico 80% de velocidad de enfriamiento – resultados experimentales.



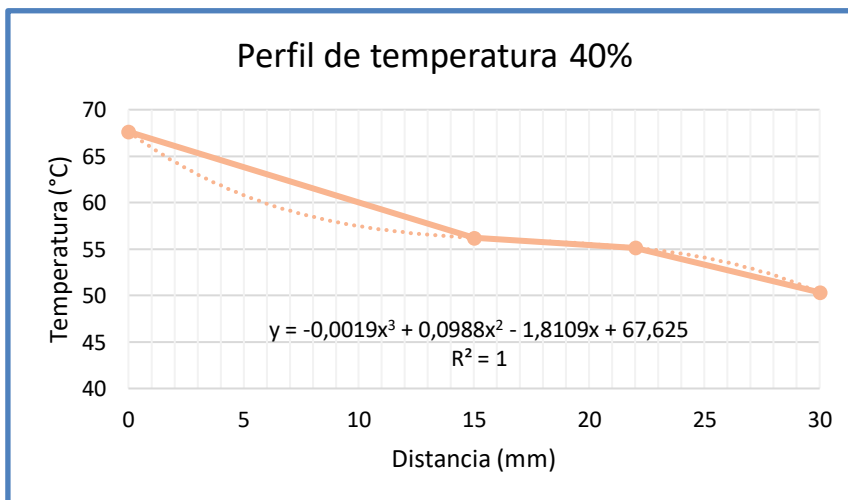
**Fig. 42.** Perfil térmico 70% de velocidad de enfriamiento – resultados experimentales.



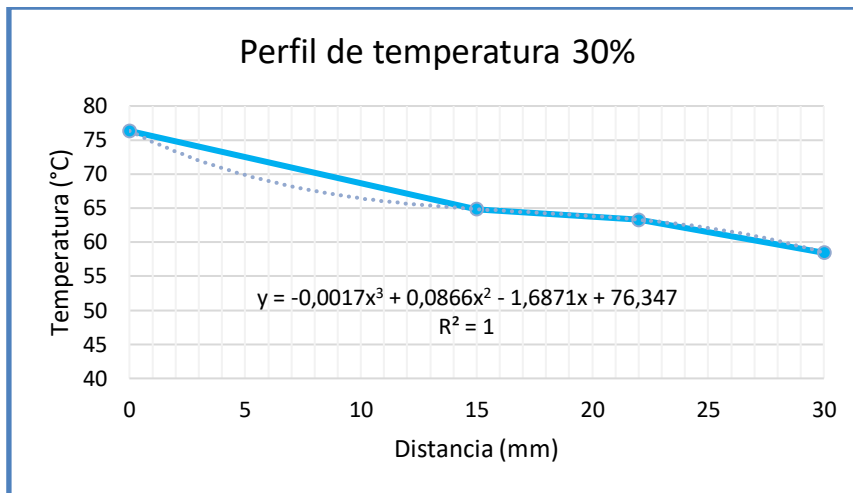
**Fig. 43.** Perfil térmico 60% de velocidad de enfriamiento – resultados experimentales.



**Fig. 44.** Perfil térmico 50% de velocidad de enfriamiento – resultados experimentales.



**Fig. 45.** Perfil térmico 40% de velocidad de enfriamiento – resultados experimentales.



**Fig. 46.** Perfil térmico 30% de velocidad de enfriamiento – resultados experimentales.

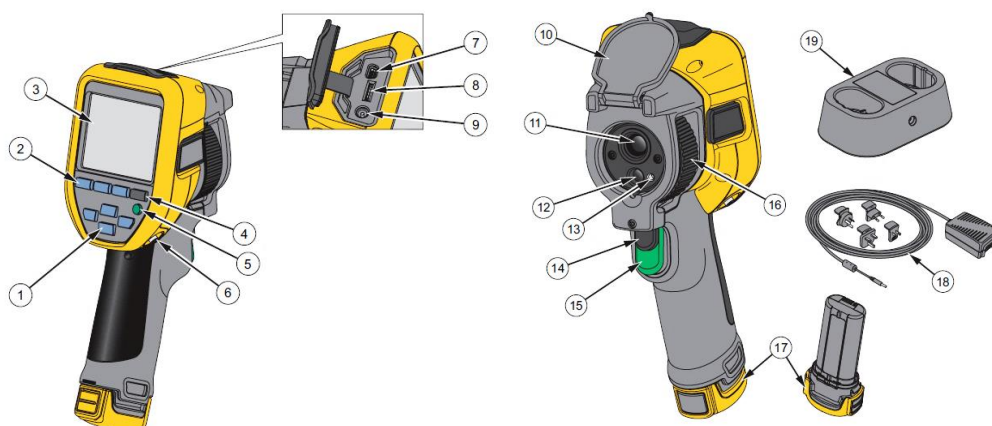
Los perfiles de temperatura corresponden a los valores promedio del conjunto de muestras obtenidas después del tratamiento de datos, para hacer una valoración realista hay que tener en cuenta las desviaciones estándar de cada punto.

### 3.1.9. Calibración de la cámara térmica / imágenes térmicas

Se ha decidido estudiar las temperaturas de cuatro puntos específicos a lo largo del disipador de calor para poder aproximar un perfil de temperatura. Estos valores pueden compararse con los datos obtenidos mediante simulación computacional. Aun así, para poder contrastar visualmente los resultados de ambos métodos de estudio (prueba experimental y simulación computacional), se ha logrado obtener fotografías térmicas con la cámara termográfica Fluke TiS40 durante el proceso de impresión.

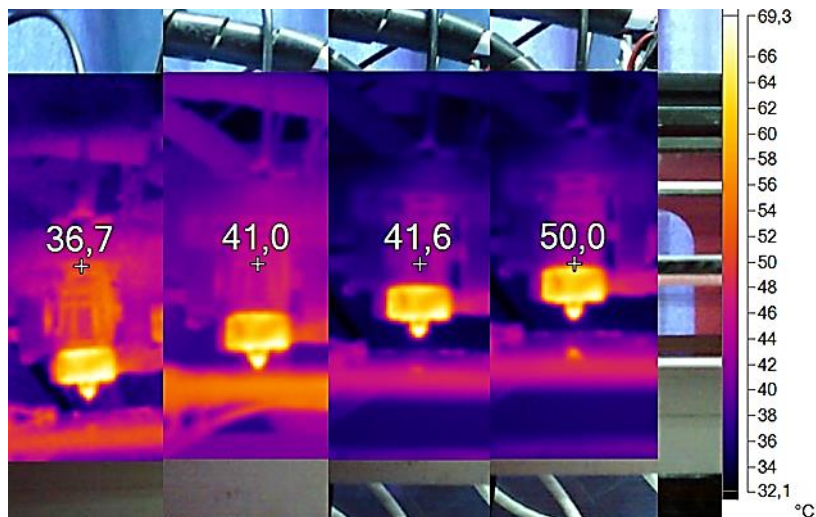
La cámara termográfica Fluke TiS40 cuenta con una característica de calibración bajo petición que activa dicha calibración. Esta característica proporciona la máxima precisión evitando realizar una captura sensible a la temporización debido a una nueva calibración automática. Además, permite visualizar las diferentes temperaturas de los objetos fotografiados con diferentes paletas de color y extraer la temperatura de cualquier punto de la imagen simplemente apuntando con la cámara termográfica al objeto, pulsando el disparador primario y soltándolo, así se captura y congela la imagen. Las configuraciones de operación y funcionamiento se detallan en este manual [22]. Algunas funciones y controles principales para la manipulación de la cámara termográfica se muestran en la Tabla 8.

**Tabla 8.** Funciones y controles cámara térmica

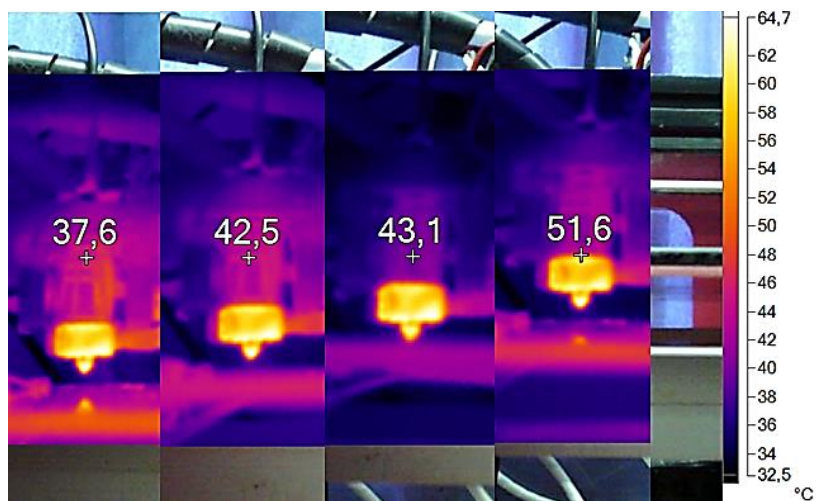


Elemento	Descripción
1	Botones de flecha
2	Botones de función (F1, F2 y F3)
3	Pantalla
4	Botón de consulta de memoria
5	Encendido/Apagado
6	Enganche de la correa
7	Conexión por cable USB
8	Ranura para tarjetas de memoria microSD extraíbles
9	Conexión de adaptador de CA/alimentación externa
10	Cubierta retráctil para el lente
11	Lente de cámara de infrarrojos
12	Lente de cámara de luz visual
13	Puntero láser (Modelo TiS40)
14	Disparador secundario
15	Disparador primario
16	Control de enfoque manual (Modelo TiS40)
17	Batería inteligente de ión-litio
18	Alimentación de CA con adaptadores de la red principal
19	Base de carga de baterías con 2 bahías

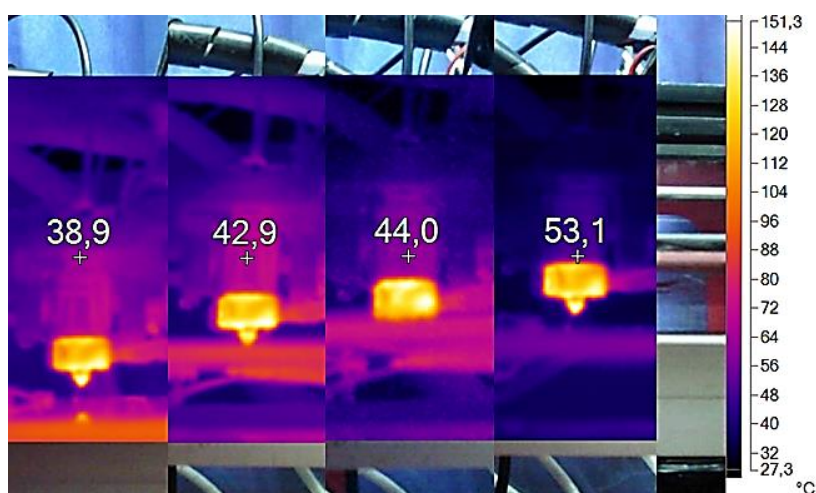
A continuación, se presentan las imágenes térmicas obtenidas durante el proceso de impresión en los cuatro puntos seleccionados del disipador de calor.



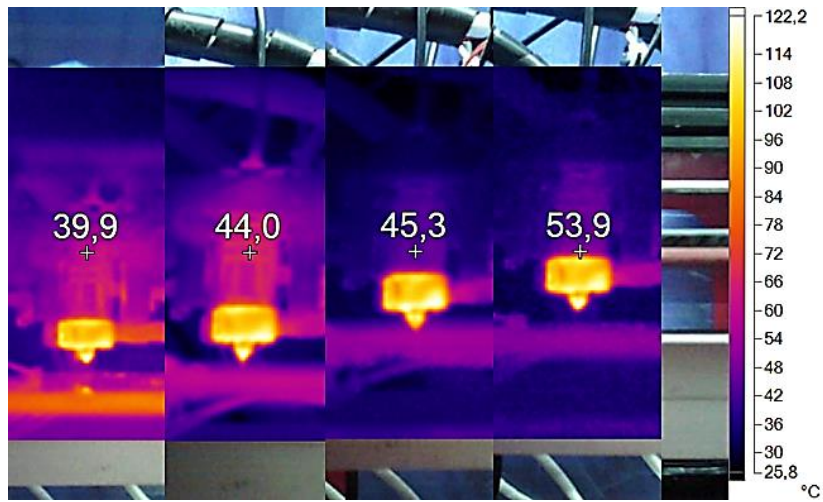
**Fig. 47.** Temperatura a los 30, 22, 15, 0 mm de distancia – 100% velocidad del aire.



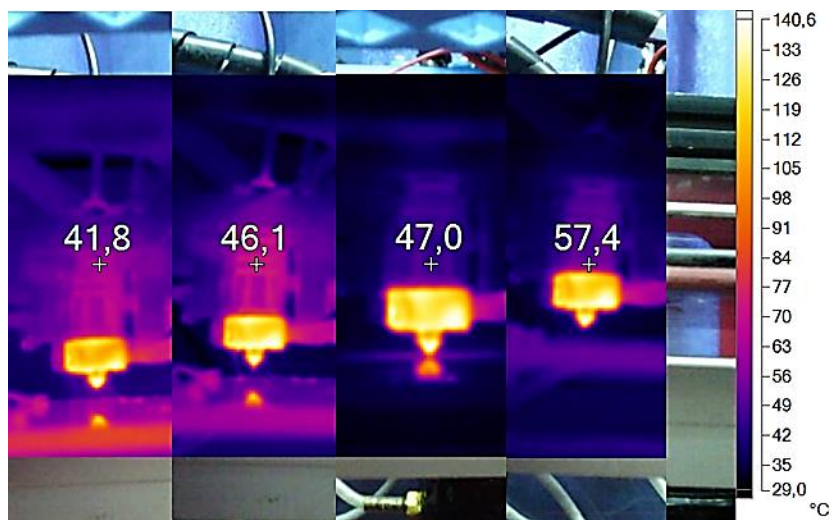
**Fig. 48.** Temperatura a los 30, 22, 15, 0 mm de distancia – 90% velocidad del aire.



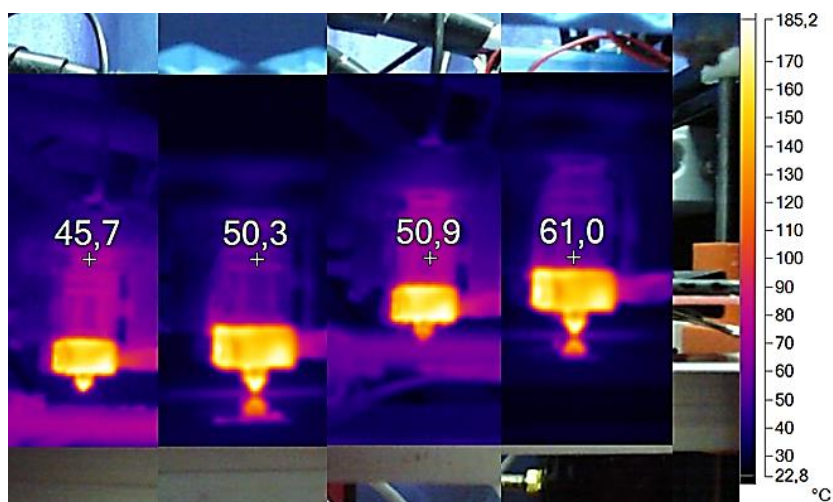
**Fig. 49.** Temperatura a los 30, 22, 15, 0 mm de distancia – 80% velocidad del aire.



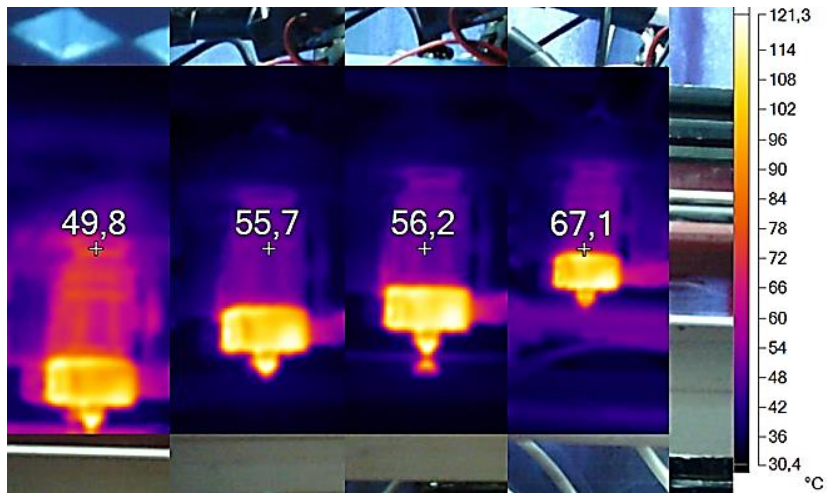
**Fig. 50.** Temperatura a los 30, 22, 15, 0 mm de distancia – 70% velocidad del aire.



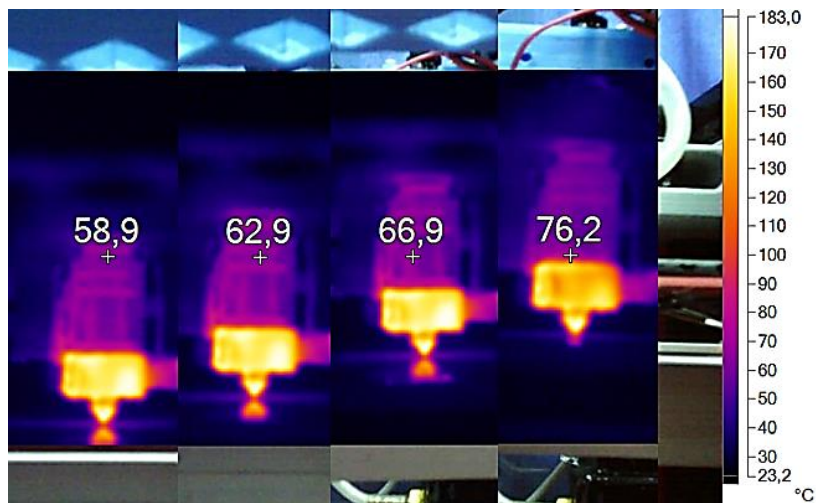
**Fig. 51.** Temperatura a los 30, 22, 15, 0 mm de distancia – 60% velocidad del aire.



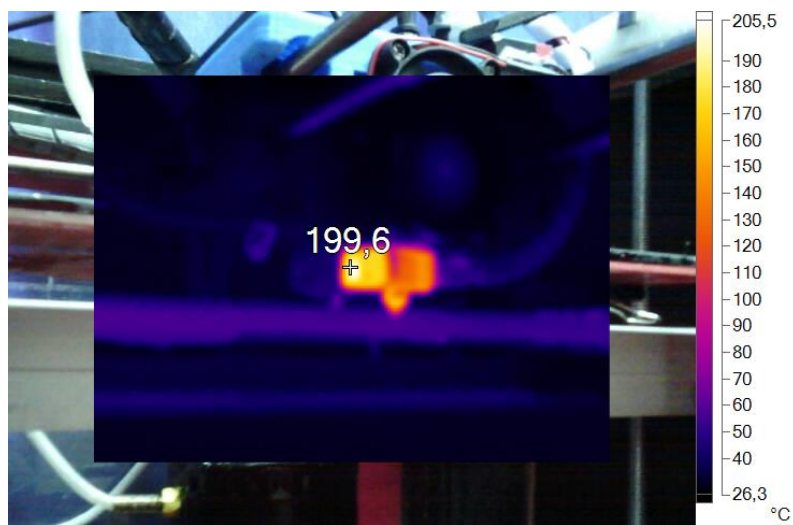
**Fig. 52.** Temperatura a los 30, 22, 15, 0 mm de distancia – 50% velocidad del aire.



**Fig. 53.** Temperatura a los 30, 22, 15, 0 mm de distancia – 40% velocidad del aire.



**Fig. 54.** Temperatura a los 30, 22, 15, 0 mm de distancia – 30% velocidad del aire.



**Fig. 55.** Temperatura bloque térmico – cámara termográfica.

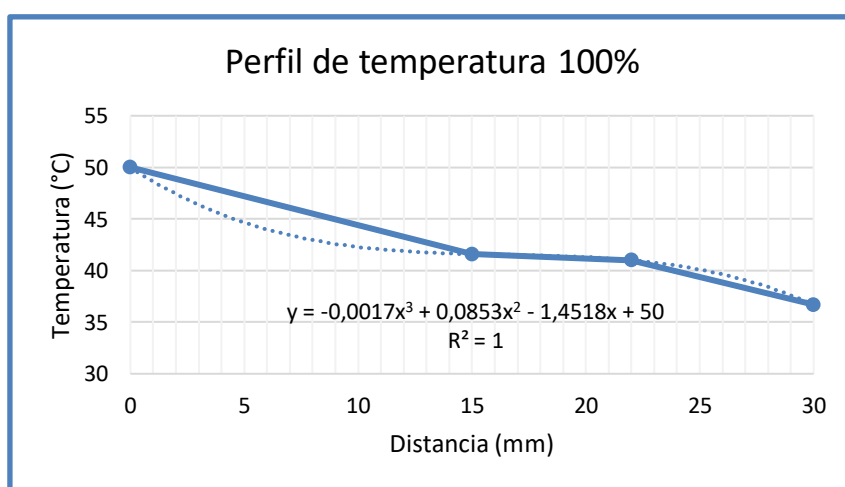
### 3.1.10. Gráfica Temperatura – Distancia (Cámara termográfica)

Los valores mostrados en la Tabla 9 corresponden a los resultados obtenidos mediante el uso de la cámara termográfica durante el proceso de impresión en la plataforma de pruebas.

**Tabla 9.** Datos de temperatura – resultados cámara termográfica

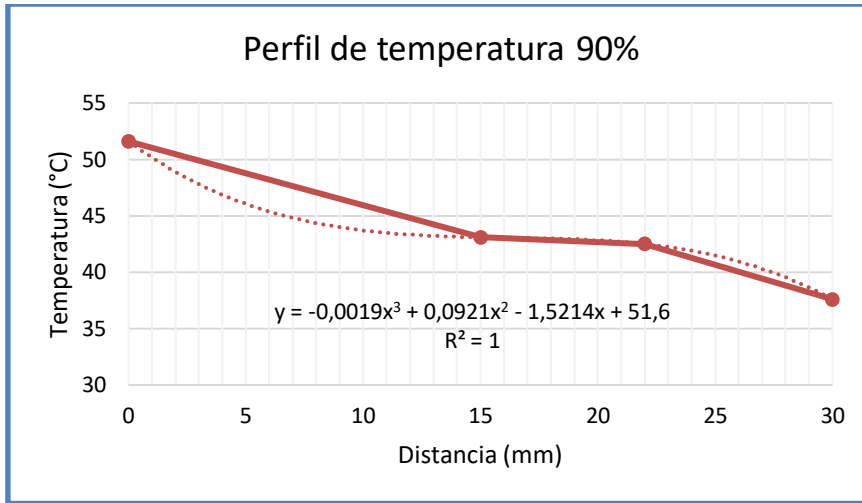
Temperatura (°C)				
Flujo de aire	T1	T2	T3	T4
100%	36.7	41	41.6	50
90%	37.6	42.5	43.1	51.6
80%	38.9	42.9	44	53.1
70%	39.9	44	45.3	53.9
60%	41.8	46.1	47	57.4
50%	45.7	50.3	50.9	61
40%	49.8	55.7	56.2	67.1
30%	58.9	62.9	66.9	76.2

A continuación, se muestran los perfiles de temperatura para el 100%, 90%, 80%, 70%, 60%, 50%, 40% y 30% de velocidad de enfriamiento.

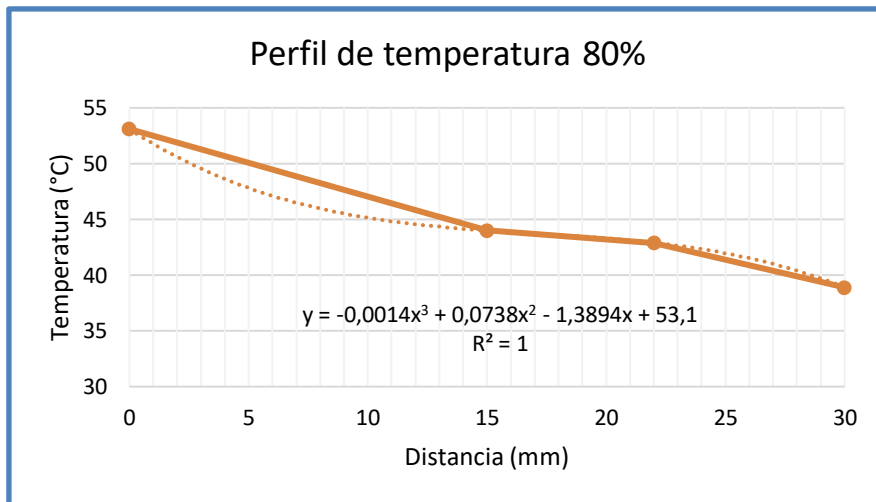


**Fig. 56.** Perfil térmico 100% de velocidad de enfriamiento – cámara termográfica.

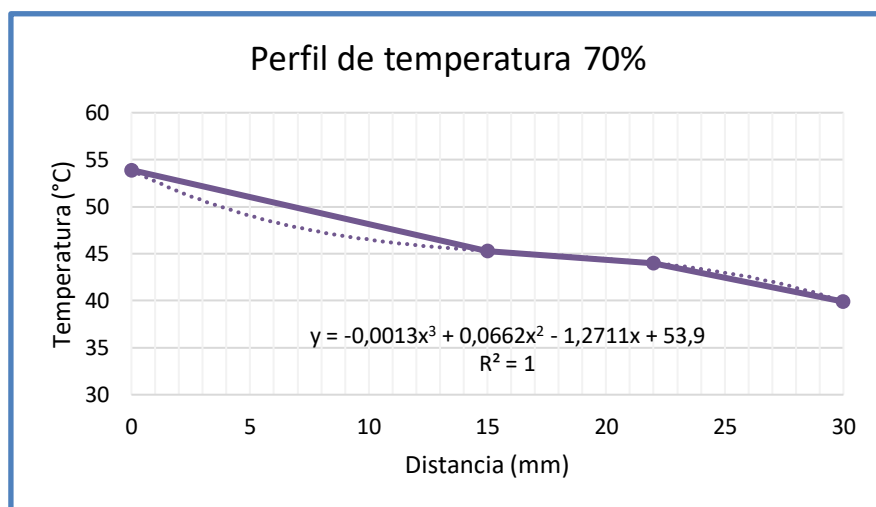




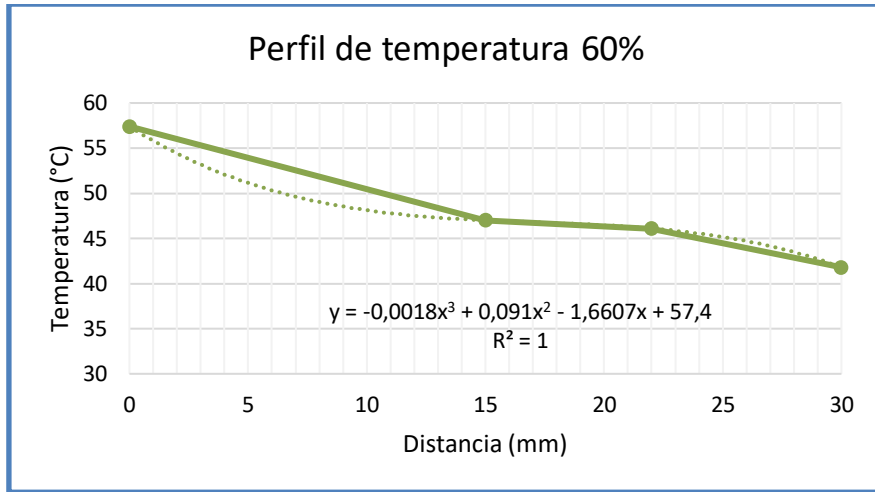
**Fig. 57.** Perfil térmico 90% de velocidade de enfriamiento – cámara termográfica.



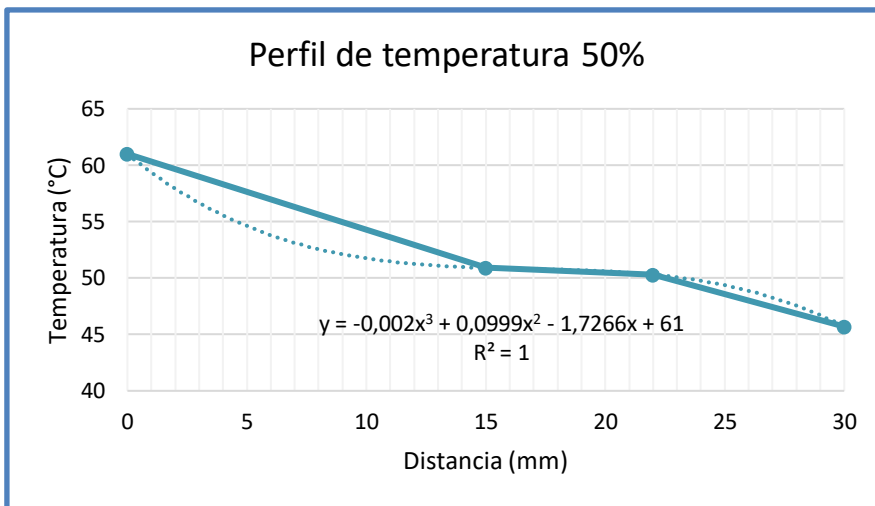
**Fig. 58.** Perfil térmico 80% de velocidad de enfriamiento – cámara termográfica.



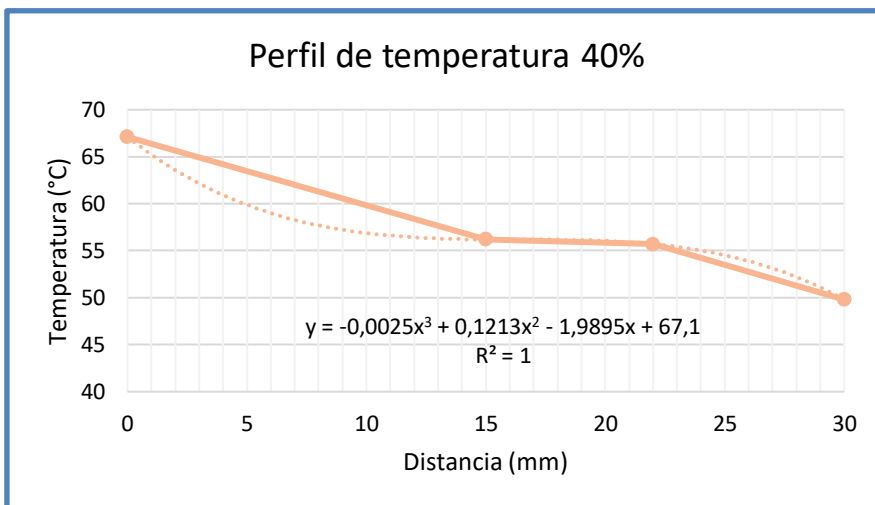
**Fig. 59.** Perfil térmico 70% de velocidad de enfriamiento – cámara termográfica.



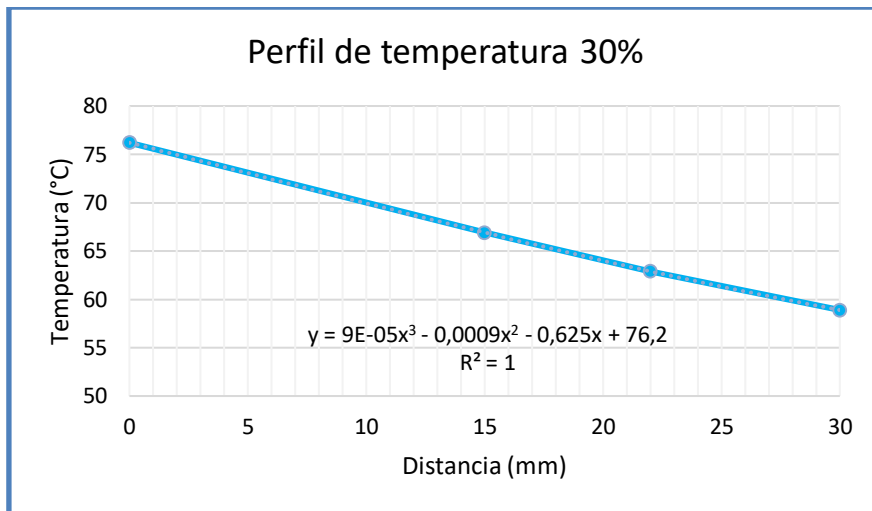
**Fig. 60.** Perfil térmico 60% de velocidad de enfriamiento – cámara termográfica.



**Fig. 61.** Perfil térmico 50% de velocidad de enfriamiento – cámara termográfica.



**Fig. 62.** Perfil térmico 40% de velocidad de enfriamiento – cámara termográfica.



**Fig. 63.** Perfil térmico 30% de velocidad de enfriamiento – cámara termográfica.

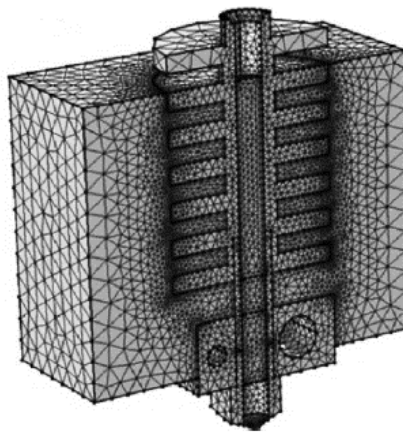
### 3.2. Desarrollo del Modelo de Elementos Finitos

El comportamiento térmico de un proceso de fabricación de filamentos fusionados (FFF) es el resultado de la combinación de dos mecanismos de transferencia de calor. En primer lugar, el extrusor se calienta por conducción mediante una resistencia de 41 W/mK integrada en el bloque térmico o bloque calefactor denominado HotEnd el cual se encuentra a 200 °C, hasta la temperatura de fundición del material que va a ser extruido, luego la disipación de calor es provocada por convección forzada por medio del flujo de aire refrigerante de un ventilador acoplado al extrusor, evitando que el filamento se funda fuera del bloque térmico [4].

Para este estudio se desarrolló un FEM (Modelo de Elementos Finitos) para analizar el rendimiento térmico del extrusor durante el proceso de extrusión, dependiendo de la velocidad del aire inducida por el ventilador de refrigeración. La variable de análisis es la temperatura en los cuatro puntos seleccionados del cuerpo del disipador de calor. El software elegido para realizar el análisis de elementos finitos (FEA) es CAD SolidWorks, así como los modelos tridimensionales de las partes del extrusor. El software fue elegido teniendo en cuenta que la Universidad Técnica del Norte cuenta con las licencias necesarias para su uso y que éste permite la integración CAD – CAE en una misma plataforma, lo que quiere decir que la herramienta permite modelar la geometría del objeto y posteriormente cargar e idealizar el modelo para analizar su comportamiento. En las siguientes líneas se describe la geometría del modelo, el estudio de convergencia de la malla, las condiciones iniciales y de borde.

### 3.2.1. Parámetros de estudio

Para la realización de estos estudios se ha seleccionado un espacio en tres dimensiones (3D) en SolidWorks. En el artículo de Jerez – Mesa [4] se simplifica el estudio incluyendo un modelo partido por un plano de simetría a lo largo del eje del dissipador de calor perpendicular al plano de entrada del flujo de aire refrigerante. De esta manera se consigue reducir la complejidad del análisis al tratar un caso perfectamente simétrico (Fig. 64). En las simulaciones realizadas se ha descartado este tipo de simplificación al no ser necesario porque en conjunto el extrusor no presenta una geometría simétrica, por lo que es necesario simularlo en su totalidad para obtener resultados reales.

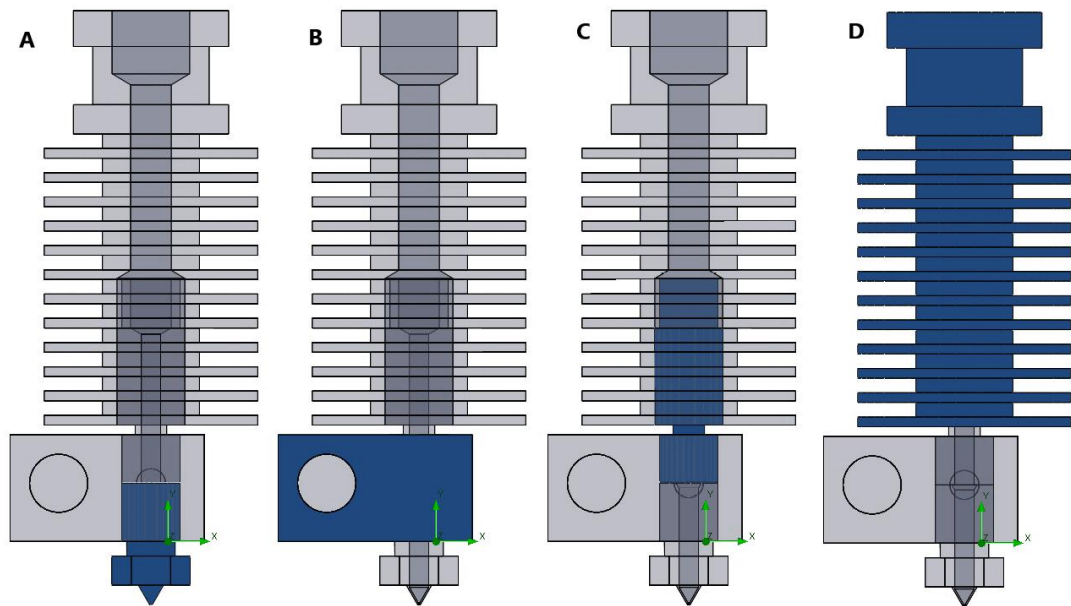


**Fig. 64.** Mallado del modelo (Jerez – Mesa). [4]

La física para estudiar en este análisis es la de un fluido en movimiento y la transferencia de calor en sólidos. Considerado un estudio estacionario, ya que lo que interesa saber es el efecto de un flujo de aire refrigerante constante en el dissipador de calor, siendo la fuente de calor idealmente también constante durante el proceso de impresión 3D.

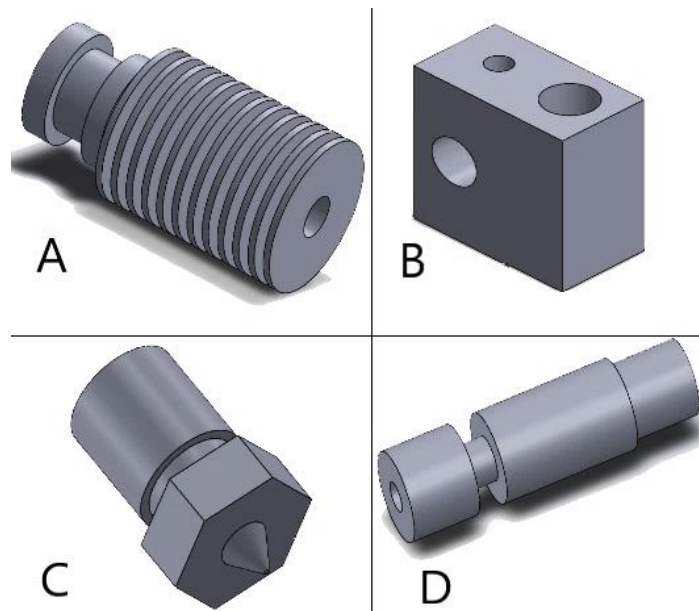
### 3.2.2. Geometría y dominios FEM

La geometría de todo el sistema está compuesta por ocho dominios diferentes, es decir unidades geométricas simples con características diferentes. Estos dominios son las cuatro partes del extrusor (Fig. 65), el aire circundante, el canal por el que circula el aire del ventilador y dos perforaciones de aire diferentes correspondientes a los orificios dentro del bloque térmico donde se encuentra el termistor y la resistencia.



**Fig. 65.** Boquilla (A), bloque térmico (B), barrera de calor (C), disipador de calor (D).

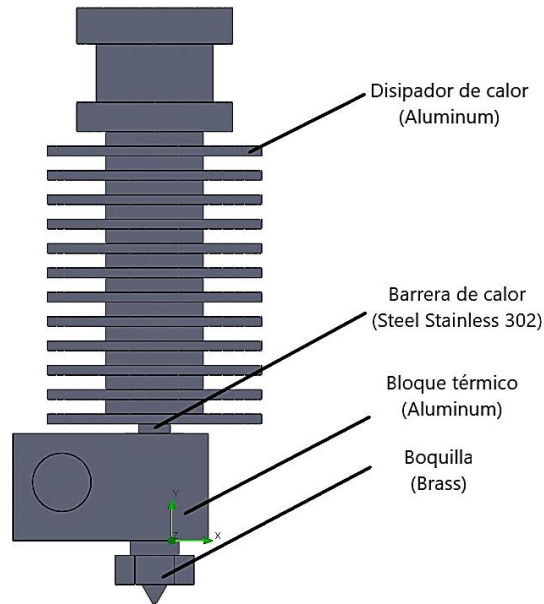
Los límites de todo el sistema del aire circundante se modelaron como una caja alrededor del extrusor (volumen de control). Las cuatro partes del extrusor, que son un solo dominio cada una, se definieron en un modelo CAD de SolidWorks. En la Fig. 66 se puede observar los modelos 3D de las cuatro partes que componen al extrusor y las dimensiones con sus planos se encuentran en el Anexo 2



**Fig. 66.** Disipador de calor (A), bloque térmico (B), boquilla (C), barrera de calor (D) – modelos 3D SolidWorks.

### 3.2.3. Definición de los materiales

Se asignó un material de la biblioteca de SolidWorks a cada una de las partes del extrusor, en la Fig. 67 se puede observar el tipo de material asignado.



**Fig. 67.** Materiales utilizados en el extrusor – Modelo 3D SolidWorks.

Para el dominio del aire se utilizó el material de la biblioteca de SolidWorks. Las tablas y curvas de las propiedades del material para los datos de la capacidad calorífica, resistividad y conductividad térmica se encuentran en el Anexo 4.

**Tabla 10.** Propiedades de los materiales del extrusor

Propiedades de los materiales del extrusor				
Material	Dominios	Capacidad calorífica $C_p$ [J/(kg*K)]	Densidad $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Conductividad térmica K [W/(m*K)]
Aluminio	Disipador de calor	902	2688.9	237
	Bloque térmico			
Acero Inoxidable 302	Barrera de calor	500	7900	16.3
Latón	Boquilla	385	8400	110

### 3.2.4. Ecuaciones constitutivas del modelo

Las propiedades para definir en los sólidos para este caso son: la densidad, la conductividad térmica y la capacidad calorífica a presión constante. Además de estas tres, para los fluidos también son necesarias la viscosidad dinámica y el coeficiente de dilatación adiabático. Estas propiedades son las necesarias para resolver el análisis como un caso particular a partir de las ecuaciones generales. Para este caso la ecuación que resuelve los dominios de sólidos solamente es la ecuación de la energía (Eq. 3) [4].

$$\rho C_p u \cdot \nabla T = \nabla \cdot (k \nabla T) + \dot{Q} \quad \text{Eq. 3}$$

Donde ( $\rho$ ) es la densidad del fluido y ( $u$ ) su velocidad, ( $C_p$ ) es la capacidad calorífica a presión constante del material, ( $k$ ) su conductividad térmica, ( $T$ ) la temperatura y ( $Q$ ) el flujo de calor. Para el fluido se utiliza, además de la ecuación de la energía (Eq. 4), las ecuaciones de continuidad (Eq. 5) y las de Navier – Stokes para fluidos Newtonianos (Eq. 6) [4].

$$\rho C_p u \cdot \nabla T = \nabla \cdot (k \nabla T) + \dot{Q} + \dot{Q}_{vh} + W_p \quad \text{Eq. 4}$$

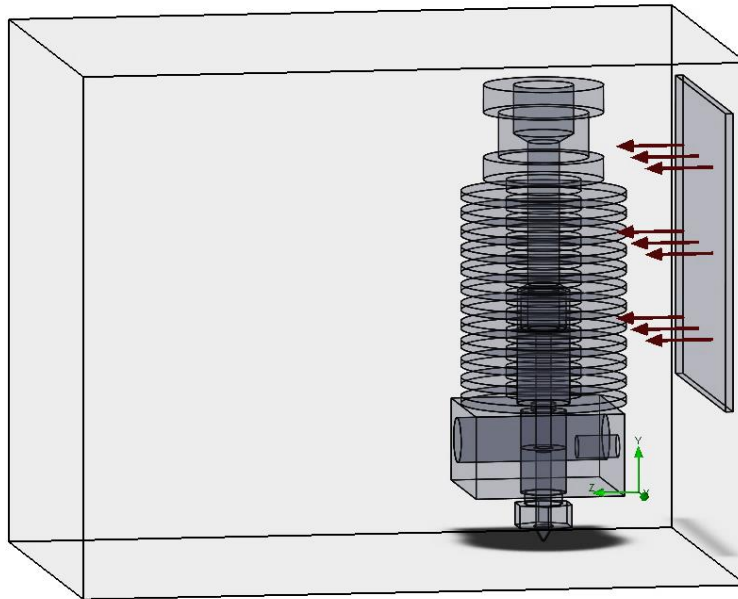
$$\nabla \cdot (\rho u) = 0 \quad \text{Eq. 5}$$

$$\rho(u \cdot \nabla u) = -\nabla p + \nabla \cdot \left( \mu(\nabla u + (\nabla u)^T) - \frac{2}{3} \mu(\nabla u)I \right) + F \quad \text{Eq. 6}$$

Donde ( $p$ ) es la presión del fluido, ( $\mu$ ) la viscosidad dinámica, ( $I$ ) es la matriz de identidad, ( $T$ ) es la temperatura y ( $F$ ) son las fuerzas externas aplicadas al fluido [4].

### 3.2.5. Definición del volumen de control del fluido

Aunque en la realidad el volumen de aire que envuelve el disipador de calor es infinito, en una simulación sería poco útil representar la capacidad volumétrica de una habitación o laboratorio donde estuviera trabajando la impresora 3D, ya que en este caso el flujo de aire refrigerante proveniente del ventilador sería insignificante consumiendo demasiado tiempo para la resolución [1]. Por ello, se ha determinado un espacio equivalente a un prisma rectangular alrededor del extrusor. Para la entrada del flujo de aire se ha utilizado una de las caras de un prisma rectangular de 40x40x10 mm simulando al ventilador con sus dimensiones, como se puede observar en la Fig. 68.



**Fig. 68.** Volumen de control del fluido.

El volumen de control utilizado en todas las simulaciones se delimitó en el plano inferior del espacio que ocupa el fluido con un rectángulo de 60 x 90 mm (distancia total que recorre el flujo de aire refrigerante) y una extrusión de 70 mm, Fig. 68.

### 3.2.6. Condiciones del modelo de estudio

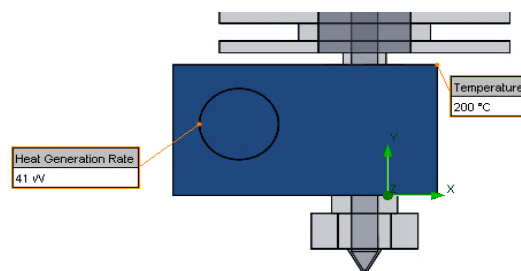
Se toma la hipótesis de no deslizamiento del aire sobre las paredes del sólido, es decir, la velocidad del aire en contacto con el extrusor es nula. Por último, se considera que el modelo está aislado térmicamente, y que el flujo de aire entrante lo hace a una temperatura de 29 °C (valor promedio de las temperaturas registradas en el interior de la plataforma de pruebas) y el bloque térmico a una temperatura de 200 °C.

**Tabla 11.** Condiciones de borde – simulación computacional

Condiciones de borde	
Presión atmosférica	78600 Pa
Temperatura ambiente	29 °C
Temperatura del bloque térmico	200 °C
Potencia de la resistencia	41W/mK
Humedad relativa	60%

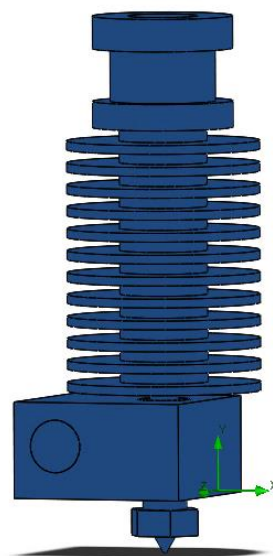


- El Fluido define el dominio por donde fluirá el aire de estudio. Se ajusta automáticamente al dominio que tenga por material un líquido o gas y utiliza las propiedades definidas [1].
- El flujo de energía conductiva es la única fuente de calor para el sistema, representada por la conducción de calor originada en el orificio de la resistencia que se encuentra en el bloque térmico. Se ha definido un flujo de calor constante a través del cilindro representado para modelar este flujo de entrada, Fig. 69 [1].



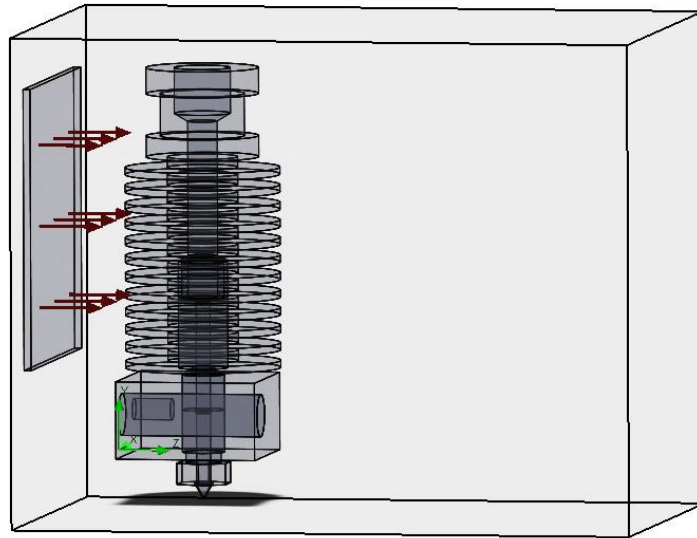
**Fig. 69.** Temperatura bloque térmico y potencia resistencia – modelo 3D.

- La transferencia de calor en sólidos comprende todos los dominios con materiales sólidos definidos. Esta definición se va ajustando automáticamente a los materiales determinados y a medida que se van definiendo el resto de las condiciones, Fig. 70 [1].



