

Creació de sistemes anti COVID-19

Carla Zou Yin Rodríguez Rubio

ADVERTIMENT. L'accés als continguts d'aquest treball de recerca i la seva utilització ha de respectar els drets de la persona autora. Pot ser utilitzada per a consulta o estudi personal, així com en activitats o materials d'investigació i docència en els termes establerts a l'art. 32 del Text Refós de la Llei de Propietat Intel·lectual (RDL 1/1996). Per a altres utilitzacions es requereix l'autorització prèvia i expressa de la persona autora. En qualsevol cas, en la utilització dels seus continguts caldrà indicar de forma clara el nom i cognoms de la persona autora i el títol del treball. No s'autoritza la seva reproducció o altres formes d'explotació efectuades amb finalitats de lucre ni la seva comunicació pública des d'un lloc aliè al web de la URL. Aquesta reserva de drets afecta tant als continguts del treball com als seus resums i índexs.

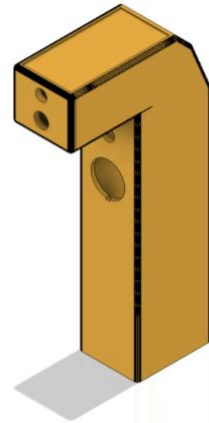
ADVERTENCIA. El acceso a los contenidos de este trabajo de investigación y su utilización debe respetar los derechos de la persona autora. Puede ser utilizada para consulta o estudio personal, así como en actividades o materiales de investigación y docencia en los términos establecidos en el art. 32 del Texto Refundido de la Ley de Propiedad Intelectual (RDL 1/1996). Para otros usos se requiere la autorización previa y expresa de la persona autora. En cualquier caso, en la utilización de sus contenidos se deberá indicar de forma clara el nombre y apellidos de la persona autora y el título del trabajo. No se autoriza su reproducción u otras formas de explotación efectuadas con fines lucrativos ni su comunicación pública desde un sitio ajeno al web de la URL. Esta reserva de derechos afecta tanto al contenido de la tesis como a sus resúmenes e índices.

WARNING. The access to the contents of this research work and its use must respect the rights of the author. It can be used for reference or private study, as well as research and learning activities or materials in the terms established by the 32nd article of the Spanish Consolidated Copyright Act (RDL 1/1996). Express and previous authorization of the author is required for any other uses. In any case, when using its content, full name of the author and title of the work must be clearly indicated. Reproduction or other forms of for profit use or public communication from outside URL web is not allowed. These rights affect both the content of the work and its abstracts and indexes.

Creació de sistemes automàtics *anti* COVID-19



TERMÒMETRE
INFRAROIG
DIGITAL



CONTROL
AUTOMÀTIC
D'AFORAMENT



Autoria: Carla Zou Yin Rodríguez Rubio

Tutoria: Sergi Cercós

Curs 2020-2021

 Escola Joviat

*A tots aquells éssers perjudicats per la COVID-19.
Sanitàries i sanitaris,
àvies i avis,
infants, joves i adults,
per ser heroïnes i herois en aquesta pandèmia,
la vostra lluita no caurà mai en l'oblit.*

Agraïments

Al meu tutor de recerca, Sergi Cercós, per haver-me aconsellat durant tot el procés.

A la meva família, per creure en mi i donar-me el seu suport incondicional en tot moment.

Als meus amics i, especialment, a la Glòria, per ajudar-me i estar allà sempre quan ho he necessitat.

A l'empresa *Diprotype* de Vic, per la seva paciència i per haver fet possible la impressió 3D.

A les empreses d'electrònica *E-ika* i *ElectronPerdido* de València, pels seus temps d'entrega tant baixos i els seus preus tant competitius.

Resum

La pandèmia causada per la malaltia COVID-19 ha forçat la humanitat a organitzar-se per lluitar contra la seva propagació. Aquest projecte va néixer de la voluntat d'ajudar a empreses locals i a petites institucions, perquè puguin aplicar mesures *anti* COVID-19 econòmicament. L'objectiu principal d'aquest treball és avaluar si és possible i econòmic crear (1) un sistema automàtic de control d'aforament i (2) un termòmetre infraroig digital, mitjançant l'ús de tecnologies de baix cost: *Arduino*, una plataforma electrònica de codi obert, *MIT App Inventor*, una eina en línia útil per a crear aplicacions mòbils i, per últim, el disseny i la impressió 3D. Els resultats van mostrar que el sistema automàtic de control d'aforament fou l'únic construït a partir d'un baix cost, ja que el termòmetre infraroig digital va resultar ser 2,45 vegades més car en comparació amb un similar del mercat. Les conclusions van revelar l'àmplia gama d'aplicacions que *Arduino* té, així com la falta de necessitat de coneixements avançats per poder crear aquests sistemes *anti* COVID-19. Finalment, la pregunta de recerca no va poder-se respondre afirmativament. S'hauria de continuar investigant per: (1) reduir el cost total dels sistemes, possiblement utilitzant serveis d'impressió 3D *low cost*, i venedors internacionals com *eBay* o *Aliexpress*, i (2) millorar-los per fer-los compatibles amb el conjunt de la normativa legal.

Paraules clau: termòmetre infraroig digital, sistema automàtic de control d'aforament, COVID-19, *Arduino*, *MIT App Inventor*, disseny i impressió 3D, electrònica, programació.

Abstract

The pandemic caused by the COVID-19 disease has forced the organization of humanity in order to fight against its spreading. This project was born with the will to help local business and small institutions, so that they are able to economically implement *anti* COVID-19 measures. The main aim of this work is to evaluate whether it is possible and economic to create (1) an automatic system of capacity control and (2) an infrared digital thermometer, through the use of low cost technologies: *Arduino*, an open-source electronics platform, *MIT App Inventor*, an online tool useful to create mobile apps, and 3D design and printing. The results showed that the automatic system of capacity control was the only one built with a low cost, since the infrared digital thermometer turned out to be 2,45 times more expensive in comparison to one similar of the market. The conclusions revealed the wide range of applications *Arduino* has, as well as the lack of need of advanced knowledge to be able to create these *anti* COVID-19 systems. Finally, the research question could not be answered affirmatively. Further investigation should be done so as to (1) reduce the total cost of the systems, possibly using low cost 3D printing services and international sellers such as *eBay* or *Aliexpress*, and (2) to improve them so that both can comply with all the legal regulation.

Keywords: infrared digital thermometer, automatic system of capacity control, COVID-19, *Arduino*, *MIT App Inventor*, 3D design and impression, electronics, programming.

Índex

ÍNDEX DE FIGURES	7
ÍNDEX DE TAULES	10
1. INTRODUCCIÓ	11
1.1 CONTEXT I PLANTEJAMENT DEL PROBLEMA	11
1.2 MOTIVACIONS PERSONALS, PREGUNTA DE RECERCA, METODOLOGIA I OBJECTIUS	12
2. LA COVID-19: NECESSITATS DE PROTECCIÓ I HIGIENE	13
3. ARDUINO	15
3.1 QUÈ ÉS ARDUINO?	15
3.2 EL <i>HARDWARE</i> D'ARDUINO	16
3.2.1 <i>La placa Arduino</i>	16
3.2.2 <i>Altres elements del hardware d'Arduino</i>	20
3.3 EL <i>SOFTWARE</i> D'ARDUINO	24
3.3.1 <i>Arduino IDE</i>	25
3.3.2 <i>El llenguatge de programació d'Arduino</i>	26
3.3.3 <i>Estructura completa d'un sketch d'Arduino</i>	35
4. MIT APP INVENTOR	36
4.1 QUÈ ÉS MIT APP INVENTOR?	36
4.2 COM CREAR UNA APP AMB MIT APP INVENTOR?	36
4.2.1 <i>Dissenyador</i>	37
4.2.2 <i>Editor de blocs</i>	39
4.2.3 <i>Generador d'app</i>	40
5. DISSENY I IMPRESSIÓ 3D	41
5.1 QUÈ ÉS LA IMPRESSIÓ 3D?	41
5.2 COM CREAR UNA PEÇA IMPRESA EN 3D?	42
5.2.1 <i>Modelatge 3D</i>	42
5.2.2 <i>Laminatge 3D</i>	43
5.2.3 <i>Impressió 3D</i>	45
5.3 MATERIALS D'IMPRESSIÓ 3D	46
5.3.1 <i>PLA (àcid polilàctic)</i>	46
5.3.2 <i>ABS (acrilonitril butadiè estirè)</i>	47

6.	ELS SISTEMES	48
6.1	CONTROL D'AFORAMENT	48
6.1.1	<i>Context</i>	48
6.1.2	<i>El sistema</i>	50
6.1.3	<i>Creació d'un sistema automàtic de control d'aforament</i>	53
6.1.4	<i>Disseny i construcció del prototip-maqueta</i>	78
6.2	CONTROL DE TEMPERATURA CORPORAL	82
6.2.1	<i>Context</i>	82
6.2.2	<i>El sistema</i>	83
6.2.3	<i>Estudi d'un termòmetre infraroig digital homologat</i>	83
6.2.4	<i>Creació d'un termòmetre infraroig digital</i>	85
7.	DISCUSSIÓ DE RESULTATS GENERALS.....	100
7.1	ANÀLISI DELS OBJECTIUS	101
8.	CONCLUSIONS, VALORACIÓ PERSONAL I POSSIBLES EXTENSIONS DE LA INVESTIGACIÓ	103
9.	BIBLIOGRAFIA	105
10.	ANNEX.....	110

Índex de figures

FIGURA 1.	PARTS DE LA PLACA <i>ARDUINO UNO R3</i>	17
FIGURA 2.	PLACA <i>ARDUINO NANO</i>	19
FIGURA 3.	PARTS D'UNA <i>PROTOBOARD</i>	20
FIGURA 4.	CABLES PONT: MASCLE-MASCLE (ESQUERRA), MASCLE-FEMELLA (CENTRE) I FEMELLA-MASCLE (DRETA).....	21
FIGURA 5.	RESISTÈNCIA ELÈCTRICA DE 56kΩ	21
FIGURA 6.	<i>SHIELD</i> EDUCATIVA.....	22
FIGURA 7.	MÒDUL <i>ETHERNET ENC28J60</i>	22
FIGURA 8.	INTERFÍCIE D'UN SKETCH CREAT AMB <i>ARDUINO IDE</i>	26
FIGURA 9.	ESTRUCTURA D'UNA FUNCIÓ PERSONALITZADA.....	31
FIGURA 10.	ESTRUCTURA COMPLETA D'UN SKETCH.....	35
FIGURA 11.	PROCÉS DE CREACIÓ D'UNA APP AMB <i>MIT APP INVENTOR</i>	36
FIGURA 12.	GESTOR DE PROJECTES DE <i>MIT APP INVENTOR</i>	37
FIGURA 13.	MODE DISSENYADOR DE <i>MIT APP INVENTOR</i>	38

FIGURA 14. MODE EDITOR DE BLOCS DE <i>MIT APP INVENTOR</i>	39
FIGURA 15. COMPARACIÓ D'IMPRESSIONS EN FDM, SLA I SLS.....	41
FIGURA 16. MODEL 3D CREAT AMB <i>AUTODESK FUSION 360</i>	42
FIGURA 17. ARXIU CAD DEL MODEL 3D EN FORMAT STL.....	43
FIGURA 18. MODIFICACIÓ DE L'ARXIU STL AL PROGRAMA DE TALL.....	44
FIGURA 19. ARXIU STL EXPORTAT A <i>G-CODE</i>	44
FIGURA 20. IMPRESSIÓ 3D DE LA PEÇA CREADA.....	45
FIGURA 21. COMPARACIÓ DE LES IMPRESSIONS 3D ENTRE PLA I ABS.....	47
FIGURA 22. ETAPA 0 PER A L'ENTRADA (DRETA) I PER A LA SORTIDA (ESQUERRA).....	55
FIGURA 23. ORDRE CÍCLIC DE LA DETECCIÓ DELS SENSORS DURANT UNA ENTRADA.....	56
FIGURA 24. ORDRE CÍCLIC DE LA DETECCIÓ DELS SENSORS DURANT UNA SORTIDA.....	56
FIGURA 25. ESQUEMA DEL CIRCUIT ELECTRÒNIC (SISTEMA AUTOMÀTIC DE CONTROL D'AFORAMENT).....	62
FIGURA 26. ESQUEMA DE CONNEXIONS ELECTRÒNIQUES (SISTEMA AUTOMÀTIC DE CONTROL D'AFORAMENT).....	62
FIGURA 27. ICONA DE L'APLICACIÓ MÒBIL.....	63
FIGURA 28. <i>SCREEN1</i> (MODE DISSENYADOR) (APLICACIÓ MÒBIL).....	63
FIGURA 29. <i>SCREEN2</i> (DISSENYADOR) (APLICACIÓ MÒBIL).....	64
FIGURA 30. <i>SCREEN3</i> (DISSENYADOR) (APLICACIÓ MÒBIL).....	65
FIGURA 31. INICIALITZACIÓ DE VARIABLES GLOBALES (APLICACIÓ MÒBIL).....	66
FIGURA 32. RELLOTGE (<i>SCREEN1</i>) (APLICACIÓ MÒBIL).....	66
FIGURA 33. BOTÓ D'INICI DE SESSIÓ (<i>SCREEN1</i>) (APLICACIÓ MÒBIL).....	67
FIGURA 34. CONNECTAR ESCLAU <i>BLUETOOTH (BEFOREPICKING)</i> (<i>SCREEN2</i>) (APLICACIÓ MÒBIL).....	67
FIGURA 35. CONNECTAR ESCLAU <i>BLUETOOTH (AFTERPICKING)</i> (<i>SCREEN2</i>) (APLICACIÓ MÒBIL).....	68
FIGURA 36. DESCONNECTAR ESCLAU <i>BLUETOOTH (SCREEN2)</i> (APLICACIÓ MÒBIL).....	69
FIGURA 37. NOTIFICACIÓ 2 (<i>AFTERCHOOSING</i>) (<i>SCREEN2</i>) (APLICACIÓ MÒBIL).....	69
FIGURA 38. INICIALITZACIÓ (<i>SCREEN2</i>) (APLICACIÓ MÒBIL).....	70
FIGURA 39. RELLOTGE (I) (<i>SCREEN2</i>) (APLICACIÓ MÒBIL).....	71
FIGURA 40. RELLOTGE (II) (<i>SCREEN2</i>) (APLICACIÓ MÒBIL).....	71
FIGURA 41. RELLOTGE (III) (<i>SCREEN2</i>) (APLICACIÓ MÒBIL).....	72
FIGURA 42. RELLOTGE (IV) (<i>SCREEN2</i>) (APLICACIÓ MÒBIL).....	72
FIGURA 43. RELLOTGE (V) (<i>SCREEN2</i>) (APLICACIÓ MÒBIL).....	73
FIGURA 44. BOTÓ "DESACTIVAR L'ALARMA" (<i>SCREEN2</i>) (APLICACIÓ MÒBIL).....	73
FIGURA 45. NOTIFICACIÓ 7 (<i>AFTERTXTINPUT</i>) (<i>SCREEN2</i>) (APLICACIÓ MÒBIL).....	73
FIGURA 46. BOTÓ "TANCAR SESSIÓ" (<i>SCREEN2</i>) (APLICACIÓ MÒBIL).....	74
FIGURA 47. NOTIFICACIÓ 6 (<i>AFTERCHOOSING</i>) (<i>SCREEN2</i>) (APLICACIÓ MÒBIL).....	74
FIGURA 48. RELLOTGE (<i>SCREEN3</i>) (APLICACIÓ MÒBIL).....	74
FIGURA 49. BOTÓ "ACCEPTAR" (<i>SCREEN3</i>) (APLICACIÓ MÒBIL).....	75
FIGURA 50. NOTIFICACIÓ 1 (<i>AFTERCHOOSING</i>) (<i>SCREEN3</i>) (APLICACIÓ MÒBIL).....	75

FIGURA 51. GENERACIÓ DEL CODI QR TEMPORAL PER DESCARREGAR L'ARXIU <i>APK</i> DE L'APLICACIÓ MÒBIL.....	76
FIGURA 52. CONFIGURACIÓ DEL MÒDUL <i>BLUETOOTH</i> A TRAVÉS DEL MONITOR SÈRIE.....	78
FIGURA 53. DIBUIX 3D DEL PROTOTIP-MAQUETA (SISTEMA AUTOMÀTIC DE CONTROL D'AFORAMENT) .	79
FIGURA 54. PROTOTIP-MAQUETA DEL SISTEMA AUTOMÀTIC DE CONTROL D'AFORAMENT.....	81
FIGURA 55. TERMÒMETRE INFRAROIG DIGITAL HOMOLOGAT .	84
FIGURA 56. SENSOR DE TEMPERATURA <i>MLX9014</i>	86
FIGURA 57. PANTALLA OLED DE 0,96" .	87
FIGURA 58. ESQUEMA DE CONNEXIONS ELECTRÒNIQUES (TERMÒMETRE INFRAROIG DIGITAL).	89
FIGURA 59. ESQUEMA DEL CIRCUIT ELECTRÒNIC (TERMÒMETRE INFRAROIG DIGITAL).....	89
FIGURA 60. MUNTATGE ELECTRÒNIC DEL TERMÒMETRE INFRAROIG DIGITAL A LA <i>PROTOBOARD</i> .	89
FIGURA 61. CROQUIS CONCEPTUAL DE LA PISTOLA (TERMÒMETRE INFRAROIG DIGITAL).	92
FIGURA 62. REPRESENTACIÓ DE LA TOLERÀNCIA PER A UNA UNIÓ FIXA.	93
FIGURA 63. MODEL 3D DEFINITIU DE LA PISTOLA (TERMÒMETRE INFRAROIG DIGITAL).....	94
FIGURA 64. VISTA DESPLEGADA DE LA PISTOLA (TERMÒMETRE INFRAROIG DIGITAL).....	94
FIGURA 65. VISTES PRINCIPALS DE LA PISTOLA (TERMÒMETRE INFRAROIG DIGITAL).	95
FIGURA 66. SIMULACIÓ DE LA IMPRESSIÓ 3D GENERADA PEL PROGRAMA DE TALL (TERMÒMETRE INFRAROIG DIGITAL).	95
FIGURA 67. RESULTAT FINAL DE LA IMPRESSIÓ 3D (TERMÒMETRE INFRAROIG DIGITAL).....	96
FIGURA 68. CABLEJAT INTERN DEL TERMÒMETRE INFRAROIG DIGITAL.	98
FIGURA 69. RESULTAT FINAL DEL TERMÒMETRE INFRAROIG DIGITAL.	98
FIGURA 70. GALERIA DE PANTALLES I ENCESA DELS DÍODES LED (TERMÒMETRE INFRAROIG DIGITAL).	99
FIGURA 71. CABLE USB-A A USB-B.....	109
FIGURA 72. REGLETA CONNECTOR MASCLÉ RECTE.	109
FIGURA 73. PAS 1 (ENVIAR DADES A UN FULL DE CÀLCUL DE <i>GOOGLE PER MIT APP INVENTOR</i>).....	109
FIGURA 74. PAS 2 (ENVIAR DADES A UN FULL DE CÀLCUL DE <i>GOOGLE PER MIT APP INVENTOR</i>).....	109
FIGURA 75. PAS 3 (ENVIAR DADES A UN FULL DE CÀLCUL DE <i>GOOGLE PER MIT APP INVENTOR</i>).....	110
FIGURA 76. PAS 4 (ENVIAR DADES A UN FULL DE CÀLCUL DE <i>GOOGLE PER MIT APP INVENTOR</i>).....	110
FIGURA 77. PAS 5 (ENVIAR DADES A UN FULL DE CÀLCUL DE <i>GOOGLE PER MIT APP INVENTOR</i>).....	111
FIGURA 78. PAS 6 (ENVIAR DADES A UN FULL DE CÀLCUL DE <i>GOOGLE PER MIT APP INVENTOR</i>).....	111
FIGURA 79. PAS 7 (ENVIAR DADES A UN FULL DE CÀLCUL DE <i>GOOGLE PER MIT APP INVENTOR</i>).....	111
FIGURA 80. PAS 8 (ENVIAR DADES A UN FULL DE CÀLCUL DE <i>GOOGLE PER MIT APP INVENTOR</i>).....	112
FIGURA 81. PAS 9 (ENVIAR DADES A UN FULL DE CÀLCUL DE <i>GOOGLE PER MIT APP INVENTOR</i>).....	112
FIGURA 82. PAS 10 (I) (ENVIAR DADES A UN FULL DE CÀLCUL DE <i>GOOGLE PER MIT APP INVENTOR</i>).	112
FIGURA 83. PAS 10 (II) (ENVIAR DADES A UN FULL DE CÀLCUL DE <i>GOOGLE PER MIT APP INVENTOR</i>).	112
FIGURA 84. PAS 11 (ENVIAR DADES A UN FULL DE CÀLCUL DE <i>GOOGLE PER MIT APP INVENTOR</i>).....	113

FIGURA 85. UBICACIÓ DELS ORIFICIS EN LA PEÇA METÀL·LICA PER AL DÍODE LÀSER (ESQUERRA) I LA FOTORESISTÈNCIA (DRETA).	116
FIGURA 86. GALERIA DE CODIS QR.	124

Índex de taules

TAULA 1. PERIFÈRICS DIGITALS DE SORTIDA: EXEMPLES	23
TAULA 2. PERIFÈRICS DIGITALS D'ENTRADA: EXEMPLES	23
TAULA 3. PERIFÈRICS ANALÒGICS: EXEMPLES DE SENSORS	24
TAULA 4. EXEMPLES DE FUNCIONS <i>BUILT-IN</i>	29
TAULA 5. TIPUS DE DADES.	32
TAULA 6. ESTRUCTURA DE CONTROL (EXEMPLES).	33
TAULA 7. MÉS SINTAXI (EXEMPLES).	34
TAULA 8. ARITMÈTICA (EXEMPLES).	35
TAULA 9. ALTRES PROPIETATS DEL PLA.	46
TAULA 10. AVANTATGES I DESAVANTATGES DEL PLA.	46
TAULA 11. ALTRES PROPIETATS DEL ABS.	47
TAULA 12. AVANTATGES I DESAVANTATGES DEL ABS.	47
TAULA 13. TERMINOLOGIA (SISTEMA DE CONTROL D'AFORAMENT).	52
TAULA 14. DESCRIPCIÓ DE LES ETAPES EN EL PROCÉS D'ENTRADA (AMB ENTRADES PARCIALS).	57
TAULA 15. DESCRIPCIÓ DE LES ETAPES EN EL PROCÉS DE SORTIDA (AMB SORTIDES PARCIALS).	58
TAULA 16. ESTUDI DEL SENSOR DE CAPTACIÓ IDEAL (SISTEMA AUTOMÀTIC DE CONTROL D'AFORAMENT).	59
TAULA 17. MATERIAL I PRESSUPOST (SISTEMA AUTOMÀTIC DE CONTROL D'AFORAMENT).	61
TAULA 18. MATERIAL I PRESSUPOST (PROTOTIP-MAQUETA DEL SISTEMA AUTOMÀTIC DE CONTROL D'AFORAMENT).	78
TAULA 19. INTERVALS DE TEMPERATURA I ACCIONS (TERMÒMETRE INFRAROIG DIGITAL).	85
TAULA 20. MATERIAL I PRESSUPOST (TERMÒMETRE INFRAROIG DIGITAL).	88
TAULA 21. FUNCIONS <i>MLX</i> (SENSOR DE TEMPERATURA INFRAROIG <i>MLX9014</i>).	90
TAULA 22. EXEMPLES DE FUNCIONS <i>DISPLAY</i> (PANTALLA OLED DE 0,96").	91
TAULA 23. PRESSUPOST DE LA IMPRESSIÓ 3D (TERMÒMETRE INFRAROIG DIGITAL).	97
TAULA 24. PARÀMETRES TÈCNICS DEL TERMÒMETRE INFRAROIG HOMOLOGAT (MODEL <i>HW-F7</i> DE L'EMPRESA <i>IDOIT</i>).	118
TAULA 25. PARÀMETRES TÈCNICS DEL TERMÒMETRE INFRAROIG DIGITAL CREAT.	119
TAULA 26. DIMENSIONS I MASSA DE LES PECES IMPRESSES.	124

1. Introducció

1.1 Context i plantejament del problema

Actualment, la malaltia infecciosa **COVID-19**, declarada com a epidèmia de caràcter pandèmic per la Organització Mundial de la Salut (OMS) l'11 de març de 2020, està afectant a milions i milions de persones i provocant l'esclat de greu crisis sanitàries generalitzades arreu del món. Des de del primer brot a Wuhan (Xina) el desembre de 2019 (Organización Mundial de la Salud, 2020), la propagació del virus no ha deixat de créixer exponencialment i, estesa per més de 200 de països, ja ha assolit més de 60 milions de casos confirmats¹ (Worldometers, 2020).

Inevitablement, els efectes del coronavirus seran d'un abast immens i sense precedent algun des de la Segona Guerra Mundial. El conseqüent impacte econòmic constituirà alhora la major crisi viscuda des del crac de 1929 a Wall Street. Per altra banda, el Banc Mundial preveu pel 2020 una caiguda del PIB global tres vegades major que la de la Gran Recessió produïda a entre els anys 2008 i 2012 (El País, 2020).

Amb l'objectiu de mitigar la propagació de la COVID-19 i pal·liar el seu impacte, molts països ja han dut a terme la **implementació de sistemes de control i mesures de seguretat**: control de temperatura als aeroports, obligació de dur mascareta, aforament reduït, etc.

Una de les mesures adoptades durant la *desescalada*, per exemple, ha estat el control d'afluència en gran part de les platges del territori espanyol. De fet, a Catalunya, l'ajuntament de Tarragona va fer-ho a través de la instal·lació de sensors i l'ús d'un dron per obtenir imatges aèries, "complementant el sistema amb megafonia, semàfors i una aplicació mòbil" (NacióTarragona, 2020).

Altres països, com la Xina, han començat l'ús de robots per controlar els moviments de persones, assegurar el compliment de les normatives, registrar potencials nuclis de contagi i aïllar nous positius.

¹Data d'última d'actualització: 01/12/2020.

La problemàtica de la irrefrenable expansió del coronavirus sembla tenir la solució gràcies a l'ús de la tecnologia 5G, la **intel·ligència artificial (IA)** i el *big data*. Tot plegat, a través d'aquests es fa possible automatitzar processos com identificar la COVID-19 en radiografies pulmonars (MIT Technology Review, 2020), rastrejar vectors de contagi, detectar persones amb febre i/o sense mascareta, a més de preveure nous escenaris i possibles rebrots. De fet, si el creixement de la IA ja s'havia gairebé triplicat en els darrers 4 anys, segons una enquesta realitzada per Gartner (2020), alguns estudis afirmen que continuarà creixent a Europa un 40 % cada any fins el 2022 (Redacción Data Center Market, 2019).

1.2 Motivacions personals, pregunta de recerca, metodologia i objectius

Entenent la situació actual i reflexionant sobre la gran catàstrofe econòmica que s'aproxima, **aquest projecte neix de la voluntat d'aportar un petit gra de sorra a mitigar l'expansió del coronavirus i la d'oferir una solució a totes aquelles institucions, empreses i petits comerços perquè puguin implementar, econòmicament, mesures sanitàries i de protecció**. Com a resultat, i vistes les meves nocions bàsiques en programació i robòtica, l'objecte d'aquest treball de recerca consisteix en la **creació d'un sistema automàtic de control d'aforament i d'un termòmetre infraroig digital**.

Posteriorment, la idea d'aconseguir realitzar aquests sistemes mitjançant *softwares multiplataforma*, assequibles i de programació senzilla em van fer decantar per *Arduino*.

Per poder delimitar el marc teòric d'aquest treball vaig establir els seus objectius:

- **Objectiu 1:** Aconseguir la creació dels sistemes proposats a partir d'un **baix pressupost econòmic**.
- **Objectiu 2:** Valorar la possible **aplicació i implementació d'aquests a la vida real**.