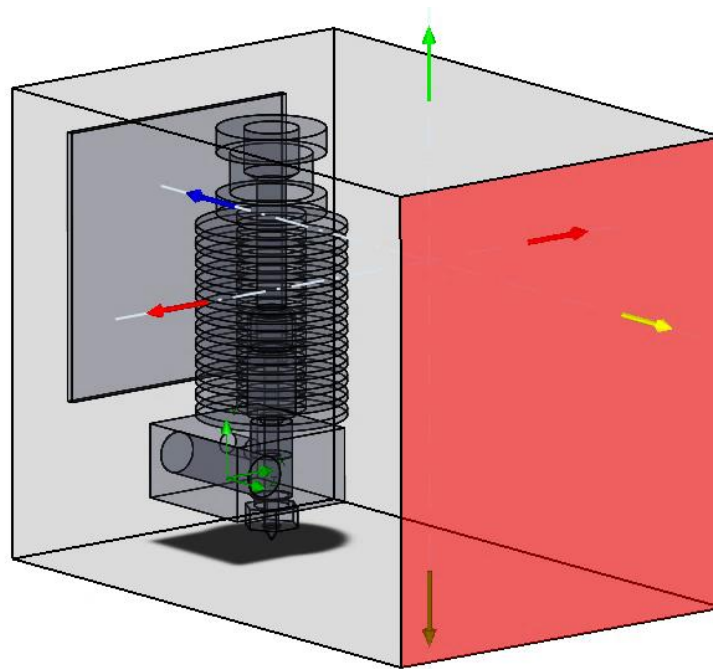
**Fig. 70.** Transferencia de calor en sólidos – modelo 3D.

- Entrada indica la superficie de entrada del fluido. Para simular la entrada de aire del ventilador, la dirección que sigue el fluido es a lo largo del eje z, Fig. 71 [1].



**Fig. 71.** Entrada - SolidWorks.

- Salida indica la superficie de salida del fluido proveniente del ventilador que entra en el volumen de control, Fig. 72 [1].

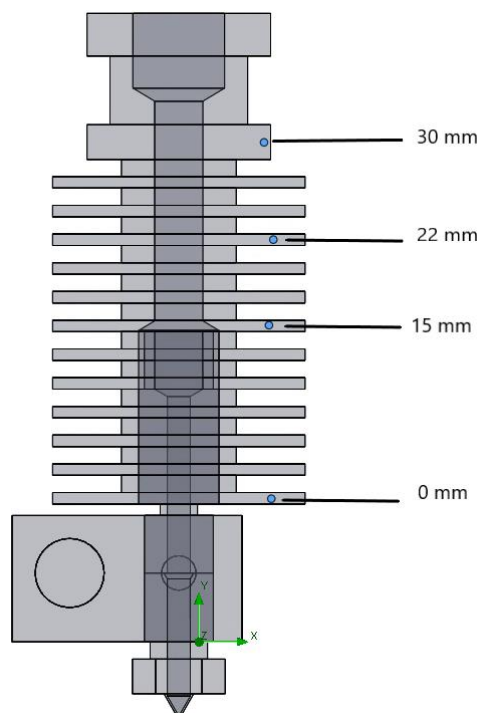


**Fig. 72.** Salida - SolidWorks.

- Pared determina los límites del fluido, excluyendo su entrada y salida. Considerando que la velocidad del fluido en las superficies “pared” y en las paredes del disipador de calor es nula;  $u=0$ , debido a que se consideró la condición antideslizante en el análisis [1].

### 3.2.7. Mallado del modelo

El proceso de mallado de los modelos es uno de los puntos más críticos de una simulación computacional después de una buena definición de las condiciones de contorno e iniciales. Cuanto más fina es una malla mejores resultados se obtendrán, por tanto más cercanos a la realidad, aunque nunca llegarán a ser perfectos. Sin embargo, también conlleva un incremento en la dificultad de cálculo y tiempo de simulación. Es por ello, que es importante definir una malla que permita la realización de los cálculos en un tiempo razonable pero con resultados válidos [24].



**Fig. 73.** Posiciones de los termistores en el disipador de calor – SolidWorks.

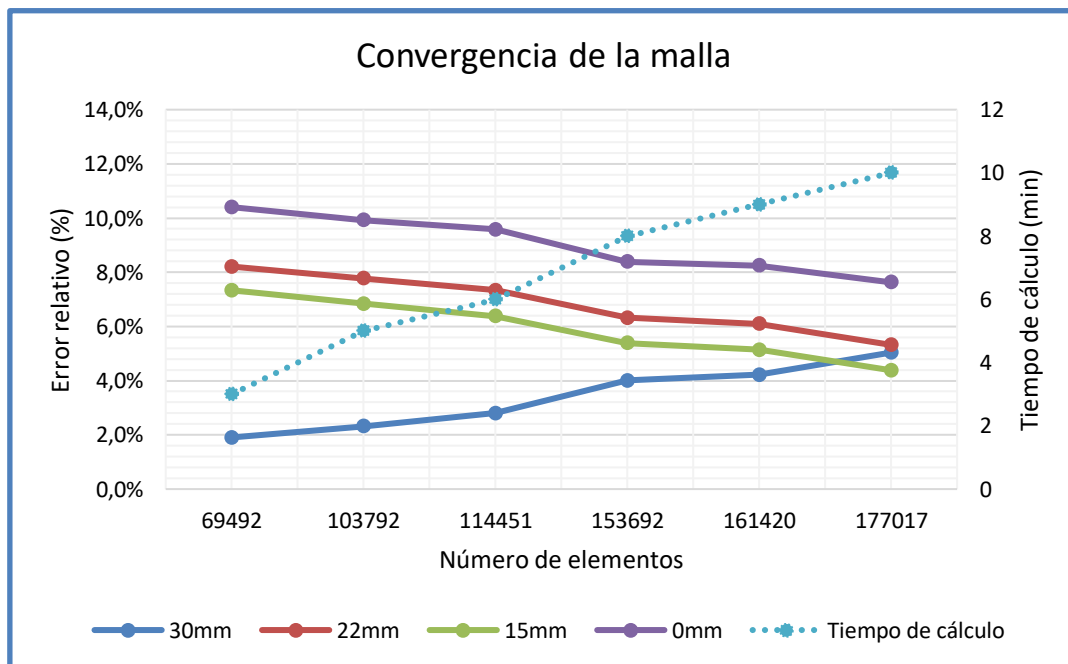
Para determinar el tamaño de malla a utilizar se ha realizado un estudio de convergencia considerando válido un error relativo menor al 10%. Los valores de referencia utilizados para este estudio han sido las posiciones: 0, 15, 22 y 30 mm en el disipador de calor (Fig. 73). El estudio de convergencia de la malla se lo realizó en el disipador de calor de 12 aletas circulares con 4.7 m/s de velocidad de enfriamiento.

Para realizar el gráfico de convergencia de la malla se ha ejecutado el cálculo para diferentes tamaños de malla en SolidWorks. Los tamaños definidos de la malla son: extra gruesa (1), más gruesa (2), gruesa (3), normal (4), fina (5) y más fina (6).

**Tabla 12.** Características tipo de malla – simulación computacional

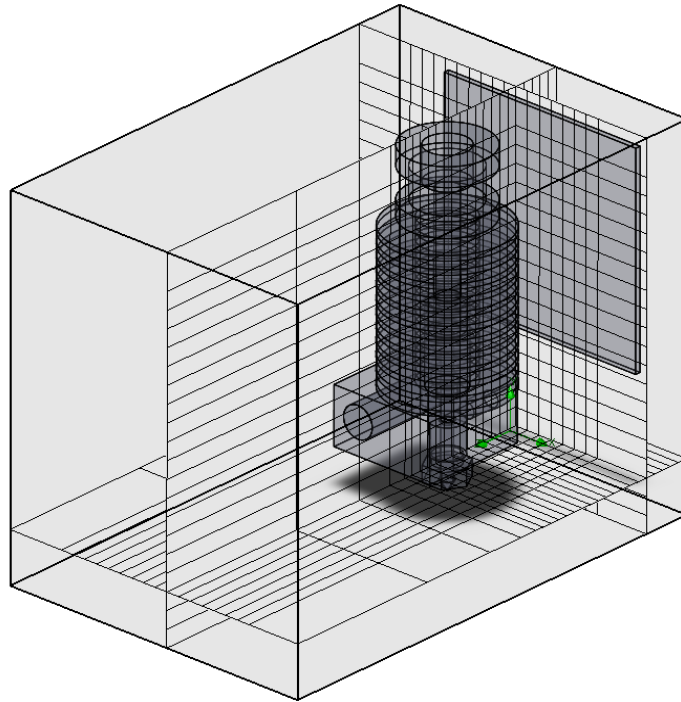
Características tipo de malla			
Número de malla	Total celdas	Fluido celdas	Sólido celdas
1	69492	41148	28344
2	103792	59096	44696
3	114451	69272	45179
4	153692	89692	64000
5	161420	94076	67344
6	177017	101658	75359

El número de celdas para cada tipo de malla se muestra en la Tabla 12 y la representación gráfica del estudio de convergencia del mallado se presenta en la Fig. 74.



**Fig. 74.** Representación gráfica del estudio de convergencia de la malla.

Como se puede observar en la Fig. 74, los parámetros de la malla más fina son los que presentan un error relativo inferior al 8% para todos los puntos de estudio. Además, el tiempo de análisis es de aproximadamente 10 minutos, por lo que estos parámetros de mallado han sido los utilizados en todas las simulaciones.



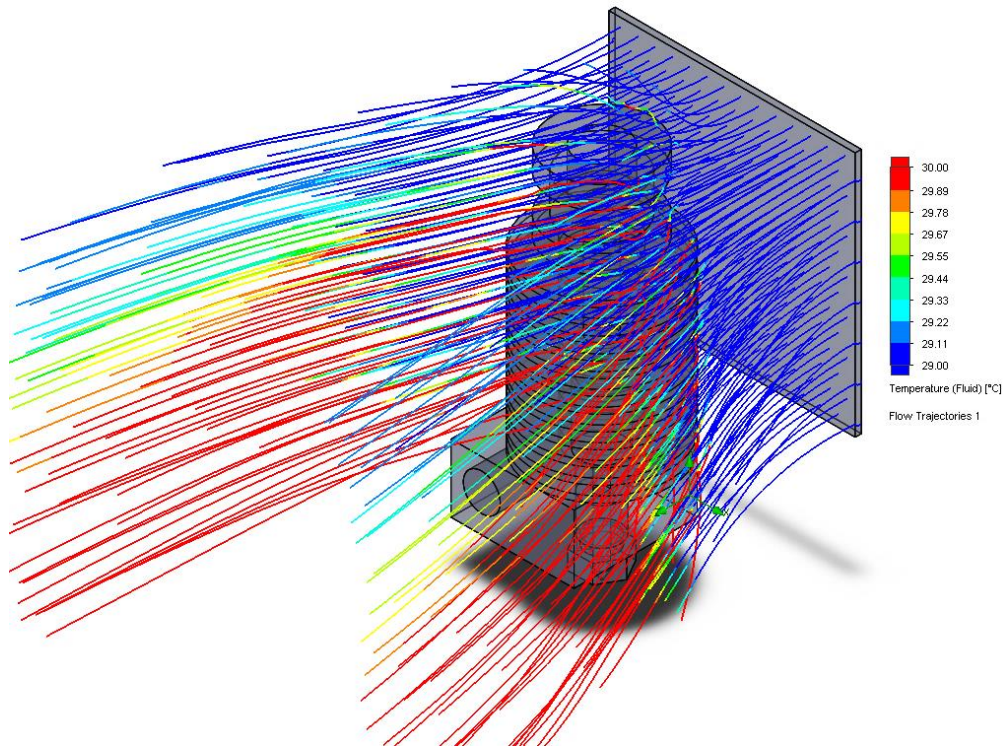
**Fig. 75.** Malla más fina – Modelo 3D SolidWorks.

### **3.2.8. Simulación de modelos**

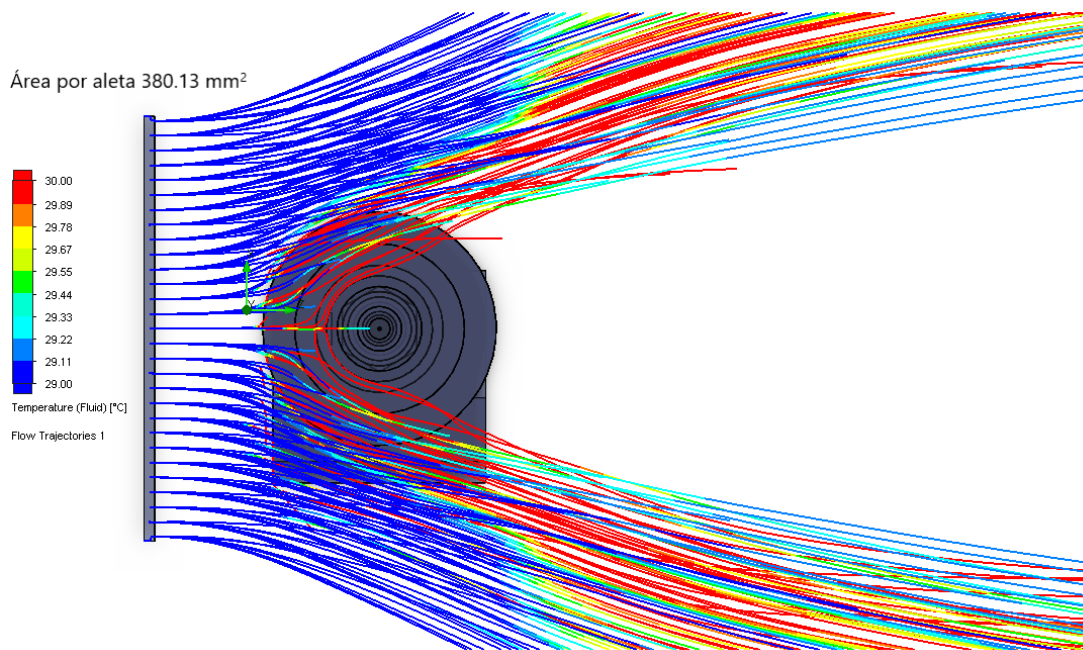
El FEM definido se ejecutó para diferentes casos, variando la velocidad del aire generado por el ventilador, desde 0.5 m/s hasta 4.7 m/s, y obteniendo una colección de gráficos continuos que muestran los perfiles de temperatura respectivos para cada uno de ellos. La simulación requirió un total de 10 minutos de procesamiento de la CPU en un procesador Intel(R) Core (TM) i5-8300H CPU M560 @ 2.3 GHz con 4 GB de RAM, en un sistema operativo Windows 10 con 64 bits y 12 GB de disco duro de almacenamiento.

### **3.2.9. Obtención de resultados**

SolidWorks grafica los resultados en el espacio seleccionado, en este caso en tres dimensiones. Esto requiere una buena manipulación de las opciones de graficado para poder ver los resultados en la región de interés. Para este caso se ha optado por representar la degradación de temperaturas en un plano de simetría del conjunto paralelo al plano de entrada del flujo que representa al ventilador. Se modificó la escala de temperaturas para poder apreciar de mejor manera la transferencia de calor a lo largo del cuerpo del disipador para cada velocidad de enfriamiento, despreciando la temperatura del bloque térmico debido a que dicha temperatura se mantiene constante en todas las simulaciones, con un valor de 200 °C.

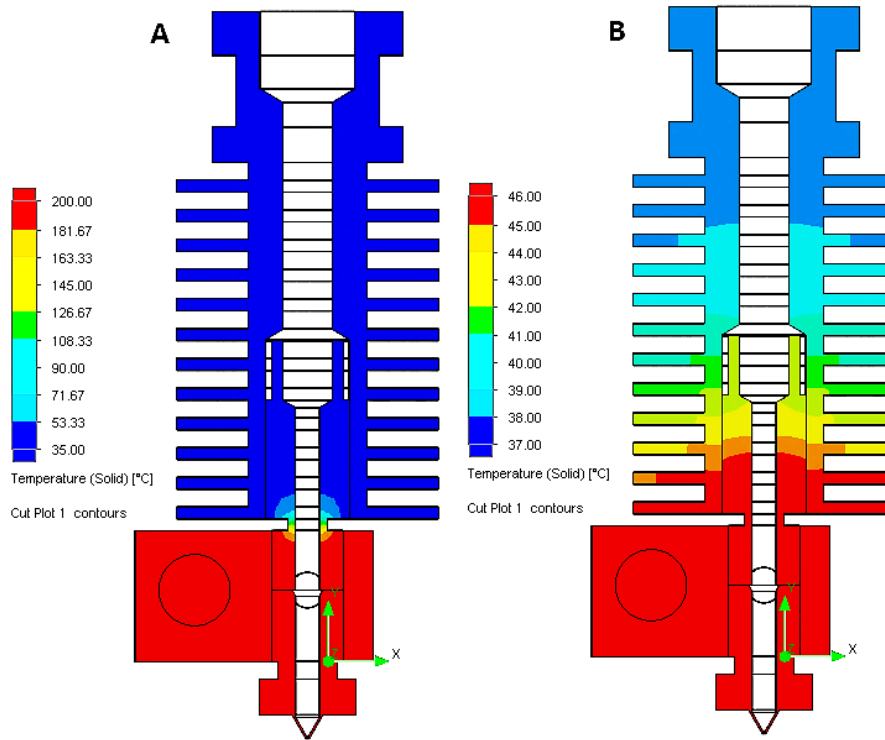


**Fig. 76.** Degrado de temperaturas del fluido en SolidWorks.

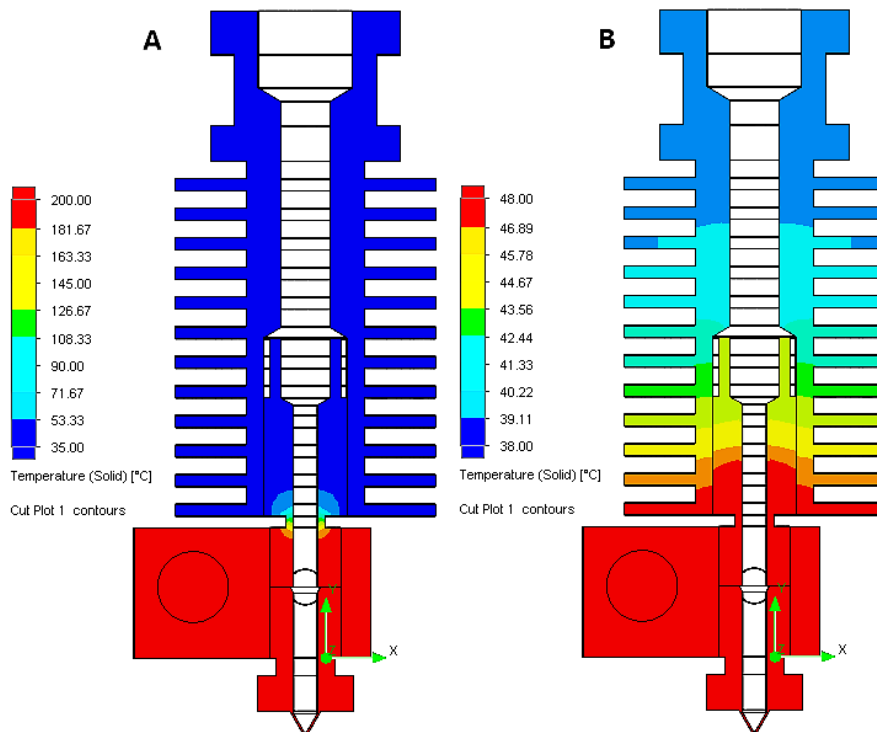


**Fig. 77.** Degrado de temperaturas del fluido en SolidWorks – vista superior.

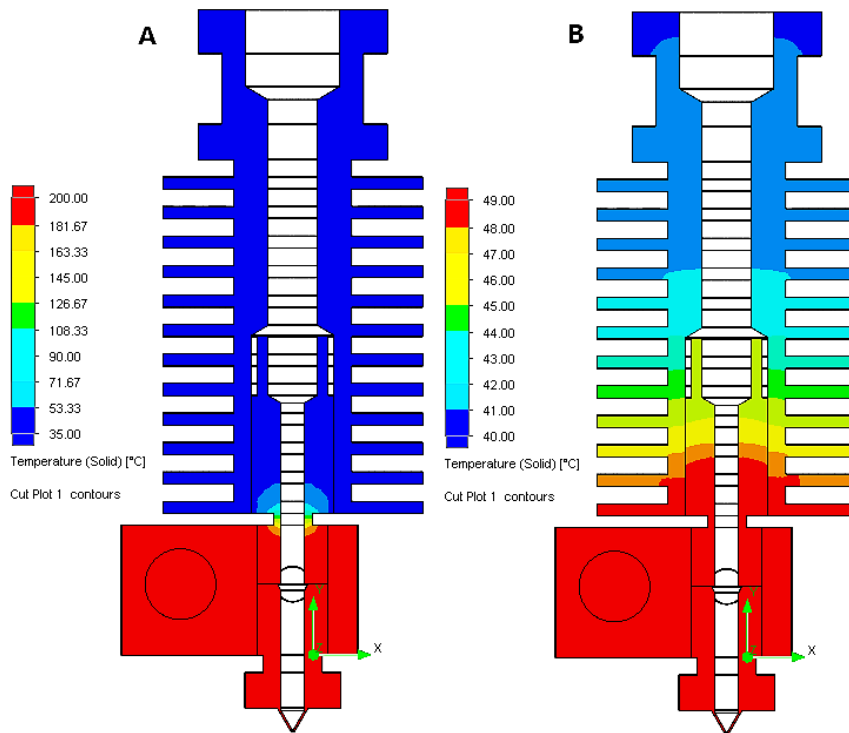
La temperatura del fluido es directamente proporcional a la temperatura que se encuentra el sólido ya que mientras mayor sea la temperatura del sólido mayor será la temperatura del fluido alrededor del extrusor.



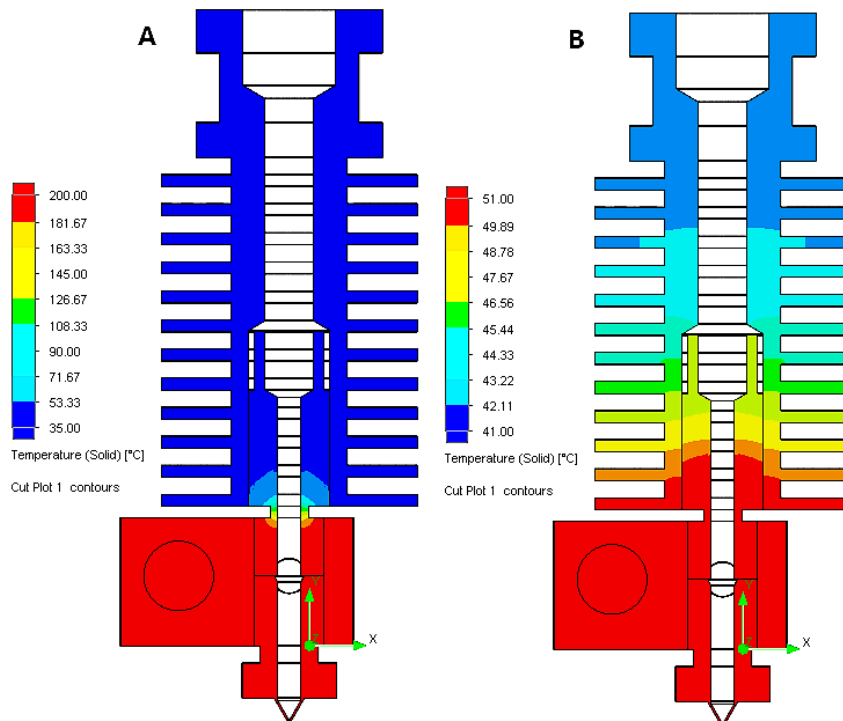
**Fig. 78.** Superficie del dissipador de calor con degradado de temperaturas SolidWorks, escala real (A), escala modificada (B) con el 100% de velocidad de enfriamiento.



**Fig. 79.** Superficie del dissipador de calor con degradado de temperaturas SolidWorks, escala real (A), escala modificada (B) con el 90% de velocidad de enfriamiento.

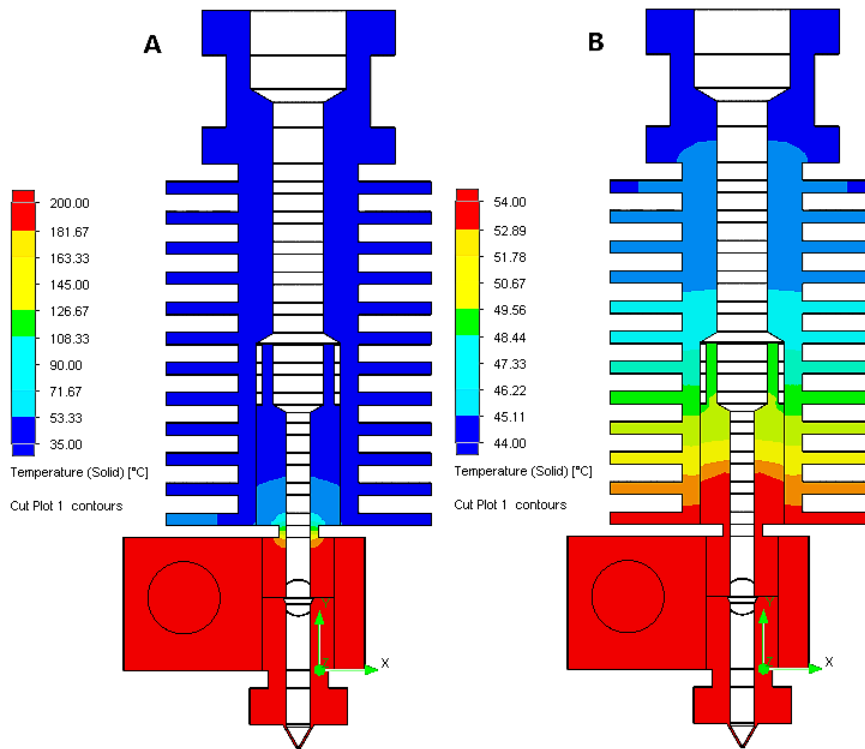


**Fig. 80.** Superficie del disipador de calor con degradado de temperaturas SolidWorks, escala real (A), escala modificada (B) con el 80% de velocidad de enfriamiento.

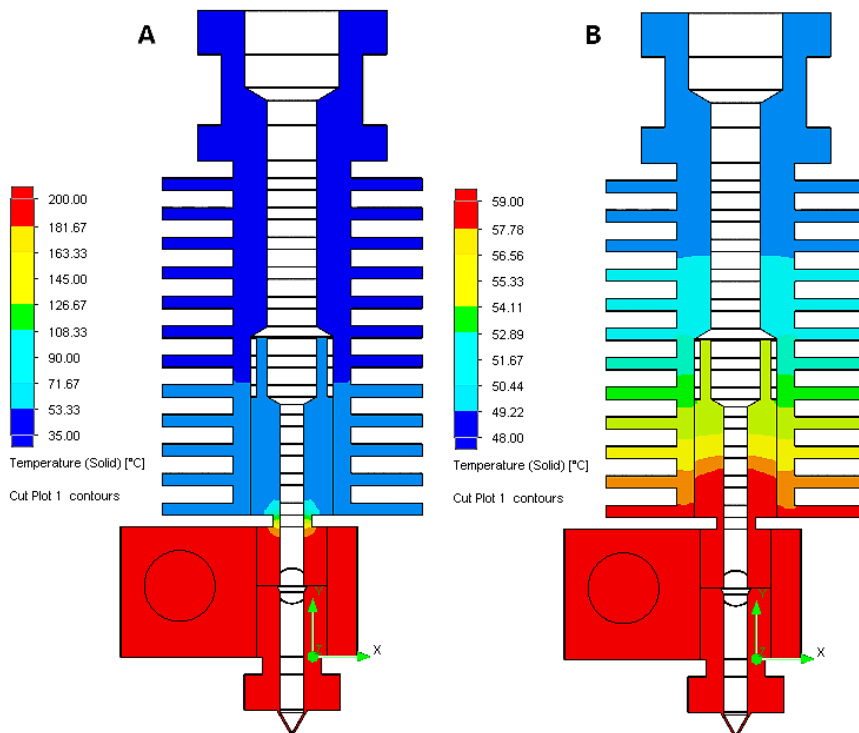


**Fig. 81.** Superficie del disipador de calor con degradado de temperaturas SolidWorks, escala real (A), escala modificada (B) con el 70% de velocidad de enfriamiento.

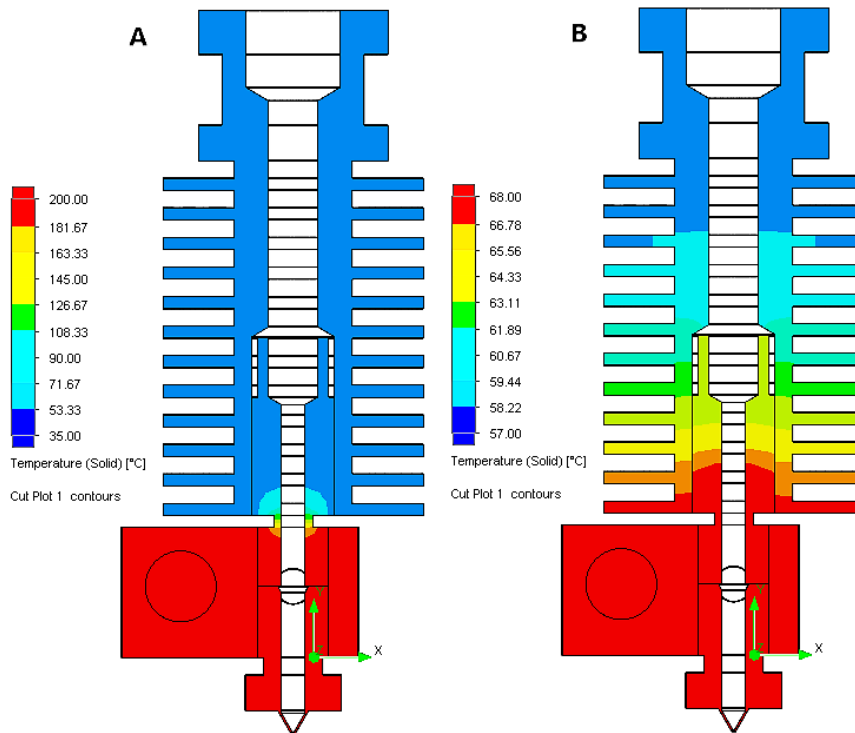




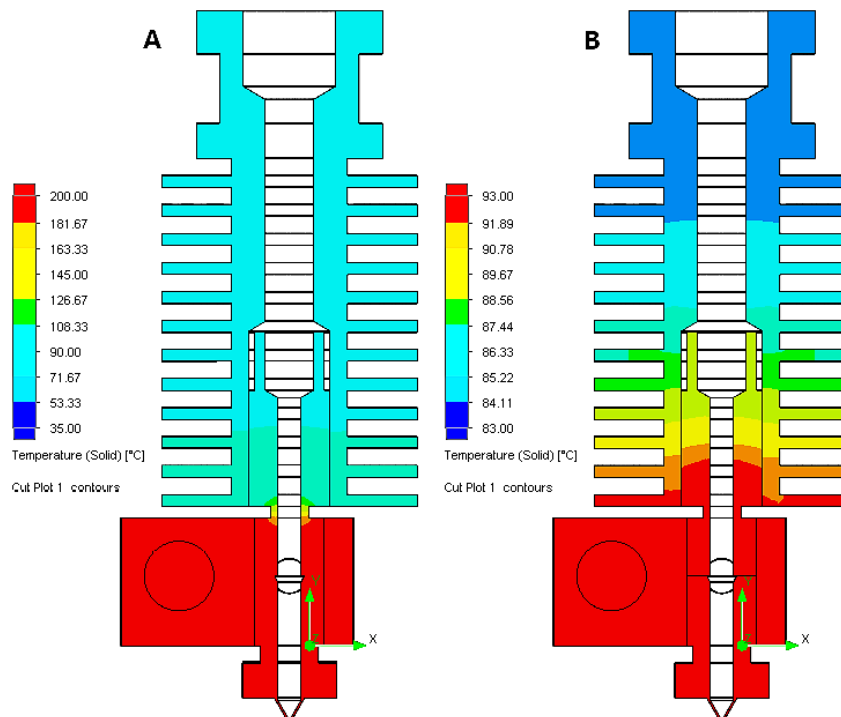
**Fig. 82.** Superficie del disipador de calor con degradado de temperaturas SolidWorks, escala real (A), escala modificada (B) con el 60% de velocidad de enfriamiento.



**Fig. 83.** Superficie del disipador de calor con degradado de temperaturas SolidWorks, escala real (A), escala modificada (B) con el 50% de velocidad de enfriamiento.



**Fig. 84.** Superficie del disipador de calor con degradado de temperaturas SolidWorks, escala real (A), escala modificada (B) con el 40% de velocidad de enfriamiento.



**Fig. 85.** Superficie del disipador de calor con degradado de temperaturas SolidWorks, escala real (A), escala modificada (B) con el 30% de velocidad de enfriamiento.

La temperatura en el dissipador de calor es directamente proporcional a la velocidad de aire refrigerante. Es decir, a medida que la velocidad del ventilador aumenta el flujo de aire refrigerante es mayor permitiendo una mayor disipación de calor reduciendo la temperatura del dissipador de calor.

Además, en las imágenes con el degradado de temperaturas se puede observar que en la barrera de calor ocurre el mayor cambio de temperatura. Para velocidades bajas de enfriamiento como 1.1 y 0.5 m/s, la cantidad de flujo de aire que proporciona el ventilador no es suficiente para disipar el calor por convección alcanzando temperaturas de aproximadamente 50 °C hasta 80 °C en la parte superior del dissipador de calor.

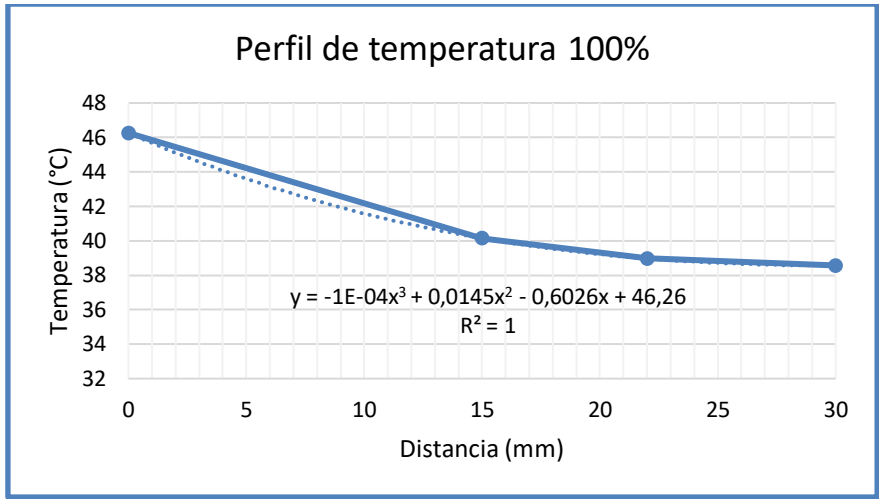
### 3.2.10. Gráfica Temperatura – Distancia (Simulaciones CFD)

Los valores mostrados en la Tabla 13 corresponden a los resultados obtenidos en las simulaciones computacionales con el dissipador de 12 aletas circulares para cada flujo de aire refrigerante.

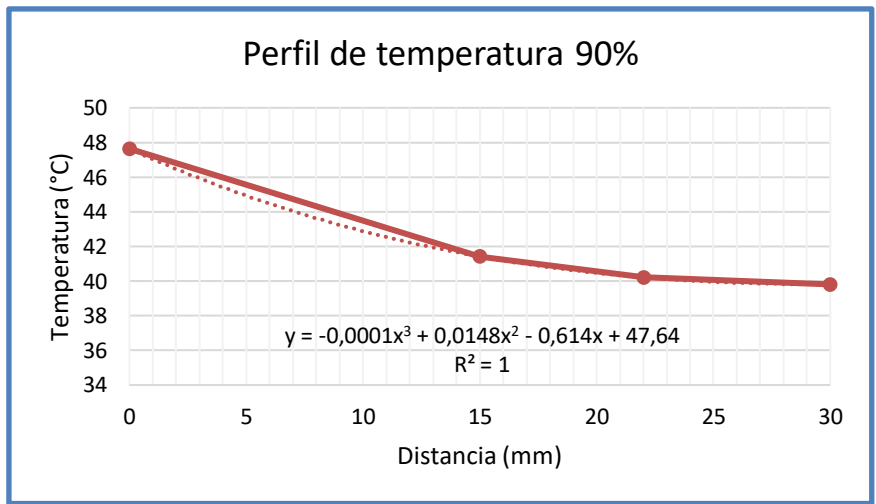
**Tabla 13.** Datos de temperatura – resultados simulación computacional

Temperatura (°C)				
Flujo de aire	T1	T2	T3	T4
100%	38.57	38.97	40.15	46.26
90%	39.81	40.22	41.42	47.64
80%	41.14	41.57	42.8	49.11
70%	42.74	43.19	44.45	50.8
60%	45.07	45.55	46.85	53.23
50%	49.64	50.17	51.52	57.92
40%	58.77	59.41	60.8	67.05
30%	84.59	85.33	86.64	91.97

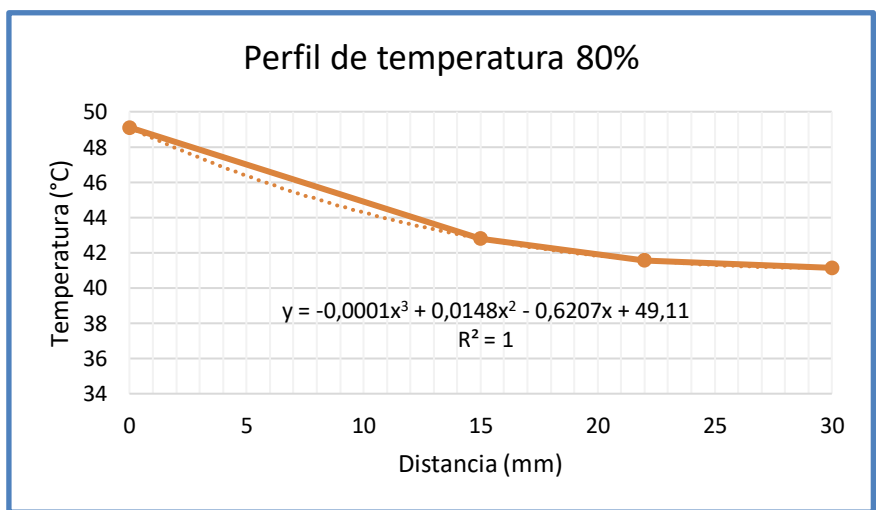
A continuación, se muestran los perfiles de temperatura para el 100%, 90%, 80%, 70%, 60%, 50%, 40% y 30% de velocidad de enfriamiento obtenidos mediante simulación computacional con el dissipador de 12 aletas circulares.



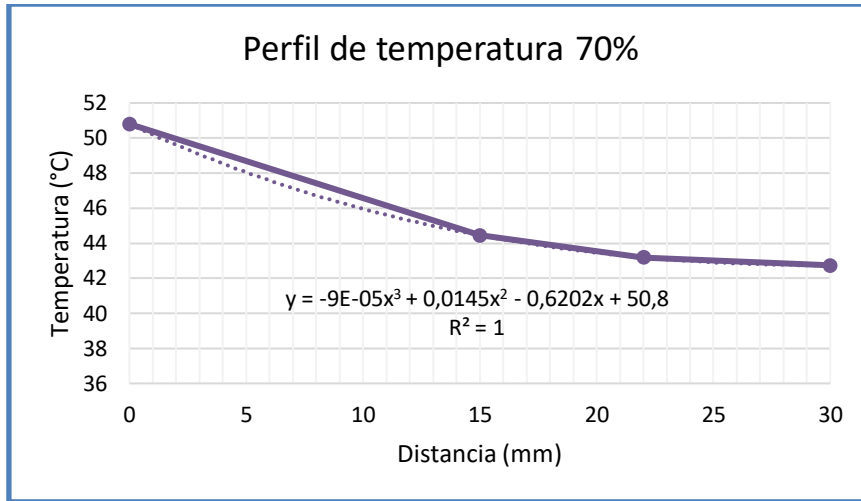
**Fig. 86.** Perfil térmico 100% de velocidad de enfriamiento – simulación computacional.



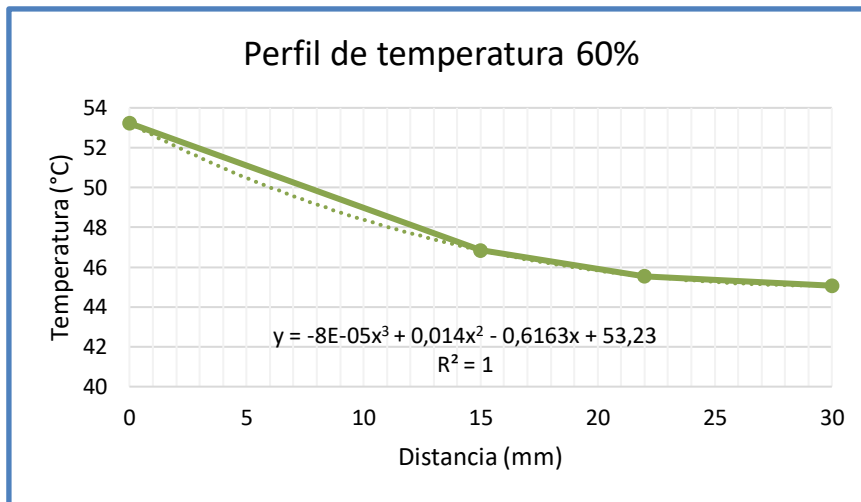
**Fig. 87.** Perfil térmico 90% de velocidad de enfriamiento – simulación computacional.



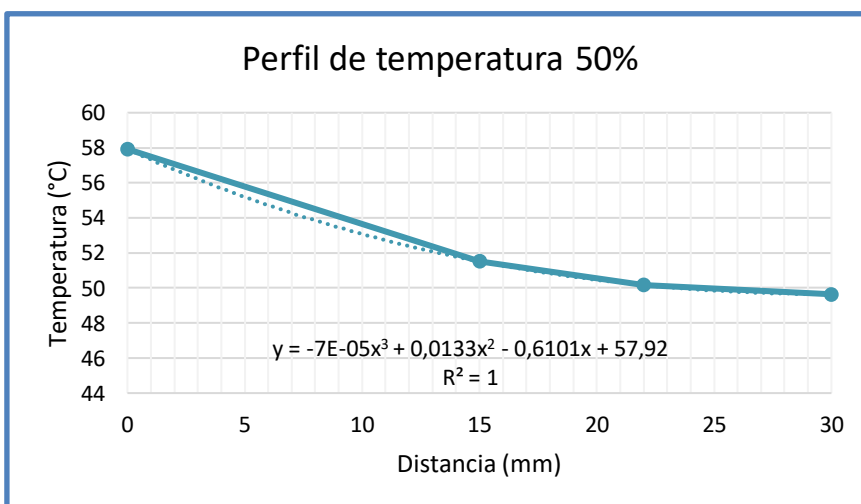
**Fig. 88.** Perfil térmico 80% de velocidad de enfriamiento – simulación computacional.



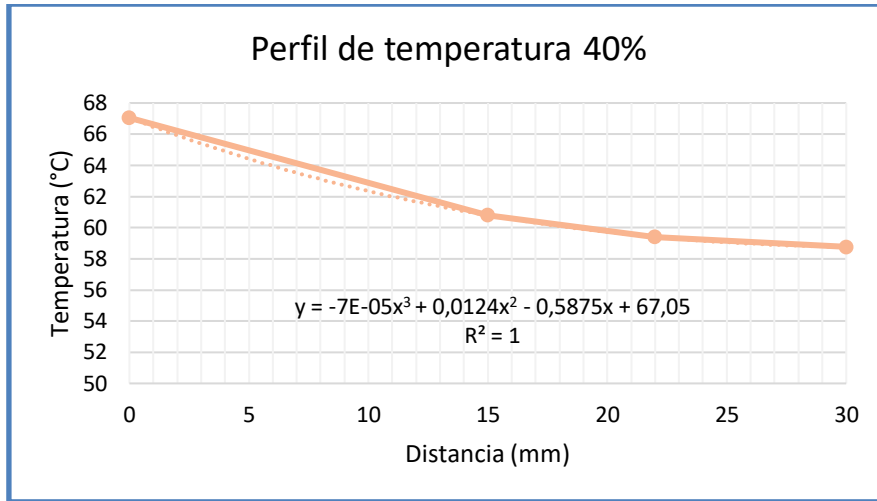
**Fig. 89.** Perfil térmico 70% de velocidad de enfriamiento – simulación computacional.



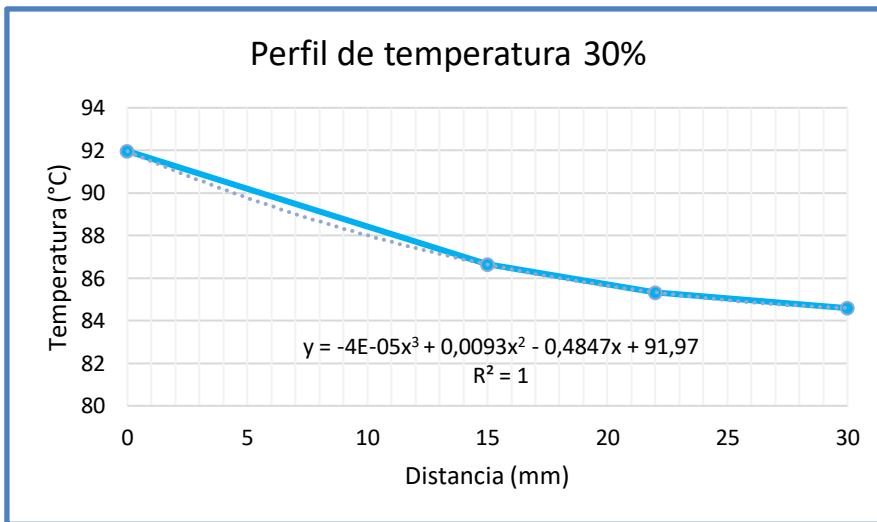
**Fig. 90.** Perfil térmico 60% de velocidad de enfriamiento – simulación computacional.



**Fig. 91.** Perfil térmico 50% de velocidad de enfriamiento – simulación computacional.



**Fig. 92.** Perfil térmico 40% de velocidad de enfriamiento – simulación computacional.



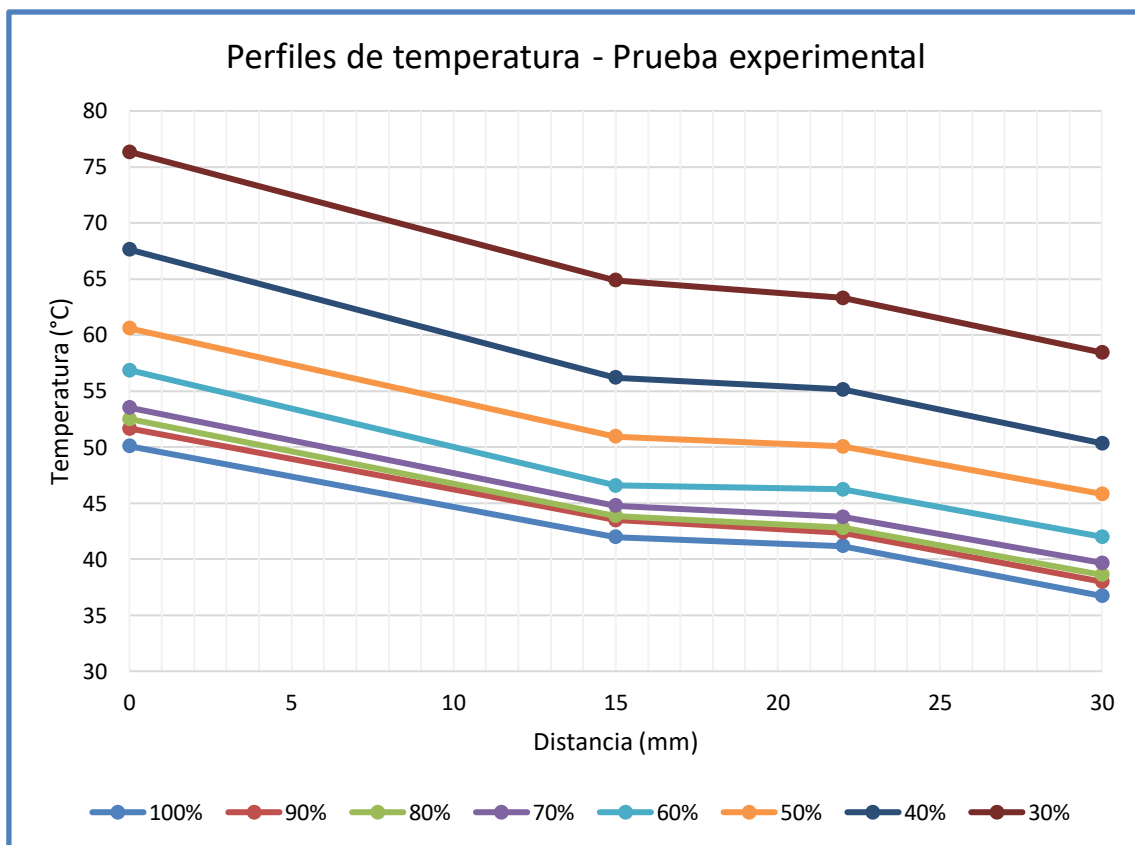
**Fig. 93.** Perfil térmico 30% de velocidad de enfriamiento – simulación computacional.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1. Pruebas experimentales

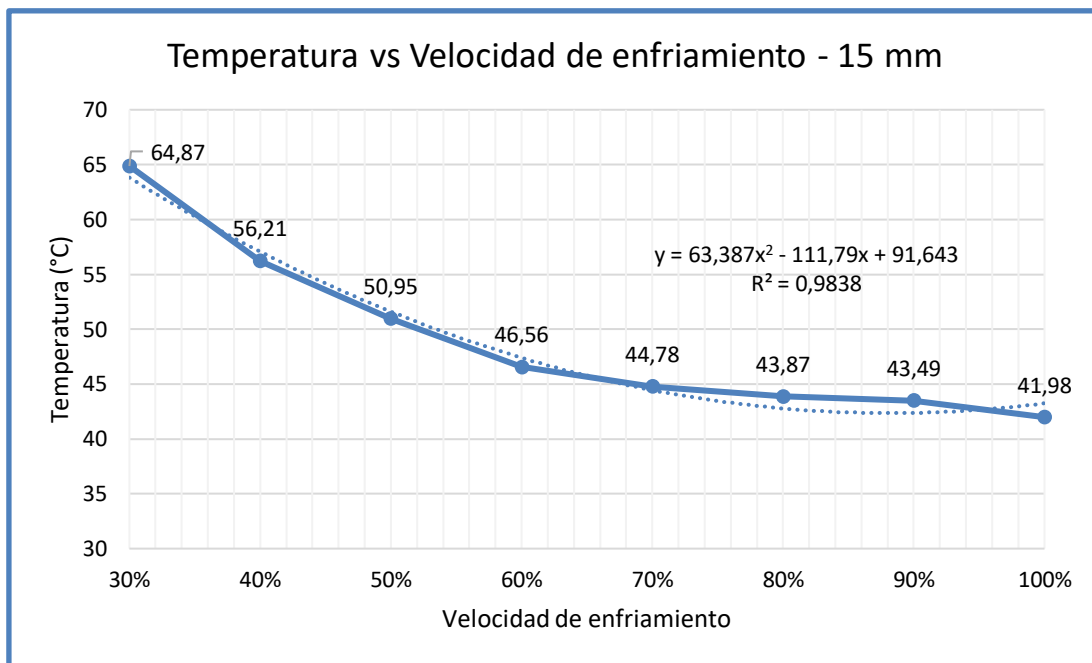
Como se ha mencionado una de las grandes dificultades de este trabajo ha sido el tratamiento de datos obtenidos en las pruebas experimentales, debido a la gran cantidad de muestras conseguidas. En la Fig. 94 se muestran los datos en forma gráfica de la temperatura en los puntos seleccionados del disipador de calor según la velocidad de enfriamiento tras el tratamiento de datos. Es importante aclarar que los valores mostrados corresponden a los valores promedio del conjunto de muestras obtenidas.



**Fig. 94.** Perfil térmico según el flujo de aire refrigerante – resultados experimentales.

En general, todas las líneas mantienen una distancia fija entre ellas para una pendiente parecida, la relación entre la temperatura del disipador de calor y la velocidad de enfriamiento son directamente proporcionales. Es decir, a medida que la velocidad del ventilador aumenta, el flujo de aire es mayor permitiendo una mayor disipación de calor reduciendo la temperatura en la superficie del disipador.

En la gráfica temperatura vs velocidad de enfriamiento para el punto 15 mm en el disipador de calor (Fig. 95) se puede observar la no linealidad de la temperatura en relación con la velocidad de enfriamiento, ya que a pesar de haber un aumento del 10% en el flujo de aire refrigerante para todos los casos, el aumento de la temperatura no es lineal, de la misma manera este comportamiento se observa para los demás puntos de estudio (Fig. 94) donde la diferencia de temperaturas entre las líneas correspondientes al 50% y 60% (diferencia del 10%) es aproximadamente el doble que la diferencia entre el 70% y 80%, donde hay un aumento de velocidad igual del 10%.

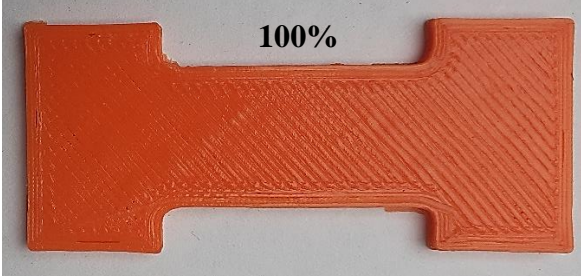
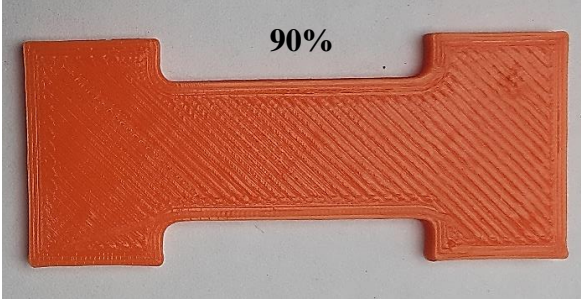
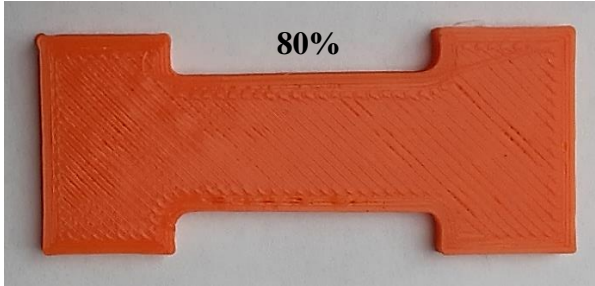
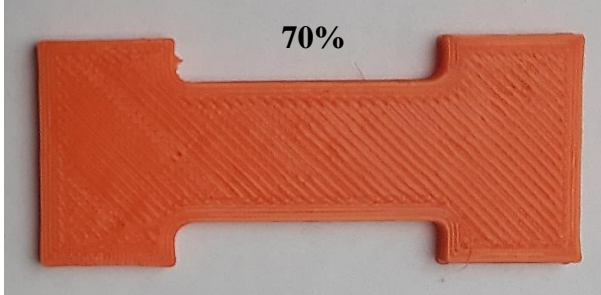



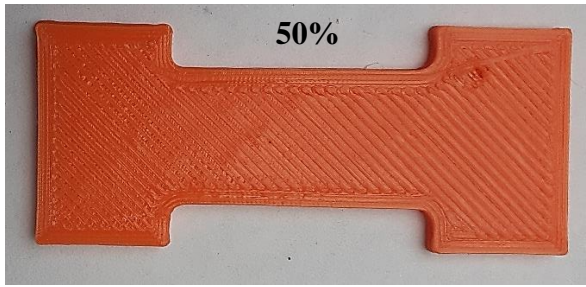
**Fig. 95.** Curva temperatura vs velocidad de enfriamiento para el punto 15 mm en el disipador de calor – resultados experimentales.

Durante la prueba experimental del 30% de flujo de aire refrigerante el disipador presentó un taponamiento debido al exceso de temperatura, afectado al conector neumático y la manguera donde se encuentra el filamento (PLA), llegando alcanzar una temperatura de aproximadamente 80 °C en la superficie del disipador de calor. Se puede observar que la velocidad de enfriamiento a los 4.7 m/s (100%) disipa una mayor cantidad de calor reduciendo la temperatura en la superficie del disipador a 37 °C aproximadamente. Adicional a los datos obtenidos en las pruebas experimentales se realizó una comparación en el acabado de las probetas impresas, las cuales se muestran en la Tabla 14. La probeta con el 30% de velocidad de enfriamiento no se terminó de imprimir debido al taponamiento del extrusor por el exceso de temperatura.

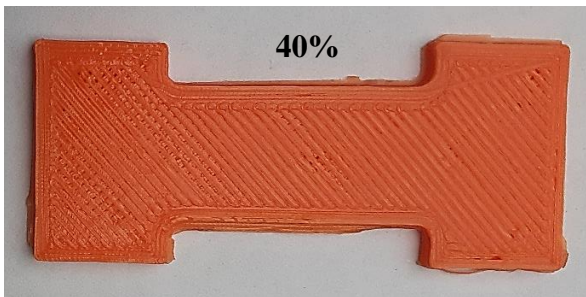


**Tabla 14.** Probetas impresas según la velocidad de enfriamiento

Probeta impresa 3D	Acabado
 <p>100%</p>	<p>La probeta impresa al 100% de velocidad de aire refrigerante presenta una superficie rugosa, sin huecos en la cara superior, no muestra separación entre capas.</p>
 <p>90%</p>	<p>La probeta impresa al 90% de velocidad de aire refrigerante presenta una superficie rugosa, se puede observar pequeños huecos en la cara superior parte derecha, no muestra separación entre capas.</p>
 <p>80%</p>	<p>La probeta impresa al 80% de velocidad de aire refrigerante presenta una superficie rugosa, se puede observar pequeños huecos en toda la cara superior, muestra una separación mínima entre capas.</p>
 <p>70%</p>	<p>La probeta impresa al 70% de velocidad de aire refrigerante presenta una superficie rugosa, se puede observar pequeños huecos y grietas en toda la cara superior, muestra una separación mínima entre capas.</p>
 <p>60%</p>	<p>La probeta impresa al 60% de velocidad de aire refrigerante presenta una superficie rugosa, se puede observar huecos y grietas en toda la cara superior mayormente en la parte derecha, muestra una separación mínima entre capas.</p>



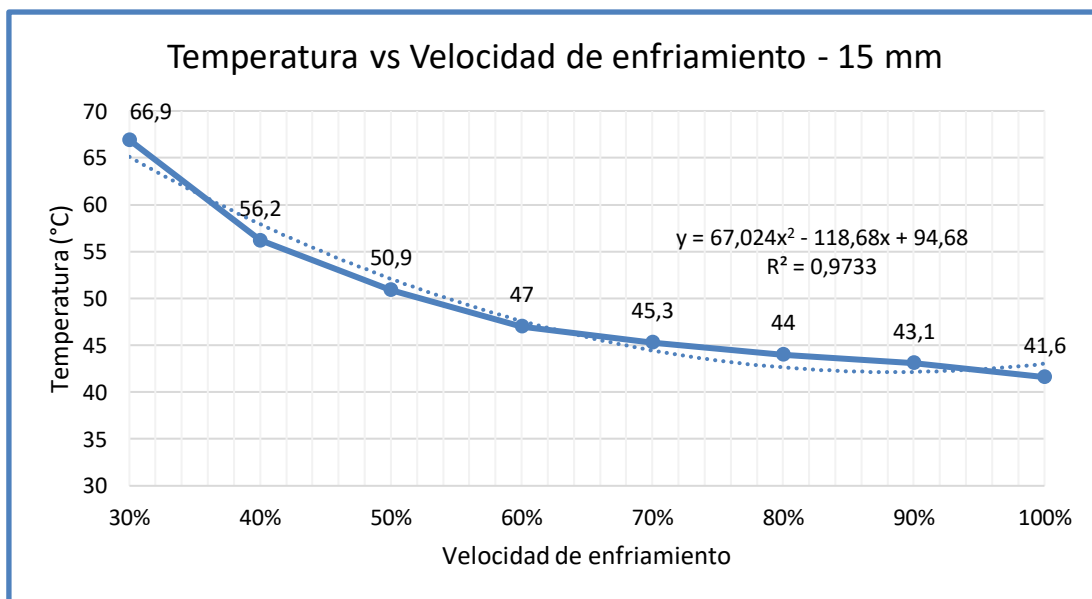
La probeta impresa al 50% de velocidad de aire refrigerante presenta una superficie rugosa, se puede observar un hueco grande en la parte derecha y grietas en toda la cara superior, muestra separación entre capas.



La probeta impresa al 40% de velocidad de aire refrigerante presenta una superficie rugosa, se puede observar huecos y grietas más visibles en toda la cara superior, muestra separación entre capas y espacios entre el relleno.

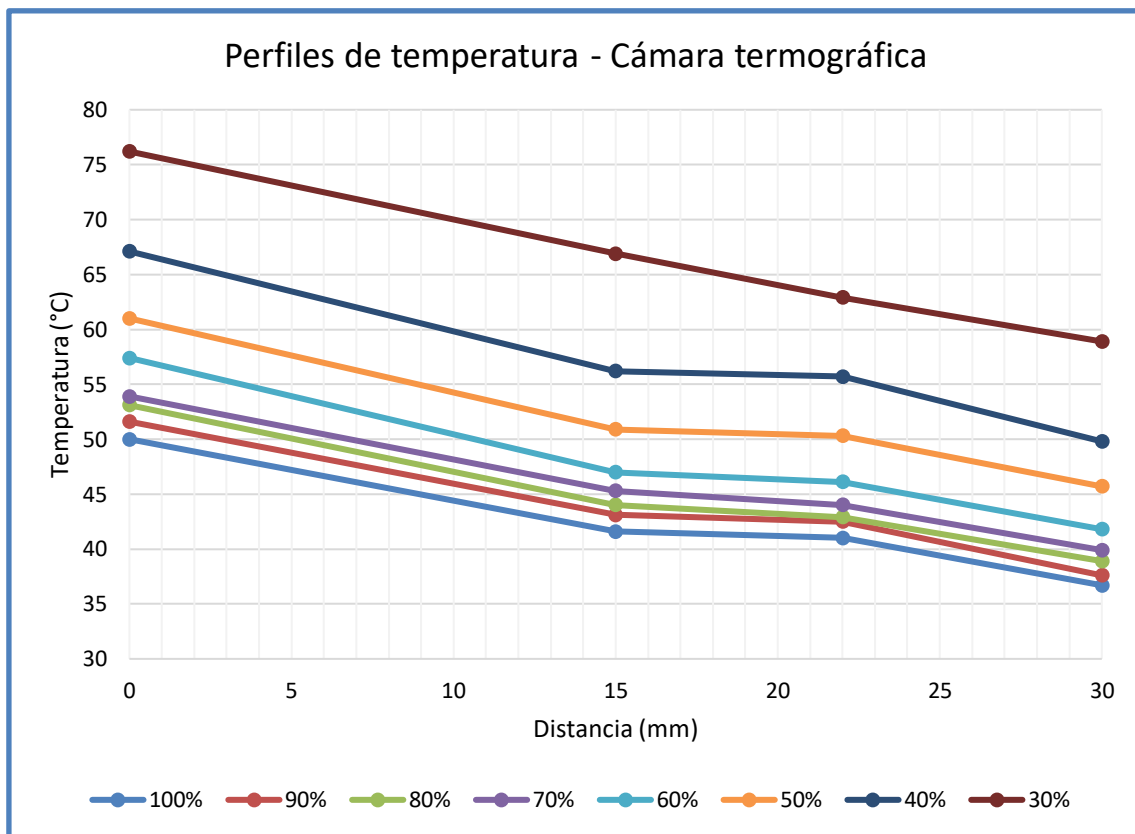
## 4.2. Cámara termográfica

En comparación con los resultados experimentales se puede observar la no linealidad en la temperatura en relación con la velocidad de enfriamiento (Fig. 96). En la Fig. 97 se vuelve a presentar una distancia mayor, aproximadamente el triple entre el 70% y 80% (diferencia de 10%) que entre el 50% y 60% (diferencia igual del 10%).



**Fig. 96.** Curva temperatura vs velocidad de enfriamiento para el punto 15 mm en el disipador de calor – cámara termográfica.

Además, es interesante observar en la Fig. 97 el cambio de pendiente que muestra la línea correspondiente al 30%. En general todas las líneas mantienen una distancia fija entre ellas para una pendiente parecida. Para el flujo de aire refrigerante al 30% la temperatura en los puntos 30, 22 y 15 mm en el dissipador de calor es aproximadamente la misma por lo que el perfil térmico presenta una forma lineal, debido al rendimiento del ventilador a este nivel de velocidad. Esto se debe a que el ventilador con 0.5 m/s de velocidad de enfriamiento no alcanza a disipar completamente el calor provocando que la temperatura a lo largo del cuerpo del dissipador de calor sea prácticamente similar.

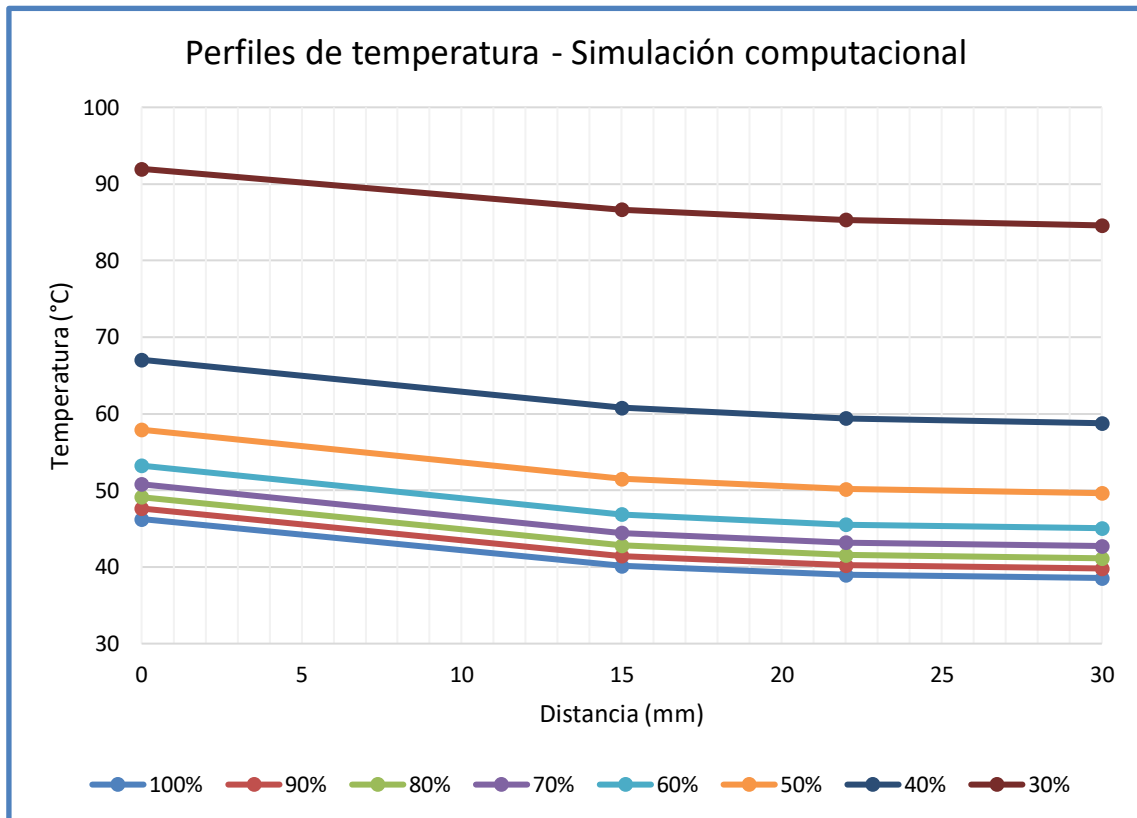


**Fig. 97.** Perfil térmico según el flujo de aire refrigerante – cámara termográfica.

### 4.3. Simulaciones computacionales

Se han realizado simulaciones computacionales para todas las velocidades de enfriamiento consideradas en este estudio, para poder analizar y determinar conclusiones claras se han representado los datos obtenidos mostrados en la Tabla 13 en diferentes gráficos, se adjuntan también las superficies de corte de los modelos en SolidWorks con el degradado de temperaturas en la sección de obtención de resultados.

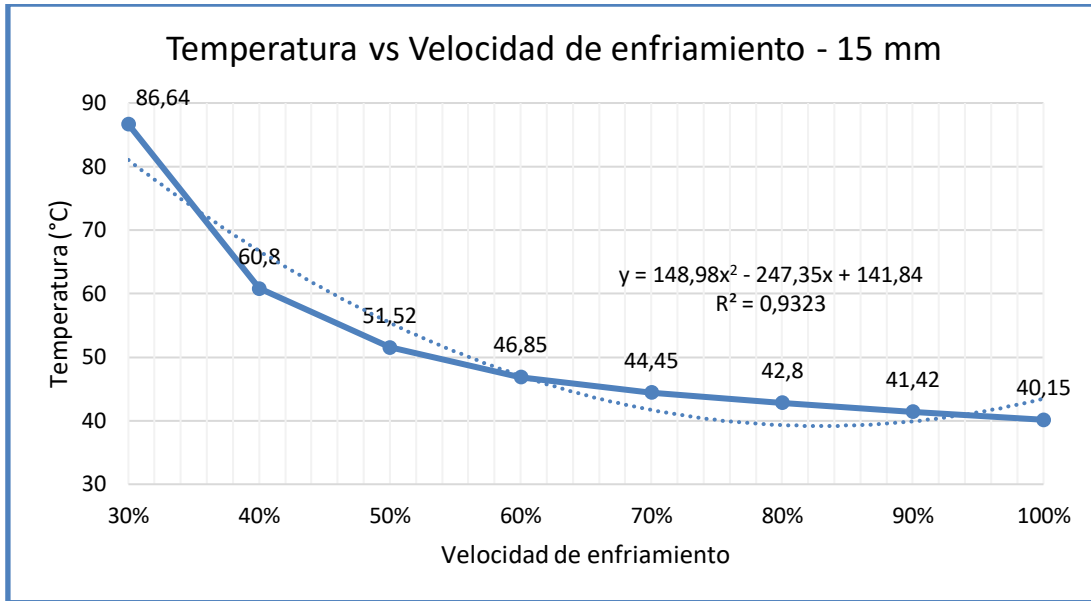
En la Fig. 98 se muestran los resultados computacionales de la temperatura en cada punto de estudio en el disipador de calor según la velocidad de enfriamiento. La relación entre la temperatura del disipador y la velocidad de enfriamiento es directamente proporcional. Es decir, a medida que la velocidad del ventilador aumenta, el flujo de aire refrigerante es mayor permitiendo una mayor disipación de calor y por tanto consiguiendo reducir la temperatura en la superficie del disipador.



**Fig. 98.** Perfil térmico según el flujo de aire refrigerante – simulación computacional.

Además, en la Fig. 99 se puede apreciar que la relación de la temperatura del disipador de calor y la velocidad de enfriamiento no es lineal. Se puede llegar a pensar que el aumento de velocidad de enfriamiento del ventilador es proporcional al descenso de temperatura, pero se puede observar claramente que la influencia del aumento de velocidad del ventilador deriva en un cambio de la temperatura medida no uniforme.

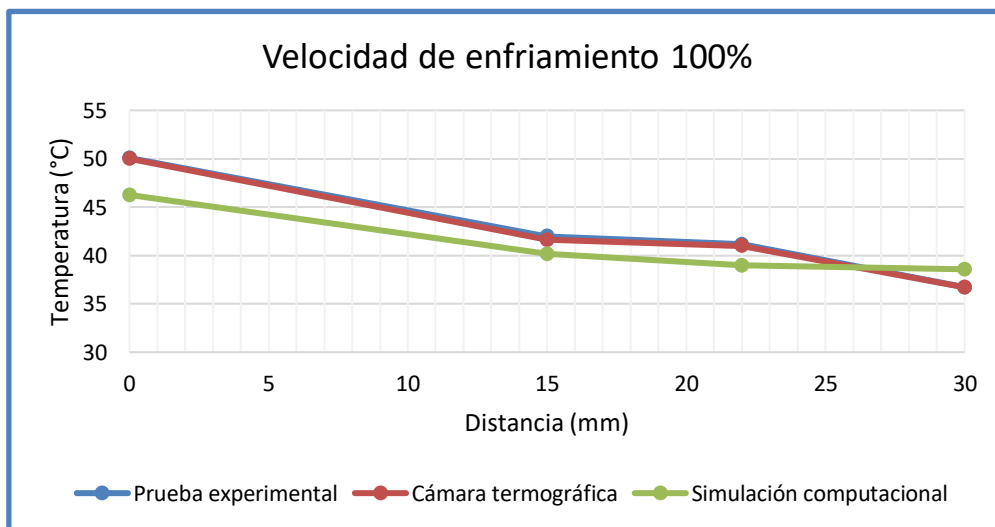
Por ejemplo, la diferencia de temperaturas entre las líneas correspondientes al 40% y 50% (diferencia de 10%) de flujo de aire refrigerante es aproximadamente el doble que la diferencia entre el 50% y 60% de velocidad de enfriamiento, donde habría un aumento de velocidad igual del 10%, Fig. 98.



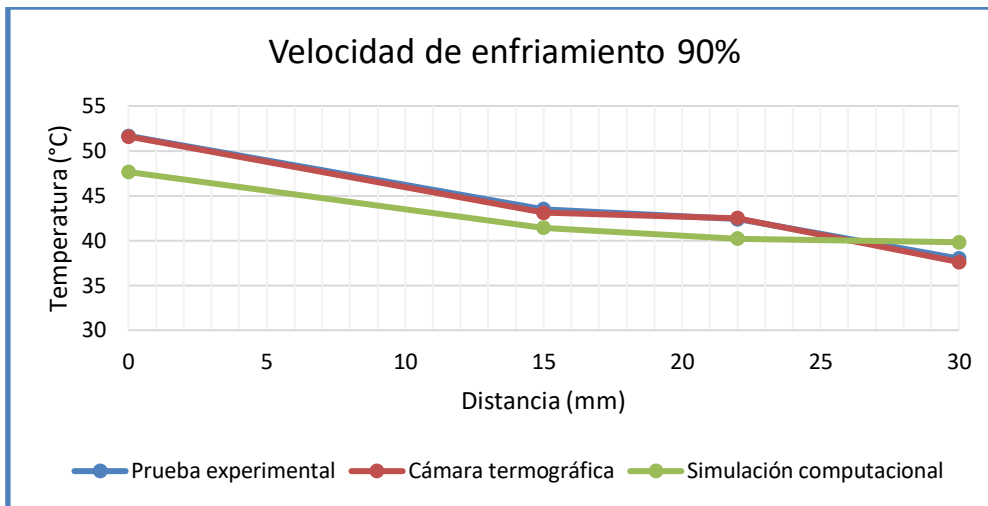
**Fig. 99.** Curva temperatura vs velocidad de enfriamiento para el punto 15 mm en el disipador de calor – resultados computacionales.

#### 4.4. Comparativa resultados – simulaciones computacionales, pruebas experimentales y cámara termográfica

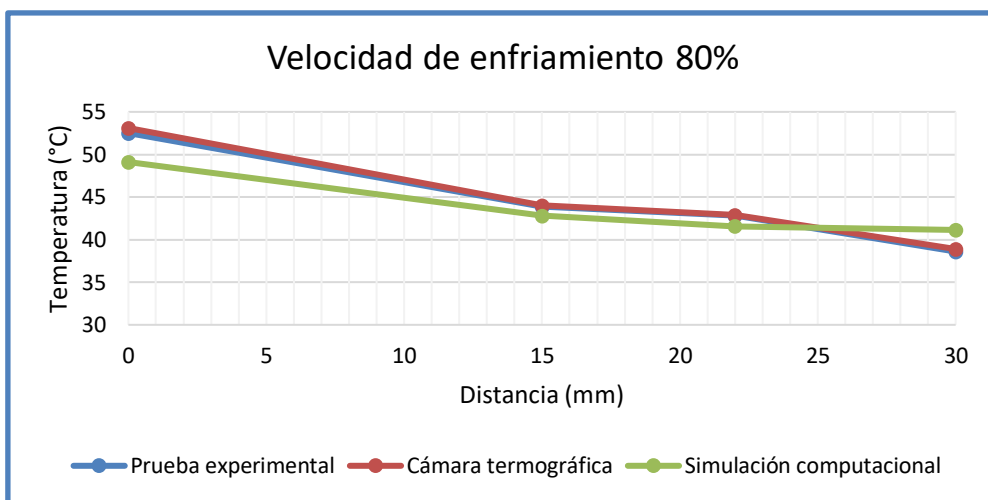
Para comparar los perfiles de temperatura obtenidos mediante las simulaciones computacionales, cámara termográfica y pruebas experimentales entre sí, se realizaron gráficas para cada velocidad de enfriamiento, con el objetivo de validar las condiciones de borde utilizadas en la simulación computacional y así poder variar la geometría del disipador de 12 aletas circulares mejorando el perfil térmico.



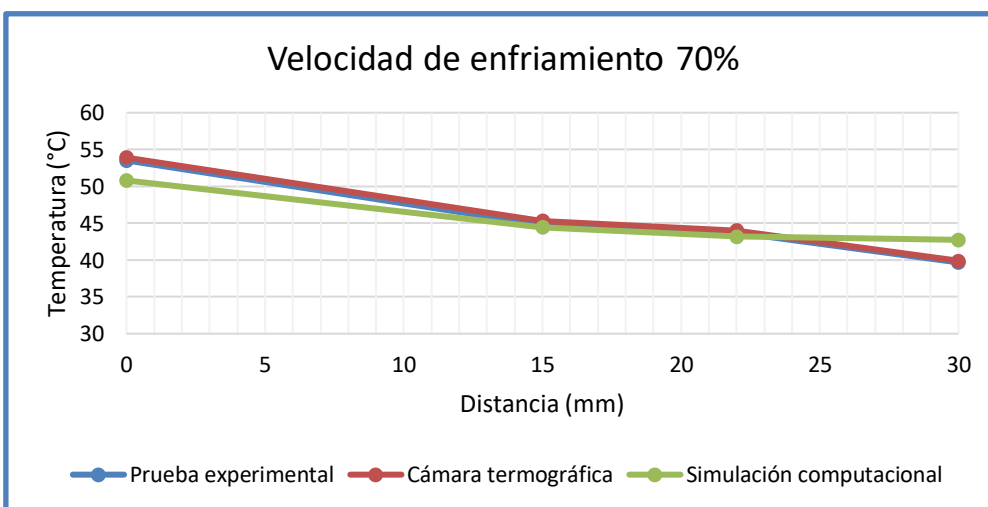
**Fig. 100.** Perfiles de temperatura con el 100% de flujo de aire – comparativa resultados.



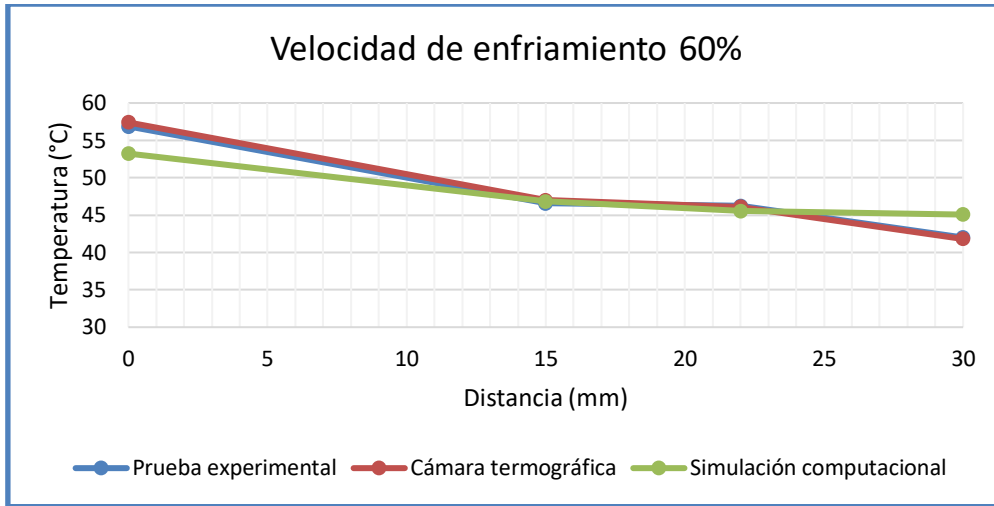
**Fig. 101.** Perfiles de temperatura con el 90% de flujo de aire – comparativa resultados.



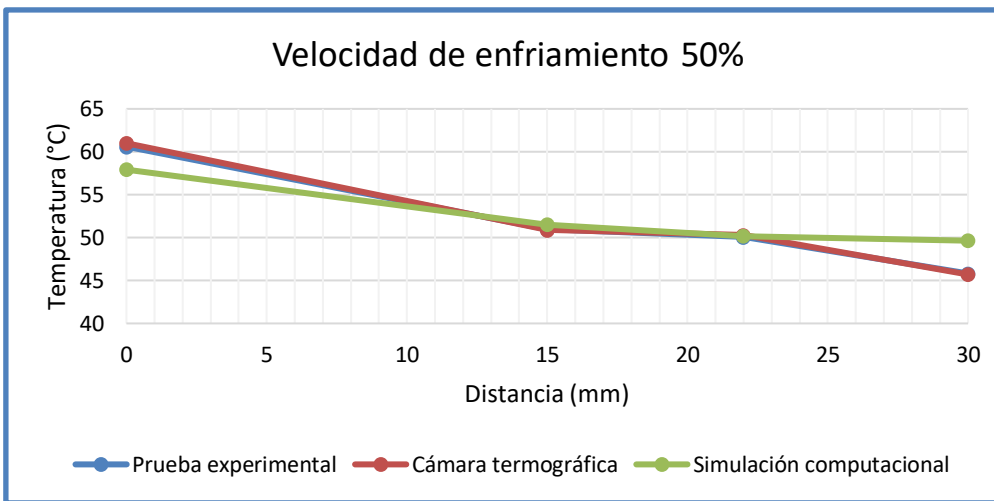
**Fig. 102.** Perfiles de temperatura con el 80% de flujo de aire – comparativa resultados.



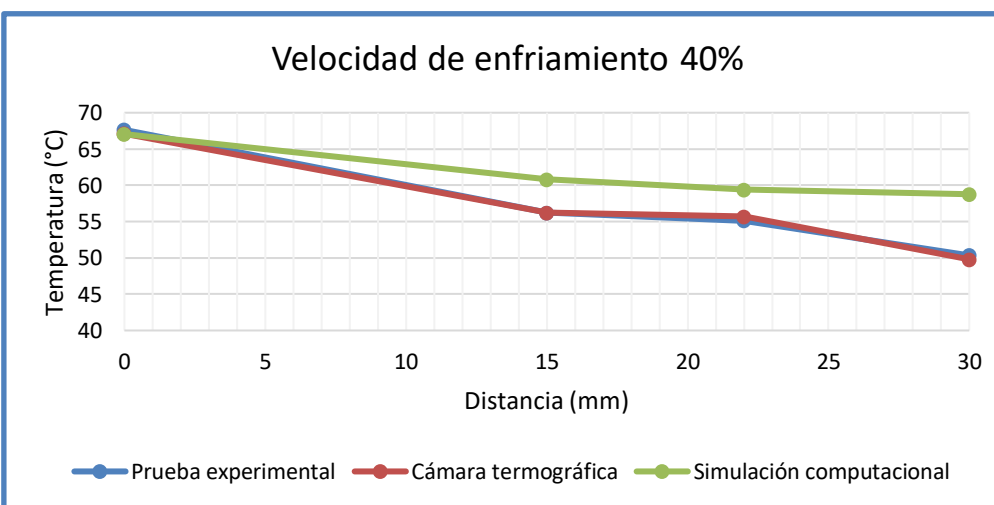
**Fig. 103.** Perfiles de temperatura con el 70% de flujo de aire – comparativa resultados.



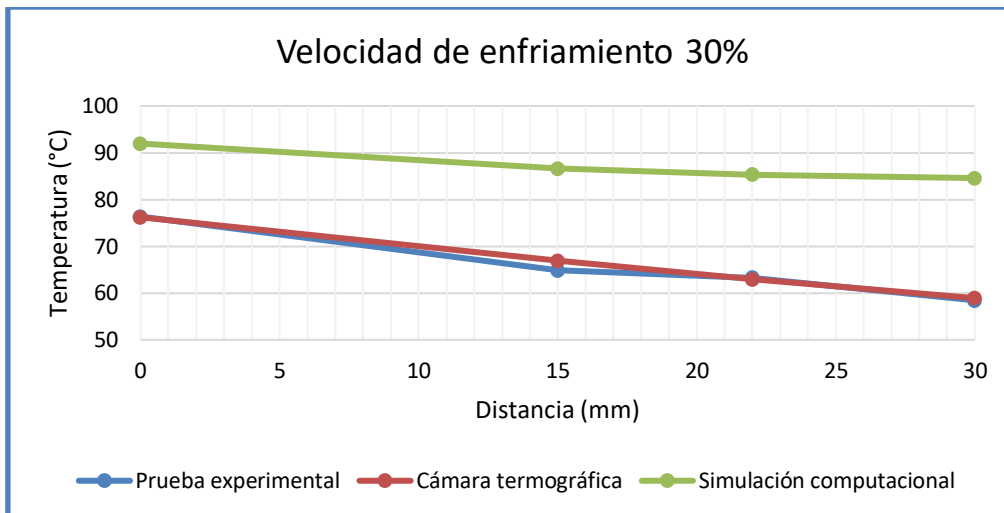
**Fig. 104.** Perfiles de temperatura con el 60% de flujo de aire – comparativa resultados.



**Fig. 105.** Perfiles de temperatura con el 50% de flujo de aire – comparativa resultados.



**Fig. 106.** Perfiles de temperatura con el 40% de flujo de aire – comparativa resultados.



**Fig. 107.** Perfiles de temperatura con el 30% de flujo de aire – comparativa resultados.

Las simulaciones computacionales responden correctamente al aumento de la velocidad de enfriamiento dando lugar cada vez a temperaturas inferiores, los valores obtenidos computacionalmente se ajustan a la realidad en la mayoría de los puntos. Las situaciones que más se acercan a los resultados experimentales están en los puntos medios del disipador de calor (15 y 22 mm) para velocidades de enfriamiento mayores como 100%, 90%, 80%, 70%, 60% y 50%.

Por lo contrario, las situaciones que no se acercan a los resultados experimentales están en los puntos 15, 22 y 30 mm al 40% de capacidad del ventilador y el perfil de temperatura al 30% de velocidad de enfriamiento, porcentajes donde se presentaron problemas en la impresión como el taponamiento del extrusor al 30% de capacidad del ventilador, por lo cual no fue posible terminar con el proceso de impresión, pero si concluir el proceso de adquisición de datos con el extrusor obstruido.

Independientemente del ajuste de los resultados, los perfiles de temperatura se acercan en su mayoría. En general, y salvo los puntos mencionados anteriormente, en las posiciones extremas del disipador de calor (0 y 30 mm) las temperaturas obtenidas mediante simulación computacional presentan una diferencia promedio de aproximadamente 3.4 °C con un error relativo del 6.3% (0 mm) y 2.6 °C con un error relativo del 6.6% (30 mm) a las temperaturas experimentales. Sin embargo, la totalidad de datos computacionales en las posiciones 15 y 22 mm son similares a los resultados experimentales, llegando a diferencias de aproximadamente 1 °C con un error relativo del 2.3% (15 mm) y 1.2 °C con un error relativo del 2.7% (22 mm).



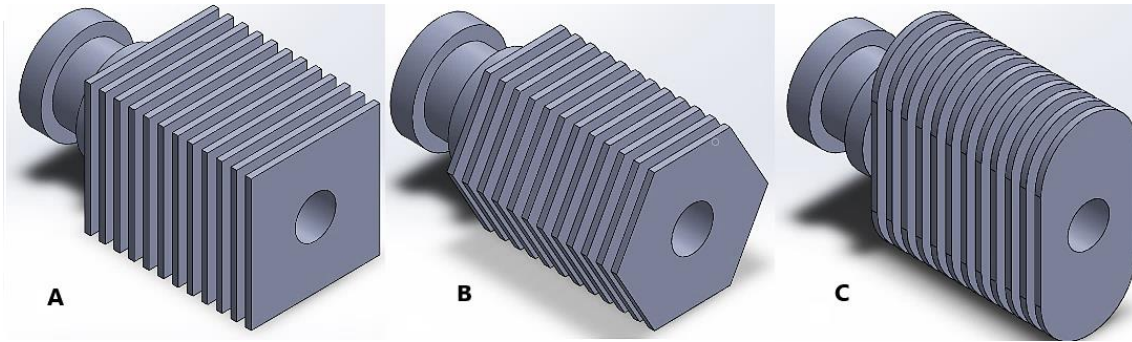
Los resultados obtenidos mediante el uso de la cámara termográfica se acercan a los resultados experimentales en todos los casos. Esto lleva a concluir que los modelos de elementos finitos para el 100%, 90%, 80%, 70%, 60% y 50% de velocidad de enfriamiento pueden ser utilizados para la siguiente fase de estudio, donde se va a modificar la geometría del disipador de calor optimizando el perfil de temperatura. En la Tabla 15 se muestra el error relativo entre los datos obtenidos de forma experimental y computacional en el disipador de calor de 12 aletas circulares, para cada velocidad de enfriamiento. Presentándose el menor porcentaje de error relativo promedio entre los cuatro puntos de estudio a un 50% de flujo de aire refrigerante con una velocidad de enfriamiento de 1.7 m/s.

**Tabla 15.** Error relativo – resultados experimentales vs computacionales

		Error relativo				
Flujo de aire	Velocidad de enfriamiento	Error relativo (%)				
		T1	T2	T3	T4	Promedio
100%	4.7 m/s	5	5.3	4.4	7.6	5.6
90%	3.9 m/s	4.8	5.1	4.6	7.8	5.6
80%	3.3 m/s	6.6	2.9	2.4	6.5	4.6
70%	2.8 m/s	7.7	1.3	0.7	5.1	3.7
60%	2.3 m/s	7.3	1.4	0.6	6.4	3.9
50%	1.7 m/s	8.3	0.2	1.1	4.4	3.5
40%	1.1 m/s	16.7	7.7	8.2	0.9	8.4
30%	0.5 m/s	44.7	34.8	33.6	20.5	33.4

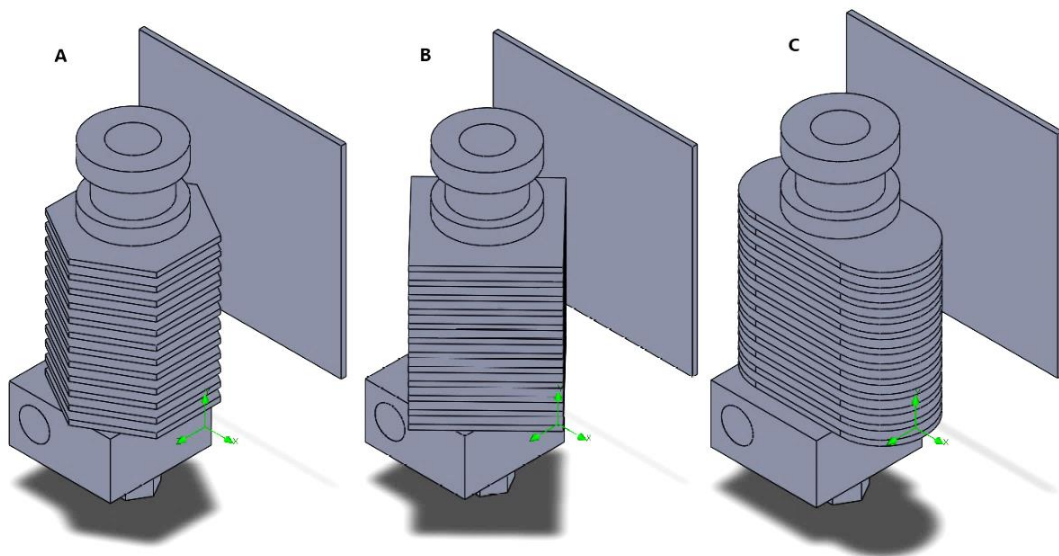
#### 4.5. Rediseño de la geometría del disipador de calor

Para el rediseño en la geometría del disipador de calor se seleccionó 3 figuras geométricas para las aletas: hexagonal, cuadrada y ranura (Fig. 108). Estos tres modelos fueron simulados bajo las mismas condiciones de borde utilizadas para estudiar el comportamiento térmico en el disipador de 12 aletas circulares. Las dimensiones de los disipadores rediseñados con sus planos y dimensiones se encuentran en el Anexo 3.



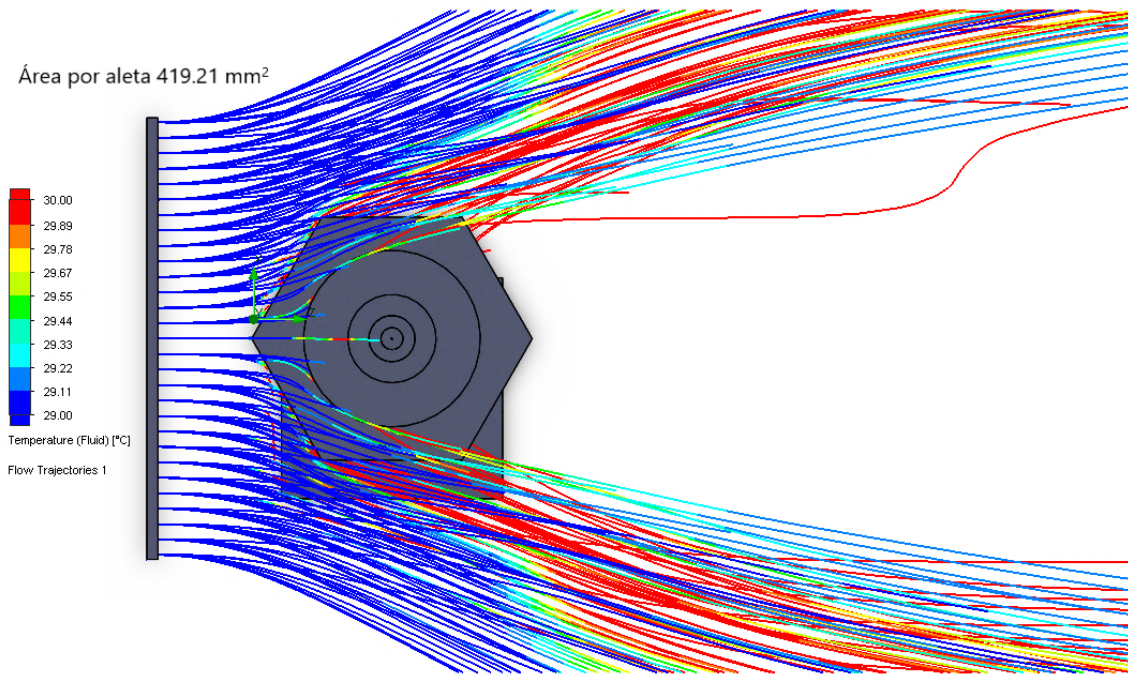
**Fig. 108.** Disipador de calor con 12 aletas cuadradas (A), hexagonales (B) y ranura (C), modelos 3D – SolidWorks.

El perfil de temperatura a optimizar es aquel que utiliza el 100% de flujo de aire refrigerante, por ser el perfil térmico que mayor cantidad de calor disipa en comparación con los otros perfiles de temperatura, presentando una menor temperatura en la parte superior del disipador de calor (30 mm). En la Fig. 109 se muestra el conjunto del extrusor con todos sus componentes para los tres disipadores de calor rediseñados.

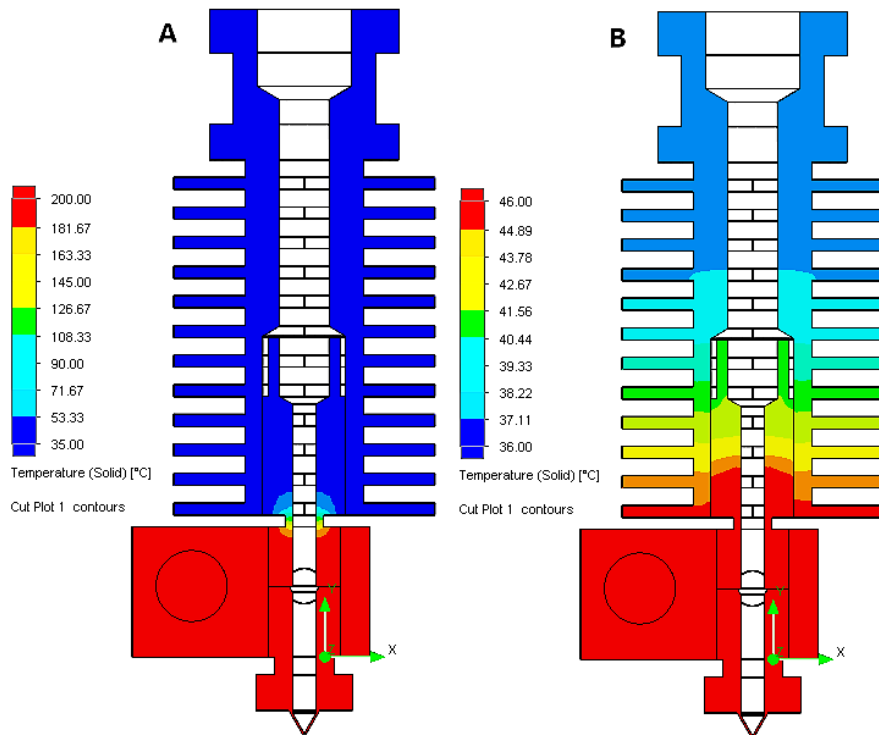


**Fig. 109.** Conjunto del extrusor con el disipador de calor 12 aletas hexagonales (A), cuadradas (B), y ranura (C) modelos 3D – SolidWorks.

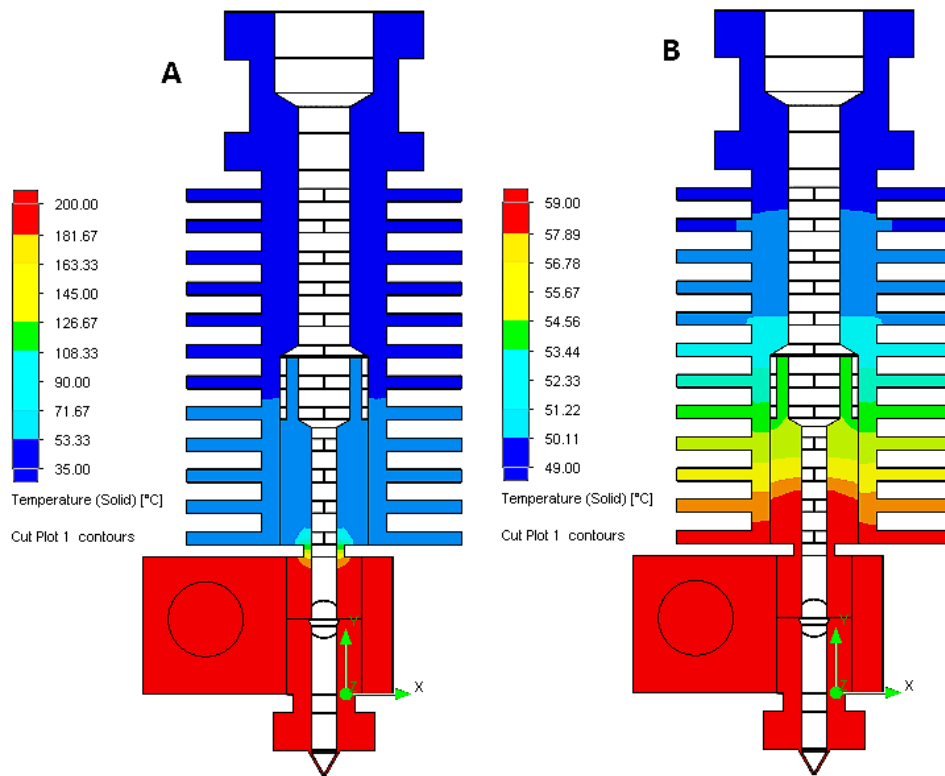
A continuación, se muestran las imágenes con el degradado de temperaturas, para las pruebas realizadas mediante simulación computacional a 4.7 m/s de velocidad de enfriamiento por disipar una mayor cantidad de calor y 1.5 m/s de velocidad de enfriamiento por presentar el menor porcentaje de error relativo debido a una mayor convergencia de la malla en la simulación computacional.