- **Objectiu 3:** Aprofundir els meus coneixements en els camps de l'electrònica, la programació i la robòtica.
- **Objectiu 4:** Aconseguir que aquest projecte sigui d'utilitat a tercers per tal que puguin crear, per si mateixos, els sistemes proposats.

En relació a la metodologia, a mesura que vaig anar desenvolupant el projecte vaig decidir escollir 3 metodologies diferents:

- Per la part de programació i robòtica, **Arduino**.
- Per la part de desenvolupament d'aplicacions (per al control automàtic d'aforament), **MIT App Inventor**.
- Per la part del disseny i la construcció del termòmetre, **el disseny i la impressió 3D**.

Per últim, vaig proposar la pregunta de recerca següent: **¿És possible i, alhora econòmic, crear sistemes automatitzats *anti* COVID-19 a partir d'Arduino, MIT App Inventor, i el disseny i la impressió 3D?**

En conclusió, l'expectativa del projecte és poder respondre afirmativament la pregunta d'investigació. No obstant, prenc consciència de les limitacions dels resultats com a conseqüència de la metodologia escollida i dels recursos i mitjans disponibles (tant tècnics com de coneixements personals i habilitats).

2. La COVID-19: necessitats de protecció i higiene

La COVID-19 és una malaltia infecciosa provocada pel SARS-CoV-2, el nou coronavirus que es va descobrir després del primer brot a Wuhan, la Xina. (Organización Mundial de la Salud, 2020). Els coronavirus constitueixen una extensa família de virus capaços causar malalties en animals i humans, moltes de les quals són de caràcter respiratori (com és el cas de la COVID-19).

Els símptomes més freqüents de la COVID-19 són la febre, la tos seca i el cansament. D'altres, no tant freqüents, són la congestió nasal, el mal de cap i de gola, la diarrea i la pèrdua de gust i olfacte (Organización Mundial de la Salud, 2020). Malgrat tot, segueix existint un alt grau de persones

asintomàtiques, cosa que dificulta enormement controlar i contenir la propagació del virus.

Degut que es tracta d'una malaltia infecciosa, una persona pot contreure la COVID-19 si ha estat en contacte amb una altra infectada. La via de transmissió principal és la respiratòria i es fa a través de la inhalació de les petites gotes respiratòries que surten projectades pel nas i la boca de la persona infectada en tossir, esternudar o parlar (Organización de Mundial de la Salud, 2020).

En cas que la persona es contagiï i no presenti simptomatologia greu ni necessiti atenció mèdica, cal procedir a la **quarantena** d'aquesta durant el període d'incubació de la malaltia, que està al voltant de 14 dies, per evitar que pugui contagiar a tercers. En cas, però, que presenti simptomatologia compatible i/o hagi estat en contacte proper, aquesta persona també s'haurà de **confinar i aïllar preventivament** (durant també 14 dies)².

Per protegir-se d'un possible contagi, cal seguir les indicacions següents d'acord amb l'Organització Mundial de la Salut:

- **Rentat freqüent de mans, ja que elimina els virus i les bacteries que hi puguin existir.** Les petites gotes de la persona infectada també poden anar a parar a superfícies de contacte com taules, cadires, poms de porta, etc. Si una persona les toca i després toca la seva cara (ulls, nas, boca), és molt probable que es contagiï.
- **Distància de seguretat interpersonal,** ja que permet evitar la inhalació de les gotes expulsades (portadores de virus) per la persona infectada.
- **Mascareta facial cobrint nas i boca,** ja que s'evita la projecció de les gotes a l'exterior i la possible inhalació d'aquestes, és a dir, permet protegir-se un mateix i protegir els altres.

² Malgrat tot, a dia d'avui el període d'aïllament està sent objecte de debat per moltes institucions governamentals. A Catalunya, per exemple, actualment és de 10 dies.

3. *Arduino*

3.1 Què és *Arduino*?

Arduino és una plataforma electrònica de codi obert que, fundada l'any 2005 a Itàlia, va néixer amb l'objectiu de facilitar l'ús i l'accés a l'electrònica i la programació. Avui dia, qualsevol persona sense gaires coneixements en aquestes àrees pot accedir-hi i utilitzar-la per construir i programar els seus propis circuits electrònics.

La plataforma està basada, per la part de *hardware*, en una placa que conté un **microcontrolador** i, per la part de *software*, en un **entorn de desenvolupament integrat** (IDE).

La placa *Arduino* consisteix en una **placa de circuit imprès** (PCB), funció de la qual és connectar els seus diferents components electrònics utilitzant una base no conductora. El seu "cervell" o component central és el **microcontrolador**, un xip programable que executa les ordres gravades a la seva memòria i conté la CPU (Unitat Central de Processament), juntament amb memòria i perifèrics d'entrada/sortida (E/S) (Microcontrolador, 2020). Els microcontroladors estan presents, de fet, en molts dels dispositius de la vida quotidiana, com per exemple en televisors, rentadores i joguines.

L'entorn de desenvolupament integrat (IDE) propi d'*Arduino* s'anomena **Arduino IDE**. Es tracta d'una aplicació informàtica que permet programar textualment el microcontrolador de la placa, proporcionant-li les instruccions adequades i en el llenguatge adequat perquè sigui capaç de realitzar-les.

Així, una placa *Arduino* és capaç de llegir **entrades**, com per exemple la lectura d'un **sensor**, la pulsació d'un botó o el gir d'un potenciòmetre; i transformar-les en **sortides** per controlar **actuadors**, com per exemple l'encesa d'un díode LED, l'activació d'un motor o l'emissió d'un so en un altaveu (What is Arduino?, s. d.).

El funcionament d'*Arduino IDE* està basat en l'IDE de *Processing*, també de fàcil ús i dirigit a la "programació d'imatges, animació i so" (Processing, 2018). De la mateixa manera, *Arduino* ha adoptat el llenguatge de programació i el compilador de la plataforma *Wiring* (Del Valle, s. d.), que parteix d'una versió

simplificada dels llenguatges C i C++, dos dels més estesos en el món de la programació.

La plataforma *Arduino* compta amb diverses avantatges que fan que el seu ús i aplicació resulti molt interessant en projectes de petita escala (What is Arduino?, s. d.):

- **És econòmic.** Les plaques *Arduino* són relativament barates en comparació amb altres plataformes de microcontroladors. A més, el *software* d'*Arduino* (*Arduino IDE*) és gratuït i un kit (original) d'iniciació té un preu de 79,90 € (*Arduino Starter KIT Multi-language*, s. d.).
- **És multi-plataforma.** *Arduino IDE* és compatible amb els sistema operatius Windows, Macintosh OSX i Linux, entre d'altres.
- **És fàcil de programar.** El microcontrolador és fàcil de programar ja que, a banda del programador textual *Arduino IDE*, és compatible amb altres IDEs visuals i gratuïts que funcionen a través de la programació per blocs, com per exemple *Visualino* o *ArduBlock*.
- **És de *software* lliure i ampliable.** El *software* és accessible i està disponible per a l'extensió dels seus usuaris, que ho poden a fer a través de la incorporació de biblioteques C/C++, estenent així la funcionalitat dels programes. Aquests són capaços de modificar-lo i compartir-lo amb la resta d'usuaris.
- **És de *hardware* lliure i ampliable.** El *hardware* és de codi obert i, per tant, els diagrames esquemàtics i les especificacions dels dispositius són de **domini públic**. Això implica que qualsevol usuari amb relativa experiència pot construir la seva pròpia placa, incorporar-hi modificacions i millorar-la.

3.2 El *hardware* d'*Arduino*

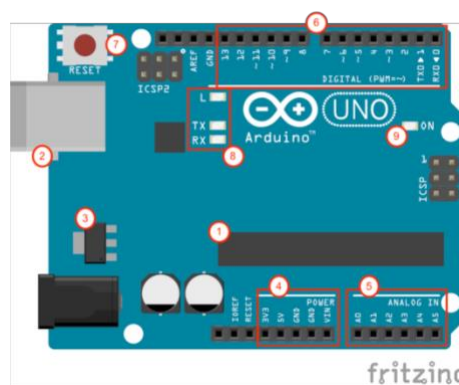
3.2.1 La placa *Arduino*

Com ja hem dit, l'element central del *hardware* és la placa i el seu microcontrolador. En l'actualitat existeix una gran varietat de plaques *Arduino*,

que difereixen entre elles per característiques tals com el preu, la mida i els components. **El model de referència és la placa *Arduino Uno***, per ser la primera llançada amb alimentació per port de connexió USB (*Arduino Uno Rev3*, s. d.). Se n'han fet diverses versions des de la seva creació fins arribar a l'actual *Arduino Uno R3*.

A la figura 1, podem veure indicades les parts principals de la placa *Arduino Uno R3*:

Figura 1. Parts de la placa *Arduino Uno R3*.



Font: elaboració pròpia a partir del *software Fritzing*.

Descripció de les parts principals de la placa Arduino Uno R3

- 1. Microcontrolador.** El microcontrolador de l'*Arduino UNO R3* és l'anomenat *ATmega328P*, que procedeix del fabricant *Atmel*.
- 2. Port USB.** S'hi connecta un cable USB-A a USB-B³, que, connectat a un ordinador, permet gravar el codi al microcontrolador utilitzant l'IDE i, alhora, alimentar la placa a partir de 5 V a 500 mA. Un cop gravat el programa al microcontrolador, podem utilitzar una altra font d'alimentació externa regulada de corrent contínua (CC), com per exemple una bateria portàtil o *power bank*.
- 3. Regulador lineal de tensió.** Transforma el voltatge d'entrada a la tensió d'operació de la placa de 5 V.
- 4. Pins d'alimentació:**

³ Vegeu figura 71 a l'annex, pàg. 109.

- **Vin / port d'alimentació de CC.** Serveix per alimentar la placa una vegada pujat el codi i extret el cable USB-A a USB-B. La tensió d'entrada pot variar de 6 a 20 V, tot i que l'interval recomanat és de 7 a 12 V. Al port d'alimentació de CC s'hi connecta un *jack* de 5,5 x 2,1 mm, procedent d'una font d'alimentació externa de CC, tal com una pila de 9 V.
 - **5V.** Proporciona un voltatge de sortida de 5 V a 40 mA gràcies a la tensió d'entrada que rep la placa. Serveix per alimentar el microcontrolador i altres components de la placa.
 - **3.3V.** Proporciona una tensió de sortida de 3,3 V a 50 mA gràcies a la tensió d'entrada que rep la placa.
 - **GND.** "GND" prové de la paraula anglesa "ground" i és la presa de terra, que s'utilitza per tancar el circuit electrònic. La placa té 3 pins *GND*, un dels quals, situat a la dreta del pin 13, només funciona amb entrades/sortides digitals.
- 5. Pins analògics.** Té 6 pins d'entrada analògics. Treballen amb senyals analògics, és a dir, amb variacions de voltatges entre 0 i 5 V que accepten valors intermedis. Cadascun proporciona 10 bits de resolució, és a dir, $2^{10} = 1024$ valors diferents.
- 6. Pins digitals.** La placa té 14 pins d'E/S digitals. Treballen amb senyals digitals, és a dir, amb variacions de voltatges entre 0 i 5 V que no accepten valors intermedis. Així, per tant, només disposen de dos estats: el valor de baixa tensió (0 V) s'associa amb un 0 o "LOW" i, el d'alta tensió, amb un 1 o "HIGH".

Alguns pins digitals tenen funcionalitats especials, com per exemple:

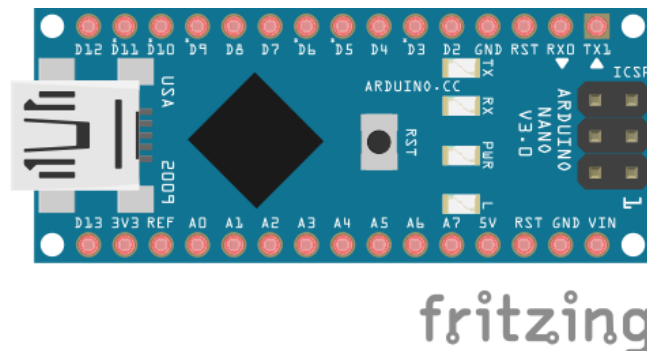
- **Pins sèrie: 0 (RX) i 1 (TX).** S'utilitzen per rebre (RX) i transmetre (TX) dades a través del port sèrie i es poden comunicar amb l'ordinador com amb altres dispositius.
- **Pins PWM: 3, 5, 6, 9, 10 i 11.** Proporcionen sortides PWM (*Pulse Width Modulation*), que "permeten modular el pols de sortida (del senyal) de

manera que es pugui obtenir un voltatge intermedi entre 0 i 5 volts” (Guzmán, 2020). Així, donen l’opció de convertir els pins digitals en sortides analògiques que proporcionen 8 bits de resolució, és a dir, $2^8 = 256$ valors diferents (de 0 a 255).

7. **Botó de reset.** Serveix per reiniciar el codi que es puja al microcontrolador.
8. **Díodes LED *built-in*.** La placa té 3 díodes LED incorporats de fàbrica: “L”, corresponent al pin 13, “TX”, corresponent al pin 1, i “RX”, corresponent al pin 0. S’encenen mentre es troben en l’estat 1 o “HIGH”.
9. **Díode LED indicador d’alimentació.** S’encén mentre la placa està connectada a una font d’alimentació.

Una altra placa molt popular també i de funcionalitat similar a l’*Arduino Uno* és la placa **Arduino Nano**, que és la més compacta de la família ja que té unes dimensions molt reduïdes de 18 x 45 mm:

Figura 2. Placa *Arduino Nano*.



Font: *Fritzing* (s. d.).

A diferència de l’*Arduino Uno R3*, aquesta

- funciona amb un cable **USB mini-B** (enlloc d’un USB estàndard),
- es pot vendre tant amb la regleta connector mascle recte⁴ com sense ella,
- té **22 pins d’E/S digitals** (enlloc de 14) i **8 d’E analògics** (enlloc de 6).

⁴ Vegeu figura 72 a l’annex, pàg. 109.

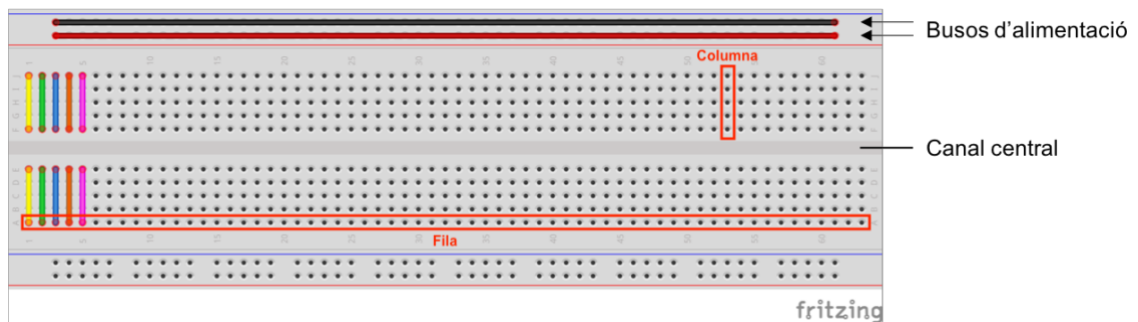
3.2.2 Altres elements del *hardware* d'Arduino

Per treballar amb la placa normalment s'utilitzen els següents elements clau:

Placa de proves, protoboard o breadbord

És l'element que ens permet estendre el número de pins als quals podem connectar perifèrics d'E/S. Consisteix en una placa perforada orificis de la qual estan connectats elèctricament entre si seguint patrons verticals o horitzontals, tal com es mostra a la figura 3:

Figura 3. Parts d'una *protoboard*.



Nota: Els cables de colors representen l'orientació de les connexions elèctriques internes.

Font: elaboració pròpia a partir del *software* *Fritzing*.

En aquesta *protoboard*, si féssim arribar un cable procedent del pin 5V a una fila dels 4 busos d'alimentació, equivaldria a ampliar el nombre de pins 5V disponibles a 49.

Cables pont

Els cables ideals per utilitzar en les plaques Arduino i les *protoboards* són els anomenats **cables pont**, ja que permeten inserir-se fàcilment en els orificis gràcies a les puntes sòlides que tenen als extrems, i eliminen la necessitat de soldar. N'hi ha de tres tipus: mascle-mascle, femella-femella i mascle-femella:

Figura 4. Cables pont: mascle-masclle (esquerra), mascle-femella (centre) i femella-masclle (dreta).



Font: ELEGOO (2016).

Resistència elèctrica

Una **resistència elèctrica** ofereix resistència al pas del corrent elèctric d'acord amb la Llei d'Ohm, i serveix per “ajudar a limitar i controlar el voltatge que hi circula” (Rodríguez, s. d.). La seva unitat de mesura és l'ohm (Ω).

Figura 5. Resistència elèctrica de 56k Ω .

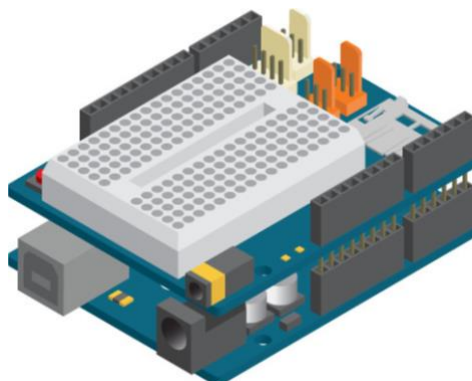


Font: Adu-Ampomah (2017).

Perifèrics

Amb el pas dels anys el *hardware* compatible amb *Arduino* s'ha anat ampliant i, en l'actualitat, trobem una diversitat de **perifèrics** de baix cost que han estat dissenyats específicament per *Arduino*.

En primer lloc trobem les **shields**, que són plaques que es munten a sobre de la placa *Arduino* i serveixen per ampliar les seves funcionalitats. Un exemple és aquesta *shield* educativa, que incorpora (entre d'altres) un port per a targetes *microSD*, un connector per a altaveus i una petita placa de proves de 170 pins.

Figura 6. *Shield* educativa.Font: *Shield Educativa* (s. d.).



Per altra banda, també existeixen els **mòduls**, que, igual que les *shields*, afegeixen funcionalitats extres a l'*Arduino*. No obstant, a diferència d'aquestes, no van connectats a sobre de la placa, sinó de manera externa mitjançant cables pont. A més, també poden ser compatibles amb altres plaques de microcontroladors. Un exemple és el mòdul *Ethernet* següent:

Figura 7. Mòdul *Ethernet* ENC28J60

Font: IDI Electrónica (s. d.).

Finalment, trobem els perifèrics digitals i els analògics. A continuació es mostren alguns exemples de cadascun:

Taula 1. Perifèrics digitals de sortida: exemples

	Imatge	Funció
Díode LED	 Font: Potential Labs (s. d.).	Converteix l'energia elèctrica en energia lluminosa. Té dos terminals de connexió: l'ànode (el més llarg), que es connecta al pin 5V, i el càtode (el més curt), que es connecta al pin GND.
Brunzidor elèctric	 Font: Banggod (s. d.).	Converteix l'energia elèctrica en energia sonora. Permet generar sons (continu o intermitent) de freqüència única, és a dir, d'un mateix to, o variable, de tons diferents (per crear melodies).

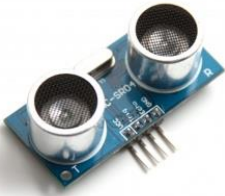



Font: elaboració pròpia.

Taula 2. Perifèrics digitals d'entrada: exemples

	Imatge	Funció
Interruptor	 Font: BrikoGeek.com (s. d.).	Tanca o obre el circuit en funció de si ha estat accionat en el mode «OFF» o en el mode «ON».
Polsador	 Font: E-ika electrónica (s. d. b).	Tanca o obre el circuit en funció de si està sent pressionat o no pressionat.

Font: elaboració pròpia.

Taula 3. Perifèrics analògics: exemples de sensors

	Imatge	Funció
Sensor de distància per ultrasons	 <p>Font: BricoGeek.com (s. d.).</p>	Emet un so ultrasònic que rebota en els objectes de l'entorn i és reflectit cap al sensor. A partir del temps entre l'emissió i la recepció d'aquest, calcula la distància a l'objecte detectat.
Sensor fotoelèctric o LDR	 <p>Font: Elite Enterprises (s. d.).</p>	Es tracta d'una resistència valor de la qual varia en funció de la intensitat de llum incident: quan la intensitat és petita, el valor de la resistència és gran (i a l'inrevés).
Detector d'obstacles per infraroigs	 <p>Font: Robu.in (s. d.).</p>	Detecta la presència d'un obstacle mitjançant la reflexió que produeix la llum infraroja. Disposa d'un díode LED emissor d'infraroigs i d'un fotodíode receptor que capta la llum reflectida per l'obstacle (Llamas, 2016b).
Sensor de moviment per infraroigs	 <p>Font: Prometec (s. d.).</p>	Mesura la radiació infraroja que emeten els cossos del seu entorn i detecta moviment quan es produeixen canvis en aquesta, com ara la calor que produeix el cos humà.

Font: elaboració pròpia.

3.3 El software d'Arduino

Tal com hem dit, per aconseguir que el microcontrolador de la placa porti a terme les tasques desitjades, cal escriure un programa proporcionant-li les instruccions. Aquest programa *Arduino* l'anomena **sketch**: "és la unitat de codi que es puja i s'executa a la placa" (*Sketch*, s. d.), i es pot crear a partir de qualsevol IDE compatible amb *Arduino*.

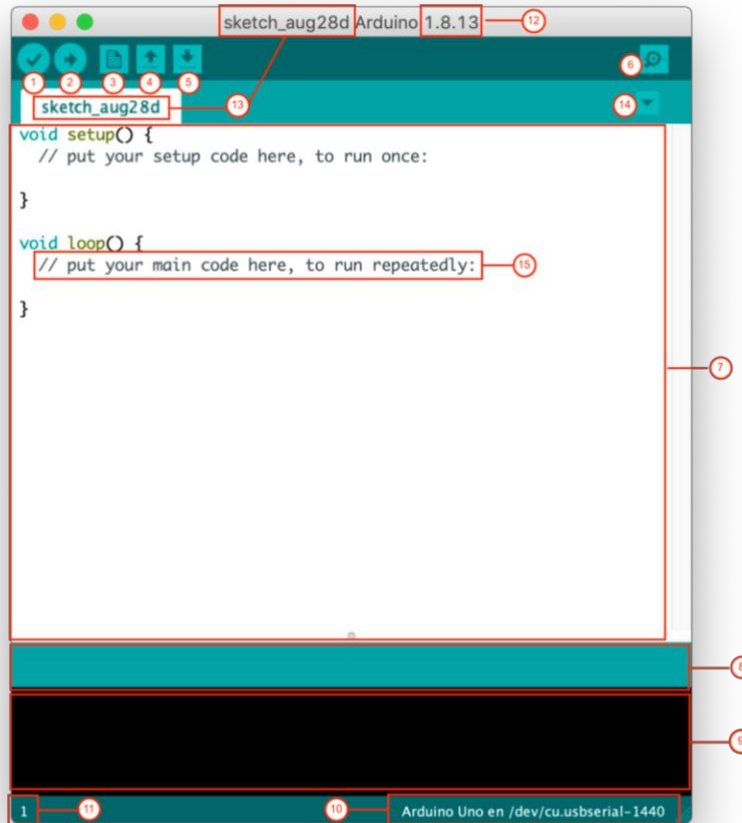
3.3.1 *Arduino IDE*

En inicialitzar *Arduino IDE* s'obre un nou *sketch* en una nova finestra. Les parts principals de la interfície d'un *sketch* són les següents:

1. **Verifica.** Compila el programa, és a dir, tradueix el codi que hem escrit (**codi font**) al codi de la màquina (**codi executable**), per tal que sigui capaç d'interpretar-lo i executar-lo. Si es fa amb èxit, l'àrea de missatges (7) mostra «Compilació enllestida»⁵.
2. **Puja.** Puja el programa al microcontrolador. Si es fa amb èxit, l'àrea de missatges (7) mostra «Pujada enllestida»⁵.
3. **Nou.** Crea i obre un nou *sketch* en una nova finestra.
4. **Obre.** Obre una llista desplegable amb els *sketches* recents i els exemples inclosos de manera predeterminada.
5. **Desa.** Desa el *sketch*.
6. **Monitor sèrie.** Obre el monitor sèrie si la placa *Arduino* es troba disponible. És una utilitat incorporada per l'IDE que ens permet enviar i rebre informació a través del port sèrie.
7. **Editor de programació.** Espai on s'escriu el programa.
8. **Àrea de missatges.** Hi apareixen missatges després de clicar els botons «Verifica» o bé «Puja».
9. **Consola d'error.** Mostra missatges d'error si la compilació o la pujada ha fallat.
10. Placa *Arduino* i port sèrie seleccionats.
11. Número de línia actual.
12. Versió del *software*.
13. Nom del *sketch*.
14. Tabulació del menú.
15. Comentari de línia única.

⁵ Si, pel contrari, falla, es mostren els corresponents missatges d'error tant a l'àrea de missatges (7) com a la consola d'error (8).

Figura 8. Interfície d'un sketch creat amb *Arduino IDE*.



Font: elaboració pròpia a partir del *software Arduino IDE*.

3.3.2 El llenguatge de programació d'*Arduino*

Algunes característiques bàsiques del llenguatge de programació d'*Arduino* són:

- Està escrit en llengua anglesa, la universal per a la majoria de llenguatges de programació.
- Un *sketch* està format per un conjunt de línies, les unitats de mínima expressió del codi, que s'executen per ordre.
- S'ha d'escriure un punt i coma (« ; ») al final de cada línia per indicar la seva finalització (tot i que hi ha excepcions).

- Un comentari és text que s'utilitza, normalment, per anotar observacions sobre el funcionament del codi. "Són ignorats pel compilador i no ocupen espai en la memòria del microcontrolador" (Crespo, 2016).
- No està permès l'ús d'accentos ni d'apòstrofs.

El llenguatge de programació d'*Arduino* es divideix en 3 parts principals: **valors** (variables i constants), **funcions** i **estructura** (Language Reference, s. d.).

Funcions

L'estructura mínima o bàsica d'un *sketch* es compon bàsicament de dues parts, necessàries perquè aquest pugui ser compilat. Són les anomenades funcions *setup()* i *loop()*, blocs de codi que engloben entre claus («{ }») **sentències** (instruccions de les tasques a realitzar). Aquestes funcions han d'ésser sempre incloses inclús si no tenen cap sentència en el seu interior.

```
void setup() {  
  
  //sentències  
  
}  
  
void loop() {  
  
  //sentències  
  
}
```

- La funció *setup()* s'executa a l'inici i només un cop.

- La funció *loop()*, en canvi, s'executa després de la *setup()* i en bucle, de manera infinita.

A banda d'aquestes dues funcions, trobem les **funcions *built-in***, les funcions ja integrades pel sistema, i les **funcions personalitzades**, aquelles que el programador crea.

Funcions *built-in*

Són les que s'utilitzen per instruir al microcontrolador les tasques concretes i específiques a realitzar, i s'escriuen a l'interior de les funcions *setup()*, *loop()* i/o d'altres personalitzades.

Per exemple, per encendre el díode LED 13, que la placa porta incorporat, hauríem de, en primer lloc, definir el mode del pin com una sortida, i en segon lloc, encendre el díode LED.

```
void setup() {  
  
  pinMode(13, OUTPUT);  
  
  digitalWrite(13, HIGH);  
  
}  
  
void loop() {  
  
}
```

En aquest exemple hem utilitzat les funcions *pinMode()* i *digitalWrite()*. Com podem observar, a l'interior dels seus parèntesis hem escrit dues indicacions

separades per comes. Cadascuna d'aquestes representa cadascun dels **paràmetres** que hem de definir per tal que la sintaxi de la funció sigui correcta i aquesta pugui executar-se.

Per altra banda, hem escrit les dues funcions a l'interior de la funció *setup()*, i no a la *loop()*, ja que n'hi ha prou amb executar-les al principi i per només un cop.

A continuació es mostren algunes de les funcions *built-in* que s'utilitzen més freqüentment:

Taula 4. Exemples de funcions *built-in*.