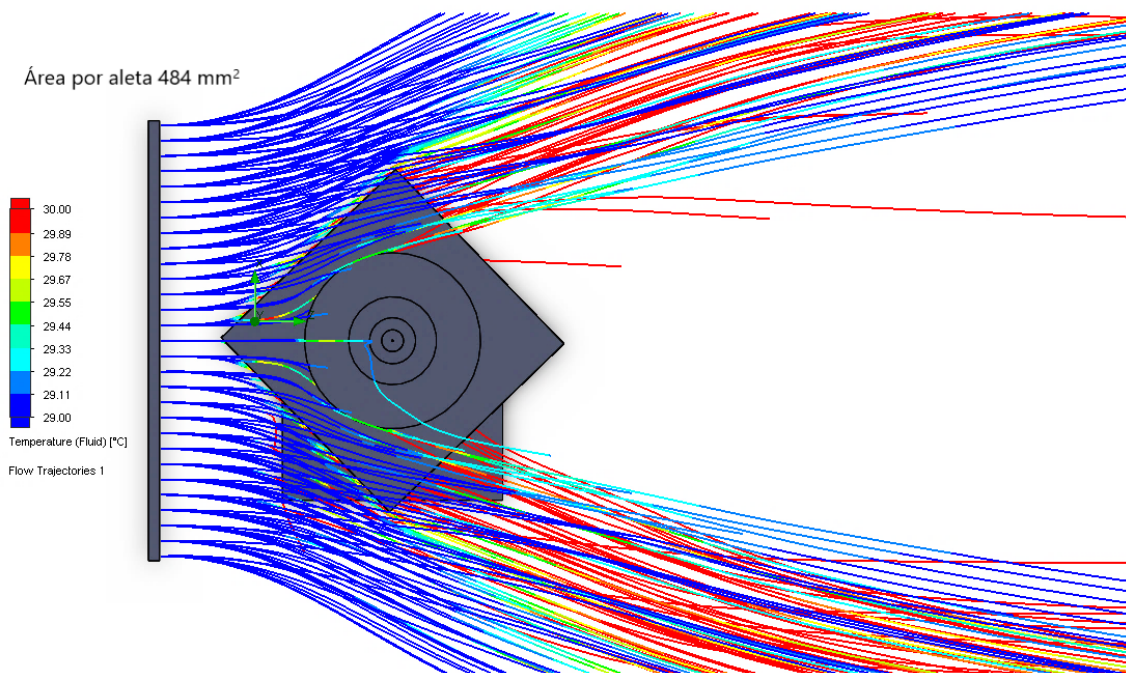
**Fig. 110.** Degrado de temperaturas del fluido en SolidWorks – vista superior – dissipador aletas hexagonales.



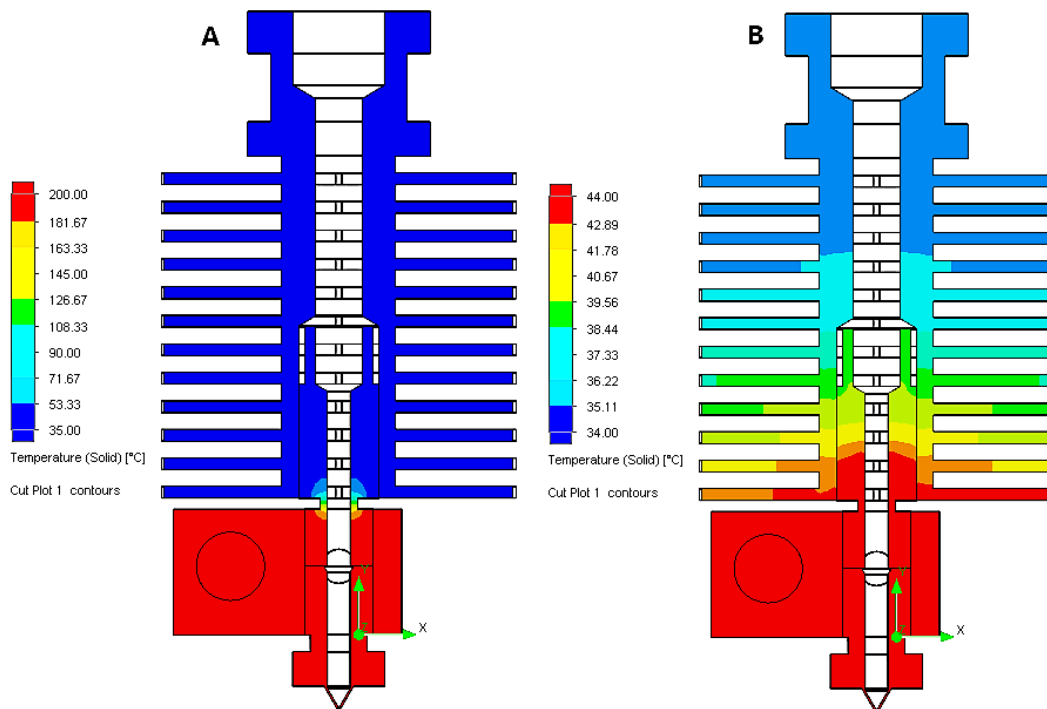
**Fig. 111.** Superficie del dissipador de calor aletas hexagonales con degradado de temperaturas SolidWorks, escala real (A), escala modificada (B) con el 100% de velocidad de enfriamiento.



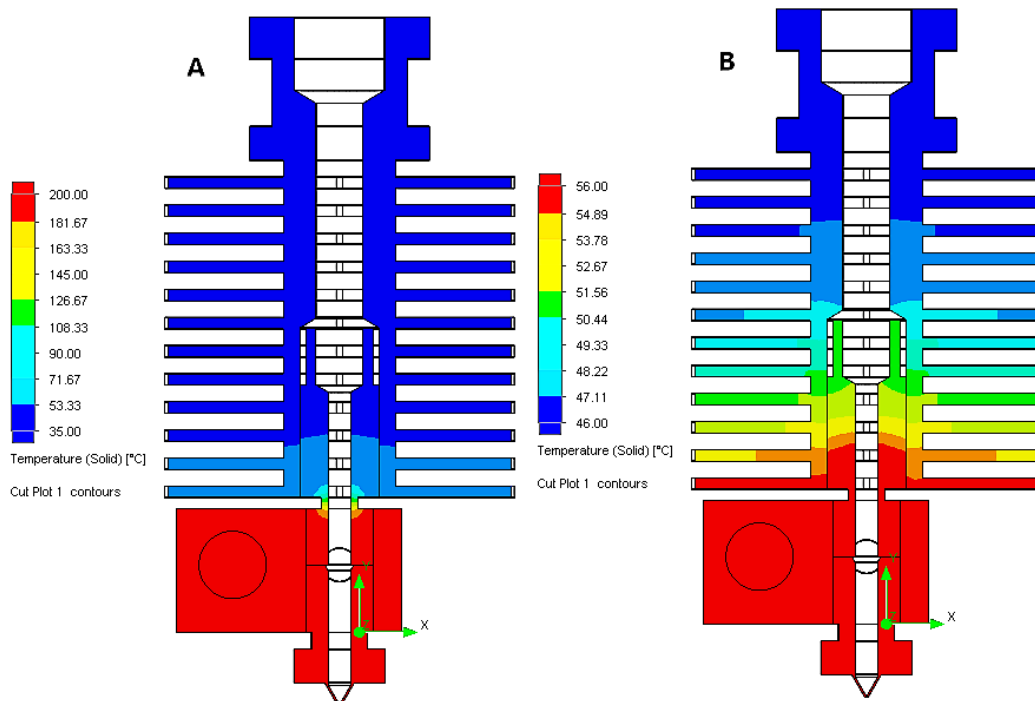
**Fig. 112.** Superficie del disipador de calor aletas hexagonales con degradado de temperaturas SolidWorks, escala real (A), escala modificada (B) con el 50% de velocidad de enfriamiento.



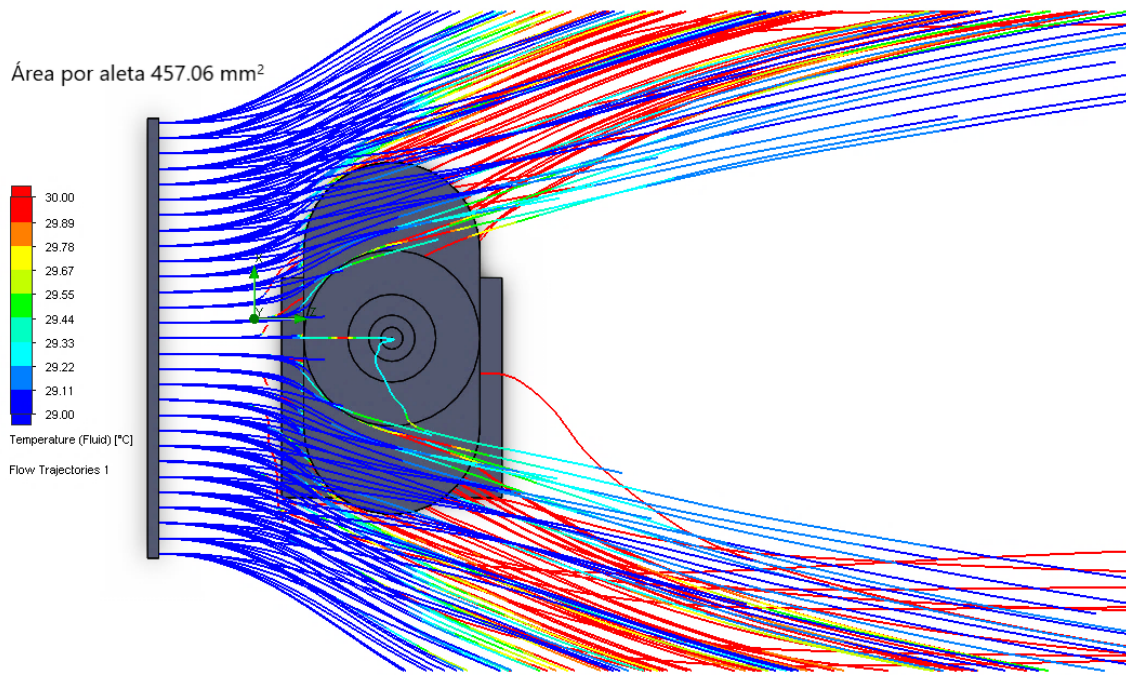
**Fig. 113.** Degradado de temperaturas del fluido en SolidWorks – vista superior – disipador aletas cuadradas.



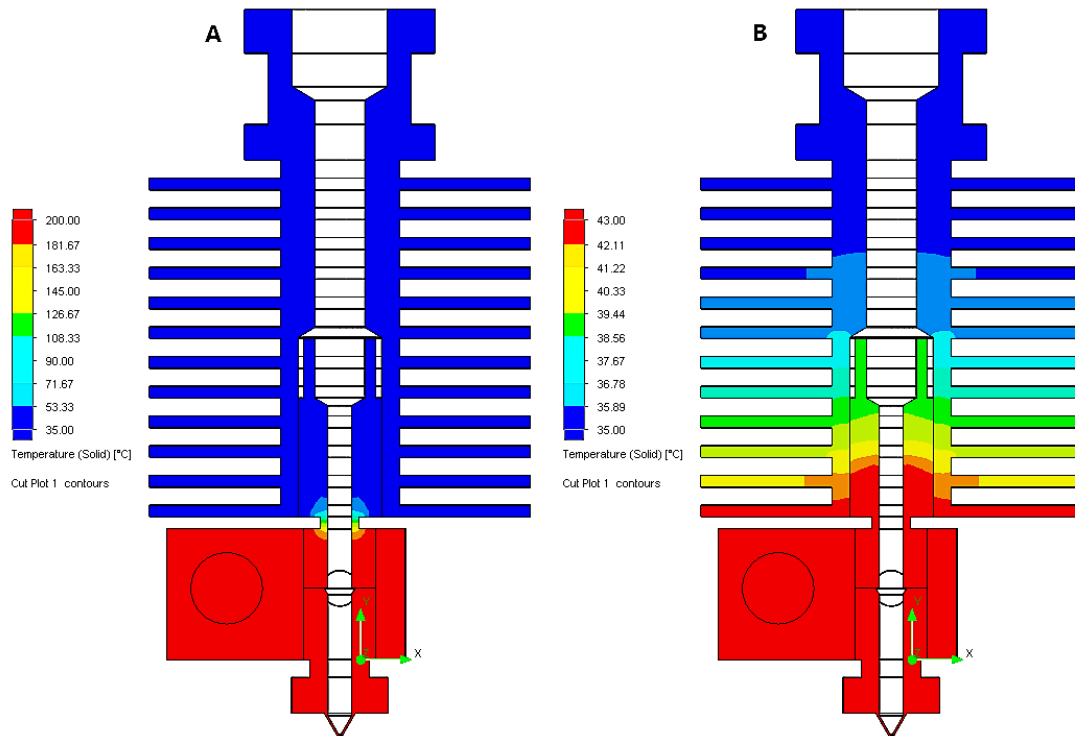
**Fig. 114.** Superficie del disipador de calor aletas cuadradas con degradado de temperaturas SolidWorks, escala real (A), escala modificada (B) con el 100% de velocidad de enfriamiento.



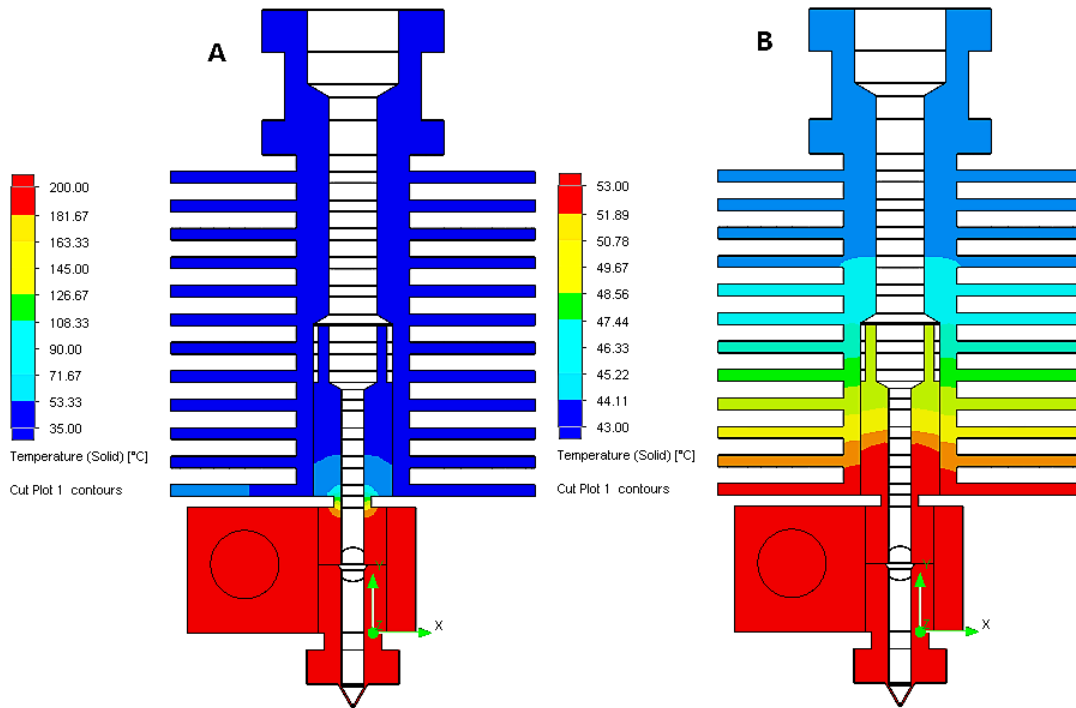
**Fig. 115.** Superficie del disipador de calor aletas cuadradas con degradado de temperaturas SolidWorks, escala real (A), escala modificada (B) con el 50% de velocidad de enfriamiento.



**Fig. 116.** Degrado de temperaturas del fluido en SolidWorks – vista superior – disipador aletas tipo ranura.



**Fig. 117.** Superficie del disipador de calor aletas tipo ranura con degradado de temperaturas SolidWorks, escala real (A), escala modificada (B) con el 100% de velocidad de enfriamiento.



**Fig. 118.** Superficie del disipador de calor aletas tipo ranura con degradado de temperaturas SolidWorks, escala real (A), escala modificada (B) con el 50% de velocidad de enfriamiento.

#### 4.6. Gráfica Temperatura – Distancia (Simulación computacional – Rediseño del disipador de calor)

Los valores mostrados en la Tabla 16 y Tabla 17 corresponden a los resultados obtenidos en la simulación computacional con el 100% y 50% de velocidad de enfriamiento para los cuatro disipadores de calor.

**Tabla 16.** Datos de temperatura – resultados simulación computacional – rediseño del disipador de calor con el 100% velocidad de enfriamiento

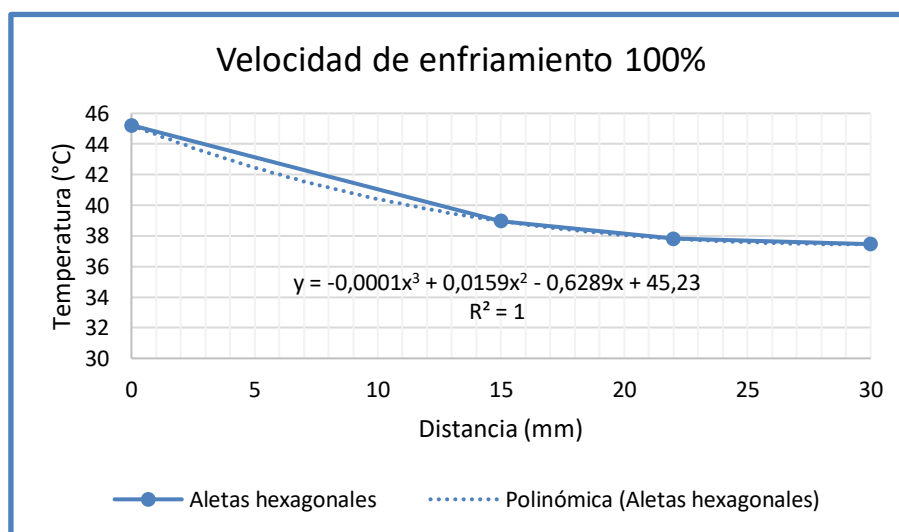
Temperatura (°C) – 100% velocidad de enfriamiento				
Disipador de calor aletas	T1	T2	T3	T4
Circulares	38.57	38.96	40.14	46.25
Hexagonales	37.46	37.82	38.97	45.23
Cuadradas	35.63	35.88	36.96	43.18
<b>Ranura</b>	<b>35.39</b>	<b>35.6</b>	<b>36.61</b>	<b>42.37</b>

**Tabla 17.** Datos de temperatura – resultados simulación computacional – rediseño del disipador de calor con el 50% velocidad de enfriamiento

Temperatura (°C) – 50% velocidad de enfriamiento				
Disipador de calor aletas	T1	T2	T3	T4
Circulares	49.64	50.17	51.52	57.92
Hexagonales	49.8	50.32	51.68	58.26
Cuadradas	46.58	47.01	48.35	55.06
<b>Ranura</b>	<b>44.38</b>	<b>44.72</b>	<b>45.99</b>	<b>52.52</b>

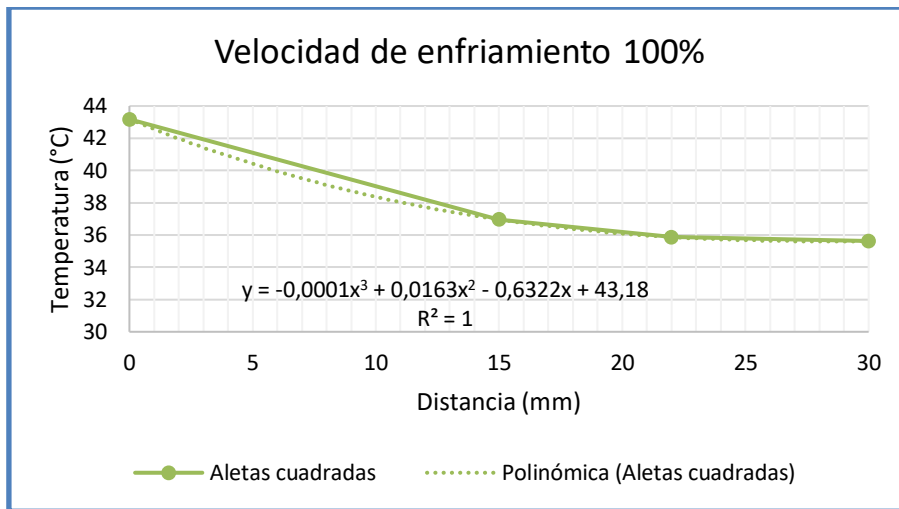
En las imágenes con el degradado de temperaturas para los tres tipos de disipadores de calor (aletas cuadradas, hexagonales y ranura) se puede observar que la temperatura en el disipador de calor es inversamente proporcional al flujo de aire refrigerante (menor porcentaje de flujo de aire – mayor temperatura en el disipador de calor) y la temperatura del fluido es directamente proporcional a la temperatura que se encuentra el sólido (mayor temperatura en el sólido – mayor temperatura del fluido alrededor del extrusor).

A continuación, se muestran los perfiles de temperatura para cada disipador de calor rediseñado, obtenidos mediante simulación computacional.

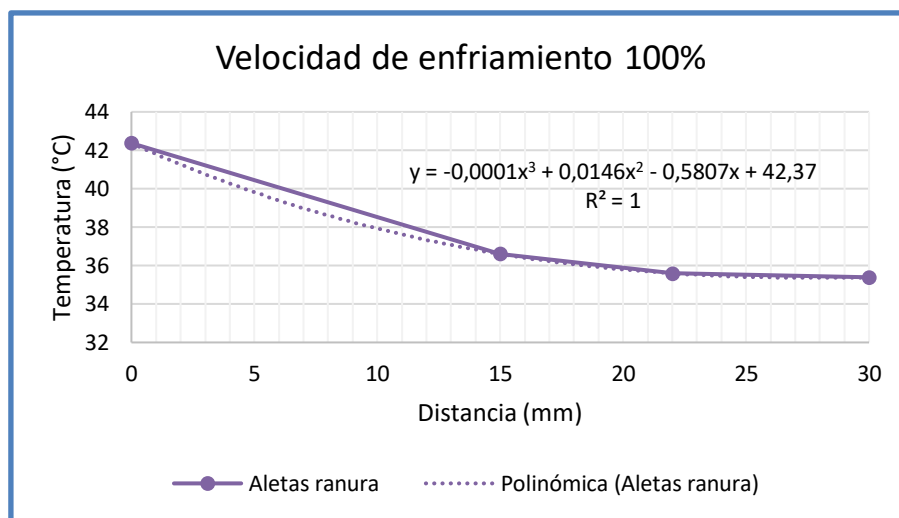


**Fig. 119.** Perfil térmico – simulación computacional – aletas hexagonales (100%).

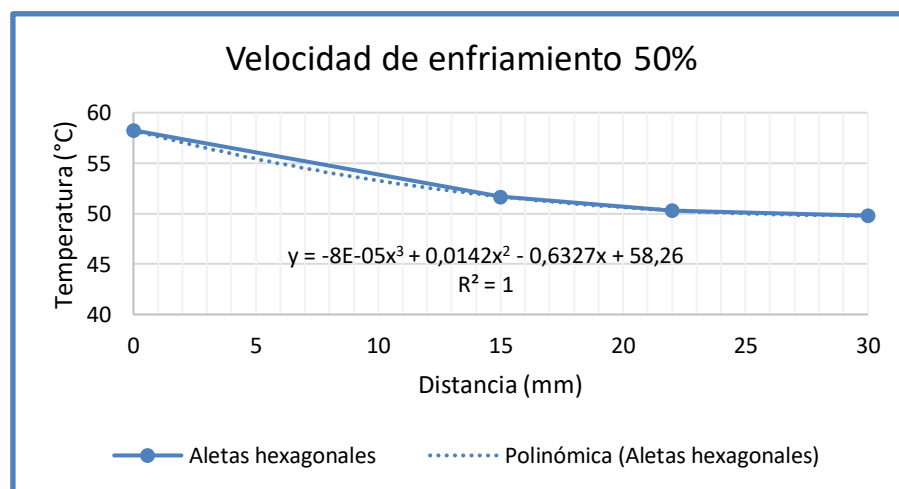




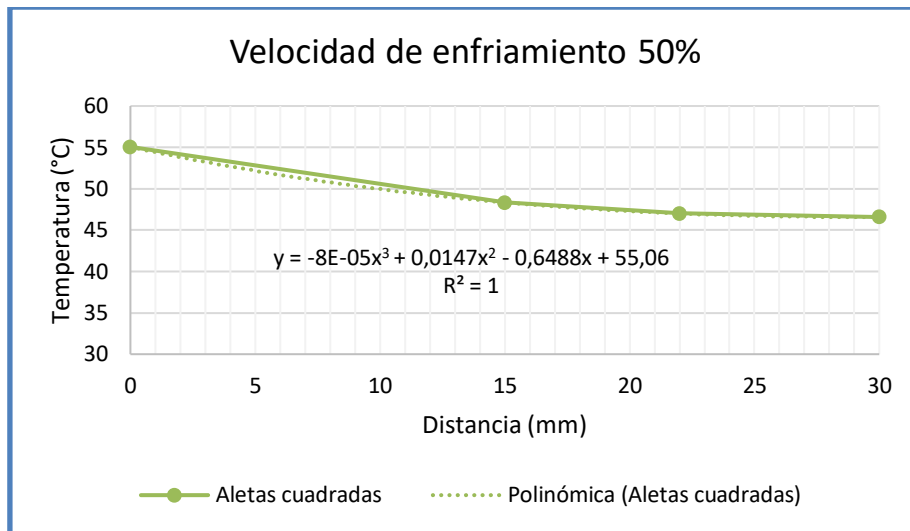
**Fig. 120.** Perfil térmico – simulación computacional – aletas cuadradas (100%).



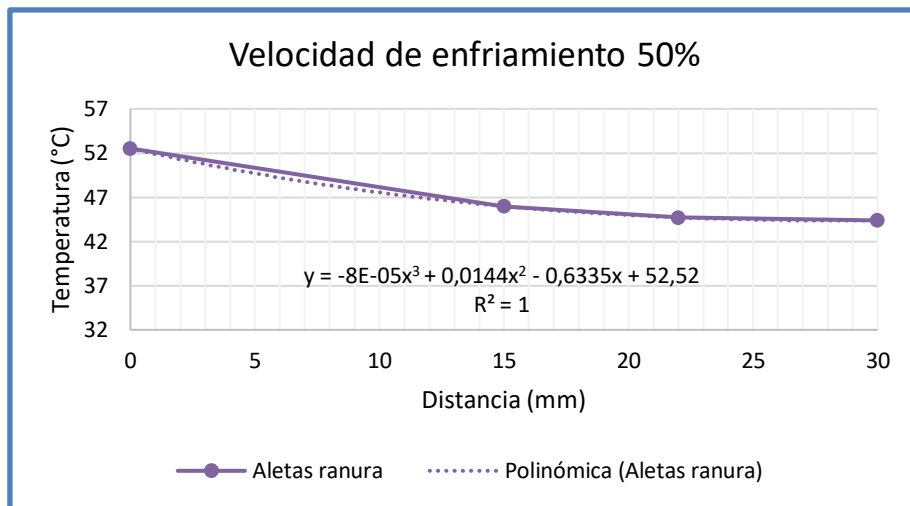
**Fig. 121.** Perfil térmico – simulación computacional – aletas tipo ranura (100%).



**Fig. 122.** Perfil térmico – simulación computacional – aletas hexagonales (50%).



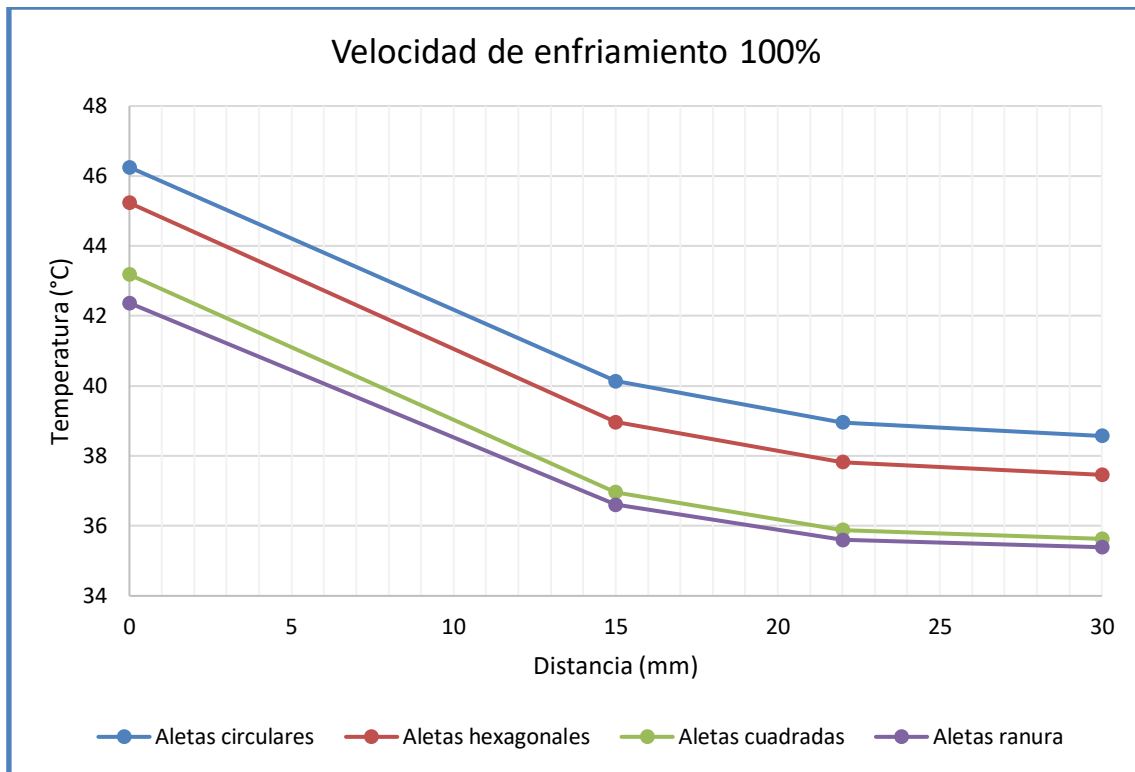
**Fig. 123.** Perfil térmico – simulación computacional – aletas cuadradas (50%).



**Fig. 124.** Perfil térmico – simulación computacional – aletas tipo ranura (50%).

Según los resultados computacionales mostrados gráficamente en la Fig. 125 para los tres disipadores de calor (aletas tipo hexagonales, cuadradas y ranura), comparados bajo las mismas condiciones de borde que se utilizaron en el disipador de aletas circulares, se puede observar que la pendiente de la recta entre todos los puntos 0, 15, 22 y 30 mm es prácticamente similar para los tres disipadores de calor.

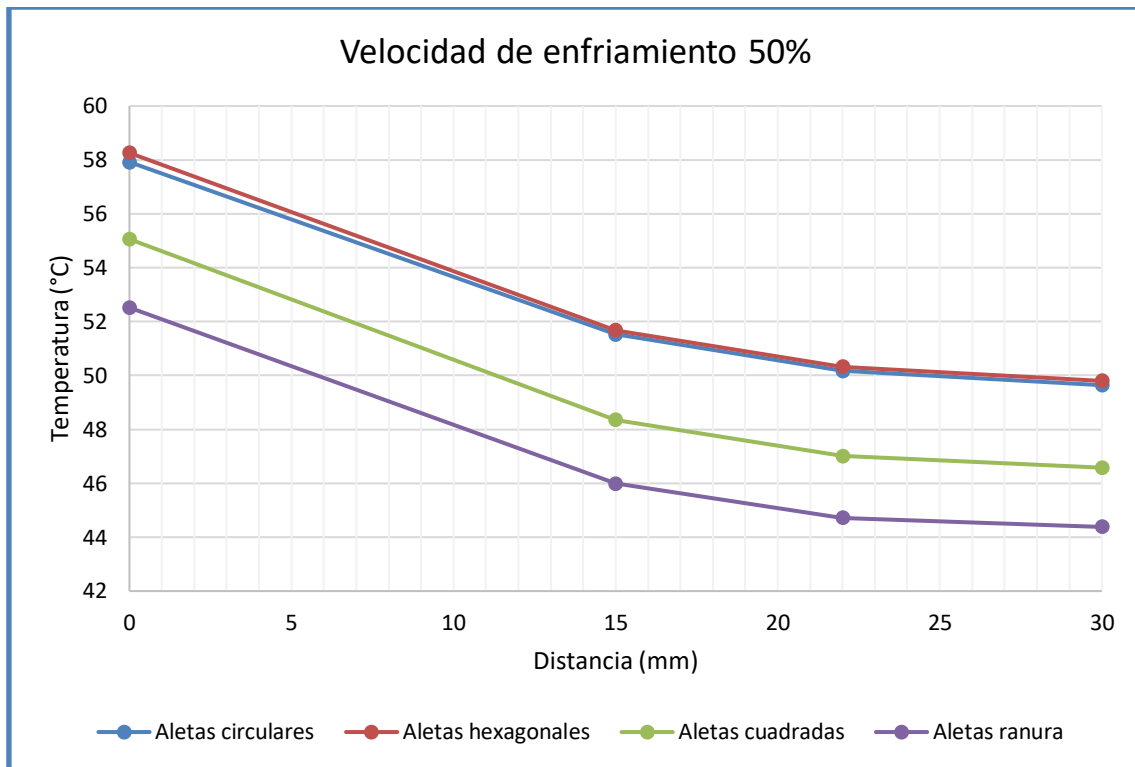
Sin embargo, aunque la pendiente tenga este alto grado de similitud, los puntos no son muy cercanos entre ellos existiendo diferencias de aproximadamente 0.2 a 1.8 °C, por ejemplo, para el punto 30 mm entre los disipadores de calor con aletas tipo cuadras y hexagonales hay una diferencia entre ellos de aproximadamente 1.8 °C.



**Fig. 125.** Perfil térmico según el tipo de disipador de calor – simulación computacional para el 100% velocidad de enfriamiento.

Además, se aprecia que los tres perfiles térmicos de los disipadores de calor rediseñados están bajo el perfil térmico del disipador de 12 aletas circulares, lo que lleva a concluir que los tres disipadores con aletas tipo hexagonales, cuadradas y ranura disipan mayor cantidad de calor que el disipador con aletas circulares, en este orden: disipador aletas ranura < aletas cuadradas < aletas hexagonales < aletas circulares, para un 100% de velocidad de enfriamiento, siendo el mejor y más óptimo el disipador de calor con 12 aletas tipo ranura, debido a que presenta una temperatura menor en los cuatro puntos seleccionados para estudio, valores que se muestran en la Tabla 16, se puede concluir también que mientras mayor sea el área en la aleta del disipador de calor, mayor será la disipación de calor, reduciendo así la temperatura en el disipador.

De igual manera en la Fig. 126, se puede observar que la pendiente de la recta es prácticamente similar entre los puntos seleccionados de estudio (0, 15, 22 y 30 mm) para los cuatro disipadores de calor. Sin embargo, aunque la pendiente sea similar, los puntos no son muy cercanos entre ellos existiendo diferencias de aproximadamente 0.16 a 3.2 °C, por ejemplo, para el punto 30 mm entre los disipadores calor con aletas tipo cuadradas y hexagonales hay una diferencia de aproximadamente 3.2 °C.



**Fig. 126.** Perfil térmico según el tipo de disipador de calor – simulación computacional para el 50% velocidad de enfriamiento.

Además, en la Fig. 126 se observa que dos de los tres perfiles de temperatura de los disipadores de calor rediseñados están bajo el perfil térmico del disipador de 12 aletas circulares, lo que lleva también a concluir que los disipadores con aletas tipo cuadradas y ranura disipan mayor cantidad de calor que el disipador con aletas circulares, para un 50% de velocidad de enfriamiento, siendo el mejor y más óptimo el disipador de calor con 12 aletas tipo ranura. En la Tabla 18 se muestra el porcentaje de optimización de los perfiles de temperatura y se puede observar que el disipador de aletas tipo ranura es aquel que optimiza el perfil térmico en un mayor porcentaje.

**Tabla 18.** Porcentaje de optimización para los disipadores de calor rediseñados

Porcentaje de optimización con el rediseño del disipador de calor				
Disipador de calor aletas	30 mm	22 mm	15 mm	0 mm
Hexagonal 100%   50%	2.9%   0.3%	2.9%   0.3%	2.9%   0.3%	2.2%   0.6%
Cuadrada 100%   50%	7.6%   6.2%	7.9%   6.3%	7.9%   6.2%	6.6%   4.9%
<b>Ranura 100%   50%</b>	<b>8.2%   10.6%</b>	<b>8.6%   10.9%</b>	<b>8.7%   10.7%</b>	<b>8.4%   9.3%</b>

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

- Se pudo observar la no linealidad en el crecimiento de la temperatura en relación con la velocidad de enfriamiento, se puede llegar a pensar que el aumento de la velocidad de enfriamiento del ventilador es proporcional al descenso de la temperatura, pero en la Fig. 95, Fig. 96 y Fig. 99 se muestra que la influencia del aumento del flujo de aire refrigerante del ventilador deriva en un cambio no uniforme de la temperatura.
- Para porcentajes bajos de flujo de aire refrigerante como el 40% y 30% el ventilador no tiene la capacidad suficiente para disipar el calor provocando que la temperatura en la parte superior del disipador aumente a valores elevados de aproximadamente 60 °C, obstruyendo el paso del filamento para impresión, en el análisis realizado para las muestras recolectadas durante las pruebas experimentales se obtuvo una desviación estándar de 3.37 para el 30% de flujo de aire refrigerante. Es importante mencionar que el ventilador de la plataforma de pruebas se activa a partir del 30% de capacidad (velocidad del aire 0,5 m/s).
- Las simulaciones computacionales responden correctamente al aumento de la velocidad de enfriamiento del ventilador, dando lugar cada vez a temperaturas inferiores en el disipador de calor. Además, los modelos de elementos finitos descritos en SolidWorks (geometría, condiciones iniciales y de contorno) para el 100%, 90%, 80%, 70%, 60% y 50% de velocidad de enfriamiento son los adecuados para predecir el perfil de temperatura de una impresora 3D que usa un extrusor tipo BCNozzle, debido a que todos ellos presentan un error relativo de aproximadamente el 8%, entre los datos obtenidos de manera experimental y computacional, existiendo mayor correlación teórica – experimental.
- La convergencia de datos en la simulación computacional con 177017 elementos finitos permitió obtener perfiles de temperatura teóricos para su posterior validación experimental.

- Los tres disipadores con aletas hexagonales, cuadradas y ranura disipan mayor cantidad de calor que el disipador con aletas circulares (Fig. 125 y Fig. 126), en este orden: disipador aletas ranura < aletas cuadradas < aletas hexagonales < aletas circulares, siendo el mejor y más óptimo el disipador de calor con 12 aletas tipo ranura, debido a que presenta una temperatura menor en los cuatro puntos seleccionados. Además, el disipador de calor de aletas tipo ranura incrementa su área por aleta en un 17% respecto al disipador de aletas circulares ofreciendo un perfil más óptimo de enfriamiento que podría ser utilizado para materiales de impresión con más alta temperatura, además presenta una optimización del perfil térmico en un 8.5% respecto al disipador con aletas circulares.
- Existe una correlación directa de los datos experimentales obtenidos mediante los termistores colocados en el disipador de calor en la plataforma de pruebas con los obtenidos mediante la cámara termográfica, ésta permitió dar una mejor representación de lo que pasa en la realidad en los estudios realizados, validando también los resultados obtenidos durante las pruebas experimentales.

## 5.2. Recomendaciones

- Realizar un análisis matemático de las funciones de los perfiles de enfriamiento para cada una de las condiciones de flujo y disipadores de calor, para futuros trabajos de grado.
- Los resultados computacionales en la simulación del disipador de 12 aletas circulares no coinciden en su totalidad a los datos experimentales presentando en algunos casos variaciones de hasta 4 °C con un error relativo de aproximadamente 8%, esto puede deberse a la temperatura ambiente, ya que durante los 4 días consecutivos que se realizaron las pruebas experimentales la temperatura varió entre los 27 y 31 °C, para lo cual se recomienda un espacio donde la temperatura ambiente pueda ser monitoreada y controlada. Otro aspecto a considerarse para la variación de los datos de temperatura, puede corresponder a la imposición de la condición de aislamiento térmico del volumen de control alrededor del extrusor, haciendo que el calor pueda salir del modelo por convección forzada.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] V. García, Estudio del comportamiento térmico del disipador de calor de un extrusor de impresora 3D, Universitat Politècnica de Catalunya, Ingeniería Mecánica, 2016.
- [2] L. Hod y M. Kurman, The New World of 3D Printing, Indianapolis: Anaya multimedia (Anaya group Ed.), 2015.
- [3] J. Chen y V. Samuel, «Revolution of 3D printing technology and application of Six Sigma methodologies to optimize the output quality characteristics,» de *2016 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT)*, Taipei, Taiwan, 2016.
- [4] R. Jerez-Mesa, J. Travieso-Rodriguez, X. Corbella, R. Busqué y G. Gomez-Gras, «Finite element analysis of the thermal behavior of a RepRap 3D printer liquefier,» *Mechatronics*, vol. 36, pp. 119-126, 2016.
- [5] Y. Zhang y K. Chou, «A parametric study of part distortions in fused deposition modelling using three-dimensional finite element analysis,» *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, vol. 222(8), pp. 959-968, 2008.
- [6] S. Gómez-González, Impresión 3D, Colombia: Alfaomega, 2016, pp. 15-37.
- [7] S. Basilio, «Impresión 3D y la manufactura de productos,» PRYSMAV, 19 05 2018. [En línea]. Available: <https://prysmav.com/impresion-3d-y-la-manufactura-de-productos/>. [Último acceso: 29 09 2019].
- [8] V. Collado, Mejora del sistema de extrusión de una impresora 3D BCN3D Sigma, Universidad Politècnica de Catalunya, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona, 2016.
- [9] E. Guerrero, Cabezal multiextrusor para impresora 3D, Universidad Técnica del Norte, Ingeniería Mecatrónica, 2017.
- [10] Filament2Print, «Tipos de extrusores 3D y HotEnd,» 28 02 2018. [En línea]. Available: [https://filament2print.com/es/blog/36\\_tipos-extrusores-y-hotend.html](https://filament2print.com/es/blog/36_tipos-extrusores-y-hotend.html). [Último acceso: 29 09 2019].

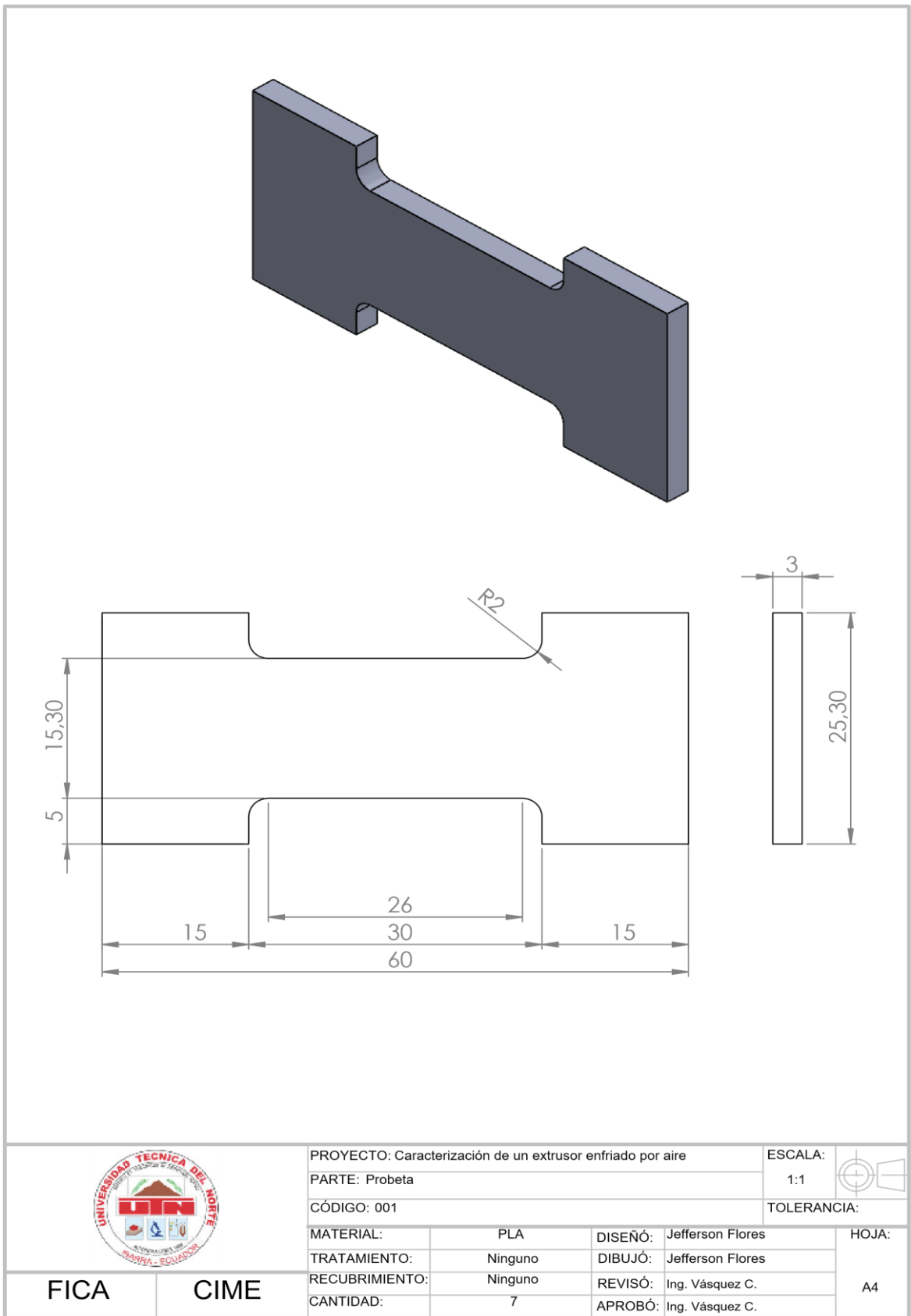
- [11] J. Lorenzo, «Guía Definitiva sobre Extrusores y Hotends para Impresora 3D,» 07 2019. [En línea]. Available: <https://of3lia.com/guia-extrusor-y-hotend-impresora-3d/>. [Último acceso: 29 09 2019].
- [12] J. López y A. Ceballos, Diseño y construcción de un cabezal extrusor de filamento ABS para prototipado rápido, Universidad Tecnológica de Pereira, Tecnología Mecánica, 2015.
- [13] R. Hidrobo, Desarrollo de una plataforma de pruebas para la caracterización experimental de extrusores para una impresora 3D, Universidad Técnica del Norte, Ingeniería Mecatrónica, 2019.
- [14] R. Pérez, A. Torres y M. V. Candal, «Efecto de las variables del proceso de extrusión sobre la relación estructura-propiedades de películas tubulares de PEBD,» *Iberoamericana de Polímeros*, vol. 14(6), pp. 257-274, 2013.
- [15] Simplify3D, «Print Quality Troubleshooting Guide,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.simplify3d.com/support/print-quality-troubleshooting/>. [Último acceso: 29 09 2019].
- [16] S. Rohringer, «Los 25 mejores filamentos para impresoras 3D – Guía 2019,» 01 02 2019. [En línea]. Available: <https://all3dp.com/es/1/filamento-3d-filamento-impresora-3d/>. [Último acceso: 29 09 2019].
- [17] P. Ultimaker, «Ficha de datos técnicos PLA,» 16 05 2017. [En línea]. Available: <https://ultimaker.com/download/67583/TDS%20PLA%20v3.011-spa-ES.pdf>. [Último acceso: 30 11 2019].
- [18] E. Laime y Á. Almidón, «Manual de programación LabVIEW 9.0,» de *Asociación de apoyo a la investigación, innovación y transferencia tecnológica - Green Energy*, 2018.
- [19] C. Lledó, Microsoft Office 2016 (guía práctica), 1 ed., Madrid-España: ANAMAYA Multimedia, 2016, p. 121.
- [20] Ultimaker, «Simplifique la impresión 3D con Ultimaker Cura,» 2019. [En línea]. Available: <https://ultimaker.com/software/ultimaker-cura>. [Último acceso: 29 09 2019].
- [21] A. Vera, Simulación con Solidworks: Análisis estático lineal, 1 ed., Lima-Perú: Macro EIRL, 2014, pp. 9-15.