Funció	Ús	Sintaxi	Exemple
<i>pinMode()</i>	Configura un pin com a entrada o sortida.	<i>pinMode(pin, mode)</i>	<i>pinMode(3, OUTPUT)</i>
<i>digitalWrite()</i>	Proporciona als pins digitals de sortida un voltatge de 5 V o de 0 V.	<i>digitalWrite(pin, value)</i>	<i>digitalWrite(4, HIGH)</i>
<i>analogWrite()</i>	Escriu un valor analògic, de 10 bits (de 0 a 1023) a un pin analògic.	<i>analogWrite(pin, value)</i>	<i>analogWrite(12, 234)</i>
<i>delay()</i>	Pausa el programa per una quantitat de temps determinada (en mil·lisegons).	<i>delay(ms)</i>	<i>delay(200)</i>

<i>millis()</i>	Compta el temps (mil·lisegons) des que començà l'execució del <i>sketch</i> .	<i>time = millis()</i>	<i>time = millis()</i>
-----------------	---	------------------------	------------------------

Font: elaboració pròpia amb base de dades de *Language Reference* (s. d.).

Algunes funcions poden tenir diverses “subfuncions”. Aquest és el cas de la funció *Serial*, que s'utilitza per a la comunicació entre la placa i l'ordinador i/o altres dispositius (a través del port sèrie). Conté “subfuncions” com *begin()*, *print()* / *println()* i *available()*:

- La funció *Serial.begin()* obre el port sèrie i estableix la velocitat en bauds per a la transmissió de dades en sèrie. La taxa típica de bauds per comunicar-se amb l'ordinador és de 9600.
- La funció *Serial.print()* / *Serial.println()* imprimeix les dades que conté entre parèntesis al monitor sèrie. La diferència entre la primera i la segona és que *print()* les imprimeix en la mateixa línia sempre, mentre que *println()* utilitza una nova línia cada cop.
- La funció *available()* obté el número de bytes disponibles per llegir a través del port sèrie. Si no hi ha cap disponible, s'obté 0.

Funcions personalitzades

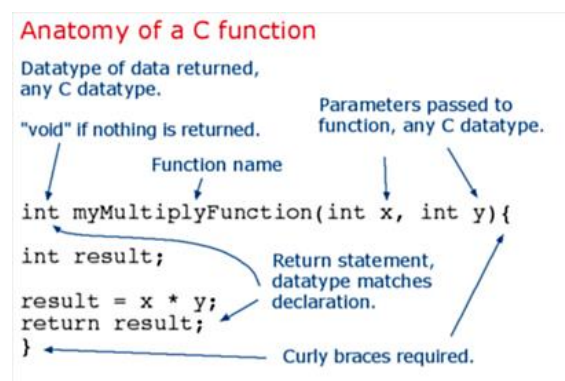
Malgrat un *sketch* pot limitar-se a utilitzar les *setup()* i *loop()*, quan el codi és molt extens i té moltes tasques repetitives resulta complex llegir-lo i comprendre'l fàcilment. En aquests casos, és altament recomanable crear **funcions personalitzades**, ja que permeten segmentar el codi en diferents blocs especialitzats en una tasca determinada, i reduir alhora l'extensió del programa.

Un cop s'ha acabat d'executar la funció personalitzada, l'execució del programa reprèn a partir de la següent línia on han estat trucada per una altra funció, anomenada **funció de trucada**.

L'estructura d'una funció personalitzada és la següent:

- **Tipus.** Totes les funcions retornen un valor a la funció de trucada, excepte les de tipus *void*. Per fer-ho, utilitzen qualsevol tipus de variable⁶ que no sigui *void*, com per exemple *int*, i la sentència *return* al final de la funció.
- **Nom de la funció.** Nom creat pel programador.
- **Paràmetres.** Si la funció retorna un valor, els paràmetres s'inclouen i s'escriuen entre parèntesis («()»). Si la funció no retorna cap valor, es deixen buits.
- **Cos de la funció.** Està format pel conjunt de sentències col·locades entre claus («{ }»), que s'executen cada cop que la funció és trucada. Si la funció no té cos, es deixen buits.

Figura 9. Estructura d'una funció personalitzada.



Font: *Functions* (s. d.).

⁶ Vegeu *Valors: variables i constants*, pàg. 31.

Valors: *variables, constants*

Les **variables** i les **constants** són símbols que anomenen o emmagatzemen valors que el programa utilitza més tard, i han de ser declarades abans per poder ser utilitzades. Per una banda, els valors de les constants sempre són fixos i no canvien mai, mentre que els de les variables poden ser alterats i variar contínuament al llarg de l'execució del *sketch*.

Les constants i variables es classifiquen en funció del tipus de dades que contenen. Alguns dels tipus més utilitzats són:

Taula 5. Tipus de dades.

Tipus de dada	Descripció
<i>byte</i>	Emmagatzema un número de 8 bits, des de 0 a 255.
<i>char</i>	Emmagatzema un caràcter (com per exemple 'A'), d'almenys 8 bits.
<i>float</i>	Emmagatzema un número decimal de 32 bits.
<i>int</i>	Emmagatzema un número enter de 16 bits.
<i>String</i>	Emmagatzema caràcters múltiples, text (com per exemple "abcd").
<i>void</i>	Només s'utilitza en declaracions de funcions. Indica que s'espera que la funció no retorni cap informació a la funció des de la qual va ser trucada.

Font: adaptat de *Language Reference* (s. d.).

A més, es distingeixen dos tipus de variables segons on es declari:

- **Variables globals.** Es declaren al principi del *sketch* i poden ser utilitzades al llarg d'aquest.
- **Variables locals.** Es declaren dins d'una funció i només tenen validesa en aquesta.

Per declarar una variable s’ha d’indicar el tipus al que pertany, tot seguit el seu nom i, si ens cal, inicialitzar-les amb un valor determinat. A continuació declararem una variable de tipus entera amb el nom *nombre* i el valor *2*.

```
int nombre = 2;
```

Convertim la variable en una **constant** tot afegint *const* al principi:

```
const int nombre = 2;
```

Estructura

Taula 6. Estructura de control (exemples).

Sentència	Descripció	Exemple
<i>if</i>	Comprova si es compleix una condició i, si és certa, s’executen les sentències que inclou entre claus («{ }»).	<pre>if (condició1) { // sentències }</pre>
<i>else... if</i>	Amplia la declaració <i>if</i> . Si la condició de la sentència <i>if</i> (o una altra <i>else if</i>) és falsa, comprova si es compleix la condició següent; si és certa, s’executen les sentències que inclou entre claus («{ }»).	<pre>} else if (condició2) { // sentències } else if (condició3) { // sentències }</pre>

<i>else</i>	<p>Amplia la declaració <i>if / else... if</i>. Si totes les condicions de les sentències <i>if</i> o <i>else if</i> anteriors són falses, s'executen les sentències que inclou entre claus («{ }»).</p>	<pre> } else { // sentències } </pre>
<i>while</i>	<p>Comprova si es compleix una condició i, si és certa, s'executen les sentències que inclou entre claus («{ }» de manera infinita, en bucle, fins que esdevingui falsa.</p>	<pre> while (condició) { // sentències } </pre>

Font: elaboració pròpia amb base de dades de *Language Reference* (s. d.).

Taula 7. Més sintaxi (exemples).

	Descripció	Exemple
<i>#define</i>	<p>Declara una constant. La sentència no necessita un igual (« = ») entre el nom i el valor ni acabar amb punt i coma (« ; »).</p>	<pre> #define nomConstant valor </pre>
<i>#include</i>	<p>S'utilitza per incloure biblioteques externes al <i>sketch</i>. La sentència no acaba amb punt i coma (« ; »).</p>	<pre> #include <Servo.h> </pre>
<i>/* */</i>	<p>S'utilitza per afegir un comentari en bloc (d'una o més línies).</p>	<pre> /* Això és un comentari en bloc. </pre>

		*/
//	S'utilitza per afegir un comentari en línia (d'una línia només).	// Això és un comentari en línia.

Font: elaboració pròpia amb base de dades de *Language Reference* (s. d.).

Taula 8. Aritmètica (exemples).

Operacions aritmètiques	+ (suma) i - (resta) * (multiplicació) i / (divisió)
Operadors de comparació	!= (no igual a) i == (igual a) < (més petit que) i > (més gran que) <= (més petit o igual que) i >= (més gran o igual que)

Font: elaboració pròpia amb base de dades de *Language Reference* (s. d.).

3.3.3 Estructura completa d'un *sketch* d'Arduino

En conclusió, un *sketch* d'Arduino es divideix en les següents parts:

Figura 10. Estructura completa d'un *sketch*.



Font: Lozano (2016).

1. Inclusió de **biblioteques**. Per gestionar les biblioteques cal anar a la barra de menú de l'IDE i a *Eines > Gestiona les biblioteques...*
2. Declaració de **variables globals** i **constants**
3. Funció *setup()*
4. Funció *loop()*
 - Funcions personalitzades (opcionals)

4. MIT App Inventor

4.1 Què és MIT App Inventor?

MIT App Inventor és un **entorn de desenvolupament, en línia, d'aplicacions per a dispositius *Android***, que va ser creada originalment per l'Institut Tecnològic de Massachusetts (MIT) (Posada, 2019). Té l'objectiu d'oferir una eina de creació d'*apps* senzilla i fàcil d'utilitzar per a persones sense coneixements previs en programació.

Característiques de MIT App Inventor

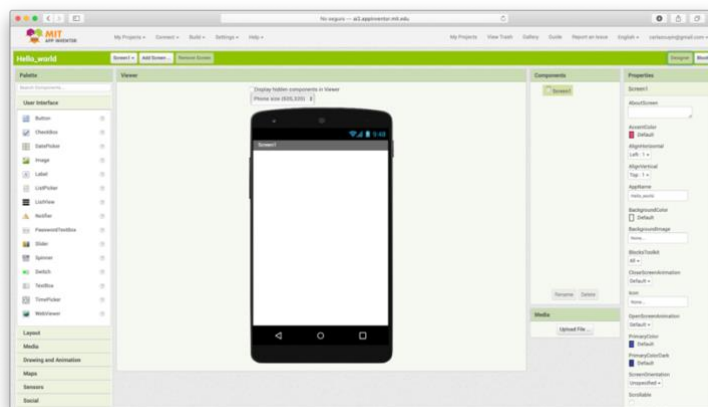
- **Programació visual.** Enlloc de programar a partir de text, com a *Arduino IDE*, es pot fer visualment a partir de la connexió de blocs, fet que facilita la programació.
- **Gratuit.**
- **De fàcil accés.** Per utilitzar la plataforma només és necessari tenir un ordinador amb connexió a Internet, un compte de *Google* i un navegador web compatible.
- ***Apps* de fàcil difusió.** La plataforma permet exportar l'aplicació creada a un arxiu d'extensió *apk*, que ens permet instal·lar l'aplicació al dispositiu sense necessitat d'utilitzar *Google Play*.
- **Prototipat ràpid.** Permet provar versions *beta* de l'aplicació utilitzant *MIT AI2 Companion*, que reproduïx el funcionament de l'*app* en el dispositiu abans d'exportar-la en format *apk*.

4.2 Com crear una *app* amb MIT App Inventor?

El procés de creació de qualsevol *app* es compon de 3 fases:

Figura 11. Procés de creació d'una *app* amb MIT App Inventor.

Figura 13. Mode dissenyador de MIT App Inventor.



Font: elaboració pròpia a partir de MIT App Inventor.

Tal com observem a la figura 13, a la part superior hi ha una barra de color verd on apareix...

- el nom del projecte a l'esquerra,
- 3 botons per (1) seleccionar la pantalla d'edició, (2) afegir-ne una o bé (3) eliminar l'actual; i
- 2 botons que, clicats, permeten canviar el mode de desenvolupament (dissenyador/editor de blocs).

A continuació, la pantalla queda dividida en diversos blocs:

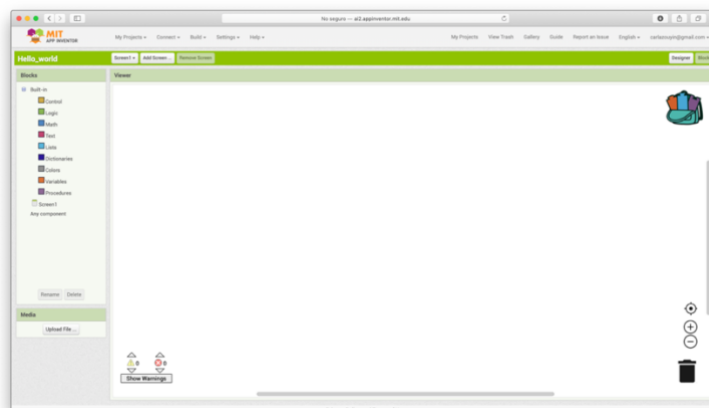
- **Paleta.** Permet afegir elements a la pantalla del dispositiu mostrada en el visor. Es divideix en diferents seccions desplegable, com per exemple:
 - **User Interface.** Conté els elements que es poden afegir: botó, imatge, etiqueta, quadre de text, barra de desplaçament, etc.
 - **Layout.** Permet canviar la disposició dels elements del *User Interface*: en horitzontal o vertical, o bé dins d'una taula.
 - **Media.** Permet habilitar la reproducció de sons, vídeos, text parlat, etc.
 - **Connectivity.** Permet habilitar, entre d'altres, la connexió *Bluetooth* com a client o servidor.

- **Visor.** Mostra la pantalla del mòbil i reproduceix l'aspecte (interfície) que tindrà l'aplicació un cop generat l'arxiu *apk*. Permet seleccionar la mida de la pantalla en funció de si es tracta d'un mòbil, una tauleta o un monitor d'un ordinador.
- **Components.** Mostra la jerarquia dels elements que es contenen a la pantalla i permet canviar-los el nom.
- **Propietats.** Permet modificar les característiques dels elements afegits, com per exemple: la mida de la font, el color, l'alineació dels elements en la pantalla, etc.

4.2.2 Editor de blocs

És el mode que permet programar el **comportament** dels elements afegits prèviament, així com el **flux de funcionament** del programa a partir de blocs. "Cada objecte disposa d'uns mètodes específics que és possible invocar personalitzant els paràmetres de trucada" (Posada, 2019).

Figura 14. Mode editor de blocs de *MIT App Inventor*.



Font: elaboració pròpia a partir de *MIT App Inventor*.

La pantalla està dividit en dos blocs:

- **Blocs.** Mostra els blocs integrats de fàbrica i els organitza en funció de la seva classe. Algunes de les classes més destacables són:
 - **Control.** Els seus blocs són anàlegs a gran part de l'estructura de control d'*Arduino*. Permeten controlar les tasques que executarà l'aplicació.
 - **Logic.** Els seus blocs són anàlegs als operadors *boolean* d'*Arduino*. S'utilitzen per avaluar si es compleixen condicions lògiques.
 - **Math.** Els seus blocs són anàlegs a gran part dels operadors aritmètics i de comparació d'*Arduino*. Serveixen per fer càlculs, comparacions i operacions matemàtiques.
 - **Text.** Els seus blocs permeten treballar amb textos i configurar-los.
 - **Lists.** Els seus blocs permeten crear llistes d'ítems que poden ser utilitzades per altres blocs.
 - **Colors.** Els seus blocs permeten treballar amb colors.
 - **Variables.** Els seus blocs són anàlegs a les variables d'*Arduino*, ja que tenen un nom i/o un valor inicial.
- **Visor.** És l'espai on es connecten els blocs i es construeix la lògica de l'aplicació.
 - **Motxilla.** Permet emmagatzemar blocs per utilitzar-los en un altre projecte o posteriorment en el mateix.
 - **Avisos.** Indiquen possibles errors en la programació.
 - **Centre.** Serveix per centrar els blocs utilitzats en el visor.
 - **Zoom in / out.** Serveix per modificar l'escala de visualització.
 - **Paperera.** Serveix per esborrar/eliminar blocs.

4.2.3 Generador d'*app*

Abans de generar l'*app*, és recomanable provar-la en el dispositiu per assegurar el seu correcte funcionament i l'absència d'errors. Per fer-ho, cal anar a la barra de menú superior, a *Connectivity*, i seleccionar l'opció desitjada:

- **AI Companion:** Genera un codi QR temporal (associat a un altre alfanumèric), per utilitzar-los en l'aplicació *MIT AI Companion AI2*. Aquesta mostra la interfície de l'*app* en temps real mentre és modificada en línia.
- **Emulator:** És un simulador d'escriptori, malgrat té algunes funcionalitats reduïdes.
- **USB:** Connecta el dispositiu per connexió USB amb l'ordinador.

Seguidament, per generar l'*app* cal anar a la llista desplegable *Build*, i seleccionar una de les dues opcions:

- **App (provide QR code for .apk).** Exporta l'arxiu *apk* i genera un codi QR, vinculat a l'enllaç de descàrrega, per instal·lar l'*app* al dispositiu.
- **App (save .apk to my computer).** Desa l'arxiu *apk* a la memòria de l'ordinador. Des d'aquest es pot distribuir fàcilment a través de plataformes com *Dropbox* i *Google Drive*.

5. Disseny i impressió 3D

5.1 Què és la impressió 3D?

La **impressió 3D** o **fabricació additiva** consisteix en la creació d'objectes físics tridimensionals a partir del seu disseny i modelat digital, i gràcies a una **impresora 3D** que construeix l'objecte superposant capes de materials.

Algunes de les tecnologies d'impressió 3D més destacables són les següents: **FDM (Modelat per Deposició Fosa)**, **SLA (estereolitografia)** i **SLS (Sintetitzat Làser Selectiu)**.

Figura 15. Comparació d'impressions en FDM, SLA i SLS.



Font: Manufactur3D (2020).

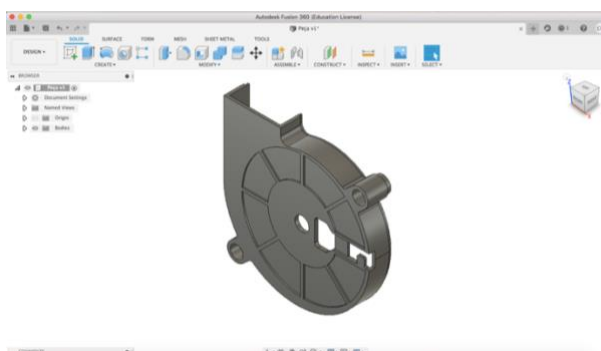
5.2 Com crear una peça impresa en 3D?

5.2.1 Modelatge 3D

El primer pas en la impressió 3D és transformar la idea o necessitat sorgida en un disseny virtual de l'objecte. Això es realitza a través d'un **arxiu CAD** (Disseny Assistit per Ordinador), utilitzant o bé un **programa de modelat 3D** (per crear un objecte nou), o bé un **escàner 3D** (per fer una còpia d'un objecte existent) (E3D+VET, 2017).

En l'actualitat existeixen una gran diversitat de *softwares* de modelat 3D, com *SketchUp*, *TinkerCAD*, *Solidworks*, etc. A la figura 16, podem veure el modelat 3D d'una peça utilitzant *Autodesk Fusion 360*:

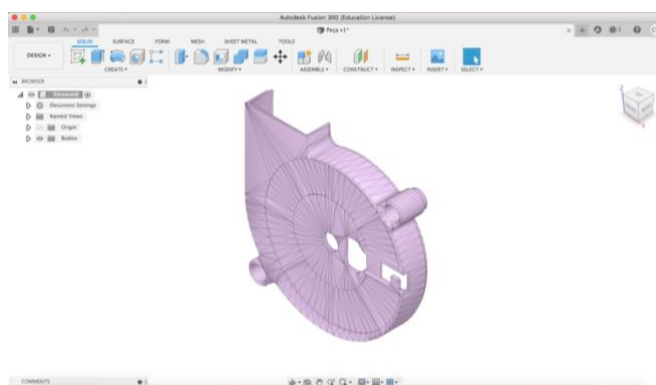
Figura 16. Model 3D creat amb *Autodesk Fusion 360*.



Font: elaboració pròpia a partir del *software Autodesk Fusion 360*.

El següent pas és l'exportació d'aquest arxiu CAD en el **format STL (Standard Triangle Language)**, que “és l'estàndard per les tecnologies de fabricació additiva” (Gobierno de Canarias, 2020). Aquest “sintetitza” la informació de l'arxiu descomponent totes les geometries (cercles, corbes, etc.) i reduint-les a una successió de triangles. Com més quantitat triangles tingui la peça, més definició tindrà però, alhora, més lenta i complexa serà la impressió.

Figura 17. Arxiu CAD del model 3D en format STL.



Font: elaboració pròpia a partir del *software Autodesk Fusion 360*.

5.2.2 Laminatge 3D

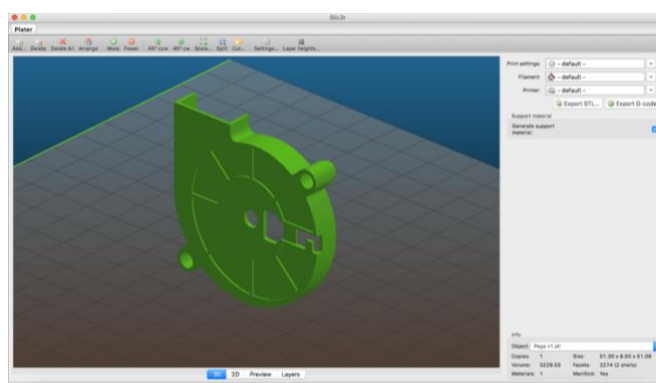
El tercer pas consisteix en l'anàlisi i la reparació de l'arxiu STL a través d'un **programa de tall**, que prepara el model 3D i el fa apte per a la seva impressió: divideix l'objecte en capes a diferents altures i determina les trajectòries que haurà de realitzar el capçal de la impressora (la part que diposita el material) (Llamas, 2018).

Per altra banda, el programa de tall també permet definir els **paràmetres d'impressió**. Alguns dels més importants són els següents (Slic3r Mode simple, s. d.):

- **Altura de capa.** És l'alçada (o gruix) de cadascuna de les capes que divideix el model 3D. Com més baixa sigui l'altura de la capa, millor resolució o qualitat tindrà la impressió.
- **Infill.** És la densitat del farcit interior del model i el seu patró geomètric. Com més alta sigui la densitat, més sòlida i robusta serà la peça.

- **Velocitat.** És la velocitat d'impressió del model 3D i s'expressa en mil·límetres per segon. Contra més velocitat, menor qualitat d'impressió.
- **Posicionament.** Són les coordenades (x, y, z) en les quals es localitza la peça en la base d'impressió (anomenat **llit**).
- **Orientació.** És la disposició i l'orientació de les cares de la peça a l'espai.
- **Estructures de suport.** S'insereixen en aquelles zones que són poc estables per si mateixes i que caurien per efecte de la gravetat.

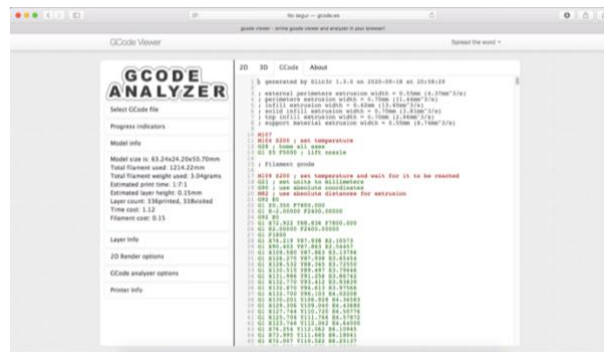
Figura 18. Modificació de l'arxiu STL al programa de tall.



Font: elaboració pròpia a partir del *software* *Sci3r*.

Finalment, l'últim pas és generar l'arxiu **G-Code** a partir de l'arxiu STL modificat en el programa de tall. "El *codi G* és un llenguatge de programació de un control numèric (NC) utilitzat en la fabricació assistida per ordinador (CAM) per controlar màquines automatitzades, com les impressores 3D" (3DP Project, 2016). Aquest fitxer tradueix el model 3D i els seus paràmetres associats en instruccions que la màquina pugui comprendre i executar (Llamas, 2018). També determina la quantitat de material necessari i estima el temps d'impressió (3DP Project, 2016).

Figura 19. Arxiu STL exportat a G-Code.



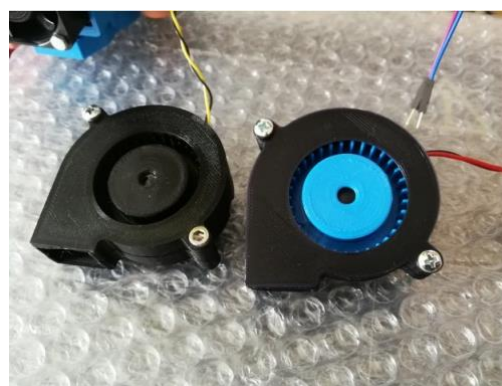
Font: elaboració pròpia a partir de *G-Code Analyzer* (s. d.).

Finalment, s'importa l'arxiu *G-Code* a una targeta SD o memòria USB, que posteriorment seran introduïdes a la impressora per començar la impressió.

5.2.3 Impressió 3D

Malgrat el procés d'impressió, en sí, és automàtic, cal posar a punt la impressora 3D i fer una comprovació de totes les configuracions i processos de control. A les impressores de tecnologia FDM és necessari comprovar que el llit i l'extrusor estiguin calents. Durant el procés d'impressió, és recomanable comprovar periòdicament l'absència d'errors.

Figura 20. Impressió 3D de la peça creada.



Font: Cimo (2018).

Un cop la impressió ha finalitzat, cal procedir a l'**extracció de les peces**, que consisteix a retirar-les i separar-les del llit. Existeixen diverses metodologies en funció de la tecnologia impresa. En el cas de la FDM, es poden retirar a mà o utilitzant un estri tal com una espàtula.

Per acabar, opcionalment es pot procedir al **post-processat**, és a dir, al procés d'acabat de la peça final. Aquest variarà en funció del tipus d'acabat que necessiti la peça, i podrà incloure des de retirar les estructures de suport i polir la peça, fins a aplicar-hi un revestiment de pintura.

5.3 Materials d'impressió 3D

Tot i que en el mercat trobem desenes i desenes de materials d'impressió, dos dels més utilitzats en tecnologia FDM són els següents:

5.3.1 PLA (àcid polilàctic)

És un **termoplàstic biodegradable** derivat de matèries primeres renovables, com per exemple la canya de sucre o el midó de blat. És un dels més econòmics, és fàcil d'extrudir i no necessita llit d'impressió. A més, admet una àmplia varietat de colors. Malgrat això, es trenca fàcilment degut a les seves propietats mecàniques de menor qualitat.

Taula 9. Altres propietats del PLA.

Altres propietats	
Duresa	Alta
Flexibilitat	Baixa
Durabilitat	Mitjana
Dificultat d'ús	Baixa
Temperatura d'impressió	180 °C – 230 °C
Temperatura del llit d'impressió	20 °C – 60 °C (encara que no és necessari)
Deformació/contracció	Mínima

Font: elaboració pròpia amb base de dades de Rohringer (2020).

Taula 10. Avantatges i desavantatges del PLA.

Avantatges	Desavantatges
Facilitat d'impressió.	Trencadís.

Amplia varietat de colors i estils.	Propietats mecàniques de menor qualitat.
Biodegradable.	

Font: elaboració pròpia amb base de dades de Rohringer (2020).

5.3.2 ABS (acrilonitril butadiè estirè)

És un **termoplàstic reutilitzable**, resistent (també a temperatures altes), d'una vida útil llarga i, en general, de propietats superior al PLA. Malgrat això, no és tant econòmic, necessita llit d'impressió, és més difícil d'extrudir i tendeix a deformar-se amb facilitat.

Taula 11. Altres propietats del ABS.

Altres propietats	
Duresa	Alta
Flexibilitat	Mitjana
Durabilitat	Alta
Dificultat d'ús	Mitjana
Temperatura d'impressió	210 °C – 250 °C
Temperatura del llit d'impressió	80 °C – 110 °C
Deformació/contracció	Considerable

Font: elaboració pròpia amb base de dades de Rohringer (2020).

Taula 12. Avantatges i desavantatges del ABS.

Avantatges	Desavantatges
Alta resistència.	Fàcil deformació.
Vida útil molt alta.	Emet fums nocius.
Resistent a les altes temperatures.	Necessita un capçal d'impressió d'alta temperatura.

Font: elaboració pròpia amb base de dades de Rohringer (2020).

Figura 21. Comparació de les impressions 3D entre PLA i ABS.



Font: 3DPrintsOnDemand (2018).

6. Els sistemes

6.1 Control d'aforament

6.1.1 Context

Si bé, abans de l'esclat de la pandèmia, controlar l'aforament ja era una mesura obligatòria en molts espais públics, i en aquells destinats a l'oci, especialment, dins del nou panorama actual resulta encara més necessari per assegurar que es compleixi la distància interpersonal obligatòria d'almenys 1,5 metres (RDL 21/2020, de 9 de junio) i, com a resultat, s'eviti l'expansió del virus.

A Catalunya ja hi havia vigent des del maig de 2015 el decret 112/2010, de 31 d'agost, *pel qual s'aprova el Reglament d'espectacles públics i activitats recreatives*. Segons el seu article 67, "l'afluència ha d'ésser supervisada constantment per un responsable en els establiments oberts al públic, espectacles públics o activitats recreatives" (D 112/2010, de 31 d'agost). No obstant, no tots aquests requereixen comptar amb un sistema automàtic, ja que pot ser substituït per "l'observació visual del personal responsable" (D 112/2010, de 31 d'agost).

D'acord amb l'article 68, "tenen l'obligació de comptar amb sistema automàtic de control d'aforament" (D 112/2010, de 31 d'agost):

- a) Els establiments d'espectacles musicals o d'activitats recreatives musicals a partir de 151 persones d'aforament autoritzat.

- b) Els espectacles musicals i les activitats recreatives musicals de caràcter extraordinari regulats per l'article 42 de la Llei 11/2009, de 6 de juliol, que se celebren en un establiment tancat i cobert, a partir de 151 persones d'aforament autoritzat.
- c) Els espectacles musicals i les activitats recreatives musicals de caràcter extraordinari regulats per l'article 42 de la Llei 11/2009, de 6 de juliol, que se celebren en un recinte a l'aire lliure, a partir de 1.000 persones d'aforament autoritzat.
- d) Els establiments de règim especial, independentment del seu aforament.

(D 112/2010, de 31 d'agost)

En els darrers mesos, com a part del “Plan para la transición hacia una nueva normalidad”, el govern espanyol va aprovar noves normatives només vigents durant l'estat d'alarma, que va finalitzar el passat 21 de juny de 2020. Així, per exemple, l'ordre SND/458/2020, de 30 de maig, obligava els establiments i locals oberts al públic a exposar públicament l'aforament màxim del recinte, assegurar que es complís, i a establir sistemes que permetessin el control de l'aforament, malgrat no constava informació sobre com havien de ser aquests ni si havien d'estar homologats.

Per altra banda, a tot Espanya, la legislació que ja regulava en matèria de control d'aforament des de desembre de 2006 era l'ordre ITC/3708/2006, de 22 de novembre, *per la qual es regula el control metrològic de l'Estat dels sistemes per al comptatge i control d'afluència de persones en locals de concurrència pública*. Aquesta continuarà vigent fins el proper 20 d'octubre, quan serà derogada per l'ordre ICT/155/2020, de 7 de febrer, (tot i que la majoria dels aspectes i requisits específics dels sistemes de comptadors de persones no es veuran afectats).

No obstant, és lògicament probable que, durant tota la durada de la pandèmia, el govern d'Espanya aprovi noves mesures semblants a les de l'estat d'alarma en matèria d'aforament de locals, espais públics i establiments (entre d'altres).

6.1.2 El sistema

El **sistema de control d'aforament** té per objectiu establir en tot moment la quantitat de persones que ocupen una mateixa àrea, acotada prèviament, per poder ser capaç d'evitar sobrepassar l'aforament màxim.

D'acord amb la normativa actual, tots els sistemes de control d'aforament han d'estar homologats segons:

Apèndix 1 (ORDRE ITC/3708/2006, de 22 de novembre)

El funcionament d'un sistema automàtic de control d'aforament comença a través del **sensor de captació**, el dispositiu que "detecta el pas de persones a través d'una porta o zona d'accés, i emet un senyal per accionar un **comptador**". Aquest comptador efectua el nou còmput gràcies al **calculador**, que "rep i processa els senyals i emmagatzema en memòria els resultats". Finalment, l'aforament instantani s'actualitza en el dispositiu indicador o visualitzador.

Els sensors de captació poden ser de dos tipus:

- **Sensors no intrusius** (sense contacte físic amb les persones):
 - a) Infraroigs. Dispositiu que forma part del sistema de mesura i que detecta el pas de persones a través d'una porta o zona d'accés, i emet un senyal que serveix per accionar un comptador [...].
 - b) Tèrmics. Detecten la calor que emet la gent que passa. Determinen dues zones o llinars de mesurament per establir la ubicació de pas."
 - c) De vídeo. Utilitza càmeres discretes per controlar el volum de trànsit en els dos sentits. La ubicació de les càmeres està determinada pel nivell d'il·luminació del local.

(O. ITC/3708/2006, de 22 de novembre)

- **Sensors electromecànics o intrusius** (amb contacte físic amb les persones):
 - a) De torniquet. Dotats, generalment, de tres braços o palanques que es pleguen per raons de seguretat [...].
 - b) De portella. Són portelles o portes motoritzades per al control de pas de persones. En rebre un senyal des d'un sistema de control d'accés o d'un botó polsador, la portella es desbloqueja per permetre el pas [...].

(O. ITC/3708/2006, de 22 de novembre)

Apartat A de l'Annex III (DECRET 112/2010, de 31 d'agost)

A continuació, es presenta un resum dels requisits més importants que ha de complir el sistema automàtic de control d'aforament, segons estableix el decret 112/2010, de 31 d'agost:

- Immunitat a la llum de l'espectre visible (400-700 nm⁷).
- Sensors de pas no intrusius i capacitat de comptar persones que circulen en ambdós sentits (entrant i sortint), de manera simultània.
- Marge d'error del $\pm 2\%$ per una afluència de 500 persones.
- Registre d'incidències tècniques i alteracions (intencionades i fortuïtes).
- S'ha d'enregistrar mostres en una periodicitat de 10 segons amb la seva data i hora, en format *HH:MM:SS*.
- En cas de fallada tècnica, s'ha d'emmagatzemar en memòria l'última dada d'aforament vàlida i, després del restabliment, s'ha de continuar comptant des d'aquesta.
- Hi ha d'haver un dispositiu visualitzador que permeti seguir en temps real l'aforament i que mostri la informació següent: aforament màxim i instantani, indicacions d'excés d'aforament i de sistema fora de servei.
- El visualitzador ha d'estar a l'abast visual de l'operador, perquè pugui fer el seguiment de l'aforament instantani, i dels clients o usuaris (però fora de l'abast de la seva manipulació).
- S'ha de poder descarregar les dades enregistrades.
- Hi ha d'haver una posada a zero del comptador automàtica i diària.
- L'aforament negatiu ha de tractar-se com una alarma.

⁷ nanòmetres

Així, a partir de tots aquests documents vaig recollir la següent terminologia:

Taula 13. Terminologia (sistema de control d'aforament).

Terminologia (sistema de control d'aforament)	
Visitant	Persona que es troba a l'interior del recinte.
Recinte	Àrea, zona, local, espai o establiment que ocupen els visitants i que poden ser tant tancats com oberts.
Aforament màxim	Capacitat màxima de visitants permesa a l'espai.
Aforament instantani o ocupació	Quantitat real de visitants que ocupen l'espai en un moment determinat.
Compte o còmput	Quantitat de visitants mostrada pel dispositiu indicador o visualitzador en un moment determinat, o bé , acció de comptar/computar noves entrades o sortides de visitants.
Registre històric d'aforament	Registre en el qual consta, entre d'altres, la data i l'hora d'entrades i sortides dels visitants.

Font: elaboració pròpia.

Finalment, tenint en compte tots els requisits especificats, vaig adonar-me que seria difícil arribar a complir cadascun d'ells, i decidir que si almenys no podia construir un sistema tant sofisticat que s'ajustés 100% a la normativa, el recrearia de manera més senzilla però el més funcional i fiable possible.

6.1.3 Creació d'un sistema automàtic de control d'aforament

Objectius

Crear un **sistema automàtic de control d'aforament** que sigui capaç de:

1. Visualitzar la següent informació en un dispositiu indicador:
 - Aforament instantani.
 - Aforament màxim del local.
 - Indicació d'excés d'aforament.
 - Indicador de sistema fora de servei.
2. Alarma en cas de:
 - Excés d'aforament.
 - Assoliment de l'aforament màxim.
 - Aforament negatiu.
3. Elaborar un registre històric d'aforament.

Funcionament

El sistema està format per dues parts: l'aplicació de *MIT App Inventor* i la part electrònica controlada per *Arduino*.

Part 1: *Arduino*

Aquesta part comprèn el muntatge electrònic, és a dir, el muntatge dels elements que configuren el circuit electrònic, i la programació del microcontrolador.

Per completar aquesta part, però, abans calia donar resposta a les preguntes següents:

1. Quin tipus de sensors de captació (intrusius/no intrusius) s'utilitzaran? Per què? S'utilitzaran sensors de captació no intrusius, ja que la seva instal·lació és més fàcil d'efectuar i, en general, són més econòmics i fàcils de programar a través d'*Arduino*.
2. Com serà capaç de diferenciar l'entrada o sortida d'un visitant? Amb només un sol sensor no es pot aconseguir, doncs aquest no és capaç de detectar si la persona entra o surt. Una de les possibles solucions és

utilitzar-ne dos i seguir el següent principi de funcionament: **l'ordre de detecció dels sensors**. Per a la sortida, el sensor més a prop de l'exterior detectarà el visitant primer, mentre que per a l'entrada, serà el que estigui més a prop de l'interior.

3. Què passa si un visitant s'atura just a la porta (entrada/sortida parcial)? El sistema realitza un compte incorrecte? No. Per al còmput d'un visitant més o menys és necessari que el visitant completi la successió d'etapes involucrades en el procés, de manera que si aquest es queda a mig entrar o sortir, el compte es manté invariable.

Part 2: MIT App Inventor

Aquesta part consisteix en la creació d'una aplicació a través de *MIT App Inventor*: en primer lloc, mostrarà en temps real l'aforament instantani i, en segon lloc, elaborarà un registre històric d'aforament.

Per completar aquesta part, però, abans calia donar resposta a les preguntes següents:

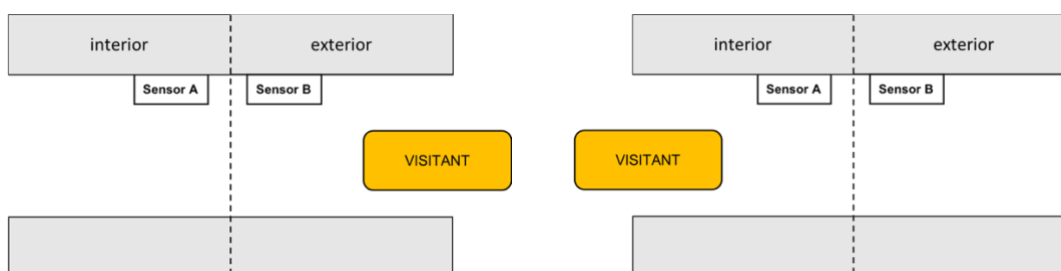
1. Com es comunicarà l'aplicació amb la placa *Arduino*? Una de les maneres més fàcil i ràpides és a través de la connexió *Bluetooth*, ja que actualment la majoria de dispositius electrònics (*smartphones*, ordinadors i tauletes, etc.) la tenen integrada de fàbrica. Per poder-la realitzar, és necessari connectar un mòdul *Bluetooth* al microcontrolador.
2. Com es durà a terme el registre de l'ocupació de l'espai al llarg a temps? Per elaborar aquest registre, l'aplicació enviarà a un full de càlcul de *Google* el nombre de visitants cada cop que es produeixi una nova entrada o sortida. Així, es capturaran la data i l'hora de la mateixa i s'emmagatzemaran les dades en format de taula.
3. Com s'evitarà la interferència de tercers? Es millorarà la seguretat de tres maneres: en primer lloc, per accedir a l'aplicació l'usuari s'haurà d'identificar amb nom i contrasenya (predeterminada en la programació de l'*app* i no modificable des d'aquesta); en segon lloc, es canviarà el PIN predeterminat del mòdul *Bluetooth* i, en tercer lloc, l'accés al registre històric d'aforament es restringirà al permís de lectura.

4. Com sap l'aplicació quin és l'aforament màxim i què passarà en cas que aquest s'arribi a assolir o superar? Només l'usuari administrador té accés a la modificació de l'aforament màxim. En cas que s'assoleixi, apareixerà una notificació d'alerta i es trucarà a un telèfon de contacte (configurat prèviament per l'administrador); en cas que s'arribi a superar (o, per altra banda, sigui negatiu), sonarà una alarma.

Desenvolupament: Arduino

El funcionament dels sensors de captació ve guiat pels següents diagrames:

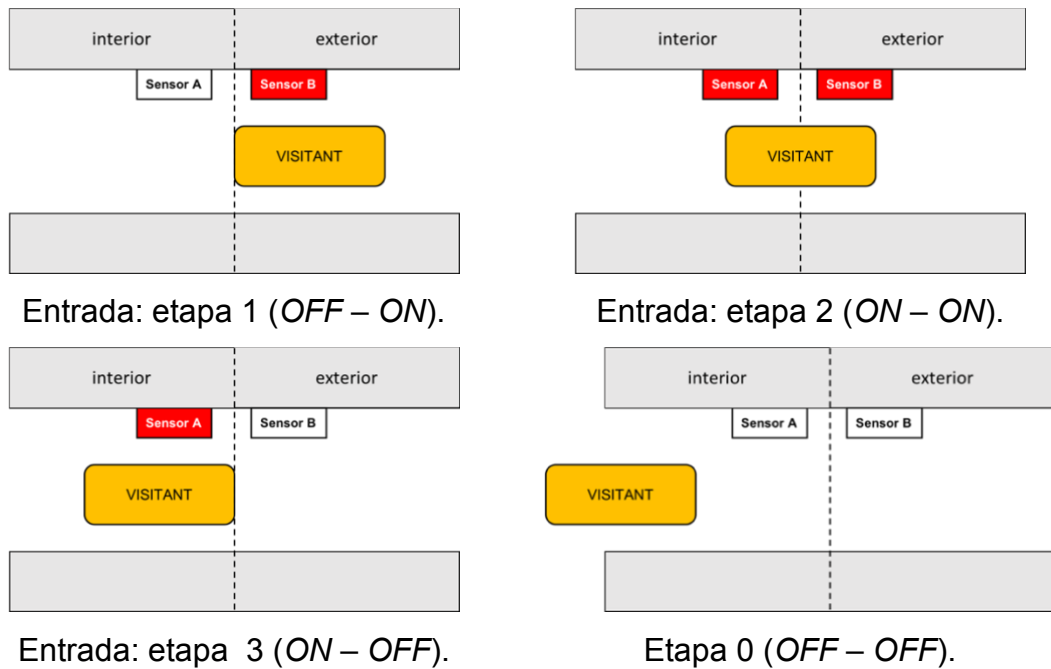
Figura 22. Etapa 0 per a l'entrada (dreta) i per a la sortida (esquerra).



Font: elaboració pròpia.

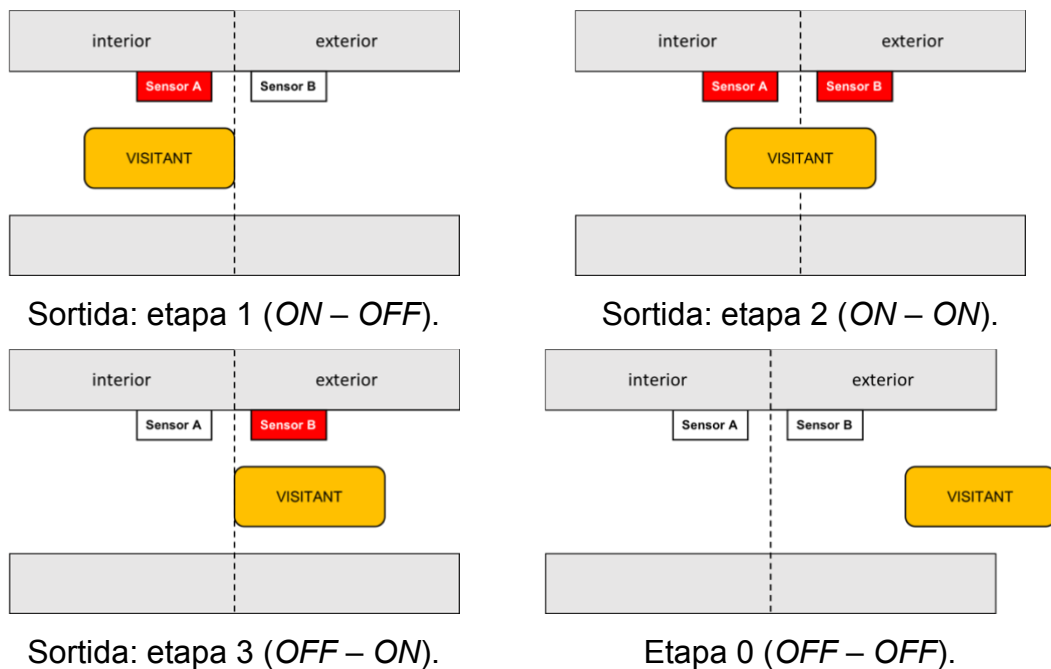
Tot i que a la vida real l'etapa 0 per a l'entrada i la sortida té lloc des de diferents posicions, a efectes de programació, l'etapa 0 és la mateixa per a ambdues, ja que cap dels sensors no està detectant cap visitant.

Figura 23. Ordre cíclic de la detecció dels sensors durant una entrada.



Font: elaboració pròpia.

Figura 24. Ordre cíclic de la detecció dels sensors durant una sortida.⁸



Font: elaboració pròpia.

⁸ La nomenclatura *ON-OFF*, en aquest cas, equival a *detectant - no detectant*.

Taula 14. Descripció de les etapes en el procés d'entrada (amb entrades parcials).

Procés d'entrada			
Etapes	Sensor A	Sensor B	Situació
Etapa 0	OFF	OFF	El visitant encara no ha entrat. El compte es manté constant.
Etapa 1	OFF	ON	El visitant inicia l'entrada. El sensor B el detecta.
Tornada a etapa 0	OFF	OFF	El visitant decideix quedar-se: torna a entrar. El sensor B deixa de detectar. El compte es manté constant.
Etapa 2	ON	ON	El visitant està entrant. El sensor A i B el detecten a la vegada.
Tornada a etapa 1	OFF	ON	El visitant decideix quedar-se: va cap enrere per tornar a sortir. El sensor A deixa de detectar. El compte es manté constant.
Etapa 3	ON	OFF	El visitant finalitza l'entrada. El sensor B deixa de detectar.
Tornada a etapa 2	ON	ON	El visitant decideix quedar-se: va cap enrere per tornar a sortir. El sensor B també detecta. El compte es manté constant.
Etapa 0	OFF	OFF	El visitant ja ha entrat. Els sensors tornen a l'etapa 0. El comptador suma 1 unitat.

Font: elaboració pròpia.

Taula 15. Descripció de les etapes en el procés de sortida (amb sortides parcials).

Procés de sortida			
Etapes	SENSOR A	SENSOR B	Situació
Etapa 0	OFF	OFF	El visitant encara no ha sortit. El comptador es manté constant.
Etapa 1	ON	OFF	El visitant inicia la sortida. El sensor A el detecta.
Tornada a etapa 0	OFF	OFF	El visitant decideix quedar-se: torna a entrar. El sensor A deixa de detectar. El comptador es manté constant.
Etapa 2	ON	ON	El visitant està sortint. El sensor A i B el detecten a la vegada.
Tornada a etapa 1	ON	OFF	El visitant decideix quedar-se: va cap enrere per tornar a entrar. El sensor B deixa de detectar. El comptador es manté constant.
Etapa 3	OFF	ON	El visitant finalitza la sortida. El sensor A deixa de detectar.
Tornada a etapa 2	ON	ON	El visitant decideix quedar-se: va cap enrere per tornar a entrar. El sensor A també detecta. El compte es manté constant.
Etapa 0	OFF	OFF	El visitant ja ha sortit. Els sensors tornen a l'etapa 0. El comptador resta 1 unitat.

Font: elaboració pròpia.

Per determinar el sensor de captació més adequat per al sistema s'ha elaborat un estudi valorant diferents paràmetres:

Taula 16. Estudi del sensor de captació ideal (sistema automàtic de control d'aforament).⁹

Sensor	Detector d'obstacles per infraroigs	Fotoresistència (LDR) il·luminada per un díode làser	Sensor de moviment per infraroigs	Mesurador de distàncies per ultrasons
Distància de detecció (cm)	2 - 30	Variable segons la potència del làser.	300 - 700	2 - 4
Angle de detecció (°)	35	Variable segons el diàmetre del feix del làser.	140	< 15
Preu/unitat (€/unitat)	1,25 €/unitat	0,99 ^a 0,75 ^b	2,61	1,95

Nota: Preus amb IVA inclòs. ^aPreu/unitat de la fotoresistència (LDR). ^bPreu/unitat del díode làser.

Font: elaboració pròpia amb base de dades de ElectronPerdido (s. d. b).

- **Distància de detecció.** És la distància dins la qual el sensor és capaç de rebre informació. Com a mínim, ha de cobrir l'amplada de la porta o zona d'accés.
- **Angle de detecció.** És l'angle dins el qual el sensor és capaç de rebre informació. Per a una lectura fiable, ha de ser el més petit possible perquè només pugui detectar visitants a l'interior de la zona d'accés i mai fora d'aquesta.

A partir de l'estudi, vaig concloure que l'opció òptima seria escollir el sistema format pels sensors LDR il·luminats pels díodes làser. En primer lloc, resulta molt econòmica i, en segon lloc, el sistema pot tenir un angle de detecció molt petit i una distància de detecció variable, en funció de les característiques del díode làser emprat. El díode làser és un dispositiu òptic que genera feixos de llum

⁹ Vegeu taula 3 (pàg. 24).

monocromàtics, és a dir, d'una sola freqüència o color. En aquest cas, la seva funció és mantenir la lectura del sensor el màxim de constant possible durant l'etapa 0 (la de no detecció de visitants). Així, quan un visitant intercepta el feix de llum, la lectura de la fotoresistència varia bruscament i la placa *Arduino* acciona el **comptador**, que envia la nova dada d'aforament a l'aplicació mòbil (**calculador**).

En aquest projecte vaig decidir utilitzar un clon de l'original *Arduino Uno R3*, que és encara més econòmic i té un preu de 6,99 €¹⁰ (ElectronPerdido, s. d. c). Per altra banda, per escollir el mòdul *Bluetooth* que connectaria a la placa per habilitar la comunicació entre aquesta i l'aplicació, vaig tenir en compte les consideracions següents:

- **Classe.** Marca la distància d'acció del mòdul *Bluetooth* segons la seva potència de transmissió, per la qual poden arribar assolir un abast major o menor: la classe 1 és la de major potència/abast i, la 4, la de menor.
- **Versió.** Estableix les característiques i les prestacions del mòdul *Bluetooth*, variables segons la seva data de llançament al mercat.
- **Comportament.** La comunicació *Bluetooth* es produeix entre dos tipus de dispositius: un mestre i un esclau, sent aquest el que rep la petició de connexió de l'altre. Un mòdul *Bluetooth* pot actuar com a esclau només, o bé com a esclau i mestre.

Entre els mòduls més populars en petits projectes es troben l'*HC-05*, que pot comportar-se com a esclau o mestre, i l'*HC-06*, que només pot fer-ho com a esclau. Tots dos són de curta distància i pertanyen a la versió 2.0. Contenen els pins TX i RX que habiliten la transmissió i la recepció de dades entre l'esclau i el mestre:

- **TX.** És el pin de la transmissió de dades. El mòdul transmet les dades que li arriben del dispositiu connectat mitjançant *Bluetooth*. Es connecta al pin RX de la placa *Arduino*.

¹⁰ Data d'última actualització: 01/12/2020.

- **RX.** És el pin de la recepció de dades. El mòdul rep les dades que li arriben. Es connecta al pin TX de la placa *Arduino*.

Material i pressupost

Taula 17. Material i pressupost (sistema automàtic de control d'aforament).

Article	Unitats	Preu/unitat	Import
<i>Arduino Uno R3</i> (clon)	1	6,99 €	6,99 €
Carcassa <i>Arduino Uno R3</i> en acrílic transparent	1	2,50 €	2,50 €
Mòdul <i>Bluetooth HC-06</i>	1	4,95 €	4,95 €
Mòdul LDR de 3 pins amb llindar ajustable	2	0,99 €	1,98 €
Mòdul làser <i>KY-008</i>	2	0,75 €	1,50 €
<i>Portapiles</i> 9 V amb interruptor	1	1,95 €	1,95 €
Pila <i>6LR61</i> 9 V de 390 mAh	1	1,95 €	1,95 €
<i>Protoboard</i> de 170 pins	1	1,25 €	1,25 €
Cables <i>dupont</i> 20 cm <i>M-H</i> (40 uts.)	1	1,95 €	1,95 €
Cables <i>dupont</i> 20 cm <i>M-M</i> (40 uts.)	1	1,95 €	1,95 €
Cables <i>dupont</i> 20 cm <i>H-H</i> (40 uts.)	1	1,95 €	1,95 €
Cables <i>dupont</i> 10 cm <i>M-H</i> (40 uts.)	1	1,95 €	1,95 €
Cargol M2x12 (5 uts.)	1	0,35 €	0,35 €
Rosca hexagonal M2 (5 uts.)	1	0,30 €	0,30 €
Cargol M3x12 (5 uts.)	1	0,45 €	0,45 €
Rosca hexagonal M3 (5 uts.)	1	0,40 €	0,40 €
		SUBTOTAL	32,37 €
		Cost d'enviament	1,99 €
		TOTAL	34,36 €

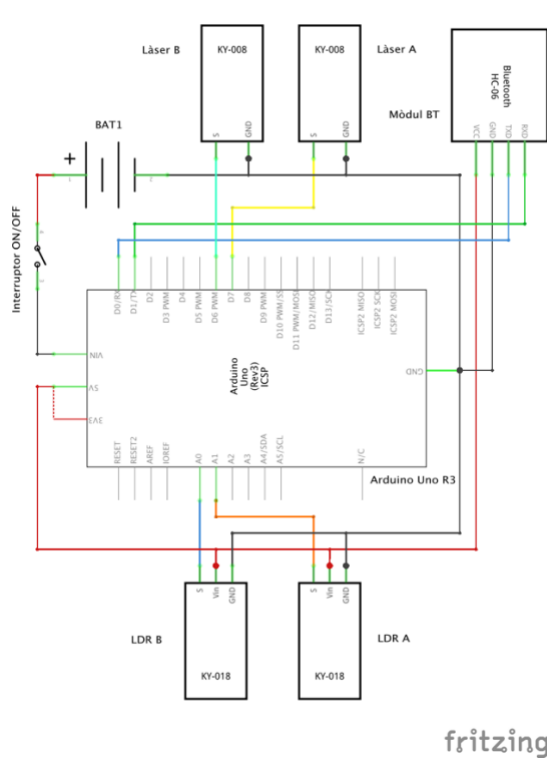
Nota: IVA (21%) inclòs en el subtotal.

Font: elaboració pròpia amb base de dades de ElectronPerdido (s. d. b).