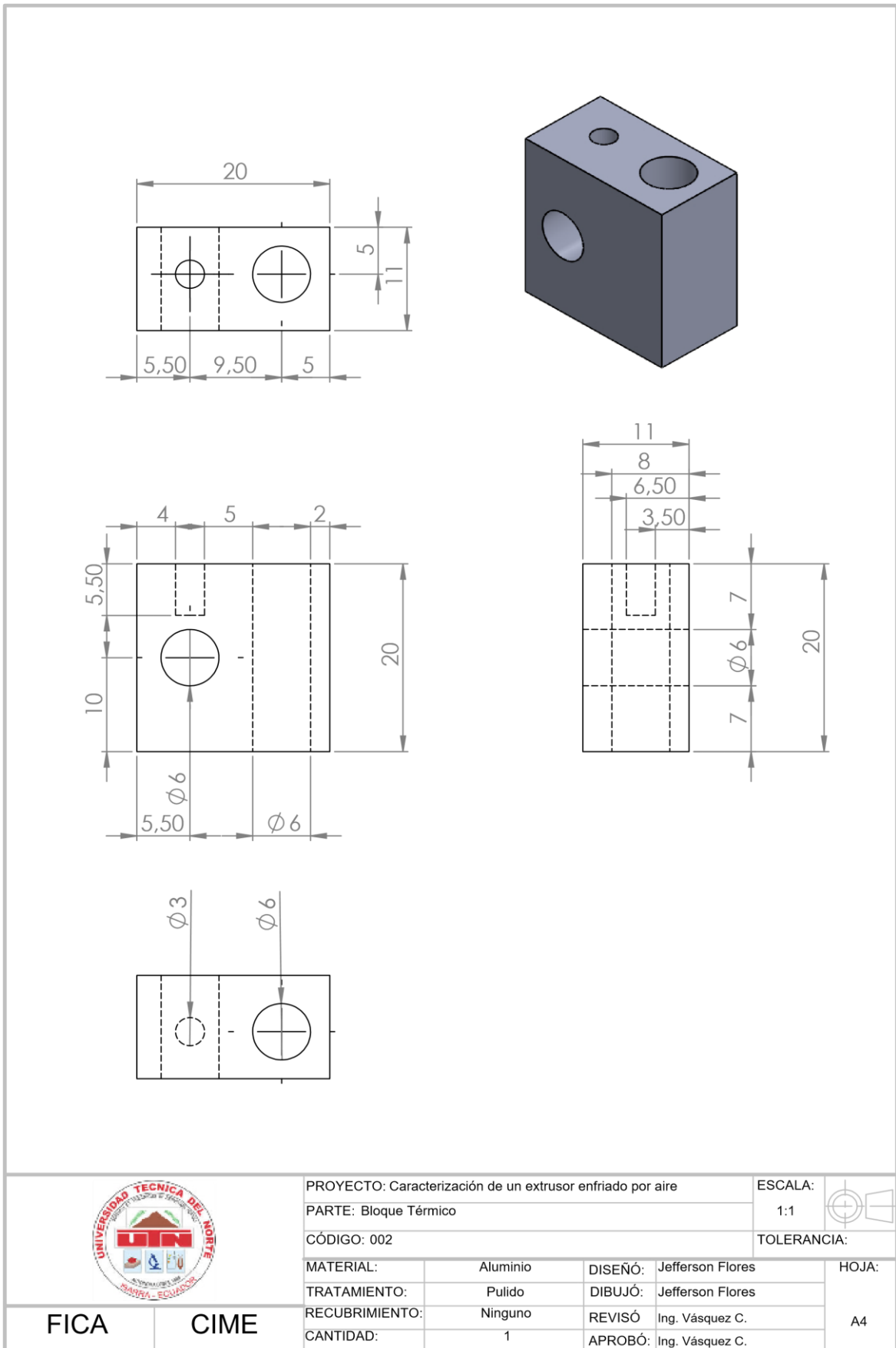
- [22] Fluke-Corporation, «TiS10, TiS20, TiS40, TiS45, TiS50, TiS55, TiS60, TiS65 Performance Series Thermal Imagers - Users Manual,» 2015. [En línea]. Available: <https://www.instrumart.com/assets/Fluke-Tis75-man.pdf>. [Último acceso: 29 09 2019].
- [23] C. Vásquez, E. Guerrero, D. Álvarez, L. Tobar y L. Garzón, Análisis térmico y comparativo de un extrusor tipo HotEnd enfriado por aire y otro enfriado por agua para impresión 3D, Ibarra: Universidad Técnica del Norte, Ingeniería Mecatrónica, 2017.
- [24] R. Jerez-Mesa, G. Gómez-Gras, V. Plana-García, J. Travieso-Rodríguez y J. Lluma-Fuentes, «Estudio comparativo del comportamiento térmico de diferentes disipadores de calor para impresoras 3D a través de MEF,» *XXI CONGRESO NACIONAL*, pp. 526-534, 07 11 2016.
- [25] Vistronica, «Mini Ventilador 12V DC 40x40x10MM,» Tienda virtual de electrónica, 2016. [En línea]. Available: <https://www.vistronica.com/disipadores-de-calor/mini-ventilador-12v-dc-40x40x10mm-detail.html>. [Último acceso: 29 09 2019].
- [26] RepRapBCN, «Hotend BCNozzle,» [En línea]. Available: <https://reprapbcn.wordpress.com/2014/01/21/por-fin-llega-el-hotend-bcnozzle/>. [Último acceso: 29 09 2019].
- [27] R. Murray y J. Larry, Estadística Schaun, 4 ed., Madrid: McGrawHill, 2009, p. 202.
- [28] R. Uceda, «Investigadores de la UPC-Barcelona TECH desarrollan una impresora 3D,» 09 05 2013. [En línea]. Available: <http://www.interempresas.net/Metal%20Mecanica/Articulos/109115-Investigadores-de-la-UPC-Barcelona-TECH-desarrollan-una-impresora-3D.html>. [Último acceso: 28 09 2019].
- [29] D. Gene, SolidWorks 2014 – SolidWorks Flow Simulation, 1 ed., Waltham: Compuengine CIA Ltda, 2014.
- [30] A. Ñauta, M. Vergara y C. Cobos, Simulación de termofluidos de PLA natural y ABS en el proceso de impresión 3D, Universidad Politécnica Salesiana, 2017.

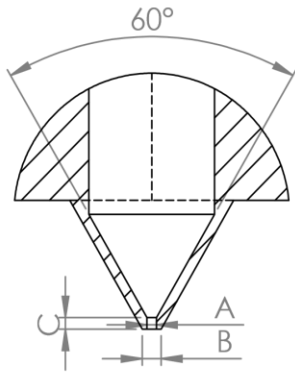
# ANEXOS

## Anexo 1. Plano Probeta

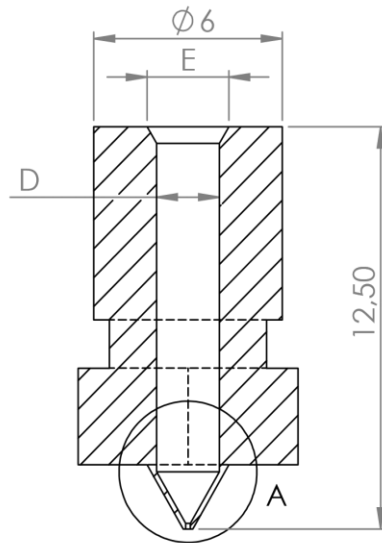
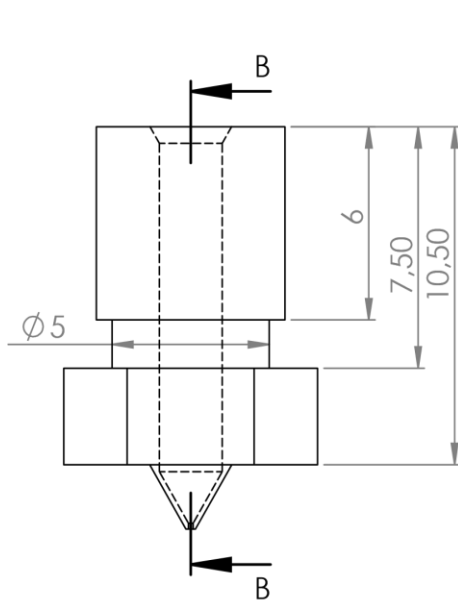
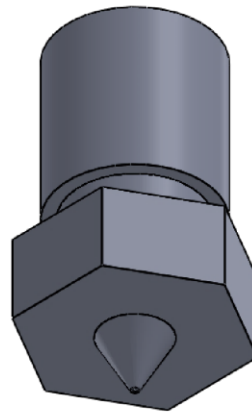


## Anexo 2. Planos componentes del extrusor

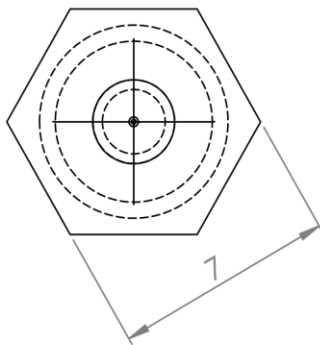




DETALLE A  
ESCALA 10 : 1



SECCIÓN B-B  
ESCALA 2 : 1



SKU	A	B	C	D	E	F	# Dots
V6-NOZZLE-175-150	0.15	0.30	0.187	2.0	2.6	0.10	?
V6-NOZZLE-175-250	0.25	0.63	0.38	2.0	2.6	0.10	0
V6-NOZZLE-175-300	0.30	0.75	0.45	2.0	2.6	0.10	1
V6-NOZZLE-175-350	0.35	0.88	0.53	2.0	2.6	0.15	2
V6-NOZZLE-175-400	0.40	1.00	0.60	2.0	2.6	0.20	3
V6-NOZZLE-175-500	0.50	1.25	0.90	2.0	2.6	0.20	6
V6-NOZZLE-175-600	0.60	1.50	1.20	2.0	2.6	0.25	4
V6-NOZZLE-175-800	0.80	2.00	1.60	2.0	2.6	0.30	5
V6-NOZZLE-175-000	UNDRILLED	1.00	0.60	2.0	2.6	0.20	0
V6-NOZZLE-300-150	0.15	0.30	0.187	3.2	3.9	0.10	?
V6-NOZZLE-300-250	0.25	0.63	0.38	3.2	3.9	0.10	0
V6-NOZZLE-300-300	0.30	0.75	0.45	3.2	3.9	0.10	1
V6-NOZZLE-300-350	0.35	0.88	0.53	3.2	3.9	0.15	2
V6-NOZZLE-300-400	0.40	1.00	0.60	3.2	3.9	0.20	3
V6-NOZZLE-300-500	0.50	1.25	0.90	3.2	3.9	0.20	6
V6-NOZZLE-300-600	0.60	1.50	1.20	3.2	3.9	0.25	4
V6-NOZZLE-300-800	0.80	2.00	1.60	3.2	3.9	0.30	5
V6-NOZZLE-300-000	UNDRILLED	1.00	0.60	3.2	3.9	0.20	0



PROYECTO: Caracterización de un extrusor enfriado por aire

ESCALA:

PARTE: Boquilla

1:1

CÓDIGO: 003

TOLERANCIA:

MATERIAL: Latón

DISEÑO: Jefferson Flores

HOJA:

TRATAMIENTO: Pulido

DIBUJÓ: Jefferson Flores

RECUBRIMIENTO: Ninguno

REVISÓ: Ing. Vásquez C.

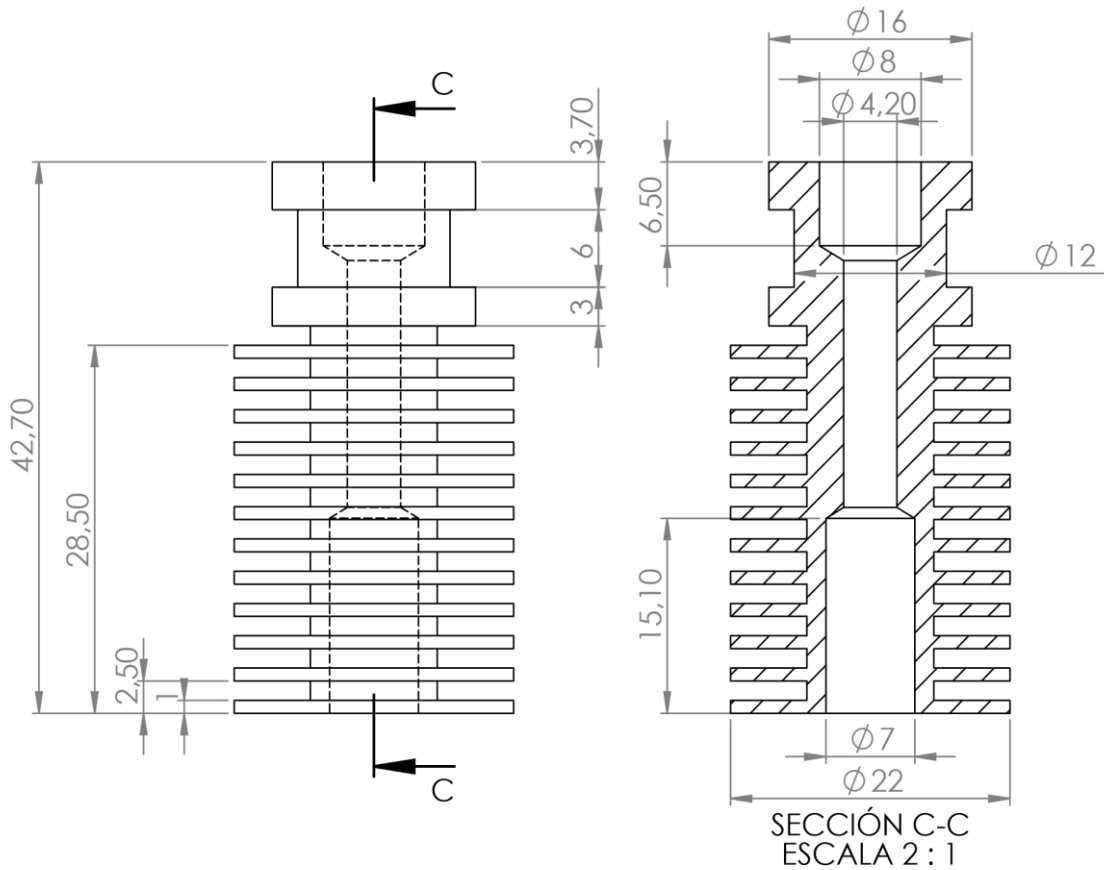
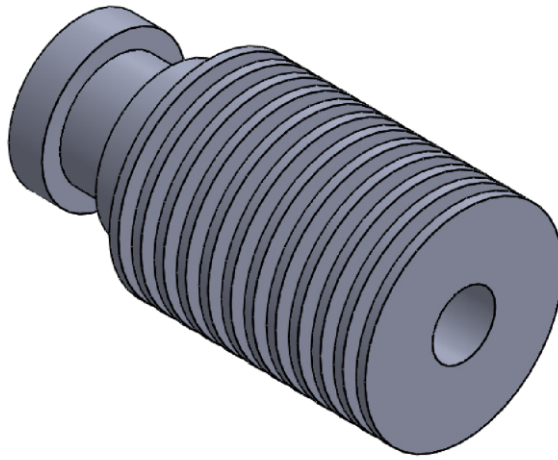
CANTIDAD: 1

APROBÓ: Ing. Vásquez C.

A4

FICA

CIME



PROYECTO: Caracterización de un extrusor enfriado por aire

ESCALA:

PARTE: Disipador de 12 aletas circulares

1:1

CÓDIGO: 004

TOLERANCIA:

MATERIAL: Aluminio

DISEÑO: Jefferson Flores

HOJA:

TRATAMIENTO: Pulido

DIBUJÓ: Jefferson Flores

RECUBRIMIENTO: Ninguno

REVISÓ: Ing. Vásquez C.

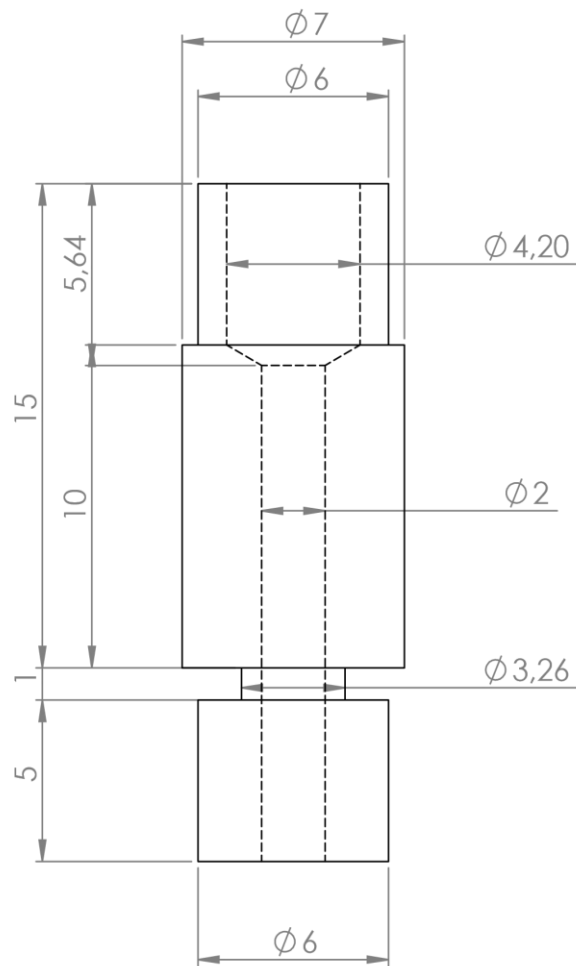
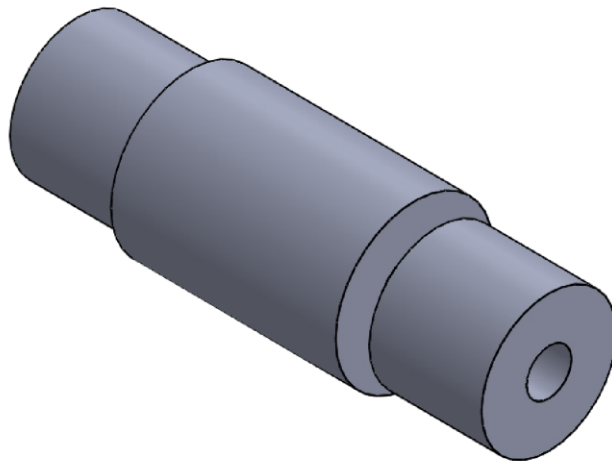
A4

CANTIDAD: 1

APROBÓ: Ing. Vásquez C.

FICA

CIME



PROYECTO: Caracterización de un extrusor enfriado por aire

ESCALA:

PARTE: Barrera de calor

1:1

CÓDIGO: 005

TOLERANCIA:

MATERIAL: Acero Inoxidable

DISEÑO: Jefferson Flores

HOJA:

TRATAMIENTO: Pulido

DIBUJÓ: Jefferson Flores

RECUBRIMIENTO: Ninguno

REVISÓ: Ing. Vásquez C.

CANTIDAD: 1

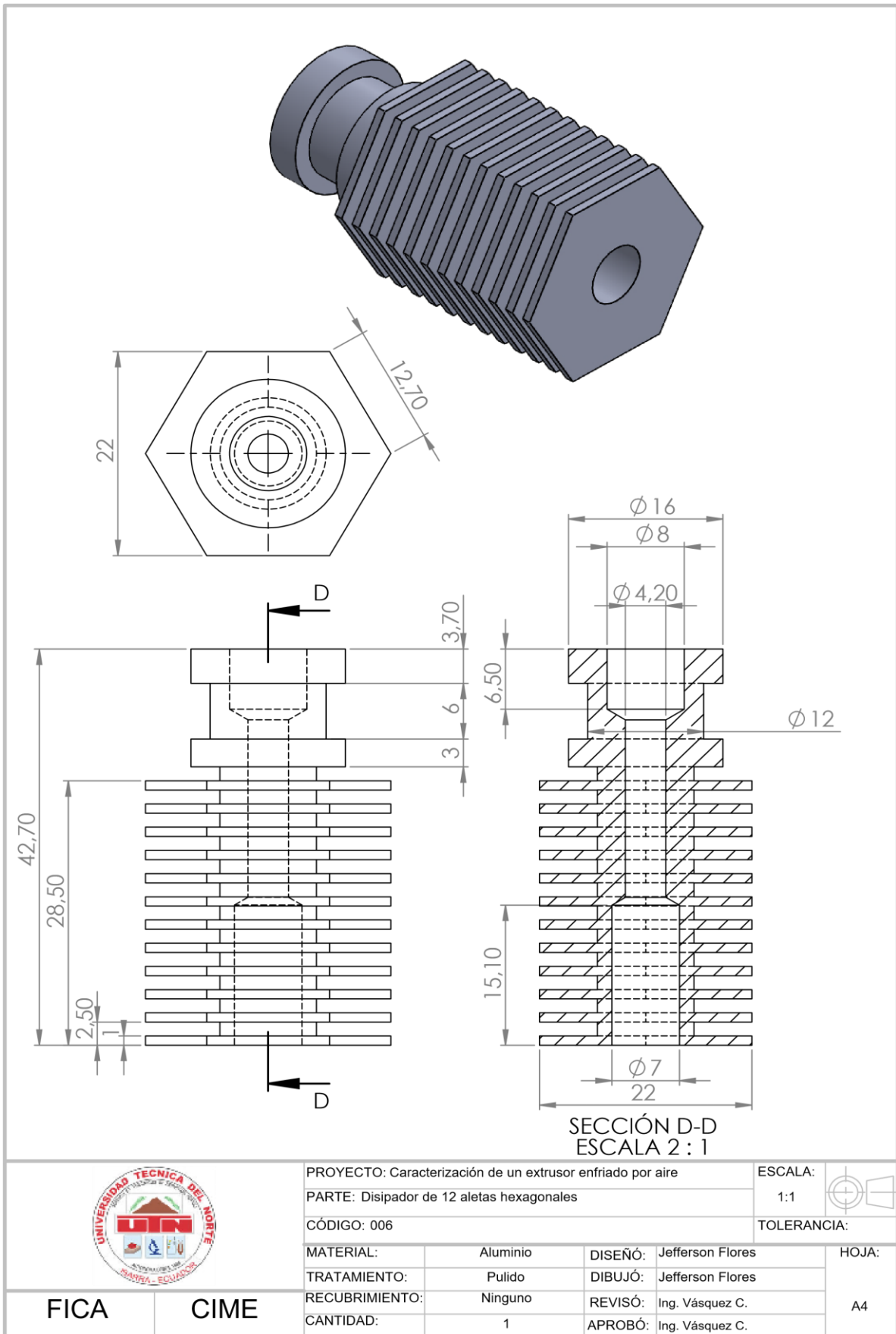
APROBÓ: Ing. Vásquez C.

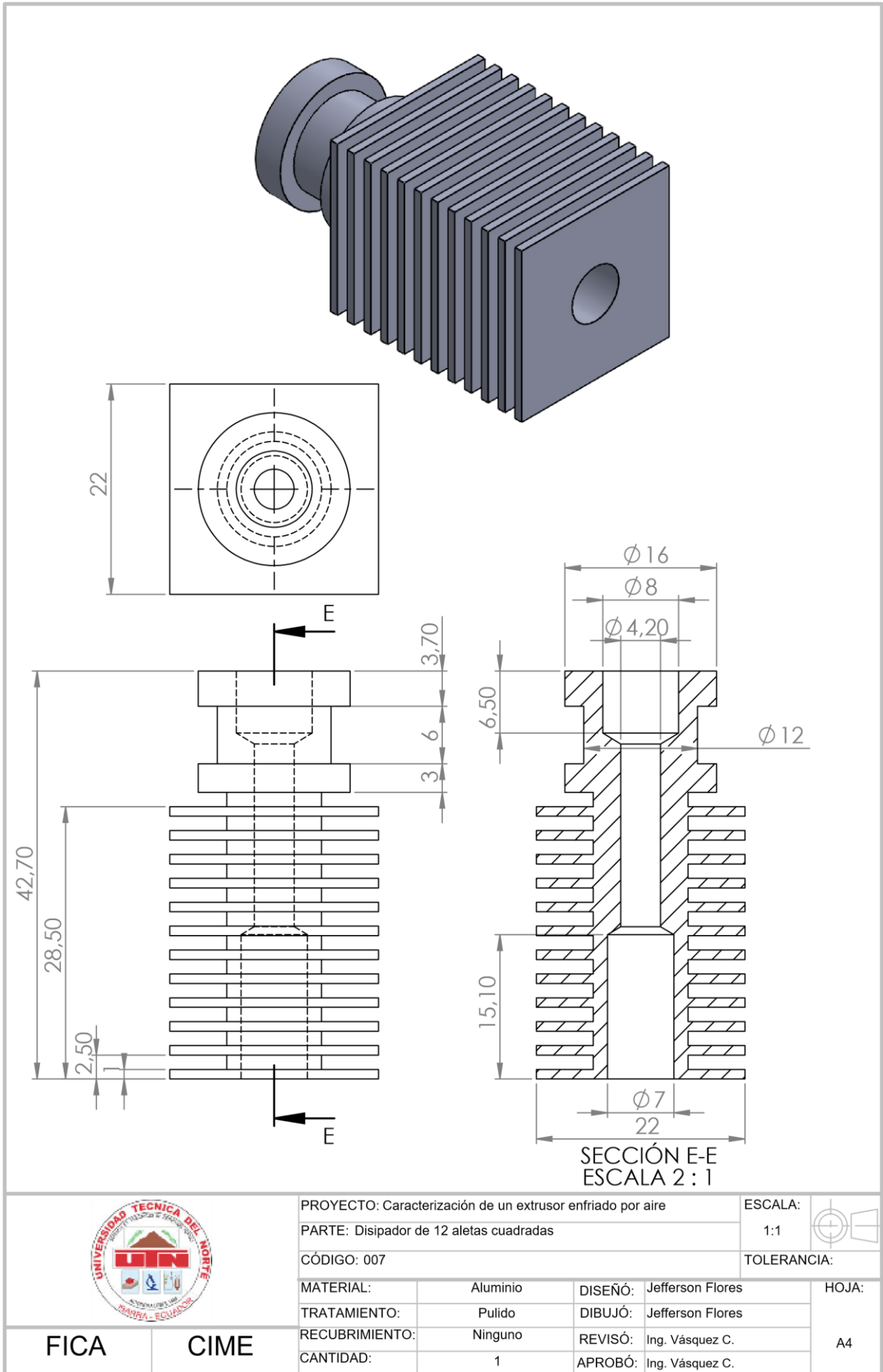
A4

FICA

CIME

### Anexo 3. Planos disipadores de calor (Rediseño)





PROYECTO: Caracterización de un extrusor enfriado por aire

ESCALA:

PARTE: Disipador de 12 aletas cuadradas

1:1

CÓDIGO: 007

TOLERANCIA:

MATERIAL: Aluminio

DISEÑO: Jefferson Flores

HOJA:

TRATAMIENTO: Pulido

DIBUJÓ: Jefferson Flores

RECUBRIMIENTO: Ninguno

REVISÓ: Ing. Vásquez C.

A4

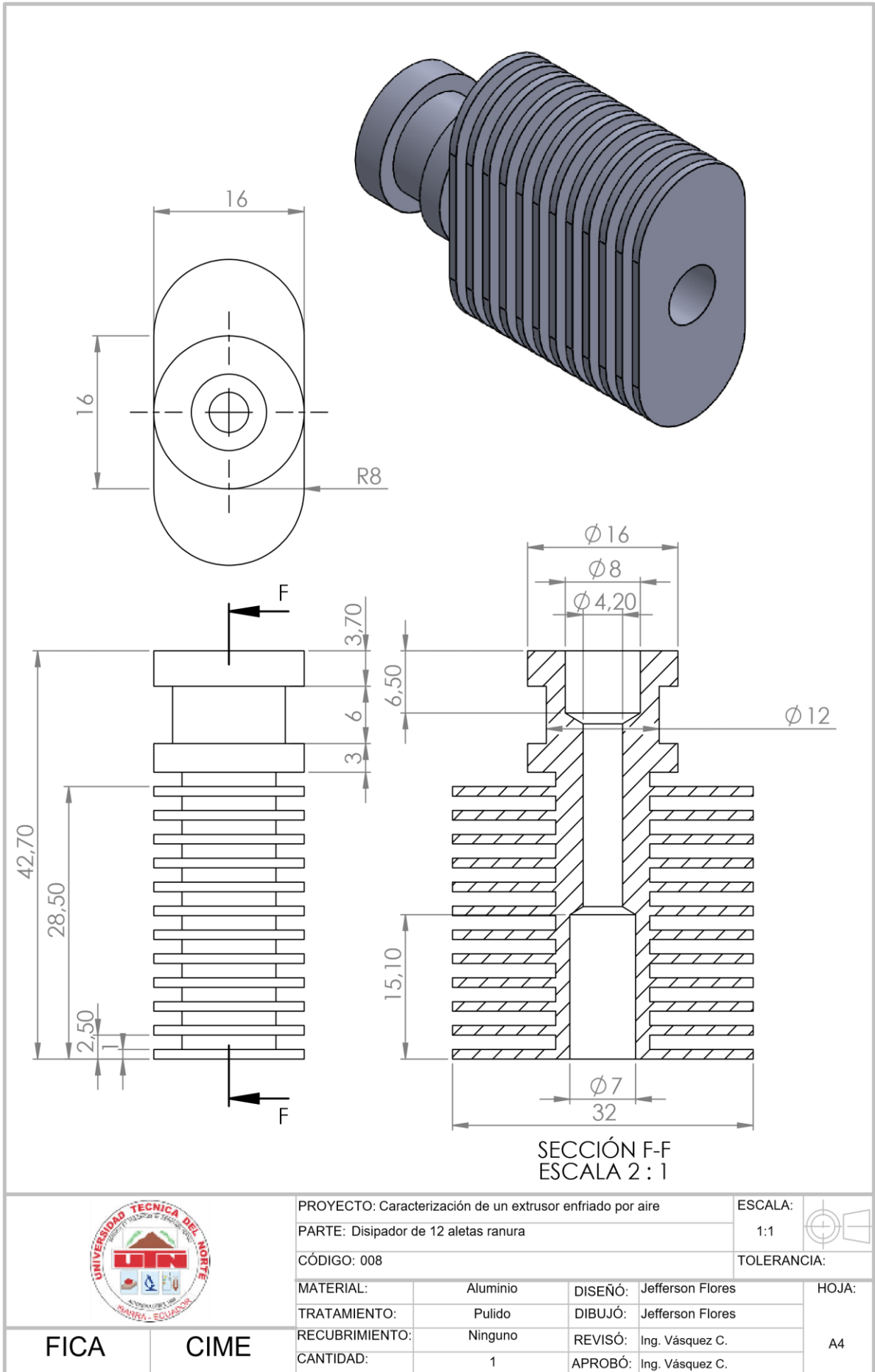
CANTIDAD: 1

APROBÓ: Ing. Vásquez C.

FICA

CIME





PROYECTO: Caracterización de un extrusor enfriado por aire

ESCALA:

PARTE: Disipador de 12 aletas ranura

1:1

CÓDIGO: 008

TOLERANCIA:

MATERIAL:

Aluminio

DISEÑO:

Jefferson Flores

TRATAMIENTO:

Pulido

DIBUJÓ:

Jefferson Flores

RECUBRIMIENTO:

Ninguno

REVISÓ:

Ing. Vásquez C.

CANTIDAD:

1

APROBÓ:

Ing. Vásquez C.

HOJA:

A4

FICA

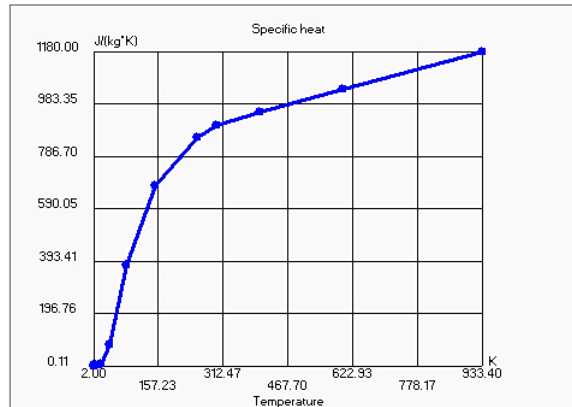
CIME

## Anexo 4. Tablas y curvas del material de los componentes del extrusor usados en la simulación computacional

### Aluminio

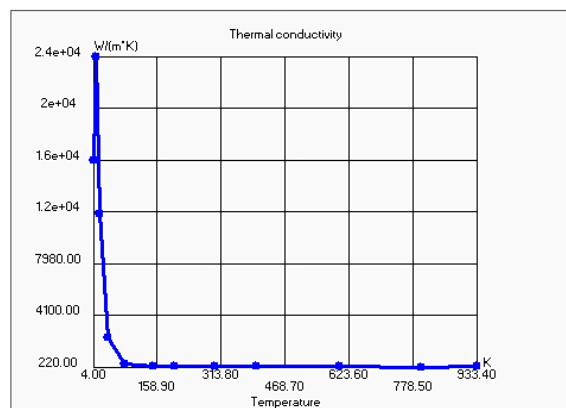
#### Capacidad calorífica

Temperature	Specific heat
2 K	0.11 J/(kg*K)
4 K	0.3 J/(kg*K)
8 K	0.9 J/(kg*K)
10 K	1.41 J/(kg*K)
15 K	4.6 J/(kg*K)
20 K	8.9 J/(kg*K)
40 K	78 J/(kg*K)
80 K	376 J/(kg*K)
150 K	675 J/(kg*K)
250 K	858 J/(kg*K)
298.1 K	902 J/(kg*K)
400 K	951 J/(kg*K)
600 K	1037 J/(kg*K)
933.4 K	1180 J/(kg*K)



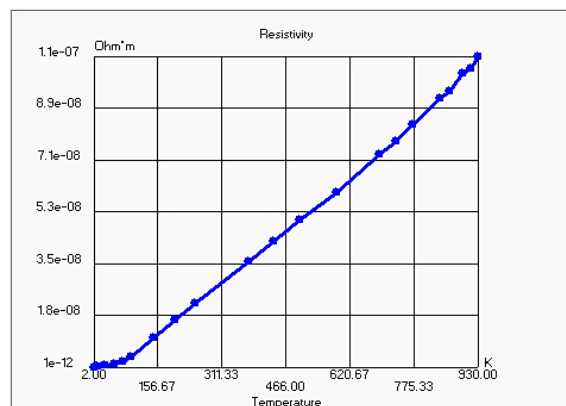
#### Conductividad térmica

Temperature	Thermal conductivity
4 K	15700 W/(m*K)
10 K	23500 W/(m*K)
20 K	11700 W/(m*K)
40 K	2400 W/(m*K)
80 K	430 W/(m*K)
150 K	248 W/(m*K)
200 K	237 W/(m*K)
300 K	237 W/(m*K)
400 K	240 W/(m*K)
600 K	230 W/(m*K)
800 K	220 W/(m*K)
933.4 K	225 W/(m*K)



#### Resistividad

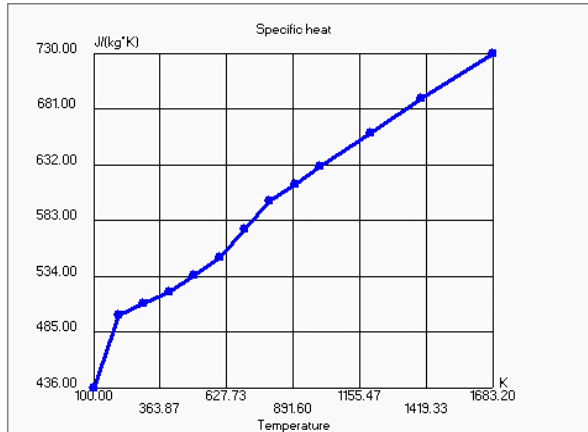
Temperature	Resistivity
2 K	1e-12 Ohm*m
4 K	1e-12 Ohm*m
8 K	1.5e-12 Ohm*m
11 K	2.899e-10 Ohm*m
28 K	5.696e-10 Ohm*m
51 K	8.696e-10 Ohm*m
73 K	2.029e-09 Ohm*m
93 K	3.478e-09 Ohm*m
146 K	9.855e-09 Ohm*m
200 K	1.594e-08 Ohm*m
249 K	2.174e-08 Ohm*m
378 K	3.623e-08 Ohm*m
438 K	4.29e-08 Ohm*m
500 K	5.043e-08 Ohm*m
589 K	5.971e-08 Ohm*m
694 K	7.275e-08 Ohm*m



# Acero inoxidable 302

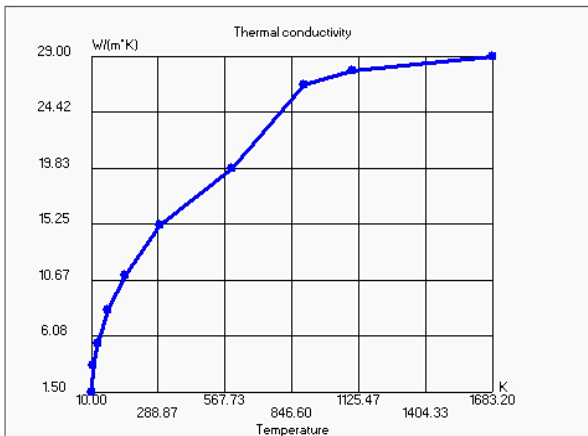
## Capacidad calorífica

Temperature	Specific heat
100 K	436 J/(kg*K)
200 K	500 J/(kg*K)
300 K	510 J/(kg*K)
400 K	520 J/(kg*K)
500 K	535 J/(kg*K)
600 K	550 J/(kg*K)
700 K	575 J/(kg*K)
800 K	600 J/(kg*K)
900 K	615 J/(kg*K)
1000 K	630 J/(kg*K)
1200 K	660 J/(kg*K)
1400 K	690 J/(kg*K)
1683.2 K	730 J/(kg*K)



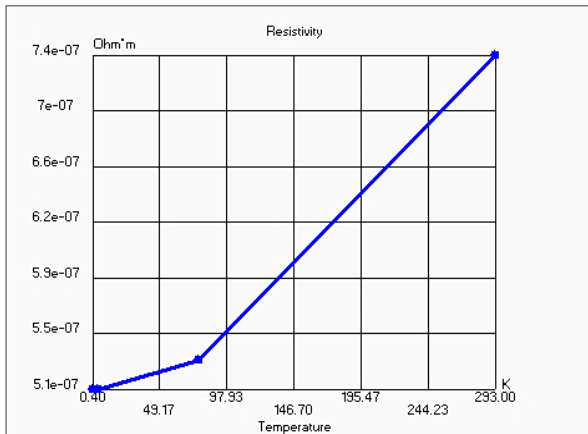
## Conductividad térmica

Temperature	Thermal conductivity
10 K	1.5 W/(m*K)
20 K	3.7 W/(m*K)
40 K	5.5 W/(m*K)
80 K	8.2 W/(m*K)
150 K	11 W/(m*K)
300 K	15.1 W/(m*K)
600 K	19.8 W/(m*K)
900 K	26.6 W/(m*K)
1100 K	27.8 W/(m*K)
1683.2 K	29 W/(m*K)



## Resistividad

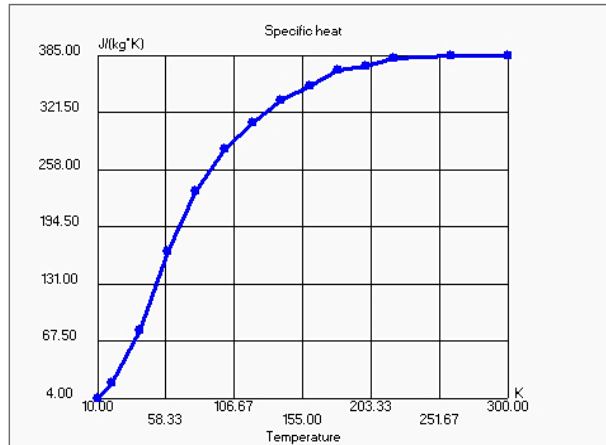
Temperature	Resistivity
0.4 K	5.1e-07 Ohm*m
1.3 K	5.1e-07 Ohm*m
4.2 K	5.1e-07 Ohm*m
78 K	5.3e-07 Ohm*m
293 K	7.37e-07 Ohm*m



# Latón

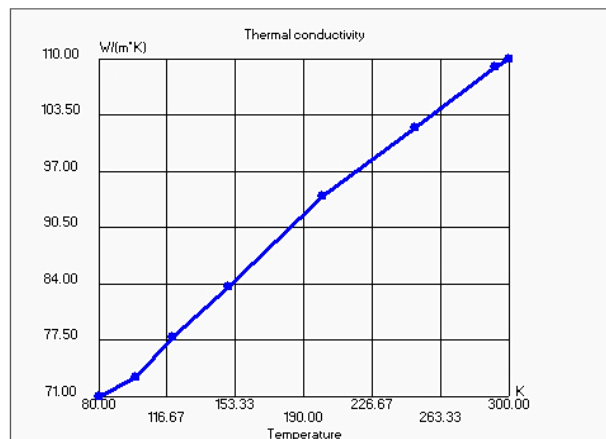
## Capacidad calorífica

Temperature	Specific heat
10 K	4 J/(kg*K)
20 K	20.1 J/(kg*K)
40 K	79.5 J/(kg*K)
60 K	167 J/(kg*K)
80 K	234 J/(kg*K)
100 K	280 J/(kg*K)
120 K	310 J/(kg*K)
140 K	335 J/(kg*K)
160 K	351 J/(kg*K)
180 K	368 J/(kg*K)
200 K	372 J/(kg*K)
220 K	381 J/(kg*K)
260 K	385 J/(kg*K)
300 K	385 J/(kg*K)



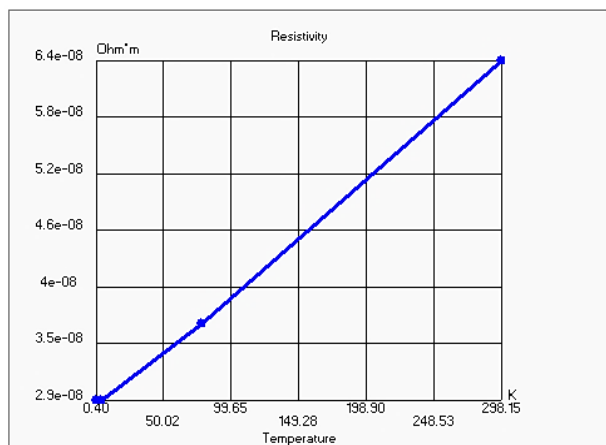
## Conductividad térmica

Temperature	Thermal conductivity
80 K	71 W/(m*K)
100 K	73.2 W/(m*K)
120 K	77.8 W/(m*K)
150 K	83.7 W/(m*K)
200 K	94.1 W/(m*K)
250 K	102 W/(m*K)
293 K	109 W/(m*K)
300 K	110 W/(m*K)



## Resistividad

Temperature	Resistivity
0.4 K	2.87e-08 Ohm*m
1.3 K	2.87e-08 Ohm*m
4.2 K	2.87e-08 Ohm*m
78 K	3.66e-08 Ohm*m
298.15 K	6.4e-08 Ohm*m



## Anexo 5. Datos de temperatura (°C) – pruebas experimentales.

Ventilador 100% (4.7m/s)																				
t (s)	T1	T2	T3	T4	T.ext	T.int	40	35	40	40	48	27	29	81	36	40	41	49	25	29
1	35	39	40	48	25	29	41	36	39	40	49	25	29	82	36	40	41	49	25	29
2	35	39	41	48	25	29	42	35	40	41	49	28	29	83	36	40	41	49	27	29
3	35	39	40	48	25	29	43	35	39	40	49	27	29	84	36	41	41	49	26	29
4	35	39	40	48	25	29	44	36	40	41	49	25	29	85	36	40	41	49	25	29
5	35	39	41	48	25	29	45	35	40	40	49	26	29	86	36	40	42	49	24	29
6	35	39	40	48	24	29	46	35	40	41	49	24	28	87	36	40	41	49	26	29
7	35	39	35	48	26	29	47	35	40	40	49	25	29	88	36	40	41	49	26	29
8	35	39	33	48	27	29	48	36	40	40	48	27	28	89	36	40	41	49	25	29
9	35	39	37	48	25	29	49	35	40	41	48	27	29	90	36	40	41	49	24	29
10	35	40	38	48	26	29	50	35	39	41	49	28	29	91	36	40	41	49	26	29
11	35	39	39	48	25	29	51	35	40	41	49	25	28	92	36	39	42	49	24	29
12	35	39	39	48	25	29	52	35	40	40	49	25	29	93	36	40	41	49	25	29
13	35	39	40	48	24	29	53	35	40	40	49	27	29	94	36	40	41	49	26	29
14	35	40	41	48	26	29	54	36	40	41	49	27	29	95	36	40	42	49	25	29
15	35	39	40	48	24	29	55	35	40	41	48	28	28	96	36	40	41	49	26	28
16	35	39	39	48	23	28	56	36	40	40	49	27	29	97	36	40	41	49	25	29
17	35	39	41	48	26	29	57	36	40	41	49	26	29	98	36	40	42	49	26	29
18	35	40	40	48	24	28	58	36	40	40	49	25	29	99	36	40	41	49	26	29
19	35	39	40	48	25	28	59	35	40	41	49	25	29	100	36	40	42	49	25	29
20	35	39	39	48	26	29	60	36	40	41	49	26	29	101	36	41	42	49	26	29
21	35	40	40	48	24	28	61	36	40	41	49	25	29	102	36	40	41	49	25	29
22	35	39	40	48	25	28	62	36	40	41	49	26	29	103	36	41	41	49	24	29
23	35	40	40	48	25	29	63	36	40	41	49	25	29	104	36	40	41	49	23	29
24	35	39	40	48	24	29	64	35	40	41	49	27	29	105	36	40	41	49	28	29
25	35	40	40	48	25	29	65	36	40	41	49	27	29	106	36	40	41	49	28	29
26	35	40	40	48	26	28	66	36	41	41	48	25	29	107	36	40	42	49	25	29
27	35	40	40	48	27	29	67	36	40	41	49	23	29	108	36	40	41	49	26	29
28	35	39	40	48	25	29	68	36	41	41	49	25	29	109	36	41	41	50	25	29
29	35	39	40	48	25	29	69	36	39	41	49	27	29	110	36	41	41	49	25	29
30	35	39	40	48	25	29	70	36	40	41	49	25	29	111	36	41	41	49	25	29
31	35	39	40	48	27	29	71	36	40	41	49	25	29	112	36	41	42	50	23	29
32	35	39	40	48	25	29	72	36	40	41	49	25	29	113	36	40	41	50	25	29
33	35	40	40	49	25	29	73	36	40	41	49	26	29	114	36	40	42	49	27	29
34	35	39	40	48	24	29	74	36	40	41	49	25	29	115	36	41	41	49	25	29
35	35	40	41	49	26	29	75	36	40	41	49	26	29	116	36	41	41	49	26	29
36	35	40	41	49	25	29	76	36	40	41	49	22	29	117	36	41	41	49	26	29
37	35	40	40	49	25	29	77	36	40	41	48	25	29	118	36	40	41	49	25	29
38	35	40	40	49	25	29	78	36	39	41	49	27	28	119	36	41	41	49	25	29
39	35	40	40	48	28	29	79	36	40	41	49	26	29	120	36	40	41	49	28	29
							80	36	40	41	49	24	29	121	37	41	41	49	25	29

122	36	41	41	49	24	29
123	36	41	41	49	27	29
124	37	41	43	50	25	29
125	36	41	42	49	27	29
126	36	41	41	49	23	29
127	36	41	41	49	26	29
128	36	40	42	49	26	29
129	37	40	41	49	23	29
130	37	40	41	49	26	29
131	36	41	42	49	26	29
132	36	40	41	49	24	30
133	36	41	41	49	24	29
134	37	40	41	49	27	29
135	36	42	42	50	28	29
136	36	40	42	49	25	29
137	37	41	41	49	25	29
138	36	40	42	49	26	29
139	36	42	42	50	25	29
140	36	41	41	49	24	29
141	36	41	42	49	25	29
142	36	40	42	50	25	29
143	36	40	42	49	25	30
144	37	40	42	50	26	29
145	36	41	42	50	25	29
146	36	41	41	49	25	29
147	36	41	42	50	28	29
148	36	41	42	49	25	29
149	36	41	42	50	26	29
150	37	41	42	50	25	30
151	36	40	41	49	24	29
152	36	40	41	50	25	29
153	36	41	41	50	23	30
154	36	41	42	50	25	29
155	36	41	42	50	25	29
156	36	41	42	50	23	29
157	36	41	42	50	27	29
158	36	41	41	50	24	30
159	36	40	42	50	27	29
160	36	41	41	50	26	29
161	36	41	42	50	29	29
162	36	41	41	50	26	29
163	36	41	42	50	26	29
164	36	41	42	50	25	29
165	36	41	42	50	27	30
166	36	41	42	50	23	29
167	36	41	42	50	26	29
168	36	41	42	50	27	29

169	36	41	42	49	24	29
170	36	41	42	50	24	29
171	36	41	42	50	25	29
172	37	41	41	50	24	29
173	37	41	42	50	23	29
174	37	41	42	50	25	29
175	36	41	41	50	25	29
176	36	41	42	50	25	29
177	36	40	42	50	25	29
178	37	41	42	50	26	30
179	36	41	41	50	25	29
180	37	41	42	49	26	29
181	36	41	42	50	26	29
182	37	41	42	50	26	29
183	36	41	42	50	27	29
184	37	40	42	49	26	29
185	37	41	42	50	26	29
186	36	41	41	50	25	29
187	37	41	42	50	24	29
188	37	41	42	50	24	29
189	37	41	41	49	25	29
190	36	41	42	50	26	29
191	36	41	42	50	25	29
192	37	41	42	49	23	29
193	37	40	42	50	25	29
194	37	41	42	50	26	30
195	37	41	42	49	25	30
196	37	41	42	50	25	29
197	37	41	42	50	25	30
198	37	41	42	50	25	30
199	37	42	42	50	26	30
200	37	41	42	50	26	29
201	36	41	43	50	25	30
202	37	41	42	50	25	30
203	37	41	42	50	29	30
204	37	41	42	50	25	30
205	37	41	42	50	25	30
206	37	41	43	50	26	30
207	37	41	42	50	25	30
208	36	41	42	50	26	30
209	37	41	42	50	25	30
210	36	40	43	50	26	30
211	37	41	43	50	27	30
212	37	41	42	50	24	30
213	37	41	42	50	26	29
214	37	42	42	50	27	30
215	37	42	42	50	26	30

216	37	42	42	50	28	29
217	37	41	42	50	27	30
218	37	42	42	50	28	30
219	37	41	42	50	26	30
220	37	42	42	50	26	30
221	37	42	42	51	25	29
222	37	41	42	50	26	30
223	37	41	42	50	26	30
224	38	41	42	50	24	29
225	37	41	42	50	26	30
226	37	42	42	50	27	30
227	37	41	43	50	26	30
228	37	42	43	50	26	30
229	37	41	42	50	26	30
230	37	41	42	50	25	30
231	37	41	43	50	24	29
232	37	41	41	50	27	29
233	37	41	42	50	27	30
234	37	42	42	50	25	30
235	37	41	42	50	26	29
236	37	42	42	50	27	29
237	37	41	42	50	27	30
238	37	41	42	50	26	29
239	37	41	43	50	25	30
240	37	41	42	51	25	29
241	37	41	43	51	26	29
242	37	41	42	50	25	29
243	37	42	43	50	28	29
244	37	42	42	50	26	29
245	37	41	42	50	29	29
246	37	41	42	50	28	30
247	37	42	42	50	26	29
248	37	41	42	50	25	29
249	37	41	42	50	24	29
250	37	42	42	50	25	29
251	37	42	43	50	28	29
252	37	41	41	50	26	29
253	37	41	42	50	25	29
254	37	42	42	50	27	29
255	37	42	42	50	26	29
256	37	41	42	50	24	29
257	37	41	42	50	26	29
258	37	41	42	50	26	29
259	37	41	42	50	24	29
260	37	41	42	50	25	29
261	37	41	42	50	27	30
262	37	41	42	50	26	29

263	37	42	42	50	28	29
264	37	41	43	50	25	29
265	37	41	42	50	26	29
266	37	42	42	50	24	29
267	37	41	42	51	26	30
268	37	41	42	50	26	29
269	37	41	42	50	22	30
270	37	41	42	50	28	29
271	37	42	43	50	26	29
272	37	42	42	50	24	30
273	37	41	42	50	26	30
274	37	42	42	50	25	30
275	37	41	42	50	25	30
276	37	42	42	49	26	30
277	37	42	43	51	26	30
278	37	41	42	50	26	30
279	37	41	42	50	26	30
280	37	41	42	51	26	30
281	37	41	42	50	26	30
282	37	41	42	50	27	30
283	37	41	42	51	27	30
284	37	42	42	50	26	30
285	37	42	42	50	25	30
286	37	41	42	50	24	30
287	37	41	42	50	24	30
288	37	42	42	50	26	30
289	37	42	42	50	26	30
290	37	42	42	50	25	29
291	37	42	41	50	24	30
292	37	41	42	51	27	30
293	37	41	43	50	26	30
294	37	41	43	50	26	30
295	37	42	42	50	28	30
296	37	42	41	50	27	30
297	37	41	42	50	26	30
298	37	41	43	50	26	30
299	37	41	43	50	27	29
300	37	41	41	50	29	29
301	37	41	42	50	23	29
302	37	41	42	50	24	30
303	37	41	42	50	26	30
304	37	42	42	50	26	29
305	37	41	42	51	26	30
306	37	42	43	50	25	30
307	37	41	42	50	26	29
308	37	41	42	50	24	29
309	37	41	41	50	29	30