Esquema de connexions electròniques

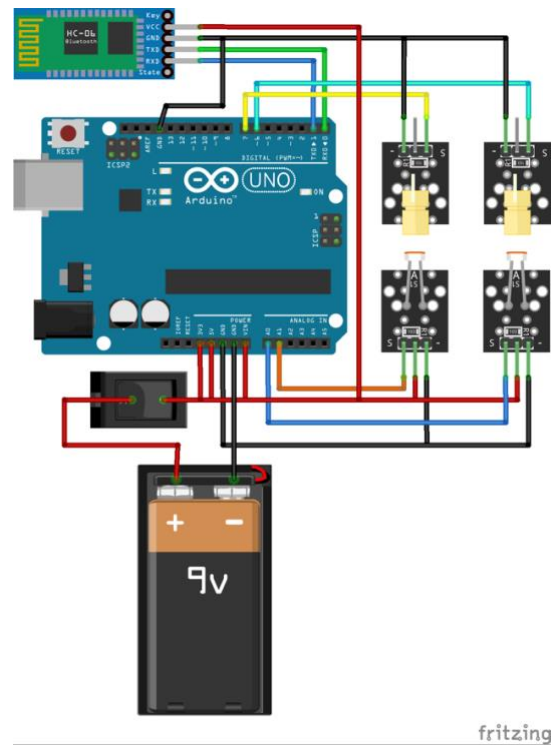
A les figures 25 i 26 podem observar l'esquema de les connexions electròniques creat a partir del programa *Fritzing*:

Figura 25. Esquema del circuit electrònic (sistema automàtic de control d'aforament).



Font: elaboració pròpia a partir del software *Fritzing*.

Figura 26. Esquema de connexions electròniques (sistema automàtic de control d'aforament).



Font: elaboració pròpia a partir del software *Fritzing*.

Desenvolupament: MIT App Inventor

Primers passos

1. Des del gestor de projectes, cliquem «Start New Project» i introduïm el nom del projecte. Apareix la pantalla del mode dissenyador.
2. Ens dirigim al bloc «Properties» i posem el nom de l'aplicació editant el camp «AppName»: *Control d'aforament*.
3. Ara anem al camp «Icon» i pugem l'arxiu de la icona de l'aplicació, creada a partir d'un software d'edició d'imatges.

Figura 27. Icona de l'aplicació mòbil.



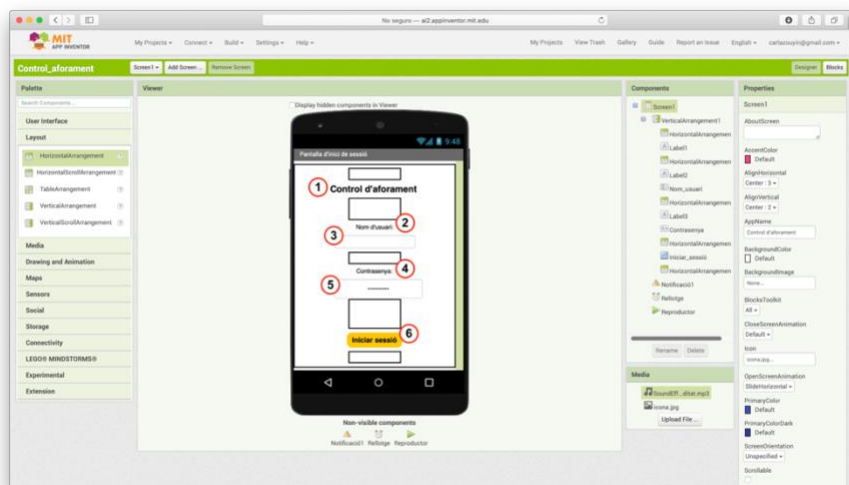
Font: adaptat de [Icona de l'aplicació] (s. d.).

- Tot seguit, creem 2 pantalles addicionals: *Screen2* (menú principal) i *Screen3* (pantalla de l'administrador).

Disseny de la interfície (mode dissenyador)

- Screen1: pantalla d'inici de sessió**
 - Etiqueta “Control d'aforament”
 - Etiqueta “Nom d'usuari:”
 - Camp de text per introduir el nom d'usuari
 - Etiqueta “Contrasenya:”
 - Camp de contrasenya per introduir la clau d'accés
 - Botó per iniciar la sessió i accedir a la pantalla següent
- Components no visibles: 1 notificació, 1 reproductor i 1 rellotge.

Figura 28. *Screen1* (mode dissenyador) (aplicació mòbil).

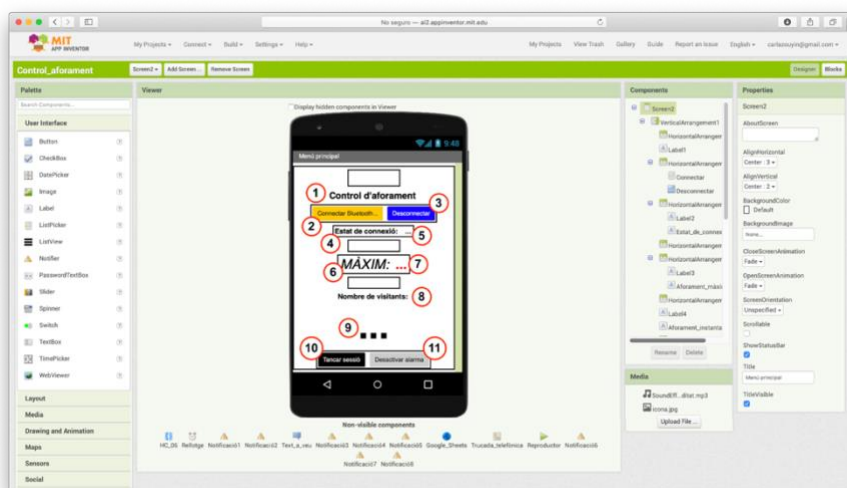


Font: elaboració pròpia a partir de MIT App Inventor.

- **Screen2: menú principal**

1. Etiqueta “Control d’aforament”
 2. Selector de llistes per seleccionar l’esclau *Bluetooth*
 3. Botó per desconnectar-se de l’esclau *Bluetooth*
 4. Etiqueta “Estat de connexió:”
 5. Etiqueta per mostrar l’estat de connexió
 6. Etiqueta “Aforament màxim:”
 7. Etiqueta per mostrar l’aforament màxim (configurat prèviament per l’administrador cada cop que s’obre l’aplicació)
 8. Etiqueta “Nombre de visitants”
 9. Etiqueta per mostrar el nombre de visitants
 10. Botó per tancar sessió i tornar a la pantalla d’inici de sessió (*Screen1*)
 11. Botó per desactivar l’alarma
- Components no visibles: 1 rellotge, 8 notificacions, 1 esclau *Bluetooth*, 1 component web, 1 reproductor, 1 component text a veu i 1 trucada de telèfon.

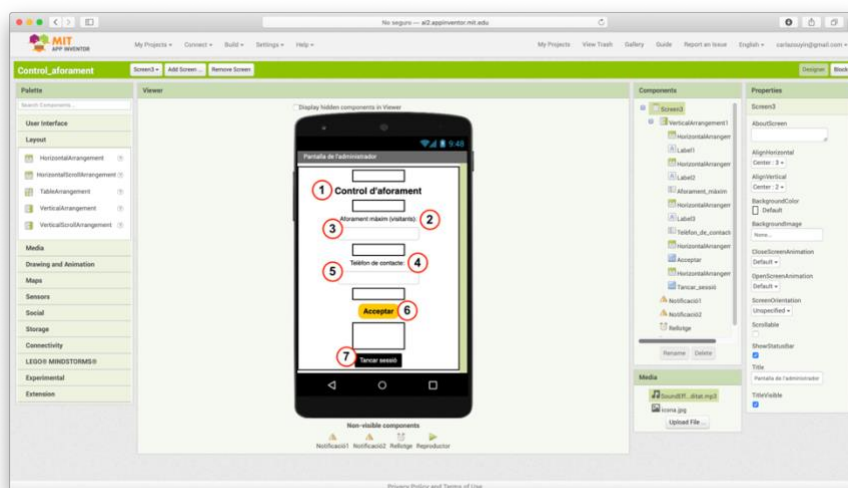
Figura 29. *Screen2* (dissenyador) (aplicació mòbil).



Font: elaboració pròpia a partir de MIT App Inventor.

- **Screen3: pantalla de l'administrador**
 1. Etiqueta "Control d'aforament"
 2. Etiqueta "Aforament màxim (visitants):"
 3. Camp de text numèric per introduir l'aforament màxim
 4. Etiqueta "Telèfon de contacte:"
 5. Camp de text numèric per introduir el telèfon de contacte
 6. Botó per acceptar que les dades introduïdes són correctes i accedir al menú principal (*Screen2*)
 7. Botó per tancar la sessió i tornar a la pantalla d'inici de sessió (*Screen1*)
- Components no visibles: 2 notificacions, 1 rellotge i 1 reproductor.

Figura 30. *Screen3* (dissenyador) (aplicació mòbil).



Font: elaboració pròpia a partir de MIT App Inventor.

Programació de l'*app* (mode editor de blocs)

- **Screen1:** L'usuari introdueix les seves credencials (nom d'usuari i contrasenya) per accedir directament al menú principal (*Screen2*), com a usuari, o a la pantalla de l'administrador (*Screen3*), com a administrador.
- **Screen2:** L'usuari/administrador es connecta a l'esclau *Bluetooth* corresponent i visualitza l'aforament màxim i instantani. Cada cop que s'actualitzen les dades, s'envien a un full de càlcul de *Google* en el qual

s’escriuen en format de taula, i s’enregistra la marca de temps (data i hora en format DD/MM/AAAA HH:MM:SS). Així, en aquest full es pot visualitzar tant l’aforament instantani en temps real, com la variació de l’aforament al llarg del temps (des del primer ús de l’aplicació).

- **Screen3:** L’administrador accedeix a *Screen3* primer per introduir l’aforament màxim i un telèfon de contacte, ja que, en cas que aquest s’assoleixi, es trucarà directament al número indicat. Tot seguit accedeix al menú principal (*Screen2*).

Screen1: Pantalla d’inici de sessió

- **Inicialització de variables globals.** S’inicialitzen amb un bloc de text buit les variables globals del telèfon de contacte i l’aforament màxim. S’inicialitza la variable “dades” amb una llista buida.

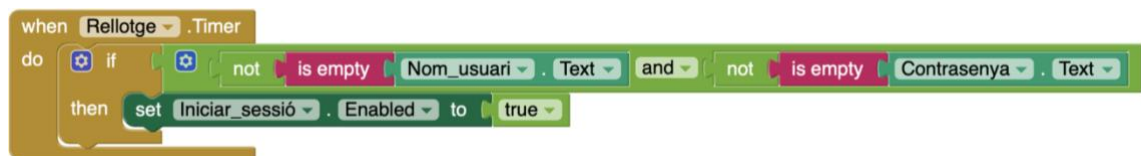
Figura 31. Inicialització de variables globals (aplicació mòbil).



Font: elaboració pròpia a partir de MIT App Inventor.

- **Rellotge.** Si el camp de text “Nom_usuari” i el camp de contrasenya “Contrasenya” es troben plens, s’habilita el botó d’iniciar sessió (inicialment inhabilitat).

Figura 32. Rellotge (*Screen1*) (aplicació mòbil).



Font: elaboració pròpia a partir de MIT App Inventor.

- **Botó d’inici de sessió.** Quan es clica el botó “Iniciar sessió” es comprova si el nom d’usuari introduït coincideix amb la contrasenya corresponent:

- **Administrador:** Si el nom d'usuari és igual a "admin" i la contrasenya és igual a "1234", s'obre la pantalla *Screen3*.
- **Usuari:** Si el nom d'usuari és igual a "user" i la contrasenya és igual a "5678", aleshores: la variable "dades" pren el valor inicial, "telèfon de contacte" el valor de l'índex 1 de la llista, i "aforament màxim" el valor de l'índex 2. Tot seguit s'obre la pantalla *Screen2*.

Figura 33. Botó d'inici de sessió (*Screen1*) (aplicació mòbil).

```

when Iniciar_sessió .Click
do
  if
    Nom_usuari .Text == "admin" and Contrasenya .Text == "1234"
  then
    open another screen screenName "Screen3"
  else if
    Nom_usuari .Text == "user" and Contrasenya .Text == "5678"
  then
    set global dades to get start value
    set global telèfon_de_contacte to select list item list get global dades index 1
    set global aforament_màxim to select list item list get global dades index 2
    open another screen screenName "Screen2"
  else
    call Notificació1 .ShowMessageDialog
      message "Contrasenya incorrecta."
      title "Error"
      buttonText "D'acord"
    call Reproductor .Vibrate
      milliseconds 500
  
```

Font: elaboració pròpia a partir de *MIT App Inventor*.

Screen2: Menú principal

- **Inicialització de variables globals.** Vegeu figura 31, pàg. 64.
- **Connectar esclau *Bluetooth*.** Abans de seleccionar l'element del selector de llistes "Connectar", si hi ha esclaus *Bluetooth* disponibles es posa la llista de dispositius disponibles.

Figura 34. Connectar esclau *Bluetooth* (*BeforePicking*) (*Screen2*) (aplicació mòbil).

```

when Connectar .BeforePicking
do
  if
    HC_06 . Available
  then
    set Connectar . Elements to HC_06 . AddressesAndNames
  
```

Font: elaboració pròpia a partir de *MIT App Inventor*.

Després de seleccionar l'element del selector, el dispositiu es connecta a l'esclau seleccionat. Si s'ha completat la connexió exitosament, a l'estat de connexió apareix "Connectat" en color verd, s'envia una "x" per *Bluetooth*, s'inhabilita el botó "Connectar" i s'habiliten el botó "Desconnectar" i el *loop* "Rellotge". Si no s'ha completat la connexió, a l'estat de connexió apareix "Error de connexió" en color vermell. Tot seguit, el dispositiu vibra durant 500 ms¹¹.

Figura 35. Connectar esclau *Bluetooth* (*AfterPicking*) (*Screen2*) (aplicació mòbil).

```

when Connectar .AfterPicking
do
  evaluate but ignore result call HC_06 .Connect
  address Connectar . Selection
  if HC_06 . IsConnected
  then
    set Estat_de_connexió . Text to "Connectat "
    set Estat_de_connexió . TextColor to green
    call HC_06 .SendText
    text " x "
    set Connectar . Enabled to false
    set Desconnectar . Enabled to true
    set Rellotge . TimerEnabled to true
  else
    set Estat_de_connexió . Text to "Error de connexió "
    set Estat_de_connexió . TextColor to red
  call Reproductor .Vibrate
  milliseconds 500
    
```

Font: elaboració pròpia a partir de *MIT App Inventor*.

- **Desconnectar esclau *Bluetooth*.** Quan es clica el botó "Desconnectar", apareix la notificació 2 que pregunta a l'usuari si vol procedir. El dispositiu vibra durant 500 ms.

¹¹ mil·lsegons

Figura 36. Desconnectar esclau *Bluetooth* (*Screen2*) (aplicació mòbil).

```

when Desconnectar .Click
do
  if HC_06 .IsConnected
  then
    call Notificació2 .ShowChooseDialog
      message "Estàs segur que vols desconnectar la connexió Bl..."
      title "Alerta"
      button1Text "Cancel·lar"
      button2Text "Continuar"
      cancelable false
    call Reproductor .Vibrate
      milliseconds 500
  
```

Font: elaboració pròpia a partir de *MIT App Inventor*.

En cas afirmatiu, el dispositiu es desconnecta de l'esclau *Bluetooth*. Si s'ha completat la desconnexió, apareix a l'estat de connexió "Desconnectat" en color vermell, s'inhabiliten el botó "Desconnectar" i el *loop Rellotge*, i al valor de l'aforament instantani apareix "...". Si la desconnexió és fallida, apareix a l'estat de connexió "Error de desconnexió" en color vermell. El mòbil vibra durant 500 ms.

Figura 37. Notificació 2 (*AfterChoosing*) (*Screen2*) (aplicació mòbil).

```

when Notificació2 .AfterChoosing
choice
do
  if get choice = "Continuar"
  then
    call HC_06 .Disconnect
    if not HC_06 .IsConnected
    then
      set Estat_de_connexió .Text to "Desconnectat"
      set Estat_de_connexió .TextColor to red
      set Desconnectar .Enabled to false
      set Connectar .Enabled to true
      set Rellotge .TimerEnabled to false
      set Aforament_instantani .Text to "..."
      set Aforament_instantani .TextColor to red
    else
      set Estat_de_connexió .Text to "Error de desconnexió."
      set Estat_de_connexió .TextColor to red
    call Reproductor .Vibrate
      milliseconds 500
  
```

Font: elaboració pròpia a partir de *MIT App Inventor*.

• **Inicialització**

- Es demana permís al dispositiu per poder realitzar trucades, amb el nom del permís corresponent: «android.permission.CALL_PHONE».
- La variable “dades” pren el valor inicial, “telèfon de contacte” el valor de l’índex 1 de la llista, i “aforament màxim” el valor de l’índex 2.
- S’obté el valor del número de contacte i es posa configura la trucada telefònica a aquest.
- S’obté el valor de l’aforament màxim i es mostra en pantalla.
- Apareix la notificació 1 recordant a l’usuari que seleccioni el dispositiu *Bluetooth*.
- Aleshores, si el dispositiu *Bluetooth* no està disponible/connectat, apareix l’estat de connexió com “No disponible.”/ “No connectat” (en color vermell), respectivament.
- El dispositiu vibra durant 500 ms.

Figura 38. Inicialització (Screen2) (aplicació mòbil).

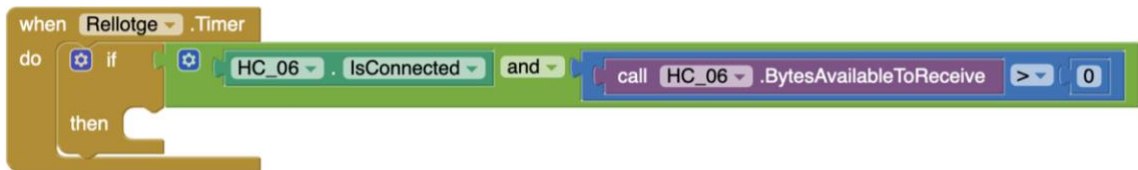
```

when Screen2.Initialize
do
  call Screen2.AskForPermission
  permissionName " android.permission.CALL_PHONE "
  set global dades to get start value
  set global telèfon_de_contacte to select list item list get global dades
  index 1
  set global aforament_màxim to select list item list get global dades
  index 2
  set Trucada_telefònica.PhoneNumber to get global telèfon_de_contacte
  set Aforament_màxim.Text to get global aforament_màxim
  call Notificació1.ShowDialog
  message " Sisplau seleccioni el dispositiu Bluetooth. "
  title " Recordatori "
  buttonText " D'acord "
  set Aforament_instantani.Text to " ..."
  set Aforament_instantani.TextColor to red
  if not HC_06.Available
  then
    set Estat_de_connexió.Text to " No disponible. "
    set Estat_de_connexió.TextColor to red
  if not HC_06.IsConnected
  then
    set Estat_de_connexió.Text to " No connectat "
    set Estat_de_connexió.TextColor to red
  call Reproductor.Vibrate
  milliseconds 500
  
```

Font: elaboració pròpia a partir de MIT App Inventor.

- **Rellotge** (*loop* o bucle que s'executa un cop connectat l'esclau *Bluetooth*, i s'interromp quan es desconnecta d'aquest).
 - Si l'esclau està connectat i l'*app* llegeix els bytes disponibles que li arriben, aleshores:

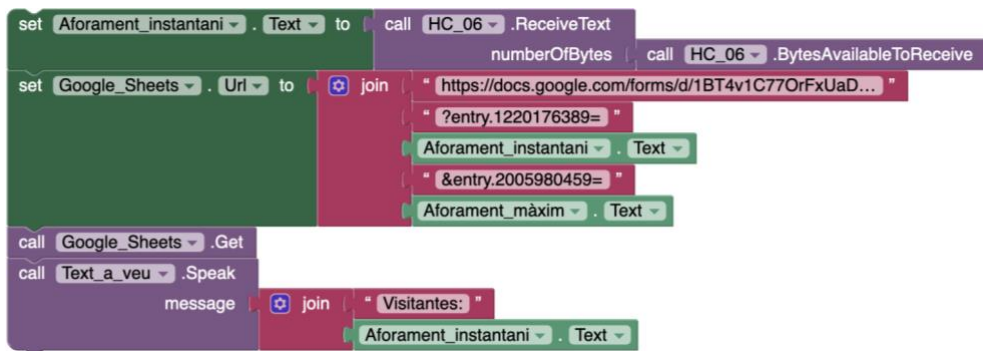
Figura 39. Rellotge (I) (Screen2) (aplicació mòbil).



Font: elaboració pròpia a partir de MIT App Inventor.

- L'aforament instantani pren el valor que rep de l'esclau.
- S'envia al full de càlcul de *Google* la nova dada, que l'obté i l'escriu en format de taula¹².
- L'*app* anuncia la quantitat de visitants actualitzada.

Figura 40. Rellotge (II) (Screen2) (aplicació mòbil).



Font: elaboració pròpia a partir de MIT App Inventor.

¹² Vegeu *Passos per enviar dades a un full de càlcul de Google a través de MIT App Inventor* a l'annex, pàg. 109.

- Si l'aforament instantani és igual o superior al màxim, es posa el valor de l'instantani en color vermell, apareix la notificació 3 o 4 com a avís i el dispositiu vibra durant 500 ms. Si no, el valor de l'aforament instantani continua en color negre. En el primer cas, es truca al telèfon de contacte especificat prèviament; en el segon cas, i també si es detecta aforament negatiu, sona l'alarma.

Figura 41. Rellotge (III) (Screen2) (aplicació mòbil).

Font: elaboració pròpia a partir de *MIT App Inventor*.

Figura 42. Rellotge (IV) (Screen2) (aplicació mòbil).

Font: elaboració pròpia a partir de *MIT App Inventor*.

Figura 43. Relloctge (V) (Screen2) (aplicació mòbil).

```

if Aforament_instantani . Text < 0
then
  set Aforament_instantani . TextColor to red
  call Notificació5 . ShowMessageDialog
    message "Aforament negatiu"
    title "Perill!"
    buttonText "D'acord"
  call Reproductor . Vibrate
    milliseconds 500
  call Reproductor . Start
  set Desactivar_alarma . Enabled to true
else
  set Aforament_instantani . TextColor to black
    
```

Font: elaboració pròpia a partir de MIT App Inventor.

- La notificació 7 permet parar la reproducció de l'alarma amb el botó "Desactivar l'alarma", que es desactiva després d'introduir la contrasenya de l'administrador ("1234").

Figura 44. Botó "Desactivar l'alarma" (Screen2) (aplicació mòbil).

```

when Desactivar_alarma . Click
do
  call Notificació7 . ShowPasswordDialog
    message "Identifica't com a administrador."
    title "Alerta"
    cancelable true
    
```

Font: elaboració pròpia a partir de MIT App Inventor.

Figura 45. Notificació 7 (AfterTextInput) (Screen2) (aplicació mòbil).

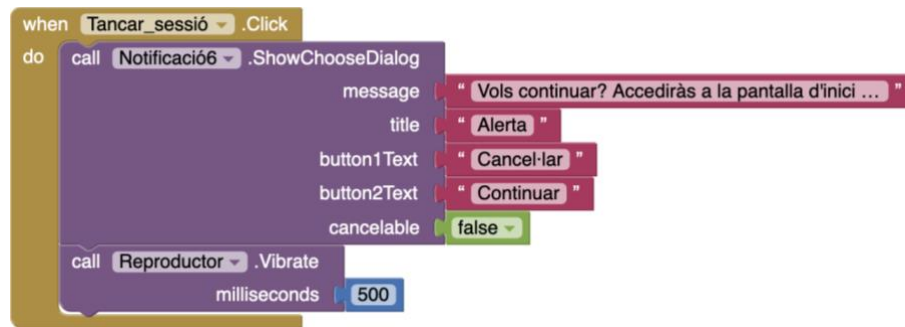
```

when Notificació7 . AfterTextInput
response
do
  if get response == "1234"
  then
    call Reproductor . Stop
    set Desactivar_alarma . Enabled to false
  else
    call Notificació8 . ShowMessageDialog
      message "Contrasenya incorrecta."
      title "Error"
      buttonText "D'acord"
    call Reproductor . Vibrate
      milliseconds 500
    
```

Font: elaboració pròpia a partir de MIT App Inventor.

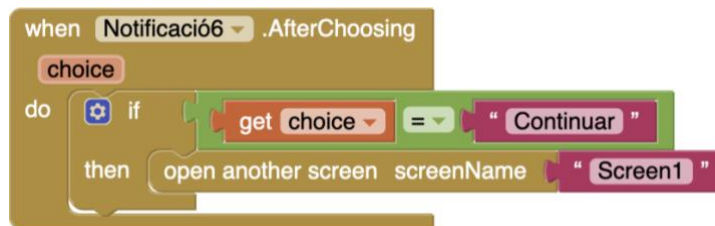
- **Botó “Tancar sessió”**. Quan es clica el botó per tancar la sessió, apareix la notificació que pregunta a l’usuari si vol procedir. En cas afirmatiu, es torna a la pantalla d’inici de sessió.

Figura 46. Botó “Tancar sessió” (Screen2) (aplicació mòbil).



Font: elaboració pròpia a partir de MIT App Inventor.

Figura 47. Notificació 6 (AfterChoosing) (Screen2) (aplicació mòbil).



Font: elaboració pròpia a partir de MIT App Inventor.

Screen3: Pantalla de l’administrador

- **Inicialització de variables globals**. Vegeu figura 31, pàg. 64.
- **Rellotge**. Si el camp de text de l’aforament màxim i el telèfon de contacte es troben plens, s’habilita el botó “Acceptar” (inicialment inhabilitat).

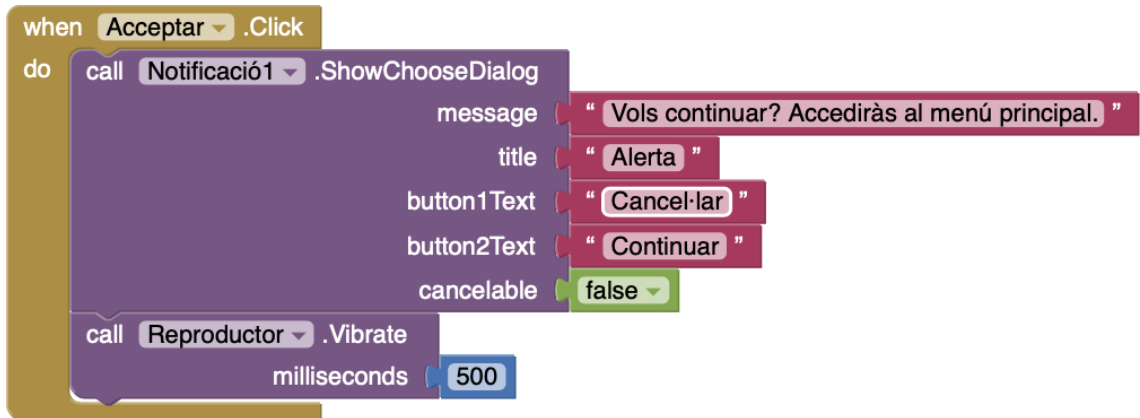
Figura 48. Rellotge (Screen3) (aplicació mòbil).



Font: elaboració pròpia a partir de MIT App Inventor.

- **Botó “Acceptar”**. Si es clica el botó “Acceptar”, apareix la notificació 1 que pregunta a l’usuari si vol procedir. El dispositiu vibra durant 500 ms.