310	37	41	43	50	26	29
311	37	41	42	50	24	29
312	37	41	43	50	26	30
313	37	41	42	50	25	30
314	37	41	43	50	27	29
315	37	41	42	50	26	30
316	37	41	42	50	26	30
317	37	41	42	50	26	30
318	37	42	42	50	26	30
319	37	41	42	50	26	30
320	37	41	43	51	27	30
321	37	41	43	51	26	30
322	37	41	42	50	24	30
323	37	41	42	50	27	30
324	37	42	42	50	26	30
325	37	42	42	51	24	30
326	37	41	42	50	26	30
327	37	41	42	50	26	30
328	37	41	42	51	29	30
329	37	41	42	51	24	30
330	37	41	42	50	29	30
331	37	41	42	50	25	30
332	37	41	42	50	24	29
333	37	42	42	50	24	30
334	37	41	42	50	26	29
335	37	41	43	50	25	30
336	37	41	42	50	26	30
337	37	41	43	51	29	30
338	37	42	41	50	27	30
339	37	41	42	50	25	29
340	37	41	43	50	27	30
341	37	41	42	51	26	30
342	37	42	42	51	26	30
343	37	42	42	50	28	30
344	37	41	42	50	29	30
345	37	41	42	50	29	31
346	37	41	42	50	25	30
347	37	42	42	51	26	30
348	37	41	42	50	25	30
349	37	41	42	50	27	30
350	37	41	43	51	26	30
351	37	42	43	50	26	30
352	37	42	42	50	25	30
353	37	41	42	50	26	30
354	36	42	42	50	25	30
355	37	41	43	50	26	30
356	37	41	42	51	26	30

357	37	42	42	51	26	30
358	37	41	43	51	24	30
359	37	42	42	50	24	30
360	37	41	43	51	25	31
361	37	42	42	51	26	30
362	37	41	42	51	26	31
363	37	41	42	51	24	30
364	37	41	42	51	26	30
365	37	41	43	51	26	30
366	37	41	42	50	28	30
367	37	42	42	50	26	30
368	37	42	42	51	26	30
369	37	41	43	50	27	30
370	37	42	42	51	29	31
371	37	42	42	51	29	31
372	37	41	42	51	25	30
373	37	42	42	50	27	30
374	37	41	42	51	26	30
375	37	41	43	51	25	30
376	37	41	42	51	27	30
377	37	41	43	51	26	30
378	37	42	42	51	25	30
379	37	42	42	50	28	30
380	37	41	42	50	26	30
381	37	42	42	51	25	30
382	37	41	43	51	24	30
383	37	41	42	51	26	29
384	37	42	42	50	28	30
385	37	41	42	51	26	30
386	37	41	42	51	26	30
387	37	42	42	51	24	30
388	37	42	42	51	27	29
389	37	42	43	51	28	30
390	37	42	43	50	28	30
391	37	41	42	50	23	30
392	37	42	42	51	27	30
393	37	42	43	50	28	30
394	37	42	43	50	28	30
395	37	42	42	50	24	30
396	37	42	42	50	29	30
397	37	42	42	50	28	30
398	37	40	42	50	24	30
399	37	41	42	50	28	29
400	37	42	42	51	27	30
401	37	42	42	51	24	29
402	37	42	42	51	25	30
403	37	41	42	51	25	30

404	37	42	43	50	25	29
405	37	42	43	51	24	30
406	37	42	42	51	27	29
407	37	42	43	51	23	30
408	37	42	43	51	26	30
409	37	42	42	51	26	30
410	37	42	42	51	26	29
411	37	42	43	51	27	30
412	37	42	43	51	26	29
413	37	42	42	51	26	30
414	37	42	43	51	25	30
415	37	42	43	51	29	30
416	37	42	43	51	25	30
417	37	42	42	51	25	30
418	37	42	43	51	26	30
419	37	42	42	51	25	30
420	37	42	42	51	26	30
421	37	42	44	51	26	30
422	38	41	43	51	26	30
423	38	42	43	52	25	29
424	37	42	43	51	28	29
425	37	41	43	51	26	30
426	37	42	42	51	25	30
427	38	42	43	51	26	30
428	37	42	43	51	28	30
429	37	42	43	51	27	30
430	37	42	43	51	28	30
431	37	42	43	51	26	30
432	37	43	43	51	26	30
433	37	42	43	51	26	30
434	38	42	43	50	26	30
435	38	42	42	51	25	30
436	37	42	43	51	25	30
437	37	41	43	52	26	30
438	38	43	43	51	27	30
439	37	42	43	50	24	30
440	37	42	42	51	28	30
441	37	42	43	51	31	30
442	37	42	43	51	28	30
443	37	42	43	51	28	30
444	38	42	43	51	24	30
445	37	42	42	51	28	30
446	38	42	43	51	27	30
447	37	41	43	50	26	30
448	37	42	43	51	25	31
449	37	42	43	51	25	30
450	37	42	43	51	27	30

451	37	41	43	51	25	30
452	37	42	43	51	26	30
453	37	42	44	50	26	30
454	37	42	43	51	28	31
455	37	42	43	51	27	30
456	37	42	43	51	26	30
457	38	41	42	51	25	30
458	37	41	42	51	27	30
459	37	41	42	50	26	29
460	37	42	43	50	25	30
461	37	41	43	51	28	30
462	37	42	42	51	26	30
463	38	42	42	51	25	30
464	37	42	43	51	26	30
465	37	42	43	51	23	30
466	38	41	42	51	26	30
467	37	41	42	51	30	30
468	37	42	43	50	26	30
469	37	42	44	51	26	30
470	37	41	42	51	26	30
471	37	41	42	51	26	30
472	37	43	43	51	25	30
473	38	42	42	51	27	30
474	38	42	43	51	26	30
475	38	42	42	50	26	30
476	37	42	43	51	26	30
477	38	42	43	51	27	30
478	37	42	42	50	26	30
479	37	41	43	51	26	30
480	37	42	43	51	26	30
481	37	41	43	51	26	30
482	37	43	43	51	29	30
483	38	41	43	51	26	29
484	37	42	43	51	25	30
485	38	42	42	51	26	30
486	37	42	43	51	27	30
487	38	42	43	51	25	30
488	37	42	42	50	26	29
489	38	42	42	51	28	29
490	38	42	43	51	26	29
491	38	42	43	51	25	29
492	38	42	42	51	27	29
493	37	42	43	51	27	30
494	37	43	43	52	26	30
495	38	42	42	51	26	29
496	37	41	43	51	28	30
497	37	42	43	51	26	30

498	38	42	43	51	26	29
499	38	42	44	51	25	30
500	37	42	42	51	27	30
501	37	42	43	51	26	30
502	37	42	43	51	24	30
503	38	43	42	51	27	29
504	38	42	44	51	25	30
505	37	42	43	51	26	29
506	37	41	43	51	25	30
507	37	42	42	51	28	30
508	37	42	42	51	28	30
509	37	42	42	51	26	30
510	37	42	43	51	27	30
511	38	42	43	51	26	30
512	38	42	42	51	27	30
513	37	42	42	51	27	30
514	37	42	43	51	27	30
515	37	42	43	51	25	30
516	38	41	43	51	27	30
517	37	42	43	51	26	30
518	38	42	43	51	26	30
519	37	42	43	51	28	30
520	38	41	43	50	28	30
521	38	41	43	50	26	30
522	37	43	43	51	26	30
523	37	42	43	51	26	30
524	38	42	42	51	25	30
525	38	41	43	51	27	30
526	37	42	43	51	26	30
527	38	42	42	51	27	30
528	38	42	43	51	28	30
529	37	41	42	51	26	30
530	37	41	42	51	26	30
531	37	42	43	51	26	30
532	37	41	43	51	26	30
533	37	42	43	51	24	30
534	37	41	43	51	27	31
535	37	42	42	51	25	30
536	37	42	44	51	26	30
537	37	42	43	51	26	30
538	37	41	42	51	28	30
539	38	42	43	51	26	30
540	37	42	43	51	26	30
541	37	42	43	51	29	30
542	37	42	43	51	26	30
543	38	43	43	51	26	30
544	38	43	43	51	26	30



545	38	43	43	51	26	30
546	38	43	43	51	26	30
547	37	42	42	50	26	30
548	37	42	43	51	27	30
549	37	42	43	51	27	31
550	37	42	43	51	27	30
551	38	42	43	51	27	30
552	38	42	43	51	26	30
553	37	42	43	51	27	30
554	37	41	43	51	27	30
555	38	42	43	51	26	30
556	38	42	43	51	26	30
557	37	42	43	51	26	30
558	37	42	43	51	26	30
559	37	42	43	51	24	30
560	37	42	42	51	26	30
561	37	42	43	51	29	30
562	37	43	42	51	24	30
563	37	41	42	51	27	30

564	37	42	42	51	26	30
565	37	41	43	51	26	30
566	37	41	42	50	27	30
567	37	42	43	51	26	30
568	37	42	43	51	26	30
569	37	42	43	51	26	30
570	37	42	42	51	26	29
571	38	42	43	51	28	29
572	37	42	43	50	27	30
573	37	42	43	51	27	30
574	37	42	43	51	28	29
575	38	43	43	51	26	30
576	38	42	43	51	26	30
577	38	42	43	51	26	30
578	37	42	42	51	24	30
579	38	41	44	51	27	30
580	37	42	43	51	26	30
581	37	42	43	51	28	30
582	38	42	43	51	25	31

583	37	42	43	51	26	30
584	38	42	43	51	26	30
585	37	42	43	51	27	30
586	38	42	43	51	27	30
587	38	42	42	51	25	30
588	38	41	42	52	27	30
589	37	42	44	51	25	31
590	37	42	43	51	27	30
591	38	41	43	51	28	30
592	37	42	42	51	28	30
593	38	42	43	51	28	30
594	37	42	43	51	24	30
595	37	43	42	51	26	30
596	38	42	42	51	29	30
597	37	43	44	51	29	30
598	38	42	43	51	26	30
599	38	42	43	51	25	30
600	37	42	43	51	26	30

Ventilador 90% (3.9m/s)						
t (s)	T1	T2	T3	T4	T.ext	T.int
1	37	41	42	50	31	30
2	37	42	42	50	27	30
3	37	41	43	50	28	30
4	37	42	42	50	28	30
5	37	41	42	50	26	30
6	37	41	40	50	26	30
7	37	42	42	50	28	30
8	37	41	42	50	28	30
9	37	41	42	50	27	30
10	37	41	42	50	28	30
11	37	41	43	50	28	30
12	37	41	43	51	31	30
13	37	41	42	50	29	30
14	37	42	42	50	28	30
15	37	41	42	50	27	30
16	37	42	43	50	27	30
17	37	41	42	51	31	30
18	37	41	43	50	26	31
19	37	41	42	50	26	30
20	37	41	43	50	28	30
21	37	42	42	50	29	30
22	37	42	43	50	27	30
23	37	42	43	50	26	30

24	37	42	42	50	26	30
25	37	41	42	51	29	31
26	37	41	42	50	27	30
27	37	41	43	51	27	30
28	37	41	43	51	27	30
29	37	42	43	51	27	30
30	37	41	43	50	28	30
31	37	41	43	51	30	30
32	37	41	42	50	28	30
33	38	42	43	50	27	30
34	37	42	42	50	29	30
35	37	42	42	50	27	30
36	37	40	42	50	28	30
37	37	41	42	50	27	29
38	37	42	42	51	29	30
39	37	42	42	50	28	29
40	37	41	42	50	29	30
41	37	41	42	50	28	29
42	37	42	42	50	27	30
43	37	41	42	50	29	30
44	37	42	42	51	28	30
45	37	41	42	50	28	30
46	37	41	42	50	31	30
47	37	41	42	50	27	30
48	38	41	42	50	28	30

49	37	42	42	50	28	30
50	37	41	42	50	29	30
51	38	42	42	51	29	30
52	38	42	42	50	26	30
53	37	42	43	50	27	29
54	37	41	43	50	26	29
55	37	41	43	51	29	29
56	37	41	43	50	29	29
57	38	41	43	50	28	30
58	38	42	43	50	28	30
59	37	41	43	50	28	29
60	38	42	43	50	28	30
61	38	42	43	50	27	30
62	38	41	42	51	27	30
63	38	42	43	50	28	29
64	37	42	43	50	27	30
65	38	42	43	51	26	30
66	38	42	43	50	25	30
67	38	42	42	50	28	30
68	38	41	42	50	26	30
69	38	41	42	51	27	30
70	38	41	43	50	26	30
71	38	42	43	51	28	30
72	38	41	43	51	28	30
73	38	42	43	51	27	30

74	38	42	43	51	26	29
75	38	42	43	51	26	30
76	38	42	43	51	26	30
77	38	42	43	51	26	30
78	38	42	43	51	27	30
79	38	42	43	51	29	30
80	38	43	43	51	27	30
81	38	41	43	51	27	30
82	38	42	43	51	27	30
83	38	42	43	51	28	30
84	38	42	43	51	29	30
85	38	42	44	51	26	30
86	38	42	44	51	28	30
87	38	42	43	51	27	30
88	38	42	42	51	27	30
89	38	42	43	51	28	30
90	38	42	43	51	29	31
91	38	42	42	51	28	30
92	38	42	43	51	24	30
93	38	42	43	51	29	30
94	38	42	43	51	26	30
95	38	41	43	51	26	30
96	38	42	43	51	28	30
97	38	43	43	51	30	30
98	38	42	43	51	29	30
99	38	42	43	51	28	29
100	38	42	44	51	28	30
101	38	42	43	52	27	30
102	38	42	44	51	28	30
103	38	42	43	51	27	30
104	38	42	43	51	27	30
105	38	42	43	51	26	30
106	38	42	43	51	28	31
107	38	42	43	51	27	30
108	38	42	43	51	28	30
109	38	42	43	51	26	31
110	38	42	43	51	26	31
111	38	42	43	51	27	30
112	38	42	43	51	26	30
113	38	42	43	51	28	30
114	38	41	43	51	29	30
115	38	42	43	51	28	30
116	38	42	44	51	27	30
117	38	42	43	51	27	30
118	38	42	43	51	27	29
119	38	42	42	51	26	30
120	38	42	44	51	28	30

121	38	43	42	51	28	30
122	38	42	43	51	28	30
123	38	42	44	51	28	30
124	38	43	44	51	27	30
125	38	43	43	51	26	30
126	38	43	43	51	26	30
127	38	43	43	51	27	30
128	38	42	43	51	27	30
129	38	42	43	51	28	30
130	38	42	44	51	27	30
131	38	42	44	51	26	30
132	38	42	43	51	28	30
133	38	42	44	51	28	30
134	38	42	43	51	28	30
135	38	42	43	51	30	30
136	38	42	43	51	28	30
137	38	42	43	51	29	30
138	38	42	44	52	29	31
139	38	42	43	52	29	30
140	38	42	43	51	27	30
141	38	43	43	51	29	30
142	38	43	44	51	28	30
143	38	42	43	51	28	30
144	38	43	43	51	28	30
145	38	42	43	51	28	30
146	38	43	43	51	26	30
147	38	43	43	51	29	30
148	38	42	43	51	27	30
149	38	43	43	51	30	30
150	38	42	43	51	28	30
151	38	42	43	51	28	30
152	38	42	43	51	27	30
153	38	42	44	51	26	30
154	38	42	44	51	29	30
155	38	42	43	52	27	30
156	38	43	43	51	31	30
157	38	42	44	51	28	30
158	38	42	44	51	28	30
159	38	42	43	51	27	30
160	38	42	43	51	30	31
161	38	42	44	51	29	30
162	38	42	43	51	28	30
163	38	42	44	51	25	30
164	38	42	43	51	27	31
165	38	43	43	52	28	30
166	38	42	43	51	28	30
167	38	42	43	51	31	31

168	38	42	43	51	27	30
169	38	42	43	52	28	30
170	37	42	44	51	26	30
171	38	42	43	51	30	30
172	38	42	43	50	29	30
173	38	42	44	51	28	30
174	38	42	43	51	29	30
175	38	42	43	52	28	30
176	38	41	44	52	27	30
177	38	42	44	51	27	30
178	39	42	44	51	29	30
179	38	42	43	52	27	29
180	38	42	43	51	26	30
181	38	42	44	51	28	30
182	38	42	44	51	27	30
183	38	42	43	51	29	30
184	38	42	43	51	28	30
185	38	42	44	51	27	30
186	38	42	43	52	29	30
187	38	43	43	51	28	30
188	38	42	42	51	27	30
189	38	42	43	51	29	29
190	38	43	43	51	28	30
191	38	43	43	51	28	30
192	38	42	43	52	27	30
193	38	42	44	51	29	31
194	38	42	43	51	29	30
195	38	43	43	51	28	30
196	38	42	43	52	27	30
197	38	43	44	51	30	30
198	38	42	44	52	28	30
199	38	42	43	52	30	30
200	38	42	44	52	29	30
201	38	42	43	52	28	30
202	38	42	43	52	26	30
203	37	43	43	52	27	30
204	38	42	43	51	28	30
205	38	42	43	52	30	30
206	38	42	43	52	27	30
207	37	43	44	52	28	31
208	38	42	43	51	28	30
209	37	42	44	52	29	30
210	37	43	43	52	28	31
211	38	42	43	52	25	30
212	37	42	43	52	30	31
213	37	42	43	52	29	30
214	38	42	44	52	28	30

215	37	42	43	52	28	30
216	38	42	44	52	26	30
217	37	43	43	52	27	30
218	37	42	43	52	28	31
219	37	42	43	51	33	30
220	37	43	43	52	26	30
221	37	42	43	52	28	31
222	37	42	43	51	26	30
223	37	42	43	52	28	31
224	37	42	43	52	26	30
225	37	42	44	52	28	30
226	37	42	43	52	28	30
227	37	42	43	52	27	30
228	38	42	43	51	28	30
229	37	42	44	52	27	31
230	37	42	44	51	28	30
231	37	42	43	51	27	30
232	37	42	43	52	28	30
233	37	42	44	52	28	30
234	37	43	43	52	26	30
235	37	42	44	52	28	30
236	37	42	43	51	28	30
237	37	42	43	52	29	30
238	37	43	43	51	28	30
239	37	42	42	51	25	30
240	37	42	43	51	29	30
241	38	42	43	52	28	30
242	38	42	44	51	27	30
243	38	42	43	52	28	30
244	38	42	43	52	27	30
245	37	43	43	52	26	30
246	38	42	43	52	28	30
247	38	42	43	52	27	31
248	38	42	43	52	27	30
249	37	43	43	52	27	30
250	38	42	43	52	28	31
251	37	42	43	52	27	30
252	37	42	43	52	28	30
253	38	42	42	52	29	30
254	38	42	43	52	28	30
255	38	42	43	52	27	31
256	38	42	44	52	27	30
257	37	43	44	51	30	30
258	37	42	43	52	34	30
259	37	42	43	52	28	30
260	38	42	44	52	26	30
261	38	42	44	52	27	30

262	38	42	43	52	29	30
263	37	43	44	52	27	30
264	38	43	43	52	29	30
265	38	42	43	52	26	31
266	38	42	43	52	28	30
267	38	42	44	52	28	30
268	38	42	44	52	27	30
269	38	42	44	52	27	30
270	38	42	44	52	28	30
271	38	42	44	52	29	30
272	38	42	44	52	28	31
273	38	42	44	52	28	30
274	38	42	42	52	30	30
275	38	42	43	52	27	30
276	38	42	44	52	27	31
277	38	43	44	53	27	30
278	38	43	43	52	31	30
279	38	42	44	52	28	31
280	38	43	42	53	26	30
281	38	43	43	52	28	31
282	38	43	44	53	26	30
283	38	43	44	52	29	31
284	38	42	43	52	28	31
285	38	43	44	53	28	31
286	38	43	44	52	27	31
287	38	42	44	52	25	30
288	38	43	44	52	27	31
289	38	42	44	53	27	30
290	38	42	44	52	23	31
291	38	42	45	52	29	30
292	38	44	43	52	27	30
293	37	43	44	52	29	31
294	38	42	45	52	28	30
295	38	43	44	52	29	30
296	38	43	43	52	27	30
297	38	43	43	52	28	30
298	38	43	43	51	28	30
299	38	42	44	52	30	31
300	38	43	44	51	28	31
301	38	43	44	52	25	30
302	38	43	44	52	28	30
303	38	43	44	51	26	30
304	38	43	44	52	29	30
305	38	42	44	52	30	30
306	38	42	44	52	31	31
307	38	43	44	52	30	31
308	38	42	44	52	26	30

309	38	42	44	52	28	30
310	38	42	44	52	28	30
311	38	43	44	52	30	30
312	38	42	44	51	27	31
313	38	43	43	52	29	31
314	38	43	43	52	28	31
315	38	42	44	52	30	30
316	38	43	44	52	28	30
317	38	43	43	52	28	30
318	38	43	44	52	27	30
319	38	42	44	52	28	30
320	38	42	44	52	30	30
321	38	43	44	52	25	30
322	38	42	44	52	29	30
323	38	42	44	52	26	30
324	38	42	44	52	27	30
325	38	42	43	52	30	30
326	38	43	43	52	27	30
327	37	43	44	52	29	30
328	38	43	44	52	30	30
329	38	43	44	52	30	30
330	38	42	43	52	28	31
331	38	43	44	51	27	30
332	38	42	44	52	29	30
333	38	42	44	52	30	31
334	38	42	44	52	27	30
335	38	42	44	52	28	31
336	38	42	43	52	29	30
337	38	43	44	51	27	30
338	38	43	43	52	30	30
339	38	43	44	51	27	30
340	38	43	44	52	28	30
341	38	42	43	52	28	30
342	38	43	43	52	28	30
343	38	43	44	51	28	30
344	38	42	44	52	28	30
345	38	42	44	52	28	30
346	38	43	44	51	25	30
347	38	43	44	52	32	30
348	38	42	44	52	26	30
349	38	43	43	52	30	30
350	38	42	44	52	30	30
351	38	42	44	52	28	31
352	38	42	43	52	28	30
353	38	43	44	52	28	30
354	38	42	44	52	28	30
355	38	42	44	52	27	30

356	38	42	43	52	28	30
357	38	43	43	52	27	30
358	38	43	44	52	28	30
359	38	42	44	52	28	31
360	38	42	44	52	27	30
361	38	42	44	52	28	30
362	38	42	43	52	29	31
363	38	42	43	52	28	30
364	38	42	44	52	29	30
365	38	43	44	52	29	30
366	30	42	43	52	28	30
367	38	42	44	52	25	30
368	38	42	44	52	25	30
369	38	42	44	52	27	30
370	38	43	44	52	26	31
371	38	42	44	52	28	30
372	38	42	43	52	27	30
373	38	43	43	52	28	30
374	38	42	43	52	26	30
375	38	43	43	52	29	30
376	38	43	43	52	28	30
377	38	42	44	52	30	30
378	38	42	43	52	26	30
379	38	42	44	52	26	30
380	38	43	44	52	28	30
381	38	43	44	52	28	30
382	38	42	43	52	28	30
383	38	42	44	52	27	30
384	38	42	44	52	28	30
385	38	42	43	50	27	30
386	38	42	43	52	29	31
387	38	43	44	52	28	30
388	38	43	44	52	28	30
389	38	42	44	52	28	30
390	38	42	43	52	27	30
391	38	42	43	52	28	30
392	38	42	44	52	28	30
393	38	42	44	52	28	30
394	38	44	44	52	26	31
395	38	43	44	52	26	30
396	38	43	44	52	27	30
397	38	42	43	52	28	30
398	38	43	44	52	28	30
399	38	43	44	52	29	30
400	38	43	44	51	28	31
401	38	43	44	52	29	31
402	38	42	44	52	28	30

403	38	42	44	51	30	30
404	38	42	44	52	28	30
405	38	43	44	52	27	30
406	38	43	43	52	28	30
407	38	42	43	52	30	30
408	38	43	45	52	25	30
409	38	41	44	52	30	30
410	38	42	43	52	29	30
411	38	43	44	52	27	31
412	38	42	43	52	27	30
413	38	43	43	52	28	30
414	38	42	44	52	30	30
415	38	43	44	52	28	30
416	38	42	44	52	28	30
417	38	43	44	52	30	31
418	38	43	43	52	32	30
419	38	43	44	52	28	31
420	38	42	43	52	28	31
421	38	42	44	53	27	31
422	38	43	44	52	28	31
423	38	42	44	52	28	31
424	38	43	44	52	27	31
425	38	43	44	52	28	31
426	38	42	44	53	28	30
427	38	43	44	52	27	30
428	38	42	44	53	27	31
429	38	42	44	53	28	31
430	38	43	44	53	27	31
431	38	43	44	53	32	31
432	38	44	44	53	28	31
433	38	42	44	53	27	31
434	38	43	44	53	28	31
435	38	43	44	53	28	30
436	38	43	44	53	29	31
437	38	42	44	53	28	30
438	38	42	44	53	28	31
439	38	42	44	53	30	29
440	38	42	44	53	28	30
441	38	44	44	53	28	30
442	39	43	44	53	28	30
443	38	44	44	53	29	30
444	38	42	45	53	30	30
445	38	44	44	53	28	30
446	38	42	44	52	27	30
447	38	44	43	52	27	30
448	38	44	43	52	30	30
449	38	43	44	52	28	31

450	38	43	44	53	28	30
451	38	43	44	53	28	30
452	38	43	46	52	28	30
453	38	42	43	53	28	30
454	38	43	43	52	29	30
455	38	43	44	52	28	31
456	38	42	44	53	27	31
457	38	43	43	53	28	30
458	38	43	44	53	27	30
459	38	42	44	53	27	30
460	38	43	44	52	26	30
461	38	43	44	53	28	30
462	38	44	44	52	28	30
463	38	42	43	52	28	30
464	38	42	44	52	27	30
465	38	44	44	52	29	31
466	38	42	45	52	27	30
467	38	43	46	52	27	30
468	38	42	44	53	29	30
469	38	43	44	52	28	30
470	38	43	44	52	27	30
471	38	43	44	53	30	30
472	38	44	44	53	31	30
473	38	43	44	53	27	30
474	37	43	44	53	28	30
475	38	43	43	53	29	30
476	38	43	45	53	32	30
477	38	43	44	53	28	30
478	38	43	44	53	28	30
479	38	42	44	53	30	30
480	38	42	43	53	29	30
481	38	42	44	53	28	30
482	38	43	44	53	27	30
483	38	44	45	53	29	30
484	38	43	44	53	26	30
485	38	43	44	53	28	30
486	38	43	44	53	30	30
487	38	42	44	53	28	30
488	38	43	44	53	26	30
489	38	43	44	53	28	31
490	38	43	44	53	28	30
491	38	43	44	52	26	30
492	38	43	44	52	28	30
493	38	43	44	52	28	29
494	38	43	44	52	26	30
495	38	43	44	53	27	30
496	38	43	43	52	30	31

497	39	43	44	52	28	30
498	38	43	44	52	28	30
499	38	44	43	52	30	30
500	39	44	45	52	29	30
501	39	43	44	52	31	31
502	39	43	43	52	29	30
503	38	43	44	52	27	30
504	38	43	44	52	26	30
505	39	43	44	52	28	30
506	39	43	44	52	29	30
507	39	43	44	52	29	30
508	39	42	44	52	27	31
509	39	43	44	52	29	30
510	39	43	45	52	26	30
511	39	43	44	52	25	30
512	39	42	44	52	27	30
513	39	43	44	52	27	30
514	39	42	45	52	27	30
515	39	42	44	52	29	30
516	39	42	44	52	28	30
517	39	43	44	52	25	31
518	39	43	44	52	27	30
519	39	43	44	52	26	30
520	39	43	45	52	25	30
521	39	43	44	52	27	31
522	39	43	44	52	29	30
523	39	43	43	52	27	30
524	39	43	44	52	28	31
525	39	42	44	52	29	30
526	39	43	44	52	26	31
527	38	43	44	52	29	31
528	39	43	44	52	28	30
529	39	43	44	52	28	30
530	38	43	44	52	30	30
531	39	42	44	52	29	31

532	38	43	44	52	28	30
533	39	43	44	52	27	30
534	39	44	44	52	28	30
535	38	43	44	52	28	30
536	39	43	44	52	28	30
537	39	43	44	52	27	31
538	39	44	44	52	27	30
539	39	43	44	52	28	30
540	39	43	43	52	27	30
541	39	43	44	52	28	30
542	39	43	44	52	28	30
543	39	43	44	52	29	30
544	39	43	44	52	29	30
545	38	43	44	52	29	30
546	39	43	43	52	31	30
547	38	43	44	52	30	30
548	38	44	43	52	28	31
549	39	44	45	52	28	30
550	39	43	44	52	27	31
551	39	43	43	52	29	29
552	39	43	44	53	27	30
553	39	43	44	52	30	31
554	39	42	45	52	28	30
555	39	43	44	52	29	31
556	39	42	44	52	29	30
557	39	43	44	52	27	31
558	39	43	44	52	30	31
559	39	43	45	52	29	30
560	39	43	45	52	28	30
561	39	43	44	52	29	30
562	39	43	44	52	30	30
563	39	43	44	53	29	30
564	39	43	45	52	30	31
565	39	43	45	54	26	30
566	39	42	44	52	28	30

567	39	44	44	53	29	30
568	39	49	44	53	31	30
569	39	44	44	52	28	31
570	39	43	44	52	28	30
571	39	43	44	53	26	30
572	39	43	44	53	30	30
573	39	42	44	53	27	31
574	39	42	44	52	30	30
575	39	43	45	53	28	31
576	39	44	44	52	30	31
577	38	43	44	52	28	31
578	39	43	44	53	27	31
579	39	43	44	52	27	31
580	39	43	43	52	28	30
581	39	44	44	52	27	30
582	39	43	44	52	27	31
583	39	42	44	52	27	30
584	39	43	45	52	28	31
585	39	42	45	52	29	30
586	39	43	45	52	28	30
587	39	43	44	52	27	30
588	39	43	45	52	29	30
589	39	43	45	53	30	30
590	39	43	44	52	28	31
591	39	43	44	53	28	31
592	39	43	45	52	29	30
593	39	43	44	53	28	30
594	39	43	44	53	28	30
595	39	43	45	53	28	30
596	39	43	44	53	28	31
597	40	43	44	52	27	31
598	39	43	44	52	27	31
599	39	43	44	52	29	31
600	39	43	45	52	28	31

Ventilador 80% (3.3m/s)						
t (s)	T1	T2	T3	T4	T.ext	T.int
1	37	40	41	51	28	30
2	37	40	42	51	28	31
3	37	40	41	51	25	30
4	37	41	42	51	25	30
5	37	41	41	51	27	29
6	37	41	42	51	29	29
7	37	41	42	51	27	30

8	37	41	42	51	27	30
9	37	41	42	51	29	30
10	37	41	42	51	29	30
11	37	41	42	51	27	30
12	37	41	42	51	29	29
13	37	41	42	51	28	30
14	37	41	42	51	26	30
15	37	41	42	51	26	30
16	37	41	42	51	26	30

17	37	41	42	51	25	30
18	37	41	42	51	27	30
19	37	40	42	51	25	30
20	38	41	43	51	28	30
21	38	41	42	51	28	30
22	37	41	42	51	28	30
23	37	40	42	51	27	29
24	37	41	41	51	26	30
25	38	41	42	51	27	30

26	37	41	42	51	27	30
27	37	42	42	51	27	30
28	37	41	42	51	27	30
29	37	41	42	51	25	30
30	37	42	43	51	26	30
31	37	41	42	51	27	30
32	37	41	42	51	28	29
33	37	41	42	51	26	30
34	37	41	42	51	25	30
35	37	42	42	51	28	30
36	37	42	42	51	28	30
37	37	41	41	51	26	30
38	37	41	42	51	27	30
39	37	41	43	51	29	30
40	37	41	43	51	27	30
41	37	41	42	51	26	30
42	37	41	43	51	26	29
43	37	41	43	51	28	30
44	37	42	43	50	27	30
45	37	41	43	51	26	30
46	37	41	43	50	27	29
47	37	41	43	51	25	29
48	37	41	43	50	27	30
49	37	42	44	51	27	30
50	37	42	42	50	27	29
51	37	41	42	51	27	29
52	38	41	43	51	27	30
53	37	41	43	51	27	30
54	37	41	42	51	26	30
55	37	42	43	51	27	29
56	38	42	43	51	26	29
57	37	42	43	50	28	29
58	38	41	42	51	27	29
59	37	42	43	51	27	29
60	37	42	42	51	28	29
61	37	42	43	51	27	29
62	38	42	43	51	27	29
63	38	43	43	51	25	30
64	37	42	42	51	24	30
65	37	42	43	51	27	30
66	38	41	42	51	28	30
67	37	42	43	51	27	30
68	38	41	42	51	27	30
69	37	41	43	51	27	29
70	38	41	44	51	26	30
71	37	41	44	51	26	29
72	38	42	43	52	25	29

73	38	42	43	52	26	30
74	38	42	43	52	27	29
75	37	42	43	52	26	29
76	38	41	43	52	27	29
77	38	42	43	52	25	29
78	38	42	43	52	25	29
79	38	42	43	52	28	29
80	38	43	43	52	27	29
81	38	42	44	52	27	30
82	38	42	43	52	27	29
83	38	42	43	52	28	29
84	38	42	42	52	27	29
85	38	42	43	52	26	30
86	38	42	44	52	26	29
87	38	42	42	52	27	29
88	38	42	43	52	27	29
89	38	42	44	52	27	29
90	38	42	43	52	26	29
91	38	42	43	52	29	29
92	38	42	43	52	27	29
93	38	42	43	52	25	29
94	38	43	43	52	25	29
95	38	43	44	52	27	29
96	38	42	43	52	26	30
97	38	42	43	52	27	29
98	38	43	43	52	28	30
99	38	44	43	52	27	30
100	38	42	44	52	28	29
101	38	42	43	52	27	29
102	38	42	43	52	27	30
103	38	42	44	52	26	30
104	38	44	44	52	27	29
105	38	43	43	52	29	30
106	38	42	43	52	26	30
107	38	43	43	52	28	30
108	38	42	43	52	28	29
109	38	42	43	52	26	30
110	48	42	43	52	28	30
111	38	42	43	52	26	30
112	38	42	44	51	27	30
113	38	43	43	52	27	29
114	38	43	43	52	24	30
115	38	42	44	51	27	30
116	38	40	44	52	27	29
117	38	42	42	52	27	30
118	39	42	43	52	27	29
119	38	42	43	51	28	29

120	38	44	43	52	27	30
121	38	44	43	52	27	29
122	38	42	43	53	25	29
123	38	42	43	53	27	30
124	38	42	44	53	26	30
125	38	42	44	53	27	30
126	39	42	43	53	29	29
127	38	42	43	53	27	30
128	38	42	44	53	27	29
129	38	42	43	53	25	30
130	38	43	44	53	27	30
131	38	42	44	53	26	30
132	38	42	43	53	27	29
133	38	42	53	53	27	29
134	38	42	45	53	28	29
135	38	42	44	53	26	30
136	38	42	43	53	28	29
137	38	43	43	53	27	29
138	38	42	43	53	28	30
139	38	43	43	53	28	30
140	38	42	43	53	30	29
141	38	42	44	53	27	30
142	38	42	43	53	29	29
143	38	43	44	53	27	29
144	38	43	44	53	27	30
145	38	42	44	53	26	29
146	38	43	44	53	27	30
147	38	43	44	53	29	30
148	38	43	44	53	29	29
149	38	43	43	53	29	30
150	38	43	44	53	27	29
151	38	42	43	53	25	31
152	38	44	44	53	28	30
153	38	42	44	53	26	30
154	38	43	44	53	26	29
155	38	43	44	53	26	30
156	38	43	44	53	27	30
157	39	43	44	53	27	30
158	38	42	45	53	27	30
159	38	43	45	53	26	30
160	38	43	44	53	28	30
161	38	44	44	53	27	30
162	37	42	44	53	27	30
163	38	43	44	53	27	29
164	38	42	44	53	28	30
165	39	43	45	53	27	30
166	38	43	44	53	27	30

167	38	42	44	53	26	30
168	37	42	44	53	29	30
169	38	42	45	53	27	30
170	38	43	43	53	25	30
171	38	44	44	53	25	29
172	38	43	45	53	28	30
173	38	43	44	53	27	30
174	38	43	44	53	27	30
175	39	42	44	53	27	30
176	38	42	44	53	27	30
177	38	44	43	53	28	30
178	38	42	44	53	27	30
179	38	42	45	53	26	30
180	38	43	44	53	30	30
181	38	43	43	53	27	29
182	38	43	44	53	30	30
183	38	43	42	53	27	30
184	38	42	43	53	29	30
185	38	43	44	53	27	30
186	38	43	44	53	27	29
187	37	43	44	53	26	30
188	38	43	44	53	27	29
189	38	43	44	53	28	29
190	38	42	44	53	27	30
191	38	43	44	53	26	30
192	38	43	44	53	30	30
193	38	43	45	53	26	30
194	39	43	44	53	28	30
195	38	43	43	53	27	30
196	38	43	44	53	25	30
197	38	44	43	53	25	30
198	38	43	44	53	26	30
199	39	43	44	53	27	29
200	38	43	44	53	26	30
201	38	43	44	53	28	30
202	38	43	45	53	29	29
203	39	44	44	53	28	30
204	38	42	44	53	29	30
205	38	43	44	53	27	29
206	38	43	44	53	27	30
207	39	42	44	53	26	30
208	38	42	44	53	29	29
209	38	43	44	53	29	30
210	38	43	44	53	25	30
211	38	43	44	53	29	29
212	38	43	44	53	28	31
213	38	43	44	53	27	29

214	38	43	44	53	26	30
215	39	43	44	52	26	30
216	39	43	44	52	27	30
217	39	44	44	52	27	30
218	39	43	44	52	27	30
219	39	43	44	52	27	29
220	38	43	44	52	27	30
221	39	43	44	52	27	30
222	39	43	44	52	27	30
223	39	43	44	52	26	30
224	39	44	44	52	27	29
225	39	43	45	52	25	30
226	39	43	44	52	27	29
227	39	43	44	52	26	30
228	39	43	45	52	27	30
229	39	43	44	52	28	30
230	39	43	45	52	27	30
231	39	43	43	52	29	30
232	39	44	44	52	27	30
233	38	43	44	53	28	29
234	39	43	45	52	27	30
235	39	43	44	51	27	29
236	39	43	44	52	29	29
237	39	43	45	52	27	30
238	39	42	44	52	27	30
239	39	43	44	53	27	30
240	39	43	44	52	27	30
241	39	43	44	52	27	30
242	38	45	44	52	27	30
243	39	44	44	52	27	30
244	39	43	44	52	27	30
245	38	43	44	52	27	30
246	39	43	43	52	27	30
247	39	44	44	52	27	30
248	39	42	46	52	28	30
249	39	42	45	52	26	30
250	39	43	44	52	26	29
251	38	43	44	52	27	30
252	38	43	45	53	26	30
253	39	43	44	52	27	30
254	40	43	45	52	25	30
255	39	43	44	52	26	30
256	39	44	44	52	28	30
257	38	43	44	52	27	30
258	39	43	44	52	26	30
259	39	43	44	52	27	30
260	38	43	45	52	28	30

261	38	43	44	52	28	31
262	39	43	44	52	32	30
263	39	43	44	52	28	29
264	39	43	44	53	27	30
265	39	43	44	51	27	30
266	39	43	44	52	27	30
267	39	43	44	52	25	30
268	39	43	44	52	27	30
269	39	43	43	52	27	30
270	39	43	44	52	28	30
271	39	43	44	52	27	30
272	39	43	45	52	27	30
273	39	43	44	52	27	30
274	39	42	44	52	29	30
275	39	42	44	52	27	30
276	39	43	44	52	26	30
277	39	43	42	52	28	30
278	39	43	44	53	27	30
279	39	43	44	52	26	29
280	39	43	44	52	27	30
281	39	43	45	52	27	30
282	39	43	45	53	26	30
283	39	43	44	52	26	30
284	39	43	44	52	27	30
285	39	43	45	53	27	30
286	39	43	44	52	27	30
287	39	44	44	52	28	30
288	40	43	44	53	30	30
289	38	44	45	53	27	29
290	38	42	45	52	27	30
291	39	43	44	53	28	30
292	38	43	45	52	29	30
293	38	45	44	53	27	29
294	39	43	46	52	29	30
295	38	43	44	53	27	30
296	39	43	45	52	27	30
297	39	43	46	52	27	30
298	39	43	46	52	26	30
299	38	43	44	52	27	30
300	38	43	44	52	27	30
301	38	43	44	52	27	30
302	40	43	44	53	27	30
303	39	43	44	52	26	30
304	39	43	44	52	27	30
305	39	43	44	52	27	30
306	39	43	44	52	26	30
307	38	43	44	52	26	30

308	39	44	44	53	28	30
309	39	42	44	52	26	30
310	39	43	44	52	27	30
311	39	43	44	52	26	30
312	39	43	45	52	25	30
313	38	44	45	52	25	30
314	39	43	44	52	25	30
315	39	43	44	52	28	30
316	39	43	44	52	28	30
317	39	43	45	52	27	30
318	38	44	44	52	26	31
319	39	43	44	52	25	30
320	39	44	44	53	30	29
321	39	43	44	53	29	30
322	39	43	44	53	25	30
323	39	43	44	53	27	29
324	40	43	44	53	26	30
325	39	44	44	53	28	29
326	39	43	44	53	26	30
327	39	43	44	53	25	30
328	39	44	44	53	27	31
329	39	43	44	53	28	31
330	39	43	44	53	29	30
331	39	43	44	53	27	30
332	39	43	45	53	27	30
333	39	44	44	53	32	30
334	39	44	44	53	27	30
335	39	43	45	53	27	30
336	39	43	44	53	25	30
337	38	43	44	53	26	31
338	38	43	44	53	28	30
339	38	43	44	53	26	30
340	38	44	45	53	27	30
341	38	43	44	53	27	30
342	39	42	44	53	27	30
343	38	43	44	53	27	30
344	39	42	44	53	25	30
345	38	44	43	53	27	30
346	39	43	44	53	27	30
347	39	43	45	53	28	29
348	39	43	45	53	28	29
349	38	43	44	53	30	30
350	39	43	45	53	27	29
351	39	43	45	53	27	29
352	39	42	44	53	27	29
353	40	43	44	53	27	29
354	39	43	44	53	26	30

355	39	43	44	53	27	30
356	39	43	44	53	27	29
357	39	44	43	53	26	30
358	39	44	45	53	27	30
359	39	43	44	53	24	29
360	39	43	44	53	27	30
361	39	43	44	53	28	30
362	39	44	45	53	28	30
363	39	43	44	53	27	29
364	39	44	45	53	29	29
365	39	43	44	53	29	30
366	39	43	44	53	29	30
367	39	43	44	53	26	30
368	39	44	44	53	27	30
369	39	43	44	53	27	30
370	39	44	44	53	28	30
371	39	43	44	53	27	30
372	39	43	44	53	29	30
373	39	43	44	53	29	30
374	39	43	45	53	28	30
375	39	43	44	53	26	30
376	40	43	45	53	27	30
377	39	43	44	53	29	30
378	39	44	44	53	29	30
379	39	42	44	53	27	30
380	39	43	45	53	26	30
381	39	44	44	53	25	29
382	39	43	44	53	29	30
383	39	43	44	53	27	30
384	39	43	44	53	25	30
385	39	44	44	53	27	30
386	39	44	44	53	28	30
387	39	43	44	53	27	30
388	39	43	44	53	26	30
389	39	43	44	53	27	30
390	38	44	44	53	27	30
391	39	43	44	53	25	30
392	39	43	44	53	28	30
393	39	44	44	53	27	30
394	39	43	44	53	25	30
395	39	43	44	53	28	30
396	39	44	45	53	28	30
397	39	42	44	53	29	29
398	40	44	45	53	27	30
399	39	43	44	53	27	30
400	39	44	45	53	27	30
401	39	44	43	53	27	30

402	39	44	44	53	25	30
403	39	43	44	53	27	30
404	40	43	44	53	27	30
405	39	43	46	53	28	30
406	39	44	44	53	27	30
407	39	44	44	53	29	30
408	39	43	44	53	25	30
409	39	43	44	53	27	30
410	39	43	44	53	29	30
411	39	43	44	53	28	30
412	40	43	44	53	28	30
413	39	43	44	53	27	30
414	39	44	44	53	29	30
415	39	43	44	53	26	30
416	39	43	44	53	27	30
417	39	43	44	53	29	30
418	39	43	44	53	27	30
419	39	43	45	53	29	30
420	39	44	44	53	27	30
421	39	43	45	53	27	30
422	39	44	44	53	25	30
423	39	43	44	53	27	30
424	39	43	45	53	25	30
425	39	44	44	53	27	30
426	40	43	44	53	27	30
427	49	43	45	53	27	30
428	39	43	44	53	27	30
429	39	43	44	53	25	30
430	39	43	44	53	29	30
431	39	43	45	53	28	30
432	39	43	44	53	28	30
433	40	43	44	53	28	30
434	39	43	44	53	28	30
435	39	43	44	53	28	30
436	39	44	44	53	28	30
437	39	43	44	53	28	30
438	39	43	44	53	26	30
439	39	43	44	53	27	31
440	39	43	44	53	26	30
441	39	43	44	53	29	31
442	39	43	44	53	28	30
443	39	43	44	53	27	30
444	39	44	45	53	27	30
445	39	43	44	53	27	30
446	39	43	45	53	29	30
447	39	43	44	53	27	30
448	39	43	45	53	28	30



449	39	44	44	53	30	30
450	39	43	45	53	26	30
451	39	43	44	53	26	30
452	40	43	44	53	24	30
453	41	43	44	53	27	30
454	39	44	45	53	27	30
455	39	43	44	53	25	31
456	39	44	44	53	25	30
457	40	44	46	53	29	30
458	39	43	44	53	27	30
459	39	44	44	53	30	30
460	39	43	45	53	26	30
461	39	43	44	53	26	30
462	40	43	44	53	24	30
463	41	43	44	53	27	30
464	39	44	45	53	27	30
465	39	44	43	53	27	30
466	39	43	45	53	25	30
467	39	42	44	53	29	30
468	39	43	44	53	25	30
469	39	43	44	53	27	30
470	39	43	44	53	28	30
471	39	43	44	53	27	30
472	39	44	44	53	27	30
473	39	43	45	53	27	29
474	39	42	45	53	30	30
475	40	43	45	53	29	31
476	39	44	44	53	29	30
477	40	43	45	53	26	30
478	39	43	45	53	26	30
479	40	44	44	53	27	30
480	39	43	44	53	28	30
481	39	43	44	53	27	30
482	39	43	45	53	29	30
483	39	44	44	53	28	30
484	39	43	45	53	26	30
485	39	43	44	53	29	30
486	39	43	44	53	29	30
487	39	43	44	53	27	30
488	39	43	44	53	28	30
489	39	44	44	53	30	30
490	39	43	44	53	25	31
491	39	43	44	53	28	30
492	39	43	44	53	27	30
493	39	44	44	53	28	30
494	39	44	44	53	25	30
495	39	43	44	53	27	30

496	39	45	44	53	27	30
497	39	44	45	53	27	30
498	39	43	45	53	26	30
499	39	43	45	53	29	30
500	39	44	45	53	29	30
501	39	43	44	53	29	30
502	41	43	45	53	27	30
503	39	43	45	53	26	30
504	39	44	44	53	29	30
505	39	43	44	53	29	31
506	39	43	44	53	27	30
507	39	43	44	53	29	30
508	39	44	44	53	25	30
509	39	43	45	53	27	30
510	39	43	44	53	27	30
511	39	44	43	53	29	30
512	39	43	44	53	27	30
513	39	44	44	53	32	30
514	39	42	44	53	32	30
515	39	44	44	53	25	30
516	39	43	44	53	27	30
517	40	44	44	53	27	30
518	39	43	45	53	26	30
519	39	43	44	53	30	30
520	39	43	44	53	27	30
521	39	43	44	53	27	30
522	38	43	44	53	29	30
523	39	43	44	53	27	30
524	39	43	44	53	29	30
525	39	44	44	53	27	30
526	39	43	43	53	29	30
527	39	44	44	53	27	30
528	39	44	44	53	27	30
529	40	44	44	53	30	30
530	39	44	44	53	27	30
531	39	44	45	53	27	30
532	39	43	45	53	27	30
533	39	43	44	53	27	30
534	39	44	45	53	27	30
535	39	43	44	53	27	30
536	39	43	44	53	27	30
537	39	44	44	53	27	30
538	40	43	44	53	27	30
539	39	43	44	53	27	30
540	39	44	44	53	27	30
541	39	43	45	53	27	30
542	39	43	44	53	27	30

543	39	44	45	53	27	30
544	39	43	44	53	27	30
545	39	43	44	53	27	30
546	39	43	44	53	27	30
547	39	43	44	53	27	30
548	39	44	45	53	27	30
549	39	43	44	53	27	30
550	39	43	44	53	25	30
551	39	43	44	53	27	30
552	39	42	44	53	28	30
553	49	43	44	53	28	30
554	39	43	44	53	27	30
555	39	42	45	53	27	30
556	39	43	45	53	27	30
557	39	43	44	53	27	30
558	39	43	44	53	27	30
559	39	43	44	53	28	30
560	39	43	45	53	26	30
561	39	44	44	53	27	30
562	39	43	44	53	28	30
563	39	43	44	53	27	30
564	39	43	44	53	25	30
565	40	42	44	53	27	30
566	39	44	44	53	27	30
567	40	43	45	53	27	30
568	38	43	44	53	29	30
569	39	44	44	53	27	30
570	39	43	45	53	27	30
571	39	44	44	53	28	30
572	40	43	44	53	30	30
573	39	43	44	53	27	30
574	39	44	44	53	30	30
575	39	43	44	53	28	30
576	39	44	44	53	30	30
577	39	43	44	53	30	30
578	39	43	45	53	30	30
579	39	44	45	53	30	30
580	39	43	44	53	30	30
581	39	43	45	53	30	30
582	39	44	44	53	30	30
583	39	44	44	53	30	30
584	39	44	45	53	26	30
585	39	44	44	53	26	30
586	40	44	44	53	27	31
587	39	43	44	53	29	30
588	39	44	44	53	28	30
589	39	43	44	53	27	30

590	39	43	45	53	27	30
591	39	43	44	53	27	30
592	39	42	44	53	29	30
593	39	43	44	53	29	30

594	39	44	45	53	28	30
595	39	43	45	53	27	30
596	39	43	44	53	29	30
597	39	43	45	53	28	30

598	39	43	44	53	27	30
599	39	43	44	53	25	30
600	39	43	45	53	27	30

Ventilador 70% (2,8m/s)						
t (s)	T1	T2	T3	T4	T.ext	T.int
1	39	44	44	53	23	28
2	39	44	44	53	24	28
3	39	44	44	53	23	27
4	39	44	44	53	23	28
5	39	44	44	53	25	27
6	39	43	45	53	24	28
7	39	44	45	53	26	28
8	39	44	45	53	26	28
9	39	43	45	53	24	28
10	39	43	45	53	24	28
11	39	44	45	54	23	28
12	39	44	45	53	23	28
13	39	44	44	53	25	28
14	39	44	46	53	26	28
15	39	44	45	53	24	28
16	39	44	44	53	24	28
17	39	43	45	52	24	28
18	39	43	44	54	27	28
19	39	43	44	53	24	28
20	39	43	45	53	25	28
21	39	43	45	53	26	28
22	39	43	45	54	28	28
23	39	44	44	53	24	27
24	39	43	44	53	24	27
25	39	43	45	53	21	27
26	39	44	45	53	22	27
27	40	44	45	53	25	27
28	39	44	44	54	24	27
29	39	43	47	53	26	27
30	39	44	44	53	26	27
31	39	43	44	54	25	27
32	39	44	44	53	25	27
33	39	43	45	53	24	28
34	39	43	45	53	24	27
35	39	44	44	53	27	28
36	39	44	45	53	24	27
37	39	44	44	53	25	28
38	39	43	44	54	26	27
39	39	44	45	53	24	28

40	39	43	45	53	28	28
41	39	43	45	53	27	27
42	40	44	45	53	22	27
43	39	44	44	53	25	28
44	39	45	45	53	23	28
45	39	43	45	53	24	27
46	39	43	45	53	24	27
47	39	44	44	53	26	27
48	39	44	44	53	27	28
49	39	44	45	54	24	27
50	39	44	44	53	24	27
51	39	43	44	53	22	27
52	39	42	44	54	25	28
53	39	44	44	54	27	27
54	39	44	45	53	24	27
55	39	44	44	53	25	27
56	39	44	45	54	24	27
57	39	42	45	54	24	27
58	39	44	45	53	25	27
59	39	42	44	53	26	27
60	39	44	45	53	26	27
61	39	44	44	53	24	27
62	39	43	45	53	27	27
63	39	44	44	53	24	27
64	40	43	45	54	24	27
65	40	44	45	53	28	27
66	39	43	46	53	24	27
67	39	44	45	53	26	27
68	39	44	45	53	27	27
69	39	43	45	53	26	27
70	39	44	44	53	24	27
71	39	44	44	53	25	27
72	39	43	45	53	24	27
73	39	43	44	53	25	27
74	39	44	45	53	23	27
75	39	44	45	53	25	27
76	39	43	45	53	25	27
77	39	43	45	53	24	27
78	39	44	45	53	26	27
79	39	44	45	53	26	27
80	39	43	45	53	23	27

81	39	43	45	53	27	27
82	39	44	45	53	25	27
83	39	44	44	53	23	28
84	39	44	44	53	24	27
85	39	43	45	53	25	27
86	39	44	45	53	25	27
87	39	44	45	53	22	28
88	39	44	45	53	24	27
89	39	44	45	53	25	27
90	39	44	45	54	23	27
91	39	44	44	53	25	28
92	39	44	44	53	25	28
93	39	44	45	53	24	27
94	39	44	45	53	25	27
95	39	43	45	53	24	27
96	39	44	45	54	24	27
97	39	43	45	53	25	27
98	39	43	45	52	24	27
99	39	43	45	53	25	27
100	40	44	43	53	25	28
101	39	44	45	54	26	28
102	39	44	45	53	27	28
103	39	43	45	53	24	27
104	39	41	45	53	24	27
105	39	44	45	53	25	27
106	39	43	45	53	25	27
107	38	44	45	54	25	27
108	39	44	45	53	23	28
109	39	44	44	53	23	27
110	39	44	45	54	25	27
111	39	43	44	54	24	28
112	40	44	45	53	24	27
113	39	44	45	53	24	27
114	39	44	45	53	24	27
115	39	44	45	53	25	27
116	39	44	45	53	24	27
117	39	44	45	53	24	27
118	39	44	45	53	25	28
119	39	44	45	54	25	28
120	39	44	45	54	25	27
121	40	44	45	53	24	28

122	39	44	44	53	24	28
123	40	44	45	53	24	28
124	39	43	45	53	23	27
125	39	44	45	53	27	27
126	39	44	45	53	27	27
127	39	45	45	54	26	27
128	39	44	45	53	24	27
129	39	44	44	53	24	27
130	39	44	45	53	23	27
131	40	44	45	53	29	27
132	39	44	45	53	25	27
133	39	43	45	53	23	28
134	39	44	46	52	25	27
135	39	44	45	53	25	27
136	39	44	45	53	24	27
137	39	44	45	53	23	27
138	39	44	45	53	25	27
139	39	44	47	53	24	28
140	39	43	45	53	24	28
141	39	44	45	53	25	27
142	39	44	45	53	25	28
143	39	44	44	53	27	28
144	39	44	45	53	27	28
145	39	44	45	53	23	28
146	39	43	44	53	23	28
147	39	43	45	53	24	28
148	39	43	45	53	27	28
149	39	44	45	53	27	28
150	39	43	45	53	27	28
151	39	44	45	53	27	28
152	39	44	45	53	28	28
153	39	44	45	53	23	28
154	39	43	44	53	24	27
155	39	44	45	53	24	27
156	39	43	45	53	24	28
157	40	44	45	53	24	28
158	39	44	44	54	24	28
159	39	44	45	53	24	27
160	39	43	44	53	27	28
161	39	43	45	53	24	28
162	39	44	45	53	26	27
163	39	44	45	53	26	27
164	39	44	45	53	25	27
165	39	44	45	54	24	27
166	39	44	44	53	23	28
167	39	43	44	54	24	27
168	39	44	44	53	23	27

169	39	44	44	53	23	27
170	39	44	45	53	24	27
171	39	44	45	53	24	27
172	39	44	45	54	23	27
173	39	44	45	53	27	27
174	39	44	44	53	24	27
175	39	43	45	53	24	27
176	39	44	45	53	26	27
177	39	44	45	53	25	27
178	39	43	45	53	24	27
179	39	43	47	53	25	26
180	39	44	45	53	23	27
181	39	44	45	53	24	27
182	39	43	45	54	24	27
183	39	44	45	53	25	27
184	39	43	45	54	27	27
185	39	43	44	53	25	27
186	39	44	45	53	26	27
187	39	44	45	53	25	27
188	39	44	43	53	25	27
189	39	43	45	53	25	27
190	39	43	45	53	25	27
191	39	44	45	53	26	27
192	39	43	45	53	24	27
193	39	45	45	53	25	27
194	39	44	45	53	24	27
195	39	43	44	54	27	27
196	39	44	44	53	26	28
197	39	44	45	53	27	27
198	39	45	44	53	25	27
199	39	44	45	53	29	28
200	39	44	44	53	25	27
201	39	44	45	53	26	27
202	39	44	45	54	24	27
203	39	44	44	53	23	27
204	39	43	44	53	25	27
205	39	44	45	53	25	28
206	39	44	44	54	25	28
207	39	44	45	54	26	27
208	40	44	44	53	25	28
209	40	44	45	53	26	27
210	40	44	45	53	27	27
211	40	44	45	53	26	27
212	40	44	45	53	26	27
213	40	44	45	53	26	27
214	40	44	45	53	23	27
215	40	43	45	53	23	27

216	40	44	45	53	25	27
217	40	44	44	53	24	28
218	40	44	45	54	25	27
219	40	43	44	53	24	27
220	40	43	44	53	25	28
221	40	44	45	53	25	27
222	40	43	45	53	26	28
223	40	43	44	53	26	28
224	40	43	44	53	26	28
225	40	43	45	53	27	28
226	40	43	44	53	26	28
227	40	43	44	53	24	28
228	40	43	45	53	25	27
229	40	44	45	54	27	27
230	40	43	45	53	27	28
231	40	43	45	53	27	28
232	40	44	45	53	25	27
233	40	45	45	53	25	27
234	40	43	44	53	24	27
235	40	43	45	53	25	27
236	40	44	45	53	24	27
237	40	43	45	53	24	27
238	40	42	45	53	24	27
239	40	43	42	53	25	28
240	40	43	44	53	24	27
241	40	44	45	54	23	27
242	40	43	44	53	24	27
243	40	44	44	53	25	28
244	40	44	44	53	27	27
245	40	43	45	54	25	27
246	40	44	44	53	24	27
247	40	44	45	53	24	27
248	40	44	44	53	24	27
249	40	44	45	53	25	28
250	40	43	45	53	23	27
251	40	43	45	54	25	27
252	40	44	45	53	24	28
253	40	43	44	53	26	28
254	40	44	45	53	25	27
255	40	44	44	53	24	27
256	40	43	45	53	25	27
257	40	43	44	53	24	27
258	40	43	45	53	25	27
259	40	44	44	53	25	27
260	40	44	44	53	26	28
261	40	43	45	53	25	27
262	40	43	44	53	27	27

263	40	42	45	53	24	27
264	40	43	45	53	24	27
265	40	43	45	53	24	27
266	40	44	44	53	27	27
267	40	43	44	54	26	27
268	40	44	45	53	25	27
269	40	44	45	53	25	27
270	40	44	44	53	24	28
271	40	43	45	53	26	27
272	40	43	44	54	25	27
273	40	43	44	53	24	27
274	40	43	44	54	23	27
275	40	44	45	53	25	28
276	40	44	44	53	25	27
277	40	43	44	53	23	27
278	40	43	44	54	23	27
279	40	43	44	54	24	28
280	40	43	45	54	26	28
281	40	44	45	53	25	28
282	40	44	45	54	25	27
283	40	43	45	54	26	27
284	40	44	44	54	23	27
285	40	44	45	54	25	28
286	40	43	45	54	25	27
287	40	44	45	54	25	27
288	40	44	45	54	25	28
289	40	45	45	54	25	27
290	40	44	45	54	26	28
291	40	44	45	54	25	28
292	40	44	45	54	24	28
293	40	44	45	54	26	28
294	40	44	44	54	26	29
295	40	44	45	54	25	29
296	40	44	45	54	25	28
297	40	44	44	54	27	29
298	40	43	44	54	26	28
299	40	44	45	53	23	29
300	40	43	45	54	25	29
301	40	43	45	53	25	29
302	40	44	44	54	23	28
303	40	43	45	53	27	29
304	40	44	46	53	25	29
305	40	44	45	53	27	29
306	40	43	44	53	27	29
307	40	43	46	53	23	27
308	40	44	45	53	24	28
309	40	44	45	53	24	28

310	40	44	44	53	27	28
311	40	44	45	53	24	28
312	40	44	44	53	24	28
313	40	43	45	53	24	29
314	40	44	45	53	24	29
315	40	44	45	53	25	28
316	40	44	44	53	26	28
317	40	44	44	53	27	28
318	40	44	44	53	25	29
319	40	44	45	53	25	28
320	40	43	44	53	25	28
321	40	43	44	54	25	29
322	40	44	44	53	25	28
323	40	44	45	54	25	28
324	40	43	45	53	27	29
325	40	44	45	54	24	28
326	40	44	45	53	27	29
327	40	44	45	54	27	29
328	40	44	45	54	28	29
329	40	44	45	54	24	28
330	40	44	45	54	25	28
331	40	44	45	54	23	28
332	40	44	44	54	27	29
333	40	44	45	54	29	28
334	40	44	44	54	25	28
335	40	43	45	54	27	28
336	40	43	44	54	25	28
337	40	44	44	54	25	29
338	40	44	45	54	26	28
339	40	44	45	54	26	28
340	40	44	45	54	26	28
341	40	44	45	54	26	28
342	40	44	45	54	27	28
343	40	43	45	54	25	28
344	40	44	46	54	24	28
345	40	44	45	54	27	28
346	40	44	45	54	25	28
347	40	43	45	54	24	28
348	40	44	44	54	25	28
349	40	43	44	54	30	28
350	40	43	45	54	25	29
351	40	44	45	54	26	28
352	40	43	45	54	24	28
353	40	44	45	54	25	28
354	40	44	44	54	25	29
355	40	46	45	54	27	30
356	40	44	45	53	26	30

357	40	44	45	53	26	29
358	40	44	44	53	25	29
359	40	45	44	54	25	28
360	40	43	44	54	25	28
361	40	44	43	53	25	28
362	40	44	45	53	28	28
363	40	44	45	53	22	29
364	40	44	45	53	24	28
365	40	44	45	53	27	28
366	40	44	44	53	26	28
367	40	44	44	53	26	28
368	40	44	45	53	25	28
369	40	44	45	53	25	27
370	40	44	45	53	25	28
371	40	44	45	54	23	28
372	40	44	45	53	25	28
373	40	44	44	53	27	28
374	40	44	45	53	25	28
375	40	44	44	53	25	27
376	40	44	45	53	27	28
377	40	44	45	53	24	28
378	40	44	44	53	25	28
379	40	43	45	53	25	28
380	40	44	45	53	25	28
381	40	44	45	54	25	28
382	40	43	45	54	24	27
383	40	43	45	54	23	28
384	40	43	45	53	25	28
385	40	43	45	54	25	28
386	40	45	45	54	25	28
387	40	43	45	54	25	28
388	40	44	45	54	24	28
389	40	44	45	54	25	28
390	40	43	45	54	28	28
391	40	44	45	54	25	28
392	40	44	45	54	28	28
393	40	44	45	54	25	28
394	40	44	45	54	25	28
395	40	44	45	54	29	28
396	40	43	45	54	24	28
397	40	43	45	54	22	28
398	40	44	45	54	27	28
399	40	44	45	54	24	28
400	40	44	44	54	23	28
401	40	44	46	54	25	28
402	40	45	47	54	25	28
403	40	44	46	54	27	28

404	40	44	45	54	26	28
405	40	44	45	54	26	28
406	40	44	46	54	25	28
407	40	44	45	54	25	28
408	40	45	46	54	25	28
409	40	44	45	54	25	28
410	40	44	45	54	26	28
411	40	44	45	54	25	28
412	40	44	46	54	28	29
413	40	43	45	54	24	28
414	40	43	45	54	27	28
415	40	44	44	54	28	28
416	40	44	45	54	24	28
417	40	44	45	54	26	28
418	40	44	45	54	25	28
419	40	44	44	54	27	28
420	40	44	45	54	26	27
421	40	44	45	54	24	28
422	40	44	45	54	24	28
423	40	44	44	54	24	27
424	40	43	45	54	24	27
425	39	43	46	54	25	28
426	39	44	45	54	25	28
427	39	44	45	54	26	29
428	39	44	45	54	25	27
429	39	43	45	54	27	28
430	39	44	45	54	27	28
431	39	44	44	54	26	28
432	40	44	45	54	25	28
433	40	43	44	54	26	28
434	40	44	45	54	27	28
435	40	44	44	54	25	28
436	40	44	44	54	24	28
437	40	43	45	54	25	28
438	40	43	44	54	27	28
439	40	44	45	54	24	29
440	40	44	45	54	24	28
441	40	44	45	54	26	28
442	40	44	45	54	26	28
443	40	43	45	54	26	29
444	40	43	45	54	26	29
445	40	43	45	54	26	29
446	40	44	44	54	26	28
447	40	43	45	54	26	28
448	40	43	45	54	25	28
449	40	44	45	54	25	29
450	40	44	45	54	27	28

451	40	43	45	54	25	29
452	40	44	44	54	25	29
453	40	45	45	54	27	28
454	40	43	44	54	30	28
455	40	44	44	54	25	27
456	40	43	45	54	25	28
457	40	44	45	54	26	28
458	40	43	45	54	24	28
459	40	44	45	54	25	28
460	40	44	44	54	24	28
461	40	44	44	54	24	28
462	40	44	45	54	24	28
463	40	44	45	54	24	27
464	40	44	45	54	25	28
465	40	44	45	54	25	28
466	40	44	45	54	25	28
467	40	43	44	54	25	28
468	40	43	45	54	26	28
469	40	44	45	54	25	28
470	40	44	44	54	27	27
471	40	43	45	54	26	28
472	40	43	44	54	27	27
473	40	44	44	54	25	28
474	40	44	45	54	27	28
475	40	43	45	54	24	28
476	40	44	44	54	26	28
477	40	44	44	54	25	28
478	40	44	46	54	25	28
479	40	44	44	54	24	28
480	40	44	45	54	25	28
481	40	43	45	54	24	28
482	40	44	45	54	27	28
483	40	44	45	54	25	28
484	40	43	45	54	25	28
485	40	43	44	54	24	28
486	40	44	44	54	27	28
487	40	44	44	54	25	28
488	40	44	45	54	25	28
489	40	44	45	54	25	28
490	40	45	45	54	27	28
491	40	43	45	54	25	27
492	40	43	45	54	25	28
493	40	43	44	54	25	27
494	40	44	45	54	26	28
495	40	44	44	54	27	28
496	40	44	45	54	25	28
497	40	44	45	54	26	27

498	40	44	45	54	26	28
499	40	43	45	54	25	28
500	40	44	45	54	26	28
501	40	44	45	54	26	28
502	40	44	45	54	25	28
503	40	44	45	54	25	28
504	40	44	44	54	25	28
505	40	44	44	54	25	28
506	40	43	46	54	25	28
507	40	44	45	54	25	28
508	40	44	44	54	25	28
509	40	44	45	54	24	27
510	40	44	44	53	28	28
511	40	44	45	54	25	28
512	40	44	45	54	25	28
513	41	44	45	54	23	28
514	41	44	46	54	27	28
515	41	44	45	54	27	28
516	40	44	44	54	26	28
517	40	44	45	54	26	28
518	40	44	45	54	25	28
519	40	44	45	54	25	28
520	40	44	45	54	27	28
521	40	44	45	54	25	28
522	40	44	45	54	24	28
523	40	44	45	54	26	28
524	40	44	45	54	24	27
525	40	45	46	54	24	27
526	40	44	45	54	25	27
527	40	44	45	54	25	27
528	40	44	45	54	24	27
529	40	44	45	54	25	27
530	40	44	45	54	25	27
531	40	44	45	54	29	27
532	40	44	46	54	25	28
533	40	44	45	54	27	27
534	40	44	45	54	26	27
535	40	44	45	54	25	27
536	40	44	45	54	29	27
537	40	45	45	54	25	27
538	40	45	45	54	24	27
539	40	44	45	54	27	27
540	40	44	45	54	25	27
541	40	44	45	54	25	27
542	40	44	45	54	26	27
543	40	44	45	54	25	27
544	40	44	45	54	25	27

545	40	44	44	54	25	27
546	40	44	45	54	25	27
547	40	44	46	54	27	27
548	40	45	45	54	26	27
549	40	44	46	54	25	27
550	40	44	45	54	24	27
551	40	45	43	54	23	27
552	40	44	45	54	28	27
553	40	45	46	54	25	27
554	40	44	45	54	26	27
555	40	44	45	54	25	27
556	40	44	47	54	27	28
557	40	44	45	54	25	26
558	40	44	46	54	27	27
559	40	44	45	54	25	26
560	40	44	45	54	26	27
561	41	44	45	54	25	27
562	40	44	45	54	25	27
563	40	44	45	54	25	27

564	40	45	45	54	25	27
565	40	44	45	54	25	27
566	40	44	46	54	25	27
567	40	44	45	54	23	27
568	40	44	46	54	25	27
569	40	44	45	54	27	27
570	40	44	45	54	27	27
571	40	43	45	54	25	27
572	40	44	45	54	27	27
573	40	44	45	54	25	28
574	40	44	45	54	28	27
575	41	44	45	54	30	27
576	40	44	45	54	25	27
577	40	44	44	54	25	28
578	40	45	45	54	25	28
579	40	45	44	54	27	27
580	40	44	45	54	25	27
581	40	46	45	54	23	27
582	40	43	45	54	25	27

583	40	44	45	54	25	27
584	40	44	45	54	24	27
585	40	44	44	54	23	27
586	40	44	45	54	24	27
587	40	44	46	54	23	27
588	40	44	45	54	24	27
589	40	44	45	54	25	27
590	40	44	45	54	25	27
591	40	44	45	54	24	26
592	40	45	45	54	25	26
593	40	44	45	54	27	27
594	41	45	45	53	25	26
595	40	44	45	54	28	27
596	40	45	45	54	25	26
597	40	44	45	54	27	26
598	40	44	45	54	27	27
599	40	44	45	54	27	27
600	40	44	45	54	27	28

<b>Ventilador 60% (2,3m/s)</b>						
t (s)	T1	T2	T3	T4	T.ext	T.int
1	41	46	44	56	27	28
2	41	45	45	56	27	28
3	41	45	45	55	27	28
4	41	45	45	56	27	28
5	41	45	45	56	26	28
6	41	46	45	55	27	29
7	41	45	45	56	28	29
8	41	45	45	56	27	29
9	41	44	44	55	28	29
10	41	46	45	55	28	28
11	41	45	44	55	27	28
12	41	45	45	55	24	28
13	41	46	44	55	28	29
14	41	45	45	56	26	28
15	40	45	45	56	27	28
16	41	45	45	55	27	28
17	41	45	45	55	29	28
18	41	46	45	55	26	28
19	41	45	45	55	27	28
20	41	45	46	55	25	29
21	41	45	45	55	29	28
22	41	45	45	55	25	28
23	41	45	45	56	27	29

24	41	45	45	55	27	29
25	41	45	45	55	28	29
26	41	46	46	55	26	27
27	41	45	46	56	28	28
28	41	45	45	55	26	27
29	41	45	45	55	27	28
30	41	46	45	55	29	28
31	41	45	45	56	26	29
32	41	45	45	56	29	28
33	41	45	45	55	29	29
34	41	45	45	55	27	28
35	41	45	45	56	25	28
36	41	45	45	55	26	29
37	41	45	45	55	27	28
38	41	45	45	55	29	29
39	41	45	45	56	28	29
40	41	45	45	56	27	29
41	41	45	45	56	27	28
42	40	45	45	56	28	28
43	41	44	44	55	27	28
44	41	46	45	56	27	28
45	42	45	45	56	28	29
46	41	46	45	56	27	28
47	41	45	45	56	29	29
48	41	45	45	56	27	29

49	42	46	46	56	27	28
50	42	46	46	56	29	28
51	42	45	46	56	26	27
52	42	46	45	56	27	28
53	42	46	45	56	27	28
54	42	45	45	56	27	28
55	42	45	45	56	27	27
56	42	45	45	56	27	27
57	42	46	44	56	29	27
58	42	46	46	56	27	28
59	42	46	45	56	28	28
60	42	46	45	56	28	28
61	42	46	45	56	26	28
62	42	47	44	56	25	27
63	42	47	45	56	27	27
64	42	46	44	56	29	29
65	42	46	46	56	27	28
66	42	45	44	56	26	28
67	42	45	44	56	24	28
68	42	45	45	56	27	29
69	42	45	45	56	26	28
70	42	45	44	56	27	29
71	42	46	45	56	27	29
72	41	45	45	56	27	29
73	41	45	45	56	27	27

74	42	46	46	56	26	26
75	42	45	46	56	26	27
76	42	45	46	56	27	27
77	42	45	46	56	27	27
78	42	46	45	56	28	28
79	42	46	47	56	28	28
80	42	46	46	57	28	29
81	42	46	45	56	28	29
82	42	45	46	56	28	28
83	42	45	46	56	28	28
84	42	45	45	57	26	26
85	42	45	45	56	27	27
86	42	46	45	56	28	27
87	42	47	45	56	24	27
88	42	45	46	56	29	29
89	42	45	46	57	27	27
90	42	45	44	56	31	27
91	42	45	46	56	27	27
92	42	45	46	56	27	27
93	43	45	46	56	27	27
94	42	45	46	56	27	27
95	42	44	46	56	30	27
96	42	45	46	56	27	27
97	42	45	46	57	27	27
98	42	45	45	56	28	27
99	42	45	46	56	29	27
100	42	46	46	56	28	28
101	42	45	46	56	28	28
102	42	45	47	56	28	29
103	42	45	46	56	28	29
104	42	46	46	56	28	29
105	42	45	45	56	27	29
106	42	45	45	56	28	29
107	42	46	46	56	28	27
108	42	46	45	57	28	27
109	42	46	47	56	30	27
110	42	46	47	56	27	28
111	42	46	47	56	28	28
112	42	46	47	56	30	30
113	42	46	48	56	29	29
114	42	46	46	56	28	29
115	42	47	47	56	27	28
116	43	46	48	56	27	28
117	42	46	47	56	30	29
118	42	47	47	56	29	29
119	42	46	47	56	27	28
120	43	46	47	56	26	28

121	42	46	47	56	29	27
122	43	46	47	56	27	28
123	43	47	47	56	26	28
124	42	46	47	56	25	27
125	42	46	47	56	26	27
126	42	47	47	56	26	27
127	42	46	47	56	28	28
128	42	47	48	56	29	29
129	42	46	47	56	25	28
130	42	46	47	56	27	27
131	43	46	46	56	31	28
132	42	46	47	56	28	29
133	42	46	47	56	28	29
134	42	46	46	56	26	27
135	42	46	47	56	28	28
136	42	46	46	56	34	27
137	42	46	47	56	28	27
138	42	46	48	56	28	27
139	42	46	47	56	28	27
140	42	46	47	56	28	28
141	42	46	46	56	25	26
142	42	46	47	56	28	28
143	42	45	47	56	28	28
144	42	47	47	56	28	28
145	42	46	47	56	26	28
146	42	46	46	56	29	27
147	42	47	47	56	28	28
148	42	47	47	57	28	27
149	42	46	47	56	32	27
150	42	47	47	56	28	27
151	42	46	47	56	28	28
152	42	47	47	56	31	28
153	42	46	47	56	28	28
154	42	46	47	56	28	28
155	42	46	47	56	28	28
156	42	46	47	56	28	28
157	42	46	47	56	28	28
158	42	46	47	56	28	28
159	42	46	48	56	27	29
160	42	46	48	57	29	29
161	42	46	47	56	28	28
162	42	46	46	56	27	28
163	42	46	47	56	27	29
164	42	47	48	56	28	29
165	42	46	47	56	27	29
166	42	46	48	56	28	29
167	42	46	48	56	29	28

168	42	46	47	56	31	29
169	42	47	47	56	29	28
170	42	46	48	56	26	29
171	42	47	47	56	28	29
172	42	46	47	56	28	29
173	42	46	47	56	27	29
174	42	47	48	57	28	28
175	42	47	47	56	27	29
176	42	46	47	57	27	29
177	42	46	48	57	27	28
178	42	46	47	57	28	28
179	42	46	47	57	27	29
180	42	47	47	57	28	28
181	42	45	47	57	27	29
182	42	46	47	57	27	29
183	42	46	47	57	27	28
184	42	46	47	57	28	28
185	42	47	47	57	25	28
186	42	47	47	57	26	29
187	42	47	47	57	27	28
188	42	47	47	57	28	29
189	42	46	48	57	27	29
190	42	46	47	57	27	29
191	42	46	47	57	26	30
192	42	47	47	57	27	29
193	42	46	47	56	27	29
194	42	46	47	56	27	29
195	42	46	47	56	27	29
196	42	46	47	56	27	29
197	42	46	47	57	27	29
198	42	46	47	57	26	29
199	42	46	47	56	27	29
200	42	46	47	56	27	29
201	42	46	47	56	25	29
202	42	47	47	58	28	29
203	42	46	47	57	26	29
204	42	47	47	56	27	29
205	42	47	48	57	27	29
206	42	46	47	56	29	29
207	43	46	48	57	29	29
208	42	46	47	57	27	29
209	42	47	48	57	27	29
210	42	47	48	57	27	29
211	42	46	48	57	27	29
212	42	47	47	57	27	29
213	42	46	48	57	27	29
214	42	47	48	57	29	29

215	42	47	47	58	27	29
216	43	47	47	57	25	28
217	43	47	47	58	30	28
218	42	47	48	58	27	29
219	42	47	47	58	28	29
220	42	46	48	57	27	29
221	42	47	48	58	27	29
222	42	47	47	57	29	29
223	42	46	48	57	27	29
224	42	46	47	57	25	29
225	42	47	48	57	27	29
226	42	47	47	57	28	30
227	42	47	48	58	27	29
228	42	47	47	57	29	29
229	42	46	47	57	26	30
230	42	47	47	57	28	29
231	42	47	47	58	27	29
232	42	47	47	58	29	29
233	42	47	47	58	31	29
234	42	47	47	58	24	29
235	42	47	47	58	27	29
236	42	48	47	57	27	29
237	42	46	47	57	27	29
238	43	47	48	58	24	29
239	42	46	47	58	27	30
240	42	46	47	58	24	29
241	43	47	48	58	26	29
242	42	47	47	57	27	29
243	42	46	48	58	29	29
244	42	47	49	58	26	28
245	43	47	48	58	26	28
246	43	47	48	58	26	28
247	42	48	48	58	28	28
248	42	47	48	58	29	29
249	42	47	48	58	30	29
250	42	47	47	58	29	29
251	42	47	47	58	29	29
252	42	47	47	58	26	29
253	42	46	47	58	27	29
254	42	47	47	58	29	29
255	42	47	47	58	29	29
256	42	47	48	58	28	29
257	42	47	47	58	28	29
258	42	47	47	58	25	29
259	42	48	48	58	27	29
260	42	47	48	58	27	29
261	42	46	48	58	26	29

262	42	47	48	58	26	29
263	42	47	47	58	26	29
264	42	47	47	58	26	29
265	42	47	47	58	26	29
266	42	47	48	58	26	29
267	42	46	48	58	28	29
268	42	47	48	58	26	29
269	42	47	47	58	25	29
270	42	46	47	58	27	29
271	42	47	47	58	29	29
272	42	47	47	57	26	29
273	42	47	47	57	26	29
274	43	47	47	58	25	29
275	43	48	49	58	29	29
276	42	47	48	58	25	29
277	42	47	47	58	28	29
278	42	47	47	57	26	29
279	42	46	47	58	27	29
280	43	46	47	58	25	29
281	42	47	47	58	28	29
282	42	46	47	57	27	29
283	42	46	46	58	26	29
284	42	47	47	57	29	29
285	42	47	47	58	27	29
286	43	48	48	57	27	29
287	42	46	47	58	29	29
288	42	46	47	58	29	29
289	42	46	48	58	27	29
290	42	47	46	58	25	29
291	42	47	46	58	29	29
292	42	46	47	57	29	29
293	42	46	47	57	29	29
294	42	46	47	57	29	29
295	42	46	47	57	29	29
296	42	46	47	57	29	29
297	43	47	46	57	25	29
298	42	46	46	57	27	29
299	43	47	47	57	27	29
300	42	47	46	57	27	29
301	42	46	46	57	28	29
302	42	47	46	57	28	29
303	42	46	46	57	27	29
304	42	47	47	57	25	29
305	42	47	46	57	25	29
306	43	46	47	57	28	29
307	42	46	46	57	32	29
308	42	47	47	57	28	29

309	42	46	47	57	27	29
310	42	46	47	57	27	29
311	43	46	47	57	28	29
312	42	46	47	57	28	29
313	42	46	47	57	28	30
314	42	46	47	57	28	29
315	42	46	47	57	28	29
316	43	47	47	57	28	29
317	42	46	47	57	28	29
318	43	47	47	57	30	29
319	43	46	47	57	28	29
320	43	46	47	57	29	30
321	42	46	46	57	28	29
322	43	46	47	57	28	29
323	43	46	47	57	28	29
324	42	46	47	57	28	29
325	43	46	48	57	28	29
326	43	47	47	57	28	29
327	43	46	47	57	28	29
328	43	46	47	58	28	29
329	43	47	45	58	28	29
330	42	47	46	57	28	29
331	43	46	47	57	28	29
332	42	46	47	57	28	29
333	42	46	47	57	28	29
334	43	46	47	57	28	29
335	42	46	47	57	27	29
336	42	48	47	57	27	29
337	42	46	47	57	27	29
338	42	47	47	58	28	29
339	43	46	47	57	30	29
340	42	46	47	58	28	29
341	43	47	47	57	28	29
342	42	47	45	57	29	30
343	42	46	47	57	29	29
344	42	46	47	57	28	29
345	42	46	47	57	28	30
346	42	46	47	57	28	29
347	42	46	47	57	27	29
348	41	46	45	56	29	29
349	41	46	47	57	29	29
350	41	45	46	57	28	29
351	42	46	46	57	28	29
352	41	46	46	57	27	29
353	42	46	47	57	28	29
354	42	46	47	57	28	29
355	42	46	47	57	28	29



356	42	46	47	57	28	29
357	41	46	46	56	29	29
358	41	45	46	57	28	29
359	41	45	46	57	30	30
360	41	46	46	57	30	29
361	41	46	46	57	27	28
362	41	45	46	57	30	30
363	41	45	46	57	29	29
364	42	46	47	57	29	29
365	41	46	46	57	28	29
366	41	46	46	57	30	28
367	42	46	47	57	28	29
368	42	46	47	57	29	28
369	42	47	47	57	29	29
370	42	46	47	56	27	29
371	41	45	45	56	29	30
372	42	46	46	56	28	29
373	42	46	46	57	28	29
374	42	46	47	57	30	28
375	42	46	46	57	27	30
376	42	47	47	57	28	29
377	42	46	45	57	29	29
378	42	46	46	56	30	29
379	42	46	46	56	30	29
380	42	46	46	57	28	29
381	42	46	46	57	28	29
382	42	46	46	57	29	29
383	42	46	46	56	30	29
384	42	47	45	57	29	29
385	42	46	46	57	29	29
386	42	46	46	57	29	29
387	42	46	46	57	29	29
388	42	46	46	57	28	29
389	42	45	46	57	30	29
390	42	46	46	56	30	29
391	42	46	45	56	29	28
392	42	46	46	56	28	28
393	42	46	46	56	28	28
394	42	46	46	56	28	29
395	42	46	46	56	28	29
396	42	46	46	56	28	29
397	42	45	46	57	29	28
398	42	46	45	56	27	28
399	42	46	45	56	29	28
400	42	46	45	56	28	29
401	42	46	45	56	28	29
402	42	46	46	56	30	29

403	42	46	45	56	27	29
404	42	46	45	57	28	29
405	42	46	45	57	27	29
406	42	46	46	56	31	29
407	42	46	46	57	26	29
408	42	46	46	57	28	29
409	42	46	46	56	28	29
410	42	46	45	57	28	29
411	42	46	45	57	28	29
412	42	47	45	57	28	28
413	42	47	46	56	28	29
414	42	46	47	57	31	29
415	42	46	47	57	28	29
416	42	46	46	57	28	29
417	42	46	47	57	30	29
418	42	46	46	57	27	28
419	42	46	45	57	29	28
420	42	46	46	57	28	29
421	42	46	46	58	31	29
422	42	45	46	57	31	29
423	42	45	46	57	31	29
424	42	45	46	58	28	29
425	42	46	46	57	29	29
426	42	46	46	58	29	29
427	42	46	46	57	29	29
428	42	46	46	58	29	29
429	42	46	46	58	28	29
430	42	46	46	57	26	29
431	42	46	46	58	28	29
432	42	46	46	58	28	29
433	41	46	47	58	26	29
434	42	46	45	58	28	29
435	42	46	45	58	29	29
436	42	45	46	58	28	29
437	42	46	46	58	28	29
438	42	46	46	58	27	29
439	42	46	46	58	28	29
440	42	46	46	58	30	29
441	41	47	47	58	28	29
442	42	47	47	58	29	29
443	42	46	47	58	28	29
444	42	47	47	58	27	29
445	42	46	46	57	27	29
446	42	47	47	58	28	29
447	42	47	47	58	28	29
448	42	46	47	58	27	30
449	42	46	46	58	28	29

450	42	47	47	58	29	29
451	42	46	47	58	28	29
452	42	47	47	58	27	30
453	42	47	47	58	27	29
454	42	47	48	59	30	29
455	42	47	47	58	28	29
456	42	47	47	58	28	29
457	42	46	46	58	29	29
458	42	46	46	58	29	29
459	42	46	46	58	29	29
460	42	46	46	57	28	29
461	42	47	47	57	28	29
462	42	47	47	57	28	29
463	42	46	47	58	28	29
464	42	47	47	58	28	29
465	43	47	47	58	30	29
466	42	47	47	57	27	29
467	42	47	47	57	29	29
468	42	47	47	57	29	29
469	42	47	47	57	29	29
470	42	47	47	57	29	29
471	43	48	48	59	26	29
472	43	47	47	57	31	29
473	43	47	47	57	26	29
474	43	47	47	57	28	29
475	43	46	47	57	30	29
476	43	47	47	57	27	29
477	42	46	47	57	28	29
478	42	47	47	57	28	29
479	42	46	47	58	30	29
480	42	47	47	57	29	29
481	42	47	47	57	28	29
482	42	47	47	58	29	30
483	42	46	47	58	29	29
484	42	46	47	57	30	29
485	42	46	47	58	29	29
486	42	47	47	57	29	29
487	42	47	47	57	27	29
488	42	47	47	57	27	29
489	42	46	47	58	29	30
490	42	47	47	57	28	29
491	42	47	47	57	27	29
492	42	47	47	57	29	29
493	42	47	47	57	29	29
494	42	46	47	57	30	29
495	42	46	47	57	29	30
496	42	46	47	57	29	29

497	42	46	47	57	29	29
498	42	46	47	57	29	29
499	42	47	47	57	28	29
500	42	47	47	57	29	29
501	42	47	47	57	29	29
502	42	46	47	57	29	29
503	42	46	47	57	29	29
504	43	47	47	57	29	29
505	42	47	47	57	30	29
506	42	46	47	57	27	29
507	42	47	47	57	29	29
508	42	46	47	57	29	29
509	42	46	47	57	29	29
510	42	47	47	57	29	29
511	42	47	47	57	29	29
512	42	47	47	57	29	30
513	42	47	47	57	29	30
514	42	46	47	57	29	29
515	42	46	47	57	29	29
516	42	46	47	57	29	29
517	43	46	47	57	28	29
518	43	46	46	57	30	29
519	42	46	46	57	29	29
520	42	47	47	57	28	29
521	42	47	47	57	28	29
522	43	47	47	57	29	30
523	43	48	48	57	29	29
524	43	47	47	57	29	29
525	43	47	47	57	28	29
526	43	47	47	57	28	29
527	43	47	47	57	27	29
528	43	48	48	57	26	29
529	43	46	47	57	29	29
530	43	47	47	57	29	29
531	43	46	46	57	29	29

532	42	46	47	58	28	30
533	42	46	47	58	29	29
534	43	47	47	57	30	30
535	42	47	47	57	28	29
536	42	46	47	57	30	30
537	43	47	47	58	28	30
538	42	47	47	58	30	29
539	43	47	47	58	28	29
540	42	47	47	58	29	29
541	42	46	47	58	29	29
542	43	47	47	58	28	30
543	43	47	47	58	29	29
544	43	47	47	58	31	30
545	43	47	47	58	30	29
546	43	46	47	58	28	29
547	42	47	47	58	29	29
548	42	47	47	58	29	29
549	42	47	47	58	29	29
550	42	47	47	58	28	29
551	42	47	47	58	29	29
552	42	47	47	58	29	29
553	42	47	47	58	29	29
554	42	47	47	58	29	29
555	42	47	47	58	28	29
556	43	48	48	57	28	29
557	42	47	47	58	29	30
558	42	47	47	58	28	29
559	43	47	47	57	27	29
560	42	47	47	58	27	29
561	42	47	47	58	30	29
562	42	47	47	57	31	30
563	42	47	48	57	28	30
564	42	46	47	58	27	28
565	42	46	47	57	31	29
566	42	46	47	57	29	29

567	42	47	47	57	27	29
568	42	46	47	58	29	29
569	42	46	47	57	26	29
570	42	47	47	57	29	30
571	42	47	47	58	28	29
572	42	47	47	57	30	30
573	42	47	48	58	29	30
574	42	47	47	59	29	30
575	42	47	47	58	29	29
576	42	47	47	58	27	29
577	42	46	47	58	28	29
578	42	47	47	58	29	30
579	42	46	47	57	27	29
580	43	47	47	58	28	29
581	42	47	48	58	28	29
582	42	47	47	58	29	29
583	42	46	47	58	28	29
584	42	46	47	58	28	29
585	42	47	48	58	28	30
586	42	46	47	57	27	29
587	42	46	47	58	27	29
588	42	47	47	57	29	29
589	42	47	47	58	30	30
590	42	46	47	57	29	30
591	42	47	47	57	30	30
592	42	46	47	57	29	29
593	42	46	46	57	29	29
594	42	46	47	57	28	29
595	42	46	47	57	29	29
596	42	46	47	57	29	29
597	42	46	47	57	30	30
598	42	46	47	57	28	29
599	42	47	47	57	28	29
600	42	47	47	57	29	29

Ventilador 50% (1,7m/s)						
t (s)	T1	T2	T3	T4	T.ext	T.int
1	45	49	51	60	29	31
2	45	49	51	60	32	32
3	45	49	50	60	31	31
4	44	49	51	60	31	32
5	45	49	51	60	31	32
6	44	49	50	60	31	31
7	44	49	51	60	31	32
8	45	50	51	61	30	32

9	45	49	51	60	32	31
10	45	49	50	60	29	31
11	45	50	51	61	30	31
12	44	49	51	60	32	31
13	44	50	51	60	31	31
14	44	49	51	60	31	31
15	44	49	50	60	32	31
16	44	49	51	60	31	31
17	44	49	51	61	31	31
18	45	49	51	60	28	31

19	45	49	51	60	30	31
20	45	49	51	60	29	31
21	45	49	50	60	30	31
22	45	50	50	61	31	31
23	45	50	51	60	31	31
24	45	50	51	60	31	31
25	45	50	51	60	31	31
26	45	49	51	60	31	32
27	45	49	51	60	31	32
28	45	49	51	60	30	31

29	45	49	51	61	29	31
30	45	49	51	60	30	31
31	45	49	51	60	30	31
32	45	49	51	60	31	31
33	45	49	51	60	39	31
34	45	49	51	60	28	31
35	44	49	51	60	30	31
36	44	50	51	60	31	31
37	44	49	50	60	29	32
38	45	49	50	60	31	32
39	44	49	50	60	28	32
40	45	49	50	60	31	32
41	45	49	50	60	30	32
42	45	49	51	60	30	32
43	45	49	51	60	31	32
44	45	49	51	61	31	31
45	45	49	51	60	30	32
46	45	49	51	60	30	32
47	45	49	50	60	32	32
48	45	49	51	60	29	31
49	45	49	51	60	31	31
50	44	49	51	60	30	31
51	45	49	51	60	33	32
52	44	49	51	60	29	31
53	44	49	50	61	30	31
54	45	50	51	61	30	31
55	45	50	51	61	30	31
56	45	50	51	61	30	31
57	45	50	51	61	31	31
58	45	50	51	60	32	31
59	45	49	50	60	31	31
60	44	49	50	60	30	32
61	45	49	50	60	29	31
62	44	49	50	60	30	31
63	44	49	50	60	31	31
64	45	49	50	60	30	32
65	44	49	50	60	29	31
66	45	49	50	60	30	31
67	45	49	50	60	30	31
68	45	49	50	60	30	32
69	45	49	50	61	34	31
70	44	49	50	60	33	31
71	45	49	51	60	31	31
72	45	49	50	60	31	31
73	45	49	51	60	32	32
74	44	49	50	60	30	32
75	45	49	50	60	30	32

76	45	49	50	60	32	32
77	44	49	49	61	30	31
78	45	49	49	61	31	31
79	45	49	49	61	31	31
80	45	49	50	60	30	31
81	45	49	50	60	28	31
82	45	49	50	60	28	30
83	45	49	50	60	33	31
84	44	49	50	60	31	31
85	45	49	50	60	28	31
86	44	49	50	60	33	32
87	44	49	50	60	30	32
88	45	49	50	60	32	31
89	45	49	50	60	34	31
90	45	50	51	60	31	31
91	45	50	51	60	29	31
92	45	50	50	60	30	31
93	45	50	51	60	32	31
94	45	49	50	60	29	32
95	45	50	51	60	33	32
96	45	49	50	60	30	31
97	45	49	50	60	30	32
98	45	49	50	60	31	31
99	45	49	50	60	35	31
100	45	49	50	60	29	31
101	45	49	51	60	29	31
102	45	50	51	60	30	31
103	45	50	50	60	30	31
104	45	50	51	60	33	32
105	45	50	50	59	31	31
106	45	50	51	59	29	31
107	45	50	51	59	32	31
108	45	50	51	60	30	31
109	45	50	51	60	28	32
110	45	50	51	60	31	31
111	45	50	50	60	30	31
112	45	50	50	60	31	31
113	45	50	50	59	29	31
114	45	50	50	59	31	31
115	45	50	51	59	30	31
116	45	50	50	59	32	31
117	45	50	51	60	30	31
118	45	50	51	59	30	31
119	45	50	50	60	32	31
120	45	50	50	59	30	31
121	45	49	50	59	32	31
122	45	49	50	60	30	31

123	45	49	50	59	32	31
124	44	49	50	59	31	31
125	45	49	50	59	30	31
126	45	49	50	60	29	31
127	45	49	50	60	29	31
128	45	49	50	60	29	31
129	45	49	50	60	29	31
130	45	49	50	60	29	31
131	45	49	50	60	29	31
132	45	49	50	60	29	31
133	45	49	50	60	29	31
134	45	49	50	60	27	31
135	45	50	51	60	27	31
136	45	49	50	60	27	31
137	45	49	50	61	30	31
138	45	49	50	60	31	31
139	45	49	50	61	31	31
140	45	49	50	60	29	31
141	45	49	50	61	32	31
142	45	49	50	61	33	31
143	45	50	50	61	33	31
144	45	49	50	61	29	31
145	45	49	50	61	20	31
146	45	49	50	60	32	31
147	45	49	50	61	30	31
148	45	49	50	60	29	31
149	45	50	51	61	28	31
150	45	49	50	60	30	31
151	45	50	50	61	33	31
152	45	50	50	61	31	31
153	45	49	51	61	30	31
154	45	50	51	60	30	31
155	45	49	50	61	30	31
156	45	49	50	61	29	31
157	45	50	50	60	29	32
158	45	50	50	60	30	31
159	45	50	51	60	34	31
160	45	50	51	60	29	31
161	45	50	51	61	28	31
162	45	50	51	60	32	31
163	45	50	50	60	30	31
164	45	49	51	60	27	31
165	45	50	50	60	30	31
166	45	50	50	61	31	31
167	45	50	50	61	30	31
168	45	50	50	61	28	31
169	45	49	50	60	29	31

170	45	49	50	61	29	31
171	45	50	50	61	30	31
172	46	50	51	61	31	31
173	45	50	51	60	30	31
174	45	50	51	60	31	31
175	45	50	51	62	31	31
176	45	50	51	61	30	31
177	45	50	50	60	30	31
178	45	49	50	60	30	31
179	45	49	51	60	31	31
180	45	51	51	60	24	31
181	45	50	50	61	30	31
182	46	50	51	60	30	31
183	46	50	52	60	33	31
184	46	50	51	60	30	31
185	46	49	50	60	31	31
186	45	49	51	60	30	31
187	45	50	50	60	30	31
188	46	50	51	60	29	32
189	45	50	50	60	34	31
190	46	50	51	60	30	31
191	45	50	51	60	27	31
192	46	49	51	60	32	31
193	46	50	50	60	32	31
194	46	50	51	60	30	31
195	46	49	50	60	29	31
196	46	50	51	60	30	32
197	45	49	51	61	30	32
198	46	49	50	60	28	31
199	46	50	50	60	30	31
200	46	50	51	60	31	31
201	46	50	50	60	30	32
202	46	50	51	60	34	31
203	46	50	51	60	30	32
204	46	49	50	60	34	32
205	45	50	50	60	27	31
206	46	50	51	60	30	31
207	46	50	50	61	29	31
208	46	50	51	61	30	31
209	46	50	50	60	31	32
210	45	50	50	60	30	31
211	46	50	51	60	32	32
212	46	49	50	60	30	31
213	46	49	50	60	30	32
214	46	49	51	60	30	32
215	46	50	50	60	33	31
216	46	50	51	60	29	31

217	46	50	50	60	30	31
218	46	50	50	60	30	32
219	46	50	51	60	32	32
220	46	50	50	60	32	32
221	45	50	50	60	29	31
222	46	50	51	60	30	31
223	46	50	50	60	34	31
224	45	50	51	60	29	31
225	45	50	51	61	32	31
226	46	50	51	60	29	31
227	45	49	51	60	30	31
228	45	50	51	60	30	31
229	45	49	51	60	29	31
230	46	50	51	60	30	31
231	46	49	52	60	28	32
232	45	50	51	60	30	31
233	46	50	51	60	29	32
234	46	51	51	60	29	31
235	46	49	50	60	31	32
236	46	50	50	60	33	31
237	46	50	51	60	32	31
238	46	50	51	61	32	31
239	46	50	51	60	34	31
240	46	50	51	60	31	31
241	46	50	50	60	31	31
242	46	50	50	60	31	31
243	46	49	51	60	30	31
244	46	50	50	60	30	31
245	46	49	51	60	31	31
246	46	50	51	60	30	31
247	46	50	51	60	30	31
248	46	51	51	60	30	32
249	46	50	50	60	32	31
250	46	50	52	61	32	31
251	46	50	51	60	29	30
252	46	50	51	60	30	31
253	46	50	51	60	30	31
254	46	50	52	61	31	31
255	46	50	51	60	31	31
256	46	51	51	61	29	31
257	46	50	51	61	29	31
258	46	50	52	61	30	31
259	46	50	51	61	30	31
260	46	50	51	61	30	31
261	46	51	51	61	31	31
262	46	50	51	61	33	31
263	46	50	51	60	29	31

264	46	50	51	61	24	31
265	46	50	51	61	31	31
266	46	52	51	60	31	31
267	46	50	51	60	31	31
268	46	51	51	60	31	31
269	46	50	51	60	33	31
270	46	50	51	61	31	31
271	46	50	51	60	29	31
272	46	51	51	60	30	31
273	46	50	51	60	28	31
274	46	50	51	60	29	31
275	46	50	50	60	30	31
276	46	50	51	61	31	31
277	46	50	51	60	30	31
278	46	50	50	60	30	30
279	46	50	50	60	31	31
280	46	50	52	60	30	31
281	46	51	51	60	31	31
282	48	50	50	60	33	31
283	46	50	51	60	30	32
284	46	50	51	60	29	31
285	46	50	51	60	29	31
286	46	50	51	61	30	31
287	46	50	51	61	30	31
288	46	50	52	60	32	31
289	46	50	51	60	31	31
290	46	50	51	60	31	31
291	46	50	51	60	31	31
292	47	49	51	60	29	31
293	46	50	51	60	32	32
294	46	50	50	60	33	31
295	46	51	50	61	31	31
296	46	50	50	60	31	31
297	46	50	51	60	31	31
298	46	50	51	60	31	31
299	46	50	51	60	28	31
300	46	50	50	60	33	31
301	46	50	50	60	31	31
302	46	50	51	60	30	31
303	46	50	51	60	30	31
304	46	51	51	60	31	30
305	46	50	50	60	30	30
306	46	50	50	60	30	31
307	46	50	51	60	30	31
308	46	50	52	60	30	31
309	46	50	51	60	30	31
310	46	50	50	60	32	30