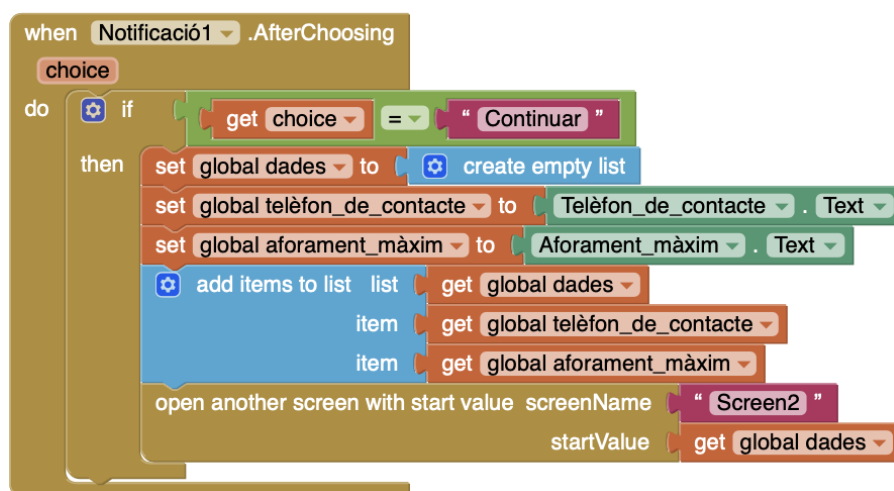
Figura 49. Botó “Acceptar” (Screen3) (aplicació mòbil).



Font: elaboració pròpia a partir de MIT App Inventor.

En cas afirmatiu, la variable “dades” crea una llista buida i les variables “Telèfon_de_contacte” i “Aforament_màxim” prenen el valor introduït per l’usuari en els camps de text corresponents. Després, s’afegeixen a la llista els ítems (el telèfon de contacte i l’aforament màxim). Finalment, s’obre la pantalla *Screen2* amb el valor inicial obtingut de la variable “dades” (la llista amb els ítems).

Figura 50. Notificació 1 (AfterChoosing) (Screen3) (aplicació mòbil).



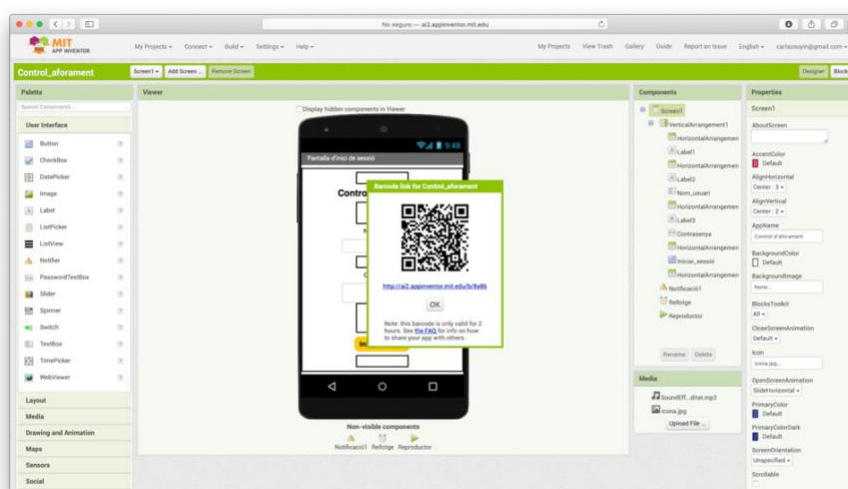
Font: elaboració pròpia a partir de MIT App Inventor.

- **Tancar sessió**. Vegeu figures 46 i 47, pàg. 72.

Generació de l'app

Un cop tenim tot enllestit, i després d'haver verificat que l'app funciona correctament amb *AI Companion*, ens dirigim a *Build > App (build QR code for the .apk file)*. Esperem que *MIT App Inventor* generi el codi QR, l'escanegem amb el dispositiu i seguim les instruccions que ens indiqui el sistema per instal·lar l'app.

Figura 51. Generació del codi QR temporal per descarregar l'arxiu *apk* de l'aplicació mòbil.



Font: elaboració pròpia a partir de *MIT App Inventor*.

Programació amb l'Arduino IDE

Configuració del mòdul HC-06

Objectiu: Configurar el nom i la clau de connexió del mòdul *Bluetooth HC-06*.

Procediment:

1. Compilem el programa i el pugem (vegeu *Resultats*, pàg. 75).
2. Obrim el monitor sèrie dirigint-nos a *Eines > Monitor sèrie*.
3. Un cop apareix la finestra del monitor sèrie, seleccionem l'opció *Ambdós NL & CR* de la llista desplegable situada al seu lateral inferior dret.
4. Introduïm «AT». Si el mòdul *Bluetooth* es troba en el mode AT, el monitor sèrie retorna «OK».

5. Canviem el nom del mòdul, que per defecte s'anomena «HC-06». Introduïm el comandament $AT + NAME = \text{nom}$. En aquest cas, l'anomenarem «Control d'aforament»: $AT + NAME = \text{Control d'aforament}$.
6. Per últim, canviem el PIN: introduïm el comandament $AT + PSWD$ i el monitor ens retorna «1234». De fàbrica, i segons les especificacions del fabricant, el mòdul *Bluetooth* pot venir programat amb el pin «0000» o bé amb «1234». Aleshores, el canviem introduint $AT + PSWD = \text{"contrasenya"}$: $AT + PSWD = \text{"5641"}$.

Resultats:

```
#include <SoftwareSerial.h> // Incloem la biblioteca SoftwareSerial.

SoftwareSerial BT(10,11); /* Anomenem el mòdul Bluetooth amb el nom de BT I definim els pins RX I TX.
*/

void setup() {

  BT.begin(9600); // Inicialitzem el port sèrie BT que hem creat.

  Serial.begin(9600); // Inicialitzem el port sèrie (monitor serial).

}

void loop() {

  if(BT.available()) { /* Si arriba una dada pel port BT s'envia al monitor serial. */

    Serial.write(BT.read()); }

  if(Serial.available()) { /* Si arriba una dada pel monitor serial s'envia al port BT. */

    BT.write(Serial.read()); }

}
```

Figura 52. Configuració del mòdul *Bluetooth* a través del monitor sèrie.



Font: elaboració pròpia a partir del *software Arduino IDE*.

Sketch definitiu (control automàtic d'aforament): vegeu annex, pàg. 113.

6.1.4 Disseny i construcció del prototip-maqueta

Objectiu

Dissenyar i construir una maqueta que simuli l'estructura d'una porta, i que tingui integrat el sistema automàtic de control d'aforament (per tal d'il·lustrar el seu funcionament).

Material i pressupost

Taula 18. Material i pressupost (prototip-maqueta del sistema automàtic de control d'aforament).

Article

Unitats

Preu/unitat

Import

Tauler de melamina blanc de 600 x 300 x 16 mm	1	4,85 €	4,85 €
Llistó d'abet de secció quadrada/ rectangular (30 x 30 x 2700 mm)	1	3,76 €	3,76 €
Barra plana d'alumini de 2600 x 15 mm	1	3,99 €	3,99 €
Broca de ø 2,0 x 49 mm	2	2,84 €	2,84 €
Broca de ø 4,0 x 75 mm	2	4,06 €	4,06 €
Pintura vermella en <i>spray</i> 200 mL	1	2,26 €	2,26 €
Cargols tirafons de 3,5 x 50 mm (200 uts.)	1	7,00 €	3,01 €
		TOTAL	21,93 €

Nota: IVA (21%) inclòs en el total. El pressupost no inclou altres costos com el d'enviament.

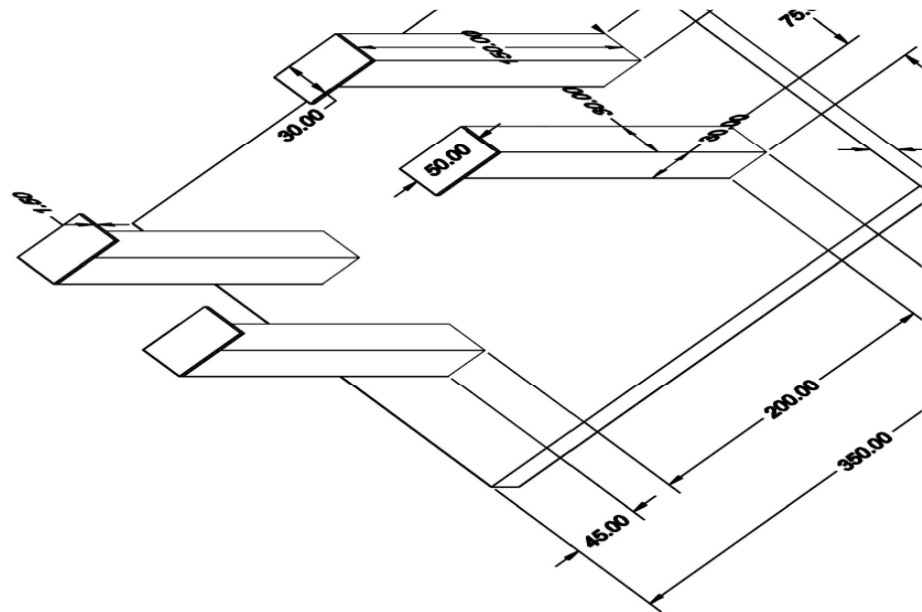
Font: elaboració pròpia.

Equipament addicional

- 1 esmoladora angular
- 1 trepant elèctric
- 1 serra de vogir

Dibuix 3D

Figura 53. Dibuix 3D del prototip-maqueta (sistema automàtic de control d'aforament).



Nota: Dibuix no a escala.

Font: elaboració pròpia utilitzant el *software* AutoCAD.

Procediment

1. Tallar, amb la serra de vogir, el tauler de fusta amb unes dimensions de 35 x 30 cm, i el llistó de fusta en 4 peces de 15 cm de llargada cadascuna. Opcionalment es poden pintar.
2. Tallar, amb l'esmoladora angular, la barra plana d'alumini en 4 peces de 5 cm de llargada cadascuna.
3. Perforar, amb un trepant elèctric, 2 o 3 orificis en cadascuna de les peces metàl·liques.¹³ Utilitzar les broques del diàmetre corresponent.
4. Fer passar cadascun dels cargols tirafons per l'orifici principal de cada sensor LDR/díode làser, i després pel de cada peça metàl·lica. Caragolar, amb un trepant, els 4 caragols a la part superior de cada peça de fusta.
5. Fer passar per la resta d'orificis cargols M2 o M3 (en funció del seu diàmetre), i muntar-hi les rosques hexagonals M2 o M3 corresponents.

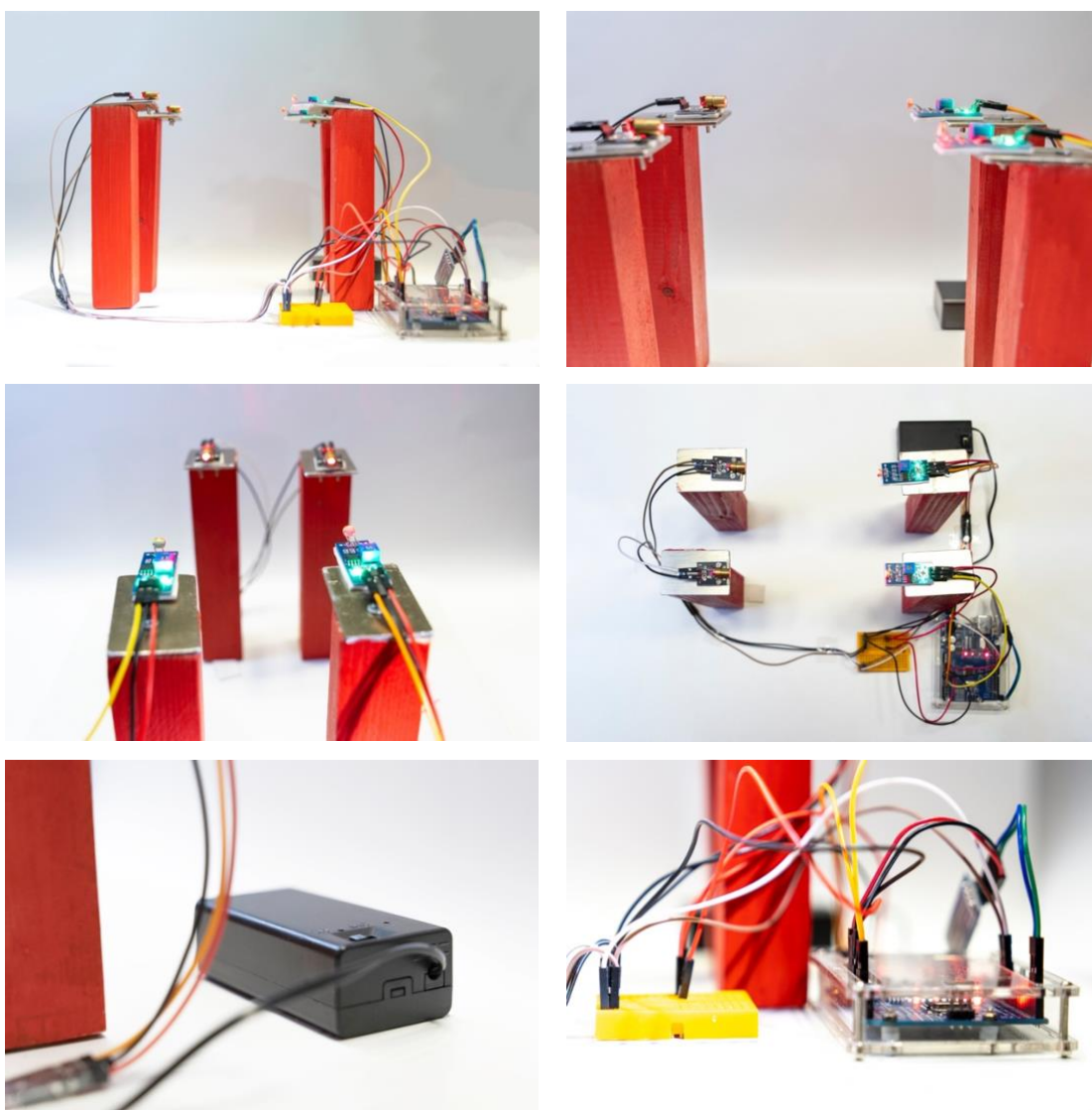
¹³ Vegeu figura 85 a l'annex, pàg. 116.

6. Caragolar, amb un trepant, 4 caragols tirafons a la part inferior del tauler de fusta, de manera que quedin fixades les 4 peces de fusta a aquest.

Resultats

A l'enllaç següent es pot veure un vídeo on s'observa el funcionament del sistema: <https://bit.ly/control-automatic-aforament>.

Figura 54. Prototip-maqueta del sistema automàtic de control d'aforament.



Font: elaboració pròpia.

Discussió de resultats i propostes de millora

- El sistema no és capaç de comptar dues entrades, sortides o entrada/sortida simultànies. Està limitat a les portes de pas individual.
- El sistema funciona gràcies a una aplicació creada a través de *MIT App Inventor* i, per tant, només és compatible amb el sistema operatiu *Android*.
- El sistema no és capaç de discriminar els visitants com a persones: si un objecte —com, per exemple, una cadira— travessa l'entrada, el compta igual que si es tracta d'un humà.
- El sistema té més efectivitat durant la nit que durant el dia, ja que gràcies a la foscor hi ha major contrast entre la llum ambient i la que proporciona el díode làser, (de manera que el canvi en la lectura del sensor és més abrupte durant el pas d'un visitant).

6.2 Control de temperatura corporal

6.2.1 Context

La **febre** constitueix un dels símptomes més habituals de la malaltia COVID-19 (Organización Mundial de la Salud, 2020). Segons un estudi publicat a la revista *Plos One* sobre la simptomatologia prevalent en la COVID-19, la febre estava present en un 78% dels 24.410 pacients (adults) procedents de 9 països diferents (Grant *et al.*, 2020).

Per això, durant la pandèmia, països com la Xina, Singapur, i els Estats Units han implantat controls de temperatura en punts d'entrada tals com aeroports. Actualment, Espanya obliga la realització d'un "**control sanitari**" a tots els passatgers que arribin al país ja sigui per via marítima o aèria, que pot incloure la presa de temperatura corporal, un control documental i un control visual sobre l'estat del passatger. D'acord amb l'apartat 2 de la "Resolución de 24 de julio de 2020, de la Dirección General de Salud Pública, Calidad e Innovación, relativa a los controles sanitarios a realizar en los puntos de entrada de España y se deroga la Resolución de 29 de junio de 2020", "se establece

como límite de detección una temperatura igual o superior a 37,5 °C” (RDGSP, de 30 de juliol de 2020).

Malgrat és una iniciativa que va començar a implantar-se sobretot en aeroports, moltes empreses estan aplicant la presa de temperatura corporal als seus treballadors a l'inici de la jornada laboral i, alguns petits comerços, als visitants del seus establiments. Degut a la inexistència de legislació governamental que prohibeixi aquesta pràctica, s'ha obert un nou debat sobre si el tractament d'aquestes dades posa en perill la privacitat de les persones. El passat abril de 2020, l'Agència Espanyola de Protecció de Dades (AEPD) va emetre un comunicat afirmant que la presa de temperatura s'havia de cenyir als principis del Reglament General de Protecció de Dades (RGPD), i que, en cap cas, havien d'emmagatzemar-se aquestes dades (Agencia Española de Protección de Datos, 2020).

6.2.2 El sistema

La mesura es pot fer a través de dos mètodes diferents: en primer lloc, amb un **termòmetre infraroig o sense contacte** (ja que la mesura es pot fer a distància) i, en segon lloc, amb una **càmera tèrmica** (que, tot i que permet detectar la temperatura corporal de varies persones alhora, té una efectivitat menor que el primer mètode). Ambdós mètodes utilitzen el mateix principi de funcionament, ja que **mesuren la radiació infraroja que produeixen els cossos** situats dins el seu camp de visió, i a partir d'aquesta determinen la temperatura d'acord amb la **Llei de Stefan-Boltzmann** (Llei de Stefan-Boltzmann, 2020).

6.2.3 Estudi d'un termòmetre infraroig digital homologat

Per poder construir el meu propi termòmetre sense contacte, vaig agafar com a referència el model HW-F7 del fabricant IDOIT, un dels termòmetres sense contacte més venuts per la companyia de comerç electrònic *Amazon* (IDOIT, 2020). El seu preu és de 49,99 €¹⁴.

¹⁴ Data d'última actualització: 27/08/2020.

Aquest em va permetre, en primer lloc, tenir una idea de les dimensions que hauria d'utilitzar i, en segon lloc, conèixer el seu funcionament en profunditat.

Figura 55. Termòmetre infraroig digital homologat.



Font: IDOIT (2020).

Característiques¹⁵

- La presa de temperatura es fa pressionant el gallet de la pistola.
- Disposa d'un botó per canviar el mode de mesura (mode objecte/mode corporal).
- També disposa d'un punter làser que permet veure la direcció en què s'apunta la pistola.
- Sona una alarma d'avís en cas de febre o temperatura alta.
- S'apaga automàticament, al cap de 30 segons d'inactivitat.
- Pot llegir la temperatura tant en graus Celsius com en graus Fahrenheit.
- Emmagatzema les 10 últimes lectures, a les quals s'accedeix pressionant un botó.
- Té una pantalla retro il·luminada LCD (*Liquid Crystal Display*) de 3 colors (verd, taronja i vermell).

¹⁵ Vegeu taula 24 a l'annex, pàg. 118.

6.2.4 Creació d'un termòmetre infraroig digital

Objectius

Crear un prototip d'un **termòmetre infraroig digital** que permeti:

1. Fer lectures precises i exactes i en temps real.
2. Canviar l'escala de temperatura de Celsius a Fahrenheit i viceversa.
3. Informar a l'usuari, mitjançant un **senyal visual**, de la lectura d'una temperatura corporal normal/anormal, i de la detecció de febre lleu/alta.
4. Emetre una alarma (**senyal acústic**) en cas que es detecti febre lleu, febre alta o una temperatura corporal anormal.

Funcionament

El sistema està format per dues parts: el desenvolupament de la pistola a partir del **disseny i la impressió 3D**, i la part electrònica controlada per **Arduino**.

Desenvolupament: Arduino

Funcionament i instruccions d'ús

1. Accionar l'interruptor d'encès/apagat, que queda il·luminat, per encendre el termòmetre. La pantalla mostra «Processant» durant 3 segons, i després s'emet un «beep, beep».
2. Pressionar el botó de mesura per realitzar la presa de temperatura. El díode làser s'encén (permet apuntar bé al front) i el valor es mostra en pantalla. Es pot canviar l'escala de temperatura de Celsius a Fahrenheit (i viceversa) utilitzant el botó C/F. L'escala predeterminada és la Celsius.
3. Aleshores, en funció de l'interval en el qual es trobi la temperatura, el termòmetre procedeix a realitzar diferents accions:

Taula 19. Intervals de temperatura i accions (termòmetre infraroig digital).

Interval	Classificació	S'encén el díode LED...	«Beeps»	La pantalla indica...
< 34,0 °C	anormal (baixa)	vermell	1 llarg	“Lo”

≥ 34 °C i < 37,5 °C	normal	verd	2 curts	valor de la temperatura
≥ 37,5 °C i < 38 °C	febre lleu	groc	1 llarg	valor de la temperatura
≥ 38 °C i < 43,0 °C	febre alta	vermell	1 llarg	valor de la temperatura
≥ 43,0 °C	anormal (alta)	vermell	1 llarg	“Hi”

Font: elaboració pròpia

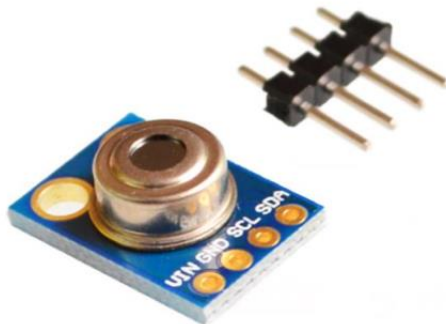
En primer lloc, vaig adonar-me que no podria utilitzar la placa *Arduino Uno R3* en aquest projecte, ja que hauria d'anar col·locada a l'interior del termòmetre i no hi cabria. Així, vaig optar per escollir un clon de la placa *Arduino Nano*, que és encara més econòmic que la placa original —ja que està disponible a partir de 3,95 € (ElectronPerdido, s. d. a)—, i té unes dimensions de 18 x 45 mm.

A continuació, vaig fer un llistat de la resta de components electrònics que necessitaria: 1 interruptor d'encès/apagat, 2 polsadors —un com a gallet i l'altre per canviar l'escala de temperatura—, 1 brunzidor (per a l'alarma), 1 díode làser, 4 piles AA —cadascuna d'1,5 V (6 V com a tensió d'entrada)—, 1 sensor de temperatura infraroig i 1 pantalla (de mida petita).

Per escollir la pantalla i el sensor de temperatura, vaig fer un petit estudi de mercat i, finalment, vaig decantar-me pels següents:

Sensor de temperatura *MLX9014*

Figura 56. Sensor de temperatura *MLX9014*.



Font: E-ika Electrónica (s. d. c).

És un sensor de temperatura infraroig de mida petita i baix cost. Té un angle de detecció d'uns 80°, i uns intervals de temperatura de funcionament i d'emmagatzematge molt amplis. Compta amb dos modes de mesura: mode ambient (per a la temperatura ambient) i mode objecte (vàlida alhora per al cos humà). Ve calibrat de fàbrica i té una resolució de 0,02 °C/°F.

Pantalla OLED de 0,96"

Una pantalla OLED (*Organic light-emitting diode*) està formada per díodes LED que tenen un compost orgànic emissor de llum en resposta al corrent elèctric, i necessita un controlador específic (ja integrat internament) per poder funcionar.

Aquesta pantalla de baix cost incorpora el controlador SSD1306, té una resolució de 128 x 64 píxels i unes dimensions de 28 x 28 mm.

Malgrat això, el seu únic inconvenient és que la majoria dels models són monocromàtics, excepte un, que és dicromàtic (colors groc/taronja i blau).

Tant el sensor com la pantalla utilitzen la comunicació per bus I2C, que utilitza dos cables per transmetre informació: un per a la transmissió de dades (SDA), vinculat al pin A4 de la placa *Arduino Nano*, i l'altre per al senyal del rellotge (SCL), vinculat al pin A5 d'aquesta. Per tant, a cadascun d'aquests dos pins (A4 i A5), s'hi hauran de connectar 2 cables SDA i 2 cables SCL, respectivament.

Per últim, per solucionar el fet que el fons de la pantalla no pogués il·luminar-se amb els colors verd, groc/taronja i vermell, vaig incorporar al

Figura 57. Pantalla OLED de 0,96".



Font: E-ika (s. d. a).

termòmetre 3 díodes LED de cadascun d'aquests colors, de manera que substituïssin la seva funció.

Material i pressupost

Taula 20. Material i pressupost (termòmetre infraroig digital).

Article	Unitats	Preu/unitat	Import
<i>Arduino Nano R3</i> (clon)	1	4,95 €	4,95 €
Sensor de temperatura infraroig sense contacte <i>MLX9014</i>	1	14,95 €	14,95 €
Pantalla <i>OLED</i> de 0,96" (128 x 64 píxels)	1	4,60 €	4,60 €
Mòdul làser <i>KY-008</i>	1	0,75 €	0,75 €
Polsador amb tecla de 12 x 12 mm	1	0,40 €	0,40 €
Mòdul polsador amb tecla de 12 x 12 mm	1	0,75 €	0,75 €
Díodes LED (5 colors, 15 uts.)	1	0,99 €	0,99 €
Resistències 220 Ω 1/4W 1% (10 uts.)	1	0,65 €	0,65 €
<i>Portapiles</i> 4xAA (quadrat)	1	1,50 €	1,50 €
Piles AA/LR06 alcalina (4 uts.)	1	2,95 €	2,95 €
Interruptor ON/OFF amb llum LED	1	0,99 €	0,99 €
Brunzidor (actiu)	1	1,25 €	1,25 €
Cables <i>dupont</i> 20 cm <i>M-H</i> (40 uts.)	1	1,95 €	1,95 €
Cables <i>dupont</i> 20 cm <i>M-M</i> (40 uts.)	1	1,95 €	1,95 €
Cables <i>dupont</i> 20 cm <i>H-H</i> (40 uts.)	1	1,95 €	1,95 €
Cables <i>dupont</i> 10 cm <i>M-H</i> (40 uts.)	1	1,95 €	1,95 €
SUBTOTAL			42,53 €
Cost d'enviament			0,99 €
TOTAL			43,52 €

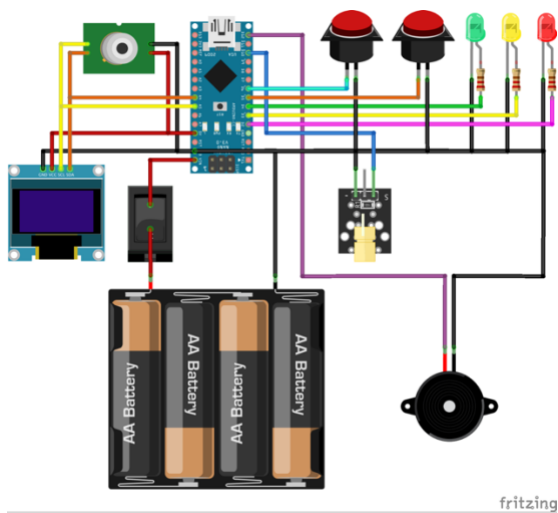
Nota: IVA (21%) inclòs en el subtotal.

Font: elaboració pròpia amb base de dades de ElectronPerdido (s. d. b).

Esquema de connexions electròniques

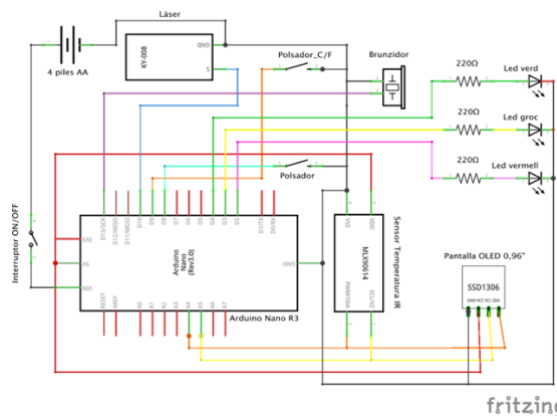
A les figures 58 i 59 podem observar l'esquema de les connexions electròniques, creat a partir del programa *Fritzing*:

Figura 58. Esquema de connexions electròniques (termòmetre infraroig digital).



Font: elaboració pròpia a partir del *software Fritzing*.

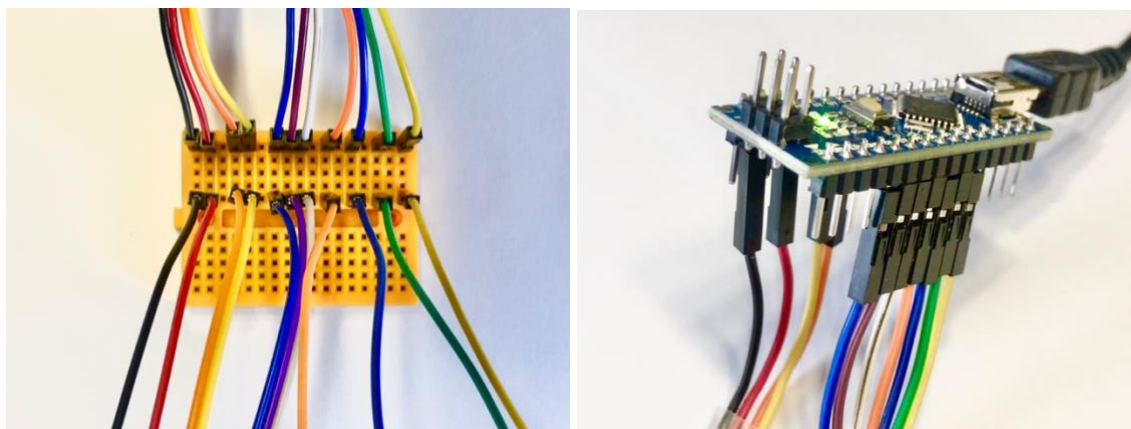
Figura 59. Esquema del circuit electrònic (termòmetre infraroig digital).

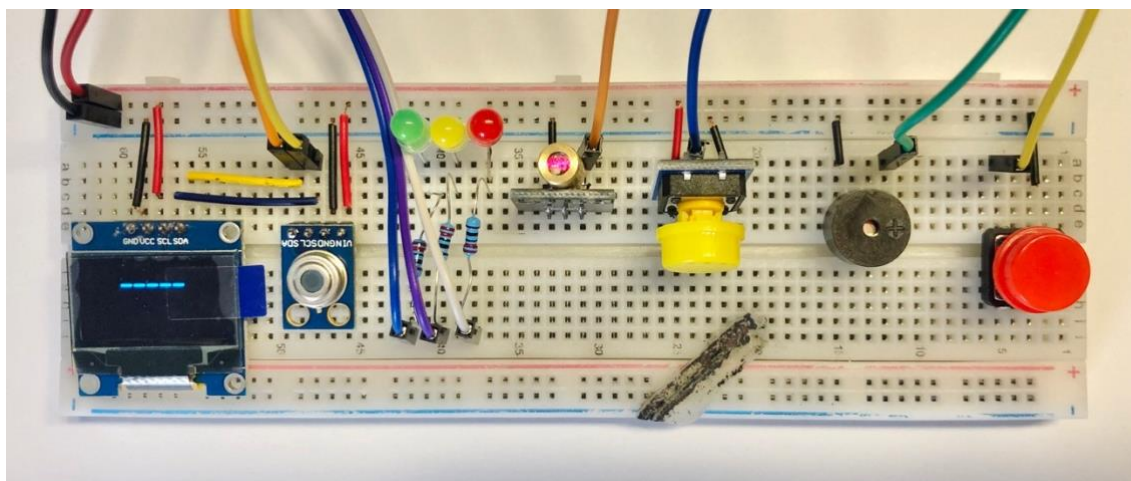


Font: elaboració pròpia a partir del *software Fritzing*.

Muntatge electrònic a la *proto*board

Figura 60. Muntatge electrònic del termòmetre infraroig digital a la *proto*board.





Font: elaboració pròpia.

Programació amb l'Arduino IDE

En primer lloc, necessitarem importar diverses biblioteques externes per poder programar el sensor de temperatura i la pantalla *OLED*:

- Comunicació per bus I2C: *Wire.h*
- Sensor de temperatura infraroig *MLX9014*: *Adafruit_MLX90614.h*
- Pantalla *OLED* de 0,96" i 128 x 64 píxels:
 - *Adafruit_SSD1306.h*
 - *Adafruit-GFX*

La biblioteca *Adafruit_MLX90614.h* inclou 4 funcions per llegir la temperatura:

Taula 21. Funcions *mlx* (sensor de temperatura infraroig *MLX9014*).

Funció	Descripció
<i>mlx.readObjectTempC()</i>	Mesura la temperatura d'un objecte en graus Celsius.
<i>mlx.readObjectTempF()</i>	Mesura la temperatura d'un objecte en graus Fahrenheit.
<i>mlx.readAmbientTempC</i>	Mesura la temperatura ambient en graus Celsius.

<code>mlx.readAmbientTempF()</code>	Mesura la temperatura ambient en graus Fahrenheit.
-------------------------------------	--

Font: elaboració pròpia.

Les funcions *display* permeten configurar els paràmetres d'allò que es mostra a la pantalla OLED. A continuació es mostren alguns exemples:

Taula 22. Exemples de funcions *display* (pantalla OLED de 0,96").

Funció <i>display</i>	Descripció
<code>display.clearDisplay()</code>	Desactiva tots els píxels.
<code>display.setTextSize(int, int)</code>	Canvia la mida de la font. Accepta valors des d'1 fins a 8.
<code>display.setTextColor(color)</code>	Canvia el color de la font.
<code>display.setCursor(x, y)</code>	Configura les coordenades per començar a escriure el text. Accepta valors des del (0,0) fins al (128,64), en aquest cas.
<code>display.display()</code>	Executa totes les funcions <i>display</i> anteriors.

Font: adaptat de *Guide for I2C OLED Display with Arduino* (s. d.).

Sketch definitiu (termòmetre infraroig digital): vegeu annex, pàg. 120.

Desenvolupament: disseny i impressió 3D

En primer lloc, calia prendre algunes decisions:

- **Impressió 3D.** Com a conseqüència de no disposar d'una impressora 3D pròpia, s'utilitzarà un servei d'impressió 3D. Malgrat el cost total pugui ascendir lleugerament, pot ser una bona idea ja la meua experiència és relativa i tampoc no dispo de mitjans per construir-ne o adquirir-ne una.
- **Tecnologia i material d'impressió.** Vaig decidir triar el material PLA (tecnologia FDM), ja que és biodegradable i un dels més econòmics. Malgrat no es pot aconseguir un nivell d'acabat plenament satisfactori, sí que s'obtenen uns nivells de resolució i de detall considerables.

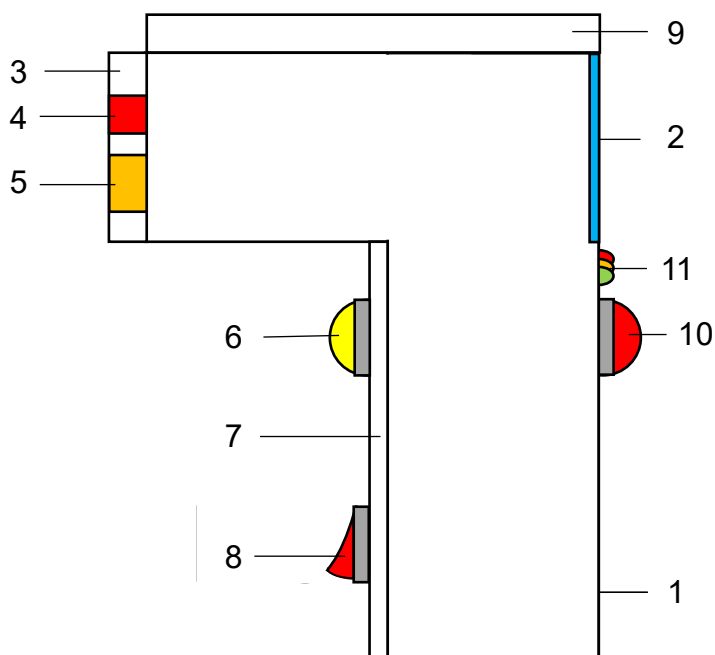
- **Software de modelat 3D.** S'utilitzarà *Autodesk Fusion 360*, ja que és un *software* orientat a estudiants i professors, i compta amb una interfície relativament intuïtiva. A més, inclou la possibilitat d'animar els dissenys i desar-los al núvol.

1. Modelat 3D

Abans de començar, vaig arribar a la conclusió que, per dissenyar la pistola, hauria de dividir-la prèviament en diverses peces, de manera que les secundàries poguessin inserir-se en la principal i fos més fàcil integrar els elements del circuit electrònic a l'interior seu.

A continuació es mostra un croquis conceptual de la pistola:

Figura 61. Croquis conceptual de la pistola (termòmetre infraroig digital).



Font: elaboració pròpia.

A la figura 61, podem veure els components del circuit electrònic visuals des de l'exterior. Per poder-los encastar a la seva part corresponent, vaig crear diversos orificis en aquestes, tot respectant les seves dimensions:

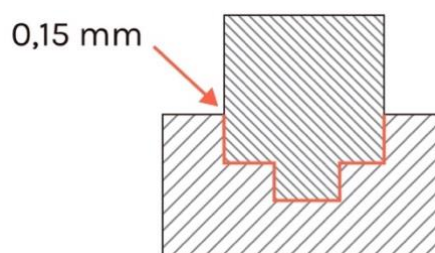
- **Cos (1)**
 - Pantalla OLED: $27,3 \pm 0,3 \times 27,8 \pm 0,3 \times 11,15 \pm 0,45$ mm (2)
 - Polsador: $\varnothing = 7,1$ mm (diàmetre del forat de muntura) (10)

- Microcontrolador: 18 x 45 mm
- *Portapiles*: 58 x 31 x 28 mm
- 3 díodes LED: $\varnothing = 5$ mm (11)
- **Boqueta (3)**
 - Díode làser: $\varnothing = 6$ mm (3)
 - Sensor de temperatura infraroig: $\varnothing = 8,2 \pm 0,7$ mm (5)
- **Tapa de la bateria (7)**
 - Polsador: $\varnothing 12$ mm (6) (diàmetre del forat de muntura)
 - Interruptor d'encès/apagat: $\varnothing = 20$ mm (8) (diàmetre del forat de muntura)
- **Tapa superior (9)**

Per unir les peces, vaig utilitzar unions fixes (immòbils) com la de la figura 62, en la qual la peça inferior conté un buit creat amb la mateixa forma que la part sortint de la peça superior (la que s'insereix).

Malgrat això, per poder introduir una peça en l'altra, cal que entre elles hi hagi una **tolerància**, és a dir, cal deixar un espai mínim entre la part que s'encaixa i la part on s'encaixa. Això és degut que, a la vida real, les mesures nominals (del disseny) i les reals difereixen entre elles una mica.

Figura 62. Representació de la tolerància per a una unió fixa.

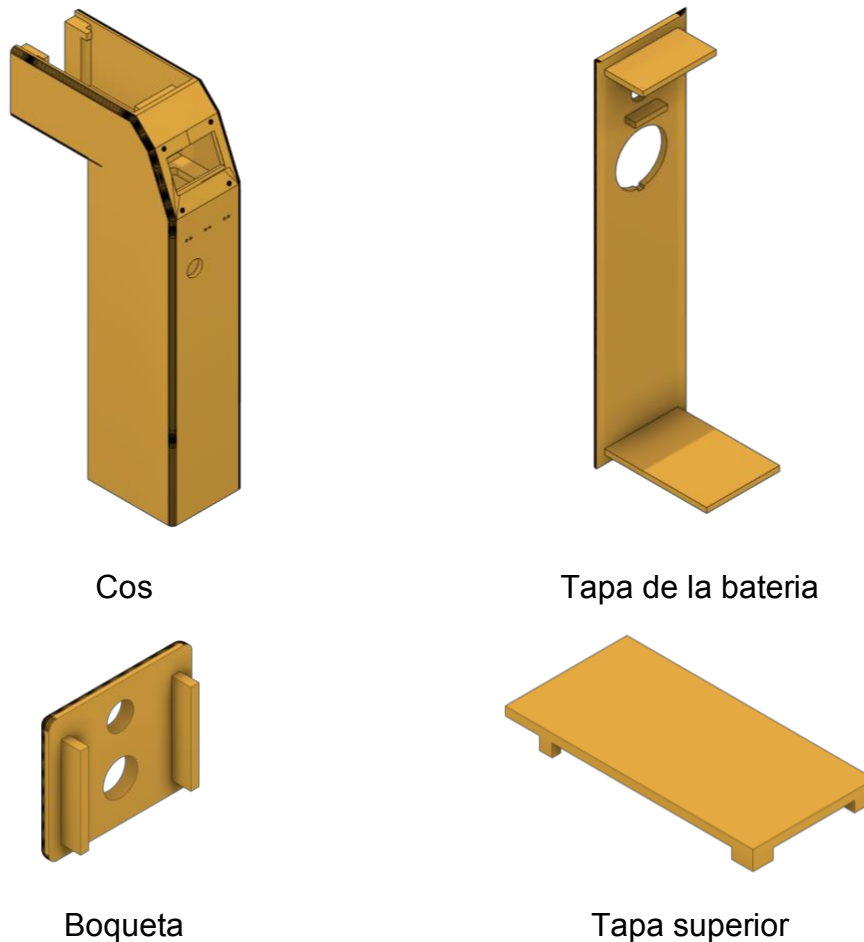


Font: Imprimakers (s. d.).

En aquest disseny, format únicament per unions fixes, he escollit una tolerància de 0,25 mm de radi. Per altra banda, les vores o arestes estan arrodonides per a un millor acabat i, en general, el gruix de totes les parets (tant exteriors com interiors) és de 2 mm.

A continuació, es mostra en perspectiva isomètrica el disseny definitiu de les peces:

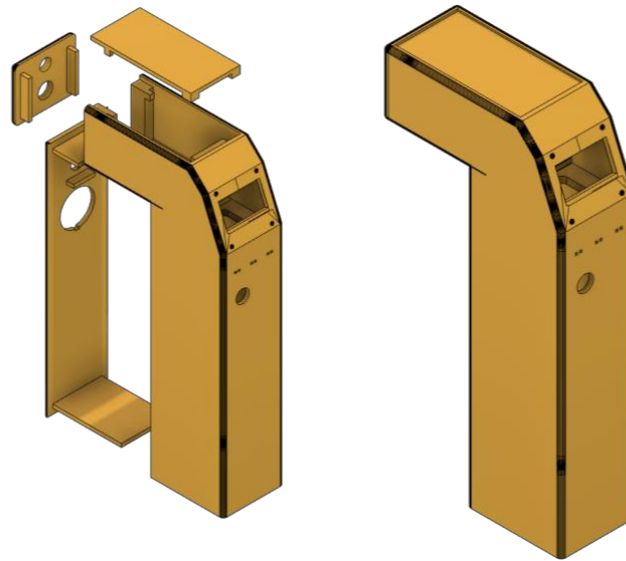
Figura 63. Model 3D definitiu de la pistola (termòmetre infraroig digital).



Font: elaboració pròpia a partir del *software Autodesk Fusion 360*.

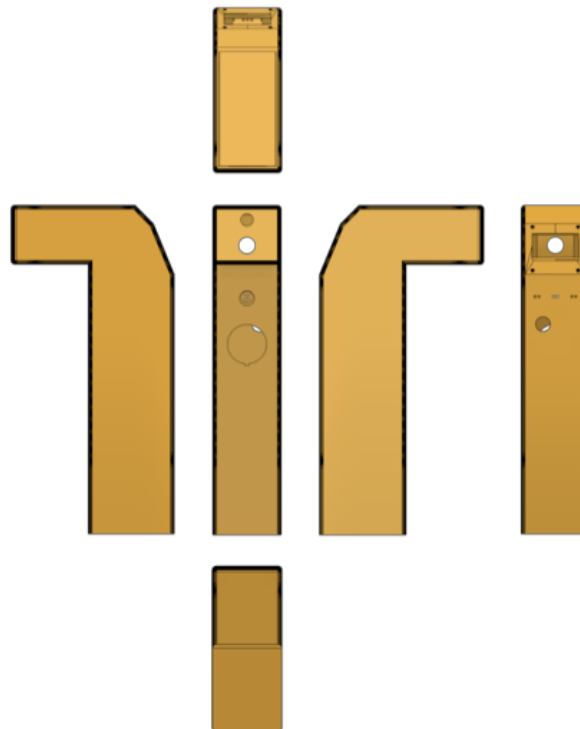
La peça més complexa del disseny és el cos, ja que inclou orificis de mida molt petita, com per exemple els forats per introduir els díodes LED. A més, en el seu interior integra una petita barrera que impedeix el lliscament de la placa *Arduino Nano* cap avall (que alhora conté un orifici perquè els cables pont puguin passar). Encaixant les peces entre elles, obtenim el resultat final:

Figura 64. Vista desplegada de la pistola (termòmetre infraroig digital).



Font: elaboració pròpia a partir del *software Autodesk Fusion 360*.

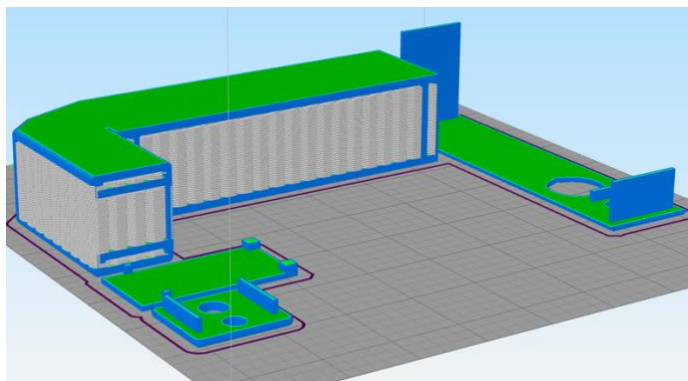
Figura 65. Vistes principals de la pistola (termòmetre infraroig digital).



Font: elaboració pròpia a partir del *software Autodesk Fusion 360*.

2. Laminat 3D

Figura 66. Simulació de la impressió 3D generada pel programa de tall (termòmetre infraroig digital).



Nota: Les zones verdes i blaves representen la peça final i, les grises, estructures auxiliars de suport necessàries per a la impressió.

Font: Abax Innovation Technologies (2020).

3. Impressió 3D¹⁶

Figura 67. Resultat final de la impressió 3D (termòmetre infraroig digital).



Cos



Tapa de la bateria

¹⁶ Vegeu *Paràmetres tècnics i detalls de la impressió 3D* a l'annex, pàg. 119.



Boqueta



Tapa superior

Font: elaboració pròpia

Pressupost

Taula 23. Pressupost de la impressió 3D (termòmetre infraroig digital).

Article	Unitats	Preu/unitat	Import
Cos	1	43,91 €	43,91 €
Tapa de la bateria	1	8,50 €	8,50 €
Tapa superior	1	1,50 €	1,50 €
Boqueta	1	1,50 €	1,50 €
Cost d'enviament			10,00 €
SUBTOTAL			65,41 €
IVA (21 %)			13,74 €
TOTAL			79,15 €

Font: elaboració pròpia.

Resultats

A l'enllaç següent es pot veure un vídeo on s'observa el funcionament del termòmetre: <http://bit.ly/termometre-infrarroig>.

Figura 68. Cablejat intern del termòmetre infraroig digital.



Font: elaboració pròpia.

Figura 69. Resultat final del termòmetre infraroig digital.



Font: elaboració pròpia.

Figura 70. Galeria de pantalles i encesa dels díodes LED (termòmetre infraroig digital).



Font: elaboració pròpia.

Discussió de resultats i propostes de millora

- No inclou modes de mesura diferenciats per a objectes i per al cos humà.
- No inclou la funció memòria, és a dir, no permet emmagatzemar les últimes lectures.
- És difícil accedir a canviar les piles, ja que cal treure la tapa de la bateria i procurar de no alterar el cablejat intern. Caldria crear un espai separat de la resta i reservat exclusivament per a les piles, amb tapa pròpia.
- No inclou un indicador de bateria: el termòmetre es queda sense bateria quan l'interruptor no s'il·lumina en accionar-lo.
- No és gaire ergonòmic. Caldria fer una empunyadura més còmoda, tot i que això augmentaria la complexitat del disseny i el preu de la impressió.
- L'estructura no és especialment resistent ni robusta. Si cau al terra, podria danyar-se de manera permanent. Per millorar-ho, podria optar-se per materials d'impressió de més qualitat.

- La cavitat superior del cos de la pistola és força petita i el cablejat intern està altament comprimit. Per tant, seria necessari fer-la més gran en el disseny.

7. Discussió de resultats generals

Fent referència a la pregunta de recerca “**¿És possible i, ahora econòmic, crear sistemes automatitzats *anti* COVID-19 a partir d’Arduino, MIT App Inventor, i el disseny i la impressió 3D?**”, a continuació es discutiran els resultats obtinguts.

En primer lloc, **ha estat possible construir els sistemes automatitzats amb èxit**, i aconseguir cadascun dels objectius plantejats (vegeu pàgines 51 i 82). Malgrat tot, no ha sigut possible arribar al compliment de tots els reglaments tècnics i legals i obtenir un grau d’homologació similar. Per aconseguir-ho, segurament caldria utilitzar altres mètodes i tecnologies diferents, d’un grau de complexitat superior: per una banda, en el cas del sistema automàtic de control d’aforament, podria utilitzar-se la **visió artificial**, és a dir, la branca de la intel·ligència artificial que estudia les imatges per mitjà de la computació. Aquesta permetria fer comptatges en ambdós sentits (entrat i sortint) simultàniament, requisit obligatori segons l’apartat A.4 de l’annex III del decret 112/2010¹⁷. Per altra banda, en el cas del termòmetre infraroig digital, podria adquirir-se un sensor de temperatura de millor qualitat per tal que les lectures fossin el màxim de fiables possibles.

En segon lloc, per valorar si ha estat econòmic o no crear els sistemes, cal discutir cada cas en concret:

- **Sistema automàtic de control d’aforament.** El cost ha estat molt econòmic, de 34,36 € + 21,93 € = **56,29 €** en total, degut que el *hardware*

¹⁷ Vegeu Apartat A de l’Annex III (DECRET 112/2010, de 31 d’agost) a l’annex, pàg. 116.

a adquirir era poc i, a més, la instal·lació a la maqueta no requeria molt material addicional.

- **Termòmetre infraroig digital.** El cost ha estat poc econòmic, de 43,52 € + 79,15 € = **122,67 €** en total, ja que, en relació amb el preu del termòmetre homologat (49,99 €), s'ha incrementat un 245,39 %.

Malgrat tot, cal recordar que els proveïdors utilitzats van ser escollits, sobretot, en funció del seu temps d'entrega i que, en realitat, el cost total dels sistemes s'hauria reduït significativament amb venedors internacionals com *eBay* o *Aliexpress*. Per altra banda, per minimitzar el cost de la impressió 3D, podria optar-se per serveis d'impressió *low cost*, malgrat molts d'aquests no ofereixen un assessorament tant personalitzat com els estàndard.

7.1 Anàlisi dels objectius

A continuació, s'analitzarà l'assoliment de cada objectiu (excepte el primer, ja que coincideix amb la pregunta d'investigació i s'ha discutit en l'apartat anterior):

Objectiu 2: Valorar la possible aplicació i implementació dels sistemes creats a la vida real

Termòmetre infraroig digital

- **Preu elevat**, tot i que es pot tractar de reduir al màxim buscant l'opció més econòmica que ofereixen altres proveïdors.
- **Tràmits legals relatius.** El termòmetre s'hauria de sotmetre a un conjunt de proves físiques, químiques, mecàniques, etc., per tal d'acreditar el compliment de les normatives i aconseguir l'homologació.
- **Facilitat d'ús.** Per fer-lo servir, només cal accionar l'interruptor d'encès/apagat i aprendre a fer el recanvi de piles sense alterar connexions del cablejat intern.
- **Fàcil distribució.** Es tracta d'un objecte físic lleuger i portàtil, i el seu transport i/o futura comercialització són còmodes i fàcils de realitzar.

- **Difícil reproducció (per tots els públics).** Construir el termòmetre, de manera autònoma, és més fàcil si es disposen d'alguns coneixements i habilitats previs en el tema. La personalització del disseny és molt complexa i el muntatge electrònic dins el termòmetre és un procés llarg.

Sistema automàtic de control d'aforament

- **Preu assequible.**
- **Molts tràmits legals.** El sistema no només s'hauria de sotmetre a proves per aconseguir l'homologació, sinó que hauria de sofisticar-se encara més per complir totes les normatives del decret 112/2010, de 31 d'agost.
- **Facilitat d'ús.** Només cal aprendre a connectar un dispositiu *Bluetooth* a un *smartphone* o tauleta, desconnectar i connectar l'alimentació de la placa *Arduino* i fer servir l'aplicació.
- **Difícil distribució.** A diferència del termòmetre infraroig, no es tracta d'un sistema mòbil ni portàtil, ja que requereix la seva instal·lació en una porta o en un punt d'accés.
- **Fàcil reproducció (per tots els públics).** Les fotoresistències i els díodes làser són fàcils de fer servir, i el muntatge, en sí, no és gens complex ni llarg. L'únic inconvenient és la instal·lació d'aquest sistema a l'entrada d'un edifici/establiment real, ja que es necessiten suports on poder instal·lar els sensors/làser, i aquests depenen del tipus de porta o entrada en cada cas.

Objectiu 3: Aprofundir els meus coneixements en els camps de l'electrònica, la programació i la robòtica

He pogut aprendre i millorar el nivell de programació amb *Arduino* gràcies la consulta de llibres, fòrums i blogs, a través de molta pràctica i prova i error.

Objectiu 4: Aconseguir que aquest projecte sigui d'utilitat a tercers per tal que puguin crear, per si mateixos, els sistemes proposats

Per aconseguir que el treball servís com a font d'inspiració i guia per promoure iniciatives semblants, s'ha procedit de la següent manera:

- Descripció detallada dels procediments seguits i utilització de molt material gràfic (taules, vídeos i figures).
- Utilització d'enllaços escurçats a la bibliografia i codis QR a l'annex per facilitar la distribució i la reproducció del projecte.

8. Conclusions, valoració personal i possibles extensions de la investigació

La motivació inicial del projecte era clara: aplicar *Arduino* a la realitat per tal de contribuir a la millora d'algun aspecte de la vida humana. Així, ràpidament vaig establir un nexa entre *Arduino* i la lluita contra la COVID-19, doncs volia actuar d'alguna manera davant la present emergència sanitària.

Els resultats obtinguts han demostrat que:

1. ***Arduino* té un ventall d'aplicacions molt ampli.** *Arduino* pot ser aplicat, a banda de l'àmbit quotidià i domèstic, al món sanitari.
2. **És possible crear els sistemes a través de la cultura *DIY (Do It Yourself)*.** Comprar individualment el material necessari, per crear els sistemes un mateix, permet prescindir de les grans empreses que comercialitzen aquests productes sovint a gran escala.
3. **No és necessari adquirir coneixements ni habilitats professionals.** Qualsevol persona, amb més o menys experiència en el tema, podria ser capaç de construir aquests sistemes.

Per altra banda, durant la compleció d'aquest treball he afrontat múltiples dificultats:

- Va ser difícil delimitar l'abast del treball i decidir quins sistemes crear. Per limitacions de temps, finalment vaig triar el sistema automàtic de control

d'aforament i el termòmetre infraroig digital, ja que podrien ser utilitzats sempre i de manera independentment al context de la pandèmia.

- L'estudi de mercat per escollir el material necessari va ser molt complex i, en conseqüència, es va allargar considerablement. Per una banda, vaig dubtar molt sobre quina seria l'opció més rentable, atesa la gran oferta de productes i preus existents en el mercat. Així, considerant el temps d'entrega, el cost d'enviament i el preu del producte com a principals criteris, em vaig decantar per comerços de proximitat.
- Des que vaig començar el projecte, he hagut de realitzar desenes i desenes de proves per modificar, rectificar i intentar millorar els sistemes creats al màxim, tant a nivell de *software* com de *hardware*.
- Alguns components electrònics, com el sensor de temperatura i la placa *Arduino Nano*, eren defectuosos i no funcionament correctament. Això va fer retardar la temporització prevista, ja que vaig haver de contactar amb els proveïdors corresponents i efectuar reclamacions.
- El procés de construcció dels sistemes s'ha allargat més del previst, especialment el del termòmetre infraroig digital, degut que vaig haver de soldar bastants cables.