311	46	50	51	61	31	31
312	46	50	51	60	32	31
313	45	51	51	60	31	31
314	45	50	51	60	32	31
315	45	50	51	60	30	31
316	46	50	51	60	31	31
317	46	51	51	61	30	31
318	46	50	51	60	30	31
319	46	49	51	60	31	31
320	46	50	50	60	30	31
321	46	50	51	60	32	31
322	46	49	50	60	31	31
323	46	50	50	60	32	30
324	46	50	50	60	29	31
325	46	50	51	61	29	30
326	46	50	51	60	30	31
327	46	50	51	61	29	31
328	46	50	51	60	32	30
329	46	50	51	60	30	31
330	46	50	50	60	30	31
331	46	51	50	60	31	30
332	46	50	51	61	30	31
333	45	50	51	60	30	31
334	46	50	51	60	31	31
335	46	50	50	60	33	31
336	46	50	51	60	31	31
337	46	50	50	60	31	31
338	46	49	51	60	31	31
339	45	50	50	61	34	31
340	45	50	50	60	31	31
341	46	51	51	60	29	31
342	46	49	51	60	30	31
343	46	51	52	60	31	31
344	46	50	51	60	32	31
345	46	50	50	60	30	31
346	46	50	52	60	31	31
347	46	50	51	60	31	31
348	46	50	51	60	31	31
349	46	50	51	60	31	31
350	46	50	51	60	29	31
351	46	51	51	60	30	31
352	46	51	50	60	29	31
353	46	50	51	60	31	31
354	46	50	51	60	29	31
355	46	50	52	60	31	30
356	46	50	50	60	32	31
357	46	50	51	60	30	31

358	46	50	51	60	31	30
359	46	50	51	60	30	31
360	46	50	51	60	28	31
361	46	51	52	60	29	31
362	45	50	51	60	30	31
363	46	50	51	60	30	31
364	46	50	51	60	34	31
365	46	50	51	60	32	32
366	46	50	51	60	30	31
367	46	50	52	60	30	31
368	46	50	51	60	29	31
369	46	50	51	60	33	31
370	45	50	51	60	31	31
371	46	49	51	60	33	31
372	46	50	51	60	31	31
373	46	50	51	61	31	31
374	46	50	51	60	33	31
375	46	50	50	60	31	31
376	46	49	50	61	30	31
377	46	50	52	60	31	31
378	46	50	51	60	30	31
379	46	50	51	61	30	31
380	46	50	50	61	31	31
381	46	51	52	61	31	31
382	46	51	52	61	31	31
383	46	51	52	61	31	31
384	47	50	51	61	31	31
385	46	50	51	61	31	31
386	46	50	52	60	30	31
387	46	50	51	61	31	31
388	46	50	51	61	31	32
389	46	50	52	61	30	31
390	46	50	51	61	32	32
391	46	51	51	61	30	31
392	46	50	51	62	31	31
393	46	51	52	62	29	31
394	46	50	51	61	30	31
395	46	50	51	62	31	31
396	46	50	51	62	30	31
397	46	50	52	62	30	31
398	46	50	51	62	30	31
399	46	50	51	62	29	31
400	46	51	52	62	30	31
401	46	50	52	62	29	31
402	46	50	52	62	33	31
403	46	51	52	62	30	31
404	46	50	52	62	30	31

405	46	50	51	62	30	31
406	46	50	52	62	30	31
407	46	50	52	62	30	31
408	46	50	51	62	33	32
409	46	50	52	62	30	31
410	46	51	52	62	30	31
411	47	51	52	62	29	31
412	46	51	52	62	30	31
413	46	50	51	62	30	31
414	46	51	52	62	31	32
415	46	51	52	62	31	32
416	46	51	52	62	31	32
417	46	51	52	62	30	31
418	46	51	52	62	31	32
419	46	50	52	62	31	31
420	46	50	52	61	30	31
421	46	51	52	61	30	31
422	46	50	52	61	30	31
423	46	50	50	61	28	31
424	46	50	50	61	28	31
425	46	51	51	61	30	30
426	46	51	51	61	29	31
427	46	50	52	61	29	31
428	46	51	52	61	31	31
429	47	50	52	61	33	31
430	47	50	51	60	31	31
431	47	50	51	60	31	31
432	46	51	51	62	32	31
433	46	51	52	62	32	31
434	46	50	51	60	31	31
435	47	50	51	61	29	31
436	46	51	51	60	30	32
437	46	51	52	60	33	31
438	46	51	52	61	29	31
439	46	51	51	61	30	31
440	47	51	51	60	32	31
441	47	50	51	61	31	31
442	47	50	52	60	31	31
443	47	50	52	61	32	31
444	47	50	51	60	33	31
445	46	51	51	61	31	31
446	46	51	51	60	29	31
447	47	50	51	61	31	31
448	47	50	51	60	33	31
449	46	50	51	60	31	31
450	47	51	51	60	33	31
451	46	51	52	60	30	31

452	46	50	51	60	31	31
453	47	51	52	61	30	31
454	47	50	51	61	35	31
455	47	50	50	60	30	30
456	46	50	51	60	33	31
457	46	50	51	61	29	31
458	46	50	51	61	30	30
459	47	51	52	60	31	33
460	46	50	51	60	31	30
461	47	50	51	60	29	31
462	46	50	51	61	34	31
463	46	50	50	61	29	31
464	46	51	50	61	32	31
465	46	50	51	61	30	30
466	46	51	51	61	31	31
467	46	50	51	61	31	31
468	46	50	51	61	30	31
469	47	50	52	61	31	31
470	46	50	51	61	33	31
471	46	50	51	61	28	31
472	47	50	50	61	30	31
473	46	51	51	62	30	31
474	47	51	51	62	30	31
475	46	50	51	62	27	31
476	46	50	51	62	29	32
477	47	51	51	62	31	31
478	47	50	51	62	32	31
479	47	51	51	62	30	31
480	47	51	51	61	31	31
481	47	50	52	62	30	31
482	46	50	52	63	30	31
483	47	51	52	61	31	31
484	47	51	51	61	31	31
485	47	50	51	62	29	31
486	47	50	52	61	32	31
487	46	51	51	61	32	31
488	46	50	52	61	31	30
489	46	50	52	61	31	31
490	46	50	51	61	31	31
491	46	50	51	61	31	32
492	46	51	52	61	30	31
493	46	51	51	61	33	31
494	47	51	50	61	32	32
495	46	51	52	61	30	32
496	47	51	51	61	31	31
497	47	51	51	60	29	31
498	47	51	52	61	31	31

499	46	51	51	61	32	31
500	47	51	52	61	33	31
501	47	51	52	61	31	31
502	47	50	51	61	31	31
503	47	50	52	61	33	31
504	47	50	52	61	29	32
505	47	51	52	61	29	31
506	47	51	52	61	32	31
507	47	51	51	61	31	32
508	47	51	51	61	31	31
509	47	51	52	61	31	32
510	47	51	51	61	29	31
511	47	51	52	62	30	31
512	47	51	52	61	29	32
513	47	51	52	61	29	31
514	47	51	51	61	30	31
515	47	50	52	61	32	31
516	47	51	52	61	27	31
517	47	51	51	61	33	31
518	47	51	50	61	30	31
519	47	51	50	61	31	31
520	47	51	50	61	30	31
521	47	51	50	61	31	31
522	47	51	50	61	31	31
523	47	51	52	61	32	31
524	47	50	52	62	31	31
525	46	51	51	62	30	31
526	47	51	52	61	28	31
527	46	52	52	61	28	31
528	47	50	52	62	29	31
529	47	51	51	62	30	31
530	47	51	52	61	29	31
531	47	51	52	62	31	31
532	47	51	52	62	31	32
533	47	51	52	62	27	32
534	46	51	52	62	30	31
535	46	51	52	62	31	31
536	47	51	52	62	28	31
537	46	51	52	62	33	31
538	46	51	52	62	31	32
539	47	51	52	60	29	31
540	47	51	52	62	31	31
541	47	51	51	62	31	32
542	46	52	52	62	31	31
543	46	50	52	62	30	31
544	46	51	52	62	30	31
545	46	51	52	62	32	31

546	46	51	52	62	31	31
547	46	51	52	62	31	31
548	46	51	52	62	29	31
549	46	50	51	62	30	30
550	47	51	52	62	30	31
551	47	51	52	62	31	31
552	47	52	52	62	31	31
553	47	51	53	62	31	31
554	47	51	52	62	31	32
555	46	51	52	62	31	32
556	46	51	52	62	31	31
557	47	51	52	62	30	32
558	46	51	52	62	33	31
559	47	52	51	62	31	31
560	47	51	52	62	31	31
561	47	51	53	62	33	31
562	46	51	52	62	31	31
563	46	51	52	62	32	32
564	46	52	52	62	30	31
565	47	51	52	62	30	32
566	47	51	52	62	30	32
567	47	51	52	62	28	32
568	47	51	52	62	32	32
569	47	51	51	62	31	31
570	47	52	52	62	31	31
571	47	52	52	62	31	31
572	47	51	52	62	31	31
573	47	51	51	62	30	32
574	47	51	52	62	30	32
575	47	51	51	62	32	31
576	47	51	52	62	34	32
577	47	51	52	62	32	33
578	47	51	52	62	33	33
579	47	50	52	62	30	31
580	47	51	51	60	30	31
581	47	50	52	61	33	33
582	47	50	52	61	30	30
583	47	51	52	61	30	32
584	47	52	52	60	31	31
585	47	51	52	60	30	31
586	47	51	52	63	31	31
587	47	51	52	63	30	31
588	47	51	52	63	30	31
589	47	51	52	62	33	31
590	47	51	52	62	29	32
591	47	51	52	60	30	32
592	47	51	52	60	30	32

593	47	51	51	62	31	32
594	47	52	52	60	32	32
595	47	51	52	62	30	32

596	47	51	52	62	29	31
597	47	51	52	63	30	31
598	47	51	52	63	30	31

599	47	51	53	63	30	31
600	47	52	52	63	30	32

Ventilador 40% (1,1m/s)						
t (s)	T1	T2	T3	T4	T.ext	T.int
1	50	55	56	68	24	27
2	50	55	56	67	25	27
3	50	54	56	67	24	26
4	50	55	56	67	23	26
5	50	54	56	67	24	26
6	50	55	56	67	26	27
7	50	55	55	66	26	26
8	50	55	56	67	23	27
9	50	55	56	67	24	26
10	50	54	56	67	27	27
11	50	55	56	67	24	27
12	50	54	56	68	24	26
13	50	55	56	67	24	27
14	50	54	56	67	24	27
15	50	54	56	67	25	27
16	50	56	56	67	24	26
17	50	55	56	67	23	27
18	50	54	56	67	24	27
19	50	54	56	67	23	26
20	50	55	56	68	25	27
21	50	53	56	67	24	27
22	50	54	56	67	23	27
23	50	54	56	67	23	27
24	50	54	56	67	26	27
25	51	56	57	67	24	27
26	50	54	54	68	25	27
27	50	55	56	67	26	27
28	50	55	56	67	26	27
29	50	55	56	68	24	26
30	50	55	56	67	26	27
31	50	54	56	67	23	27
32	50	55	56	67	26	27
33	50	55	56	67	26	27
34	50	55	56	67	25	27
35	50	55	55	68	24	26
36	50	54	56	67	26	27
37	50	55	55	67	24	27
38	50	55	56	67	24	27
39	50	55	56	67	24	27

40	50	54	56	67	24	27
41	50	55	56	67	25	27
42	50	55	56	68	23	27
43	50	54	56	67	23	27
44	50	54	56	67	24	27
45	50	55	56	67	24	27
46	50	54	56	67	26	27
47	50	55	56	67	24	27
48	50	55	56	67	24	27
49	50	55	56	67	24	27
50	50	55	56	67	24	27
51	50	55	56	67	24	27
52	50	55	56	68	25	26
53	50	55	56	68	25	26
54	50	56	57	67	26	27
55	49	54	56	68	24	27
56	50	55	56	67	24	27
57	50	55	56	68	24	27
58	50	55	56	68	24	27
59	50	55	55	68	25	27
60	50	55	57	67	27	27
61	50	54	56	68	26	27
62	49	56	56	69	27	27
63	50	55	56	68	24	27
64	50	55	56	68	25	27
65	50	55	56	68	24	28
66	50	55	56	68	25	27
67	50	55	56	68	24	27
68	50	55	56	67	23	27
69	50	55	56	68	25	27
70	50	54	56	68	26	27
71	50	54	57	68	27	27
72	50	55	56	67	26	27
73	50	55	56	67	26	27
74	50	55	56	67	26	27
75	50	56	56	68	25	27
76	50	55	56	68	24	26
77	49	55	56	69	24	27
78	50	55	56	68	25	27
79	50	55	56	68	24	27
80	50	55	56	68	24	27

81	50	55	56	68	24	27
82	50	55	56	69	25	26
83	50	54	56	68	26	27
84	50	55	56	68	26	27
85	50	55	56	68	24	27
86	50	55	56	68	24	26
87	50	55	56	68	27	27
88	50	55	56	68	24	26
89	50	55	56	68	27	27
90	50	55	56	68	23	27
91	50	55	56	68	23	27
92	50	55	56	68	25	27
93	50	56	56	67	23	27
94	50	56	57	68	26	27
95	50	55	56	68	25	27
96	50	55	56	68	24	27
97	50	55	56	68	26	27
98	50	55	56	69	26	27
99	50	55	57	69	24	27
100	50	55	57	68	25	27
101	50	55	56	68	25	27
102	50	55	56	67	25	27
103	50	55	56	68	25	27
104	50	55	56	69	25	26
105	50	55	56	68	25	27
106	50	55	57	68	25	27
107	50	55	56	69	24	27
108	50	55	56	67	25	27
109	50	55	56	67	25	27
110	50	55	56	67	25	27
111	50	55	56	67	25	27
112	51	55	57	68	24	27
113	50	55	56	68	24	27
114	50	55	56	68	24	27
115	50	55	56	68	24	27
116	51	54	56	68	23	27
117	50	56	57	68	24	27
118	50	55	57	68	24	27
119	50	55	56	68	25	28
120	50	55	56	68	25	28
121	50	55	56	68	25	28

122	51	55	56	68	24	27
123	50	55	56	68	24	27
124	50	55	56	69	24	27
125	50	56	57	68	25	27
126	50	55	57	69	25	27
127	50	55	57	68	25	27
128	50	55	57	68	25	27
129	50	55	57	68	25	27
130	50	55	57	68	25	27
131	50	55	56	68	24	27
132	50	56	56	69	24	27
133	50	56	56	67	25	27
134	50	55	56	68	27	27
135	50	55	56	68	25	27
136	51	56	56	68	26	27
137	50	56	56	68	26	27
138	50	56	57	68	24	27
139	50	56	56	68	24	27
140	50	56	56	68	24	27
141	50	55	56	68	25	27
142	50	56	56	68	24	26
143	50	55	57	68	24	27
144	50	56	56	68	24	27
145	50	56	57	68	26	27
146	50	55	56	68	27	27
147	50	55	56	68	26	27
148	50	56	56	68	25	27
149	50	55	56	68	25	27
150	50	55	56	68	24	27
151	50	54	56	68	24	27
152	50	56	57	68	26	27
153	51	56	56	68	26	27
154	50	55	56	68	26	27
155	50	56	57	68	26	27
156	50	55	56	68	25	27
157	50	55	56	68	25	27
158	50	55	56	67	24	28
159	50	56	57	68	24	27
160	50	56	57	68	24	27
161	50	55	56	67	24	26
162	50	55	56	67	24	26
163	50	55	56	67	24	27
164	50	55	56	67	24	27
165	50	55	56	67	24	26
166	50	55	56	67	24	26
167	50	54	56	68	24	27
168	51	56	56	67	24	27

169	50	56	56	68	24	27
170	50	55	56	68	26	27
171	50	55	56	67	26	27
172	50	56	56	67	27	28
173	51	55	56	68	25	27
174	50	55	56	68	24	27
175	50	55	56	68	24	27
176	51	56	56	68	24	27
177	50	55	56	67	24	27
178	50	55	56	68	25	27
179	50	55	56	68	24	27
180	50	55	56	69	24	27
181	50	56	57	68	24	27
182	50	56	57	68	24	27
183	50	56	57	68	24	28
184	50	56	57	68	24	27
185	50	56	57	68	24	27
186	50	56	57	68	24	27
187	50	55	55	68	25	26
188	50	55	57	68	24	27
189	50	55	56	68	24	27
190	50	56	56	68	24	27
191	50	56	57	69	25	27
192	50	55	56	67	24	27
193	50	55	56	69	25	27
194	51	55	56	68	25	28
195	51	56	56	68	24	27
196	50	55	57	68	27	27
197	50	54	56	68	27	27
198	50	55	56	68	24	27
199	50	55	56	68	24	27
200	51	55	58	68	24	27
201	50	55	56	68	25	27
202	50	55	57	69	24	27
203	51	55	56	68	24	27
204	50	55	56	68	24	27
205	50	55	56	68	25	27
206	50	56	57	68	25	27
207	50	55	56	68	25	27
208	50	55	56	69	26	27
209	50	56	56	68	26	27
210	50	56	56	68	24	27
211	51	56	56	68	26	27
212	50	55	56	68	27	27
213	50	55	57	68	25	27
214	50	56	57	68	24	27
215	50	55	56	68	25	28

216	51	56	56	68	27	27
217	50	56	56	68	24	27
218	50	56	57	68	24	27
219	51	55	56	68	25	27
220	51	55	57	68	25	27
221	50	55	56	67	24	27
222	50	55	56	68	26	27
223	50	56	56	68	24	27
224	50	55	56	68	25	27
225	50	55	57	67	25	27
226	50	55	56	68	24	28
227	50	55	56	67	25	27
228	50	55	57	67	26	27
229	50	54	56	67	24	27
230	50	55	56	68	26	27
231	50	55	56	68	24	27
232	51	55	57	67	24	26
233	50	55	56	67	25	27
234	50	55	56	67	26	27
235	50	55	56	69	24	27
236	50	55	56	68	24	27
237	50	55	56	68	25	27
238	50	56	56	67	24	27
239	50	54	56	68	26	27
240	51	55	56	69	24	27
241	50	55	56	69	26	27
242	50	54	56	68	25	27
243	50	55	56	68	24	27
244	50	55	57	67	26	27
245	50	55	56	68	24	27
246	50	55	56	68	24	27
247	50	55	56	68	24	27
248	50	55	56	69	25	28
249	50	54	56	68	24	27
250	50	55	56	68	26	27
251	50	55	56	68	26	27
252	50	55	56	68	26	27
253	50	55	56	68	26	27
254	50	55	56	68	26	27
255	50	54	56	68	27	27
256	51	55	56	68	24	27
257	51	55	56	68	27	27
258	52	55	57	68	25	27
259	50	56	57	68	27	27
260	50	55	56	68	26	27
261	50	55	57	68	25	27
262	50	55	56	68	26	27



263	50	55	56	68	24	27
264	51	54	56	68	25	27
265	50	55	57	68	25	27
266	50	56	56	68	24	27
267	50	55	57	69	25	27
268	50	56	57	68	25	27
269	51	55	57	69	24	27
270	50	55	56	68	25	27
271	50	55	56	68	24	27
272	50	56	56	68	25	27
273	50	56	57	68	26	27
274	50	56	57	68	26	27
275	50	56	57	68	26	27
276	50	56	57	68	26	27
277	50	56	57	68	26	27
278	50	56	57	68	26	27
279	50	56	57	68	26	27
280	50	56	57	68	26	27
281	50	56	57	68	26	27
282	51	56	57	68	24	27
283	51	56	57	68	24	27
284	51	56	57	68	24	27
285	51	56	57	68	24	27
286	51	56	57	68	24	27
287	51	56	57	68	24	27
288	51	56	57	68	24	27
289	50	55	57	68	24	27
290	50	55	56	68	24	27
291	50	55	56	68	24	27
292	50	55	56	69	27	27
293	51	56	56	68	26	27
294	50	55	56	68	24	27
295	50	56	57	68	25	27
296	50	55	56	68	24	27
297	50	56	56	68	26	27
298	50	55	56	68	24	27
299	50	56	56	68	24	27
300	50	55	57	68	24	28
301	50	56	57	68	26	27
302	50	56	57	68	26	27
303	50	56	57	68	26	27
304	50	56	57	68	26	27
305	50	56	57	68	26	27
306	50	56	57	68	26	27
307	50	56	57	68	26	27
308	50	56	57	68	26	27
309	50	56	57	68	26	27

310	50	56	57	68	26	27
311	50	56	57	68	26	27
312	50	56	57	68	26	27
313	50	56	57	68	26	27
314	50	54	56	68	27	27
315	51	55	56	67	25	27
316	50	55	56	67	26	27
317	51	54	56	68	25	27
318	51	55	57	68	25	27
319	50	55	56	67	24	27
320	51	55	57	67	27	27
321	51	56	57	67	24	28
322	50	55	56	67	26	27
323	51	55	56	68	26	27
324	50	55	56	68	25	27
325	51	55	56	67	26	27
326	51	55	56	68	27	27
327	51	55	56	68	27	27
328	50	55	56	67	25	27
329	51	56	56	67	25	27
330	51	56	56	67	25	27
331	51	55	56	67	25	27
332	50	56	56	67	25	27
333	51	54	56	67	26	27
334	51	55	56	67	25	27
335	50	56	56	67	25	27
336	51	55	56	67	24	26
337	50	55	57	67	25	27
338	51	55	57	67	26	27
339	51	55	57	67	24	27
340	50	55	57	68	25	27
341	51	56	56	68	25	27
342	51	55	56	68	24	27
343	50	56	56	68	24	27
344	50	56	57	67	24	27
345	51	55	56	68	27	27
346	50	56	57	68	25	27
347	51	55	57	68	27	27
348	50	55	57	68	26	27
349	51	55	57	67	26	27
350	50	55	56	68	25	27
351	50	55	56	67	24	27
352	51	55	57	68	25	27
353	50	56	57	68	25	27
354	51	56	56	68	27	27
355	52	55	56	68	27	28
356	50	54	56	68	27	27

357	51	55	57	68	25	28
358	51	55	56	68	25	27
359	51	56	56	68	25	27
360	51	54	56	68	27	27
361	51	55	57	67	26	27
362	50	55	57	68	24	27
363	51	55	56	68	26	27
364	50	56	57	67	28	28
365	51	56	56	68	25	27
366	50	56	56	69	25	27
367	50	55	57	68	26	27
368	51	55	58	68	25	27
369	51	55	56	68	26	27
370	50	55	57	67	24	27
371	50	55	56	68	26	28
372	50	55	56	68	26	28
373	50	56	56	68	24	27
374	51	55	56	68	24	28
375	50	56	56	68	24	27
376	50	55	57	68	27	27
377	51	55	57	68	27	27
378	50	55	57	68	27	27
379	50	55	56	68	26	27
380	51	56	57	68	24	27
381	50	55	56	67	28	27
382	51	55	56	68	26	27
383	51	55	56	68	24	26
384	50	56	57	67	24	27
385	50	55	56	68	24	27
386	50	55	56	67	28	27
387	51	55	56	68	27	27
388	51	55	56	68	25	27
389	51	55	56	68	25	27
390	50	55	56	68	27	27
391	51	55	56	67	25	27
392	51	56	57	68	26	27
393	51	56	56	68	26	27
394	50	55	56	68	26	27
395	50	55	56	68	26	27
396	50	55	56	68	26	27
397	50	55	56	68	26	27
398	51	54	56	68	25	27
399	51	54	56	68	25	27
400	51	55	56	68	25	27
401	51	55	57	68	25	27
402	51	56	57	68	26	27
403	51	56	56	68	24	27

404	51	55	56	67	25	27
405	51	55	56	68	25	27
406	51	55	56	67	26	27
407	51	56	56	68	24	27
408	50	55	56	68	25	27
409	51	56	56	67	26	27
410	51	55	56	68	25	27
411	50	55	56	68	25	27
412	51	56	57	67	27	27
413	51	56	57	67	27	27
414	51	56	57	68	27	27
415	51	56	57	67	27	27
416	51	56	57	67	27	27
417	51	55	57	68	28	27
418	51	55	56	68	27	27
419	51	55	56	68	25	27
420	50	55	57	68	27	27
421	51	55	56	68	25	27
422	51	55	56	68	28	27
423	51	55	56	67	25	27
424	51	55	57	68	24	27
425	51	56	56	67	24	27
426	51	55	56	68	24	27
427	50	55	56	67	25	27
428	51	55	56	68	24	27
429	50	56	57	68	25	27
430	51	55	56	68	25	27
431	51	55	56	68	25	27
432	51	55	56	68	26	27
433	51	55	56	67	26	27
434	51	55	56	68	26	27
435	51	55	56	68	26	27
436	50	55	56	67	27	27
437	51	55	56	68	28	27
438	51	56	57	68	27	27
439	51	55	56	68	28	27
440	51	55	56	68	26	27
441	51	55	57	68	24	27
442	50	55	57	68	27	27
443	51	55	56	68	24	27
444	50	55	56	67	25	27
445	51	56	56	68	25	27
446	51	56	56	68	25	27
447	51	55	56	67	26	27
448	51	55	56	67	25	27
449	51	55	56	68	24	27
450	51	56	56	68	25	26

451	51	56	56	68	24	27
452	50	55	56	68	24	27
453	51	54	56	68	27	27
454	51	55	56	68	25	27
455	51	55	56	68	26	27
456	51	55	55	68	27	27
457	51	55	56	67	25	27
458	51	55	56	67	24	27
459	51	55	56	68	24	27
460	51	55	56	68	25	28
461	51	56	56	68	26	27
462	51	55	56	68	24	27
463	51	55	56	67	27	27
464	51	57	56	67	25	27
465	50	55	56	67	25	27
466	50	55	56	67	26	28
467	50	56	56	68	25	27
468	51	56	56	67	24	27
469	51	55	56	67	25	27
470	51	55	56	67	25	27
471	51	55	56	67	28	27
472	51	56	56	67	28	27
473	51	55	56	68	26	27
474	51	55	56	68	26	27
475	51	55	56	68	25	27
476	51	55	57	67	25	28
477	50	55	56	67	25	26
478	50	55	56	67	25	26
479	51	55	56	67	27	27
480	51	55	56	67	25	28
481	51	55	56	67	25	27
482	51	55	56	67	27	28
483	51	55	56	67	25	27
484	51	55	56	67	24	27
485	51	55	56	68	24	27
486	51	55	56	68	24	27
487	51	55	56	68	24	27
488	51	55	56	67	24	27
489	51	55	56	67	24	27
490	51	55	56	68	27	27
491	51	56	56	68	25	27
492	51	56	56	67	25	27
493	50	56	56	67	26	27
494	51	55	56	67	24	27
495	51	55	56	67	25	27
496	51	55	56	67	28	27
497	51	55	56	68	24	27

498	51	55	56	68	24	27
499	51	55	56	67	24	27
500	50	55	56	67	26	27
501	51	55	56	67	26	27
502	51	55	56	68	26	27
503	50	55	56	67	24	27
504	51	55	56	68	25	27
505	51	55	56	68	25	27
506	51	55	56	67	25	27
507	50	55	56	67	25	28
508	50	55	56	67	25	27
509	50	55	57	67	26	27
510	50	56	56	67	24	27
511	50	55	56	67	24	27
512	51	55	56	67	24	27
513	51	55	56	67	25	27
514	51	55	56	67	25	27
515	51	55	56	67	27	27
516	50	55	56	67	25	28
517	50	55	56	67	25	28
518	50	55	56	67	25	27
519	51	55	56	67	25	27
520	51	55	56	68	26	27
521	51	54	55	67	25	27
522	50	54	54	67	27	27
523	50	55	56	67	27	27
524	50	55	56	67	27	27
525	50	55	56	67	26	27
526	50	55	56	67	25	27
527	50	55	56	67	25	27
528	50	55	56	67	25	27
529	51	55	56	67	25	27
530	51	55	56	67	25	27
531	50	55	56	67	25	27
532	50	55	56	67	25	27
533	50	55	56	67	26	27
534	50	55	56	67	26	27
535	50	55	56	67	26	27
536	50	55	56	67	26	27
537	50	55	56	67	26	27
538	51	55	56	67	26	27
539	51	55	56	67	26	27
540	51	55	56	67	26	27
541	51	55	56	68	26	27
542	50	55	56	68	26	27
543	50	55	56	68	26	28
544	50	55	56	67	26	27

545	50	55	56	67	26	27
546	50	55	56	67	26	27
547	50	55	56	67	26	27
548	50	55	56	67	24	27
549	50	55	56	67	25	27
550	50	55	56	67	25	27
551	50	55	56	67	26	27
552	50	54	55	67	25	27
553	50	55	56	57	24	27
554	51	55	56	68	25	27
555	51	55	56	68	25	27
556	51	55	56	67	26	27
557	50	54	56	68	25	27
558	50	54	57	67	27	27
559	51	56	55	67	28	27
560	50	54	56	67	26	27
561	51	55	56	67	25	27
562	51	55	56	67	24	27
563	50	55	56	68	25	27

564	51	55	56	68	25	27
565	51	55	56	68	25	27
566	50	54	56	67	27	27
567	50	55	56	68	25	27
568	50	55	56	68	25	27
569	51	56	56	67	24	27
570	51	55	56	68	27	27
571	51	55	56	67	24	28
572	51	55	56	67	25	27
573	50	55	56	67	24	27
574	50	55	56	67	26	27
575	51	54	56	67	28	27
576	50	54	55	58	24	27
577	50	55	56	68	25	28
578	50	55	55	68	25	27
579	50	56	56	68	24	27
580	50	55	56	68	26	27
581	50	55	56	68	28	27
582	50	56	57	68	24	28

583	51	55	56	68	25	27
584	50	55	56	67	25	27
585	51	55	57	67	25	27
586	51	55	56	67	24	28
587	50	55	56	67	27	27
588	50	54	56	68	25	27
589	51	55	56	67	26	27
590	50	55	56	67	24	27
591	50	54	57	68	26	27
592	50	55	56	67	26	27
593	50	55	57	67	26	27
594	51	54	56	67	28	28
595	51	56	57	67	27	28
596	51	56	57	67	27	28
597	51	55	57	67	27	28
598	50	56	56	67	26	28
599	51	56	57	67	27	28
600	51	56	57	67	27	28

Ventilador 30% (0,5m/s)						
t (s)	T1	T2	T3	T4	T.ext	T.int
1	52	56	59	71	26	28
2	52	56	59	11	24	28
3	53	57	57	71	25	28
4	53	57	57	71	25	28
5	53	57	57	71	25	28
6	53	57	57	71	25	28
7	53	57	57	71	25	28
8	53	57	57	71	25	28
9	53	57	59	71	27	28
10	53	57	60	71	25	27
11	53	58	59	71	26	27
12	54	58	59	71	25	27
13	53	59	60	72	27	28
14	53	58	60	71	25	28
15	53	57	60	71	28	28
16	53	58	60	72	26	28
17	53	57	60	71	28	28
18	53	58	60	71	26	28
19	53	59	60	72	25	28
20	54	58	60	72	26	28
21	54	58	60	72	24	28
22	53	58	59	72	26	28
23	53	58	60	72	26	29

24	53	58	60	71	30	28
25	53	58	60	71	26	28
26	53	58	60	72	26	28
27	54	58	59	72	26	28
28	54	58	59	72	28	28
29	53	58	60	72	26	28
30	53	58	60	72	25	28
31	54	58	62	72	25	28
32	54	59	60	71	26	29
33	54	58	60	72	26	28
34	54	58	60	72	26	28
35	54	58	60	72	26	28
36	54	58	61	72	26	27
37	54	58	60	72	26	28
38	54	58	60	72	27	28
39	54	58	60	73	27	28
40	54	60	60	72	25	28
41	54	59	60	72	28	28
42	54	58	62	72	28	28
43	54	59	61	72	26	28
44	54	59	61	72	26	28
45	54	59	60	72	27	28
46	54	59	61	72	26	28
47	54	58	61	73	24	28
48	54	58	61	73	26	28

49	54	59	61	73	24	28
50	54	60	61	73	26	28
51	54	59	62	73	26	28
52	54	59	60	73	26	28
53	54	59	61	73	26	28
54	54	59	61	74	27	28
55	54	59	60	73	27	28
56	54	60	61	73	25	28
57	54	60	60	73	27	28
58	55	59	61	73	25	28
59	55	59	61	73	26	28
60	55	60	62	73	25	28
61	54	61	61	73	27	28
62	55	59	62	73	27	28
63	55	59	61	73	26	28
64	55	59	61	73	29	28
65	54	60	61	73	26	28
66	55	60	61	74	25	28
67	54	58	61	74	25	28
68	55	60	62	74	27	28
69	55	60	61	73	26	28
70	55	59	61	74	26	28
71	55	60	61	74	29	28
72	55	60	62	74	26	28
73	55	60	61	73	26	28

74	55	58	62	74	26	28
75	55	59	62	74	27	28
76	55	59	61	74	23	28
77	55	60	61	74	26	28
78	55	60	61	73	26	28
79	55	60	62	75	25	28
80	55	60	62	74	25	28
81	55	60	63	74	25	28
82	55	60	62	74	26	28
83	55	59	62	74	26	28
84	56	60	62	74	29	28
85	55	59	61	74	24	28
86	55	60	62	74	29	28
87	55	60	62	74	26	28
88	56	60	62	74	26	28
89	55	60	62	74	27	28
90	56	60	62	75	25	27
91	55	60	62	74	26	28
92	56	60	63	74	26	28
93	56	60	62	74	28	27
94	56	61	62	75	27	28
95	56	61	61	74	27	28
96	56	60	62	74	27	28
97	56	61	62	74	25	28
98	57	61	62	74	28	28
99	56	61	62	75	26	28
100	55	61	63	75	26	28
101	56	61	63	74	28	28
102	56	60	63	75	29	28
103	56	59	63	75	26	28
104	54	60	62	73	25	28
105	56	61	63	75	25	28
106	56	61	63	75	25	29
107	56	61	63	75	26	28
108	56	61	63	74	27	28
109	56	61	63	75	30	28
110	56	61	63	75	26	28
111	57	61	63	75	26	28
112	56	61	62	75	27	29
113	56	61	63	75	28	29
114	56	61	64	74	26	28
115	56	61	64	75	26	28
116	56	61	63	74	26	28
117	56	61	63	75	26	28
118	56	61	64	75	26	28
119	56	62	62	75	26	28
120	56	62	63	74	25	28

121	56	61	62	75	25	28
122	57	62	61	75	25	28
123	57	61	63	75	24	28
124	57	62	64	75	26	28
125	57	61	63	75	26	28
126	57	61	63	75	26	28
127	57	61	63	75	26	28
128	57	61	63	75	26	28
129	57	62	63	75	24	28
130	57	61	64	75	27	28
131	57	63	63	75	26	28
132	57	61	64	75	26	28
133	57	61	64	75	25	28
134	57	61	64	75	24	28
135	57	62	64	75	26	28
136	57	62	63	75	26	28
137	57	62	64	75	24	28
138	57	61	64	75	29	27
139	57	62	63	75	26	28
140	57	62	63	76	26	28
141	57	61	64	76	29	28
142	57	61	65	75	26	29
143	57	62	64	75	28	28
144	57	62	65	75	30	28
145	57	62	65	75	25	28
146	57	62	64	75	24	28
147	57	62	64	75	29	28
148	57	62	64	75	26	28
149	58	62	64	75	28	28
150	57	62	64	75	26	28
151	57	62	64	76	28	29
152	57	62	64	75	27	28
153	57	62	64	76	28	28
154	57	62	53	75	28	28
155	57	62	63	75	25	27
156	57	62	64	75	26	28
157	58	62	64	77	27	28
158	57	62	64	75	26	28
159	57	63	64	76	28	28
160	58	63	65	76	26	27
161	58	62	64	75	28	28
162	57	62	64	75	28	28
163	57	62	64	75	27	28
164	57	62	64	75	25	28
165	57	62	63	75	25	28
166	57	62	64	76	27	28
167	58	62	64	75	27	28

168	57	61	63	76	26	28
169	58	62	64	75	30	28
170	58	63	66	76	26	28
171	58	62	64	76	27	27
172	57	63	64	75	27	27
173	58	63	64	76	26	28
174	58	62	64	75	26	28
175	58	62	64	75	26	29
176	58	63	64	75	23	28
177	58	63	64	75	26	28
178	58	63	64	76	26	28
179	57	62	65	76	27	28
180	57	62	63	76	27	28
181	57	62	64	76	26	28
182	58	63	64	76	27	28
183	58	63	64	76	29	27
184	58	62	64	76	26	28
185	58	63	64	76	26	28
186	58	63	64	76	24	28
187	58	63	64	76	25	28
188	58	63	64	76	26	28
189	58	62	64	76	25	28
190	58	63	63	76	26	29
191	58	63	64	76	29	27
192	58	63	65	76	28	28
193	58	63	64	76	26	28
194	58	63	64	76	29	28
195	60	62	64	76	24	27
196	58	63	65	76	26	27
197	58	63	63	76	26	28
198	58	64	65	76	26	28
199	58	63	65	76	26	28
200	58	64	64	76	27	28
201	58	62	64	76	26	28
202	58	63	65	76	24	28
203	58	63	65	76	27	28
204	58	64	66	76	25	28
205	58	63	65	76	27	28
206	58	63	64	77	27	28
207	58	63	64	76	26	28
208	58	64	65	76	26	28
209	58	64	65	76	26	28
210	58	62	64	76	27	28
211	58	63	65	76	26	28
212	58	63	63	77	27	28
213	58	64	65	76	26	28
214	58	63	65	76	28	28

215	58	64	65	77	26	28
216	58	63	64	76	27	28
217	58	63	65	76	28	28
218	58	62	65	76	27	28
219	59	64	64	77	28	28
220	58	63	65	76	27	28
221	58	63	65	76	25	28
222	58	63	65	76	24	28
223	58	63	66	77	27	28
224	60	63	65	76	25	28
225	59	63	65	77	27	28
226	59	63	65	76	25	28
227	59	65	65	76	27	28
228	59	64	66	77	28	28
229	59	64	65	77	28	28
230	58	63	65	76	27	28
231	59	63	68	77	25	28
232	59	65	65	76	28	28
233	59	62	65	77	26	28
234	59	64	65	77	26	28
235	59	64	65	77	26	28
236	59	64	65	77	28	28
237	59	64	65	77	28	28
238	59	64	66	77	31	28
239	59	64	63	77	28	28
240	59	64	64	77	28	29
241	58	63	65	77	26	28
242	59	64	65	77	27	28
243	59	69	65	77	26	28
244	59	63	65	77	27	28
245	58	64	65	77	28	28
246	58	64	65	77	26	28
247	59	64	65	77	25	28
248	59	64	67	77	25	28
249	58	63	65	77	27	28
250	58	63	65	77	30	28
251	58	63	65	77	27	28
252	59	64	65	77	25	28
253	59	64	66	77	26	28
254	59	64	66	76	28	28
255	59	64	65	76	28	28
256	58	64	65	77	25	28
257	59	64	65	78	29	28
258	59	64	65	78	29	28
259	59	63	65	77	27	28
260	59	64	65	76	25	28
261	59	64	65	77	26	28

262	59	65	65	77	28	28
263	59	65	65	77	28	28
264	58	64	65	78	27	28
265	59	64	65	78	27	28
266	59	64	65	78	27	28
267	59	64	65	78	27	28
268	59	64	65	78	27	28
269	59	64	65	78	27	28
270	59	64	65	78	27	28
271	59	65	65	77	26	28
272	59	64	65	78	27	28
273	59	65	65	77	22	29
274	59	64	66	77	27	28
275	58	64	65	76	27	28
276	59	64	65	77	27	28
277	59	63	65	76	26	28
278	59	63	67	77	27	28
279	59	64	65	77	26	28
280	58	65	64	76	26	28
281	58	64	65	78	27	28
282	59	64	65	77	27	28
283	59	64	65	76	28	28
284	59	64	65	77	28	28
285	59	63	65	77	28	28
286	59	64	65	78	28	28
287	59	64	66	77	28	28
288	58	64	65	78	28	28
289	59	62	65	78	28	28
290	59	63	66	76	28	28
291	59	64	65	77	28	28
292	59	65	65	78	28	28
293	59	65	65	77	28	28
294	59	65	65	77	28	28
295	59	64	65	77	27	28
296	59	65	65	77	28	28
297	60	64	65	77	26	28
298	59	65	66	76	28	28
299	59	64	66	77	26	28
300	59	64	66	77	27	28
301	59	63	65	77	26	28
302	59	65	66	77	27	28
303	59	65	64	77	27	28
304	59	64	67	77	26	28
305	60	64	67	77	26	28
306	59	64	66	77	27	28
307	59	64	65	77	25	28
308	59	64	65	77	26	28

309	59	64	66	77	26	28
310	59	67	65	77	26	28
311	60	64	66	77	26	28
312	60	64	66	77	26	28
313	60	64	66	77	26	28
314	60	64	66	77	26	28
315	60	64	66	77	26	28
316	60	64	66	77	26	28
317	60	64	66	77	26	28
318	59	64	65	77	28	29
319	59	65	66	77	28	29
320	59	65	66	77	27	28
321	60	69	66	77	26	29
322	59	69	66	77	25	28
323	59	69	66	77	25	28
324	59	69	66	75	26	28
325	60	65	66	77	26	28
326	60	65	66	77	26	28
327	60	65	66	77	26	28
328	59	65	66	77	27	28
329	59	64	66	77	26	28
330	59	63	67	77	28	28
331	60	65	66	77	26	28
332	60	64	67	78	26	28
333	60	64	66	77	27	29
334	60	65	66	77	26	28
335	60	65	67	77	25	29
336	60	65	67	77	29	28
337	60	64	67	78	26	28
338	60	64	65	77	26	28
339	59	64	65	78	28	29
340	59	64	65	77	26	28
341	60	65	66	78	28	28
342	60	64	66	77	27	28
343	60	64	66	79	26	28
344	60	64	66	78	27	28
345	60	64	66	78	28	28
346	60	64	66	78	26	28
347	60	64	66	78	26	28
348	60	64	66	78	27	28
349	60	64	66	77	27	28
350	60	64	66	77	24	28
351	60	65	66	77	27	28
352	60	64	66	78	25	28
353	60	64	67	78	24	28
354	60	65	66	79	26	28
355	60	65	67	78	26	28

356	60	64	66	78	25	28
357	60	65	67	78	26	28
358	60	65	67	78	26	28
359	60	64	66	78	25	28
360	60	65	67	79	26	29
361	60	65	67	79	25	27
362	60	64	67	78	26	28
363	60	65	67	78	28	28
364	60	65	67	78	29	28
365	59	66	66	78	27	28
366	60	69	67	78	27	28
367	60	65	66	78	28	28
368	60	65	66	78	26	28
369	60	63	67	78	28	28
370	61	65	67	78	27	28
371	60	65	66	78	27	28
372	60	65	66	78	27	28
373	60	64	67	78	27	29
374	60	65	66	78	27	28
375	60	66	67	78	28	28
376	60	66	66	77	26	28
377	60	65	67	77	27	28
378	60	65	68	78	28	28
379	60	65	66	78	27	29
380	60	65	66	78	27	28
381	60	63	66	78	26	28
382	60	66	66	78	26	28
383	59	66	66	78	24	28
384	60	65	66	77	27	28
385	60	63	66	78	28	28
386	60	62	66	78	28	28
387	60	64	66	77	27	29
388	60	65	66	78	27	29
389	60	65	66	78	27	28
390	59	65	67	77	28	29
391	60	65	65	78	29	28
392	60	64	66	78	26	28
393	60	66	67	78	27	28
394	60	64	67	77	26	28
395	60	64	67	79	27	28
396	60	65	65	78	27	29
397	60	64	66	78	27	27
398	60	65	67	78	28	28
399	60	65	67	78	28	28
400	60	65	66	77	28	28
401	60	65	66	78	26	28
402	60	65	64	78	27	28

403	60	65	66	78	28	28
404	60	64	67	78	29	28
405	60	65	67	78	28	28
406	60	65	67	78	28	28
407	60	65	67	78	27	28
408	60	64	67	78	31	29
409	61	64	67	78	26	28
410	60	66	66	76	25	28
411	60	65	67	78	25	28
412	61	65	67	78	26	28
413	60	64	67	78	27	28
414	60	64	67	78	29	28
415	60	66	67	78	27	29
416	60	65	67	78	29	28
417	60	65	67	78	26	28
418	60	65	66	76	26	28
419	60	65	67	78	27	28
420	60	65	67	78	27	28
421	60	65	66	78	27	28
422	60	66	65	78	27	28
423	60	65	67	77	27	28
424	61	65	67	78	27	28
425	60	65	66	78	27	28
426	59	64	67	78	27	28
427	60	63	67	78	28	28
428	60	65	65	78	29	28
429	60	64	67	78	27	28
430	60	64	67	78	27	29
431	61	64	66	78	28	28
432	60	65	67	77	26	28
433	60	65	67	78	28	29
434	60	65	69	78	26	28
435	60	65	67	78	27	28
436	60	65	67	78	27	28
437	60	64	67	78	26	29
438	60	66	67	78	27	28
439	60	65	67	78	28	28
440	60	65	66	78	25	28
441	60	64	66	78	26	28
442	60	65	66	78	28	29
443	60	64	67	78	28	28
444	60	66	67	78	27	28
445	60	65	68	78	28	28
446	60	65	67	78	26	28
447	60	65	67	78	29	28
448	61	65	67	78	28	28
449	60	65	67	78	25	28

450	60	65	67	78	27	28
451	60	65	67	78	27	28
452	60	64	66	78	27	29
453	61	65	66	78	27	28
454	59	65	67	78	25	28
455	60	65	66	78	25	28
456	60	65	66	78	26	28
457	60	65	67	78	27	28
458	60	65	67	78	27	28
459	60	64	67	78	27	28
460	60	65	67	78	26	29
461	60	65	66	77	27	28
462	60	65	66	78	27	28
463	60	65	67	78	27	28
464	60	65	67	77	25	28
465	61	65	67	77	26	28
466	60	65	67	79	25	28
467	60	65	66	78	27	29
468	60	65	67	78	27	29
469	60	66	67	79	27	28
470	61	65	67	78	28	29
471	60	65	67	78	27	28
472	60	65	66	78	27	28
473	60	65	66	79	25	29
474	60	66	66	78	25	29
475	60	67	67	78	27	28
476	60	65	67	79	27	28
477	60	65	67	79	27	28
478	60	65	67	79	26	28
479	60	65	68	78	27	28
480	60	65	66	78	27	28
481	60	65	65	78	27	28
482	60	65	65	78	27	28
483	61	65	68	79	29	28
484	61	65	69	78	27	29
485	61	65	67	78	25	28
486	60	65	67	78	27	28
487	60	65	67	78	27	28
488	60	66	68	78	25	28
489	61	66	65	78	27	28
490	60	65	67	78	26	28
491	61	65	67	78	26	28
492	60	65	67	78	26	28
493	61	65	67	77	27	28
494	60	65	67	79	27	28
495	60	66	67	77	27	29
496	61	65	67	78	26	28

497	60	65	67	78	27	28
498	61	65	67	78	26	28
499	61	65	67	78	28	28
500	61	65	67	78	26	28
501	60	65	67	78	27	28
502	61	65	67	78	25	28
503	60	66	67	78	27	28
504	60	65	67	78	28	28
505	61	65	66	78	27	28
506	60	65	66	78	28	28
507	61	65	67	78	24	28
508	60	65	67	78	27	28
509	60	65	67	77	26	28
510	60	65	66	76	27	28
511	60	65	67	78	27	29
512	60	65	67	78	24	28
513	60	66	67	78	26	28
514	60	65	67	78	27	28
515	61	65	67	78	29	28
516	61	65	67	77	29	28
517	60	66	66	78	27	28
518	60	66	66	78	27	28
519	60	65	65	78	29	28
520	60	64	67	78	26	29
521	61	65	67	77	26	28
522	60	64	67	77	24	28
523	61	65	67	78	28	28
524	60	65	67	78	28	29
525	60	66	67	78	29	28
526	60	65	67	78	27	28
527	61	65	67	78	26	28
528	60	66	67	78	29	28
529	60	65	67	78	27	28
530	61	66	67	78	27	28
531	60	65	65	78	28	28

532	61	65	68	78	28	28
533	60	66	67	78	28	28
534	60	65	67	78	27	28
535	61	66	67	78	26	28
536	60	66	68	79	27	28
537	61	66	67	79	24	28
538	61	65	66	78	27	29
539	61	65	66	78	27	29
540	61	65	67	78	23	28
541	61	65	67	78	28	28
542	60	65	67	79	27	28
543	61	65	65	78	28	28
544	60	65	67	78	28	28
545	61	66	67	78	27	28
546	61	65	66	79	27	28
547	61	65	67	78	29	28
548	61	66	67	78	26	28
549	61	65	67	78	29	28
550	61	66	67	78	27	28
551	61	66	67	78	24	28
552	61	65	68	79	25	28
553	60	65	66	79	27	28
554	61	65	67	78	28	28
555	61	66	67	79	27	28
556	61	66	67	79	30	28
557	61	65	67	79	25	28
558	60	65	67	78	28	28
559	61	66	67	79	26	28
560	61	65	67	79	24	28
561	61	66	68	79	27	28
562	61	66	67	79	24	28
563	61	66	67	79	27	28
564	61	66	68	78	26	28
565	61	66	67	79	28	28
566	61	66	67	78	27	28

567	60	66	68	79	27	28
568	61	66	67	78	27	28
569	61	65	67	78	29	28
570	61	66	66	79	28	28
571	61	66	67	79	27	28
572	61	66	67	78	29	28
573	61	66	69	79	28	27
574	60	65	68	79	27	29
575	61	66	67	78	27	28
576	61	66	67	78	27	28
577	61	66	67	78	27	28
578	60	65	68	79	27	29
579	61	67	67	79	27	28
580	61	66	67	78	27	28
581	61	66	67	79	24	28
582	61	65	67	78	25	28
583	61	66	67	78	27	28
584	61	66	67	78	26	28
585	61	66	67	78	25	28
586	61	66	70	79	26	28
587	61	64	67	79	27	28
588	61	67	67	79	28	28
589	61	66	67	79	27	29
590	61	66	67	79	20	28
591	61	66	67	78	26	28
592	60	66	66	79	28	28
593	61	68	68	78	26	28
594	61	66	67	79	27	28
595	61	66	67	79	27	28
596	60	66	67	79	26	28
597	61	66	68	79	26	28
598	61	66	67	79	26	28
599	61	67	68	79	28	28
600	61	66	67	79	27	28