Finalment, el present treball m'ha suposat un gran repte per superar i ha permès implicar-me en una causa global que, malauradament, segueix afectant-nos a dia d'avui. Tot i les adversitats, considero que l'esforç i el temps dedicats han merescut la pena, i crec fermament que la suma de petites iniciatives poden ajudar a resoldre problemes transversals. Així, he pogut explotar el meu interès en relació a *Arduino* i *interconnectar* diferents disciplines: el desenvolupament d'aplicacions mòbils, el disseny i la impressió 3D, la programació i l'electrònica.

A partir d'aquí, s'obre un nou horitzó per continuar investigant: hi hauria alguna manera sistemàtica de detectar si les persones porten mascareta? És realment fiable aplicar la intel·ligència artificial per detectar la COVID-19 en radiografies pulmonars? Seria possible fabricar un robot desinfectant per control remot?

9. Bibliografia

1. 3DP Project. (2016). Introducción a la impresión 3D. <https://bit.ly/3mFx4gt>
2. 3DPrintsOnDemand. (2018, 13 de juny). Which 3D Printing Filament Should I Use? PLA vs. ABS [figura]. *3DPrintsOnDemand*. <https://bit.ly/3008Jbw>
3. Abax Innovation Technologies. (2020). [Simulació de la impressió generada pel programa de tall] [figura]. <https://bit.ly/2ROV6Hp>
4. Abellán, M. A. (s. d.). *Lección 2: ¿Qué es Arduino?* Programa Ergo Sum. <https://bit.ly/3kRYJJp>
5. Adu-Ampomah, K. E. (2019, 17 de març). Using Resistors for Voltage division [figura]. *Aenics*. <https://bit.ly/2RKuLtZ>
6. Agencia Española de Protección de Datos. (2020). Comunicado de la AEPD en relación con la toma de temperatura por parte de comercios, centros de trabajo y otros establecimientos. <https://bit.ly/33NZgFd>
7. *Arduino Nano*. (s. d.). Arduino. <https://bit.ly/2FIMgJ6>
8. *Arduino Starter KIT Multi-languge*. (s. d.). Arduino. <https://bit.ly/2ZZzPzb>
9. *Arduino UNO Rev3*. (s. d.). Arduino. <https://bit.ly/3kxnjyW>
10. Banggod. (s. d.). *5pcs Espiral Piezo Buzzer 12V Electronic Horn 24V High Decibel Buzzer* [figura]. Banggod. <https://bit.ly/2G1Sy6z>
11. Bazán, J. (2020, 20 de març). Termómetro LÁSER DIY con Arduino #NEXTPCB [vídeo]. YouTube. <https://bit.ly/3ceQ5S1>
12. BricoGeek.com (s. d.). *Interruptor ON/OFF cuadrado* [figura]. Brico Geek. <https://bit.ly/307PHju>
13. BricoGeek.com (s. d.). *Sensor de distancia por ultrasonidos HC-SR04* [figura]. Brico Geek. <https://bit.ly/307PHju>
14. Carranza, C. A. (2007). Vistas de Un Objeto. [Apunts acadèmics]. Universidad Nacional de Rosario. <https://bit.ly/332wjWK>
15. Carrillo, J., Moreno, D. (2020). *Normas APA. 7.ª edición. Guía de citación i referenciación*. Universidad Central de Colombia. <https://bit.ly/332hPX1>
16. Charly. (2015, 16 de setembre). Sensores PIR HC-SR501 [figura]. *Prometec*. <https://bit.ly/3n22Pk3>

17. Cimo. (2018, 5 de maig). *3D printed 5015 radial fan/blower* [figura]. Thingiverse. <https://bit.ly/30040q8>
18. Costello, K. (2019, 21 de gener). Gartner Survey Shows 37 Percent of Organizations Have Implemented AI in Some Form. *Gartner*. <https://gtnr.it/36aGJ8D>
19. Crespo, E. (2016, 29 de juny). Programación Arduino. *Aprendiendo Arduino*. <https://bit.ly/2FR120i>
20. Crespo, E. (2017, 9 de juliol). I2C. *Aprendiendo Arduino*. <https://bit.ly/3kF5a23>
21. Crespo, E. (2018, 14 d'abril). Sensores Arduino. *Aprendiendo Arduino*. <https://bit.ly/3kDbBCU>
22. Crespo, E. (2018, 7 d'abril). IDE Arduino y Configuración. *Aprendiendo Arduino*. <https://bit.ly/3i9PW3w>
23. Del Valle, L. (s. d.). 28. Entorno de desarrollo de Arduino. *Programafacil.com*. <https://bit.ly/3kxmaYa>
24. Del Valle, L. (s. d.). Processing, Wiring y Arduino. *Programafacil.com*. <https://bit.ly/2HoLmln>
25. Douglas, W. (2020, 24 de març). A neural network can help spot Covid-19 in chest x-rays. MIT Technology Review. <https://bit.ly/3cJJfEt>
26. E-ika Electrónica. (s. d.). *Pantalla OLED128x64 I2C* [figura]. E-IKA. <https://bit.ly/3kD8smY>
27. E-ika Electrónica. (s. d.). *Pulsador, 12x12x6mm, 5uds* [figura]. E-IKA. <https://bit.ly/3422qVL>
28. E-ika Electrónica. (s. d.). *Sensor de temperatura remoto GY-906 MLX90614ESF-BAA-000-TU* [figura]. E-IKA. <https://bit.ly/300Sq6L>
29. E3D+VET. (2017). Guia técnica de impresión 3D (resumen). <https://bit.ly/3mIT0XM>
30. Electrónica Embajadores (s. d.). *Regleta Pin 2,54 mm Macho Recto 36 Contactos - 02-800.10.036.10.001* [figura]. Electrónica Embajadores. <https://bit.ly/3i75ipF>
31. ElectronPerdido. (s. d.). *Arduino NANO 3.0 Atmega328 (Clon) (Ref: 0128)*. Electronperdido.com. <https://bit.ly/3mD3qAS>

32. ElectronPerdido. (s. d.). *Arduino, Electrónica, Robótica Y Mucho Más*. Electronperdido.com. <https://bit.ly/3kPdk8e>
33. ElectronPerdido. (s. d.). *Clon Arduino UNO R3 SMD (Ref: 0300)*. Electronperdido.com. <https://bit.ly/3j5e5tv>
34. ELEGOO. (2016). *ELEGOO 120 Piezas de Cable DuPont, 40 Pines Macho-Hembra, 40 Pines Macho-Macho, 40 Pines Hembra-Hembra, Cables Puente para Placas Prototipo (Protoboard) para Arduino* [figura]. <https://amzn.to/2ElzZcG>
35. Elite Enterprises. (s. d.). *LDR Photoresistor Photo Light Sensitive Resistor Light Dependent Resistor* [figura]. IndiaMART. <https://bit.ly/3kNBhNd>
36. *ER-OLED M0.96-1 Series Datasheet-V2.0*. (s. d.). BuyDisplay.com. <https://bit.ly/3mzlkfr>
37. Espanya / Catalunya. Decret 112/2010, de 31 d'agost, pel qual s'aprova el Reglament d'espectacles públics i activitats recreatives. Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya, 7 de setembre, núm. 5709.
38. Espanya. Ministerio de Sanidad. Resolución de 24 de julio de 2020, de la Dirección General de Salud Pública, Calidad e Innovación, relativa a los controles sanitarios a realizar en los puntos de entrada de España y se deroga la Resolución de 29 de junio de 2020. Boletín Oficial del Estado, 30 de juliol de 2020, núm 206, pp. 60010 a 60016.
39. Espanya. Ordre ITC/3708/2006, de 22 de novembre, per la qual es regula el control metrològic de l'Estat dels sistemes per al comptatge i control d'afluència de persones en locals de concurrència pública. Boletín Oficial del Estado, núm. 292, 7 de desembre de 2006, pp. 42990 a 42996.
40. Espanya. Real Decreto-ley 21/2020, de 9 de junio, de medidas urgentes de prevención, contención y coordinación para hacer frente a la crisis sanitaria ocasionada por el COVID-19. Boletín Oficial del Estado, 10 de juny de 2020, núm. 163.
41. Evans, B. W. (2011). *Arduino Programming Notebook*. <https://bit.ly/3mTNmIY>
42. F., Yúbal (2020, 3 d'agost). Qué es Arduino, cómo funciona y qué puedes hacer con uno. *Xataka*. <https://bit.ly/3mMjpUD>

43. F., Yúbal. (2020, 21 d'abril). Bluetooth: diferencias y características de sus clases y versiones. *Xataka*. <https://bit.ly/3mCHihk>
44. Fariza, I. (2020, 20 de juny). El Banco Mundial proyecta para 2020 un desplome del PIB global tres veces mayor que en el peor año de la Gran Recesión. *El País*. <https://bit.ly/35ZP2nE>
45. *Functions*. (s. d.). [Figura]. Arduino. <https://bit.ly/2HnT3ly>
46. Gobierno de Canarias. (s. d.). 3. *Exportamos el modelo con el archivo .STL*. <https://bit.ly/33JBES1>
47. Gosálbez, C. (2020, 21 de juliol). L'Ajuntament de Tarragona compra un dron per vigilar les platges des de l'aire. *Diari Més Digital*. <https://bit.ly/33LbRsD>
48. Grant, M.C., et al. (2020). *The prevalence of symptoms in 24,410 adults infected by the novel coronavirus (SARS-CoV-2; COVID-19): A systematic review and meta-analysis of 148 studies from 9 countries*. *PLOS ONE*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0234765>
49. *Guide for I2C OLED Display with Arduino*. (s. d.). Random Nerd Tutorials. <https://bit.ly/301Zx6f>
50. Guzmán, M. (2020). *Robot continuo actuado con SMA* (Treball de fi de Màster, Universitat Politècnica de Madrid, Comunitat de Madrid). <https://bit.ly/2FJGCGF>
51. [Icona de l'aplicació]. (s. d.). PngFind. <https://bit.ly/3iScCqg>
52. IDI Electrónica. (s. d.). *Módulo Ethernet ENC28J60* [figura]. IDI Electrónica Store. <https://bit.ly/2FIJm7a>
53. IDOIT. (2020). *Termometro Infrarrojos IDOIT termometro infrarrojos sin contacto termometro frontal pantalla digital función de memoria y lecturas precisas y en tiempo real* [figura]. Amazon. <https://amzn.to/3kC18HL>
54. Imprimakers. (s. d.) *6 formas de unir tus piezas impresas en 3D*. <https://bit.ly/3hPXgBf>
55. *Interface OLED Graphic Display Module with Arduino*. (s. d.). Last Minute Engineers. <https://bit.ly/3kL61P3>
56. John, A. (2018, 31 de desembre). How to Send Data to a Google Sheet with MIT App Inventor [vídeo]. YouTube. <https://bit.ly/3mF9xvS>
57. *Language Reference*. (s. d.). Arduino. <https://bit.ly/2ZZHxJA>

58. Llamas, L. (2016, 18 de maig). El bus I2C. *Luis Llamas*. <https://bit.ly/2HnVBGC>
59. Llamas, L. (2016, 2 de juny). Detector de obstacles con sensor infrarrojo y Arduino. *Luis Llamas*. <https://bit.ly/2ZZJbuK>
60. Llamas, L. (2016, 29 d'octubre). Arduino y el termómetro infrarrojo a distancia MLX9014. *Luis Llamas*. <https://bit.ly/30havVR>
61. Llamas, L. (2018, 19 de setembre). Guía básica de introducción a la impresión 3D. *Luis Llamas*. <https://bit.ly/3iPin7U>
62. Llei de Stefan-Boltzmann. (2020, 21 d'agost). *Viquipèdia, l'Enciclopèdia Lliure*. <https://bit.ly/2S7LMhT>
63. Lozano, P. (2016, 6 d'abril). Partes del código Arduino. *Diwo*. <https://bit.ly/33LLfrw>
64. Manufactur3D. (2018, 13 de febrer). 3D Printing Technology Choice: FDM v/s SLA v/s SLS [figura]. *Manufactur3D*. <https://bit.ly/302tZx7>
65. Melexis. (2019). *MLX9014 family. Datasheet Single and Dual Zone. Infra Red Thermometer in TO-39*. Melexis. <https://bit.ly/3i1Hww2>
66. Mellis, D. A. (2006). *Switch*. <https://bit.ly/3cebuL9>
67. Microcontrolador. (2020, 28 de juliol). *Viquipèdia, l'Enciclopèdia Lliure*. <https://bit.ly/2FUJ3WC>
68. *MLX90614 family. Single and Dual Zone. Infra Red Thermometer in TO-39*. (s. d.). SparkFun Electronics. <https://bit.ly/32OwNj2>
69. Mnmaker123. (2019, 7 d'octubre). Arduino Infrared Thermometer. *Thingiverse*. <https://bit.ly/2HnU3MO>
70. MnMakerMan. (2019, 6 d'octubre). Arduino Laser Infrared Thermometer. *Instructables*. <https://bit.ly/33PV5J5>
71. Monk, S. (2011). *Programming Arduino. Getting Started with Sketches*. <https://bit.ly/35VbL4t>
72. Nació Tarragona. (2020, 29 de juny). Tarragona instal·la sensors per controlar l'aforament de les platges. *Nació Tarragona*. <https://bit.ly/3i3fJub>
73. Organización Mundial de la Salud. (2020). *Preguntas y respuestas sobre la enfermedad por coronavirus (COVID-19)*. <https://bit.ly/3mGkhdk>

74. Posada, F. (2019). Creando aplicaciones para móviles Android con MIT App Inventor 2. Observatorio de tecnología educativa, 12. <https://bit.ly/3mF5T55>
75. Potential Labs. (s. d.). *Large 10mm Red LED* [figura]. Potential Labs.
76. Processing. (2018, 3 de març). *Viquipèdia, l'Enciclopèdia Lliure*. <https://bit.ly/3kGd6jA>
77. Redacción Data Center Market. (2019, 18 de desembre). La inteligencia artificial crecerá en Europa un 40% cada año hasta 2022. *Channel Partner*. <https://bit.ly/2RMNODW>
78. Regidor, A. (2016, 22 de novembre). ¿Qué es un archivo .STL? *Impresion3Daily*. <https://bit.ly/3k0iVbU>
79. Robu.in. (s. d.). *Infrared Obstacle Avoidance IR Sensor Module- Good Quality* [figura]. Robu.in. <https://bit.ly/2HoXJ0D>
80. Rodriguez, P. (s. d.). Qué es la resistencia eléctrica y para qué sirve. *Futuro Eléctrico*. <https://bit.ly/33TdhBh>
81. Rohringer, S. (2020, 25 de febrer). Los 25 mejores filamentos para impresoras 3D de 2020. *All3DP*. <https://bit.ly/32NKHSB>
82. *Shield educativa*. (s. d.). [Figura]. Arduino Verkstad. <https://bit.ly/2FIJinW>
83. Simzo. (s. d.). *Termómetro infrarrojo Modelo: HW-F7*. El Corte Inglés. <https://bit.ly/2HnWhf8>
84. *Sketch*. (s. d.). Arduino. <https://bit.ly/33JVUmo>
85. *Slic3r Mode simple*. (s. d.). Impresores 3D. <https://bit.ly/3mXMUmv>
86. *Technical Data Sheet 5 mm Round White LED (T-1 3/4)*. (s. d.). Everlight Electronics. <https://bit.ly/3kBUphg>
87. Tienda letres (s. d.). *Cable impresora USB 2.0 A-B 3GO 1.8 metros - C104* [figura]. Tiendaletres.com. <https://bit.ly/3i7VbAS>
88. Tutorials Point (I) Pvt. Ltd. (2016). *Arduino*. <https://bit.ly/3mTNqSK>
89. Tutorials Point (I) Pvt. Ltd. (s. d.). *Arduino – Functions*. Tutorialspoint. <https://bit.ly/35YhmXH>
90. Universidad Autónoma de Madrid. (2020, 10 de juny). *Guía para encontrar legislación y jurisprudencia: Citar legislación y jurisprudencia*. <https://bit.ly/2EG07PO>

91. Villalpando, J. A. (s. d.). 9F.- Arduino envía el valor de un ultrasonido a Android. KIO4. <https://bit.ly/33IIB5T>
92. *What is Arduino?* (s. d.). Arduino. <https://bit.ly/33PVbjV>
93. *What is Arduino?* (s. d.). STEMpedia. <https://bit.ly/3kDVzZj>
94. What is open source? (s. d.). Opensource.com. <https://red.ht/3kzXrSQ>
95. Worldometers (2020, 12 d'octubre). COVID-19 CORONAVIRUS PANDEMIC. *Worldometers.info*. <https://bit.ly/2GZKEKW>



Aquesta obra està subjecta a la llicència de
Reconeixement-NoComercial 4.0 Internacional Creative Commons.

Per veure una còpia de la llicència, visiteu
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>.

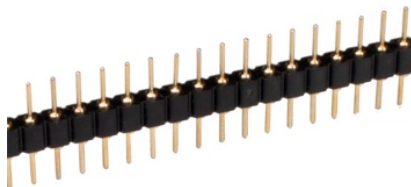
10. Annex

Figura 71. Cable USB-A a USB-B.



Font: Tienda ietres (s. d.).

Figura 72. Regleta connector mascle recte.

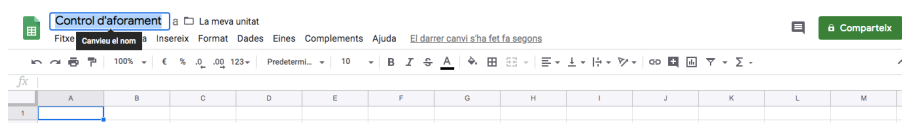


Font: Electrónica Embajadores (s. d.)

Passos per enviar dades a un full de càlcul de *Google* a través de *MIT App Inventor*

1. Crear un full de càlcul de *Google* i anomenar-lo “Control d’aforament”.

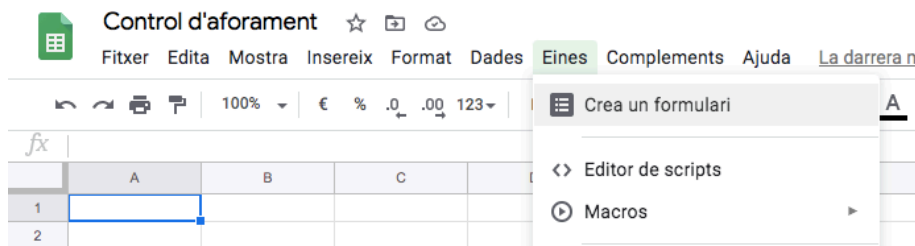
Figura 73. Pas 1 (enviar dades a un full de càlcul de *Google* per *MIT App Inventor*).



Font: elaboració pròpia a partir de *Google Sheets*.

2. Anar a *Eines* > *Crea un formulari*.

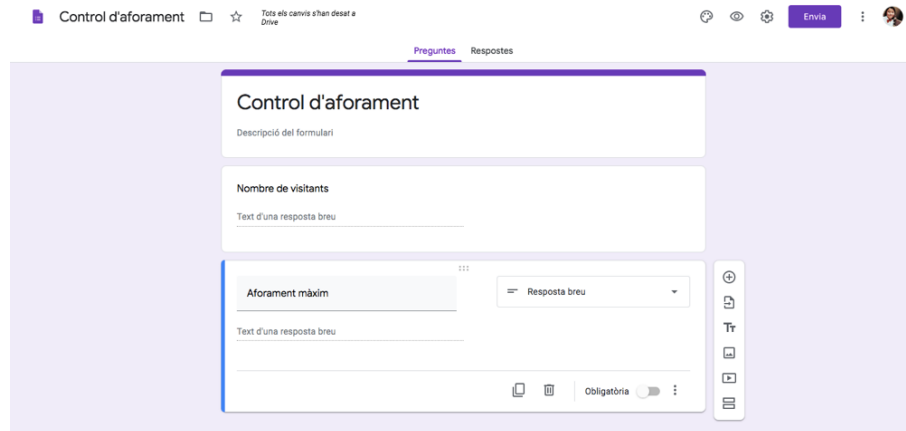
Figura 74. Pas 2 (enviar dades a un full de càlcul de *Google* per *MIT App Inventor*).



Font: elaboració pròpia a partir de *Google Sheets*.

3. Afegir dues preguntes de resposta breu. Posar a la primera pregunta “Nombre de visitants” i, a la segona, “Aforament màxim”.

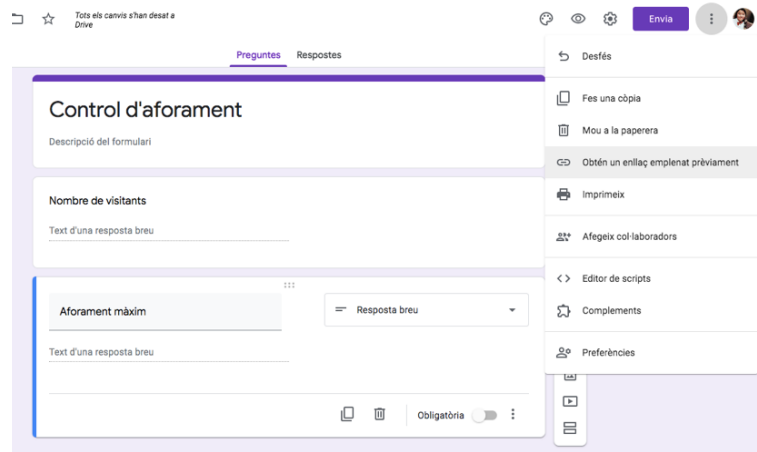
Figura 75. Pas 3 (enviar dades a un full de càlcul de Google per MIT App Inventor).



Font: elaboració pròpia a partir de Google Forms.

4. Anar a *Més* > *Obtén un enllaç emplenat prèviament*:
["https://docs.google.com/forms/d/1BT4v1C77OrFxUaDlpRpxQTKWMxNqE8XHweEytKwI5kU/prefill"](https://docs.google.com/forms/d/1BT4v1C77OrFxUaDlpRpxQTKWMxNqE8XHweEytKwI5kU/prefill).

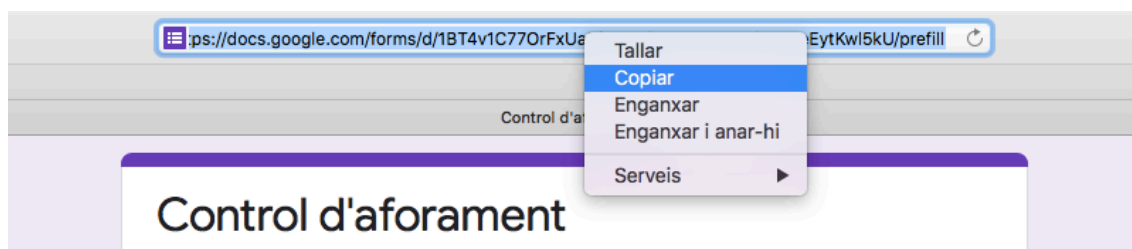
Figura 76. Pas 4 (enviar dades a un full de càlcul de Google per MIT App Inventor).



Font: elaboració pròpia a partir de Google Forms.

5. Copiar l'URL de la nova pestanya oberta.

Figura 77. Pas 5 (enviar dades a un full de càlcul de Google per MIT App Inventor).



Font: elaboració pròpia a partir de Google Forms.

6. Anar al projecte de MIT App Inventor i accedir a l'editor de blocs. A l'URL posar l'enllaç copiat en un bloc de text, i substituir el fragment "prefill" per "formResponse".

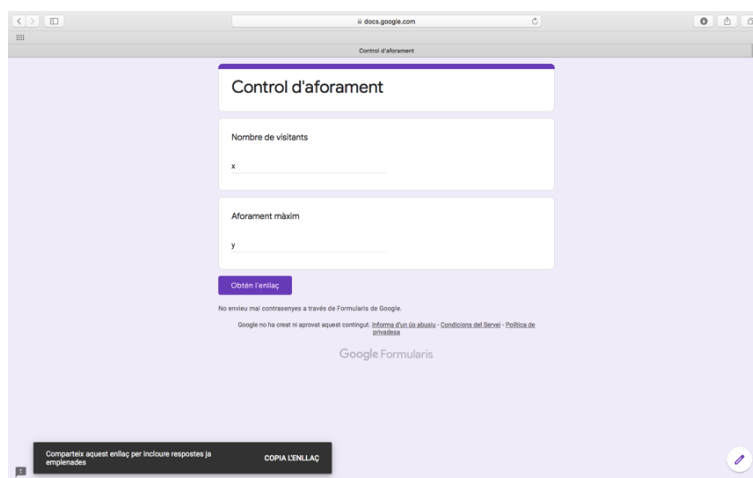
Figura 78. Pas 6 (enviar dades a un full de càlcul de Google per MIT App Inventor).



Font: elaboració pròpia a partir de MIT App Inventor.

7. Tornar a la pestanya anterior i emplenar el formulari: escriure una "x" com a resposta a la pregunta *Nombre de visitants*, i una "y" com a resposta a la pregunta *Aforament màxim*: "y". Tot seguit, clicar *Obtén l'enllaç* i, després, *Copia l'enllaç*.

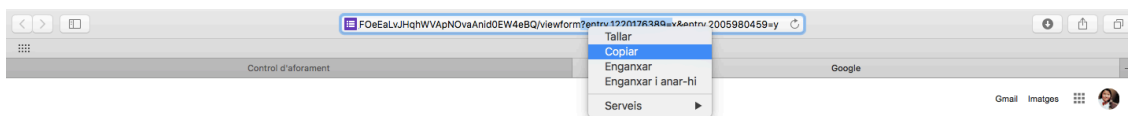
Figura 79. Pas 7 (enviar dades a un full de càlcul de Google per MIT App Inventor).



Font: elaboració pròpia a partir de Google Forms.

- Obrir una nova pestanya i enganxar l'URL a la barra de direccions. Seleccionar i copiar el fragment “?entry.1220176389=”.

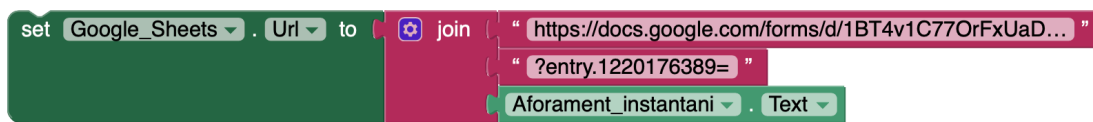
Figura 80. Pas 8 (enviar dades a un full de càlcul de Google per MIT App Inventor).



Font: elaboració pròpia a partir de Safari.

- Tornar a l'editor de blocs de MIT App Inventor i afegir un nou bloc de text per enganxar-hi el fragment copiat. Afegir el bloc “Aforament_instantani.Text”.

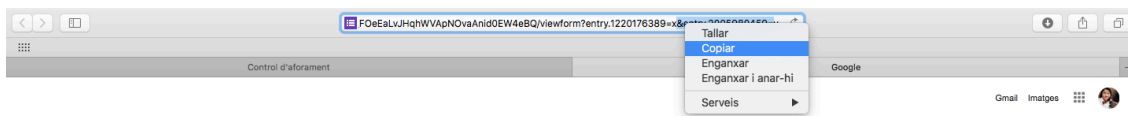
Figura 81. Pas 9 (enviar dades a un full de càlcul de Google per MIT App Inventor).



Font: elaboració pròpia a partir de MIT App Inventor.

- Repetir els passos 7 i 8, però, aquest cop, copiant el fragment “&entry.2005980459=”.

Figura 82. Pas 10 (I) (enviar dades a un full de càlcul de Google per MIT App Inventor).



Font: elaboració pròpia a partir de Safari.

Figura 83. Pas 10 (II) (enviar dades a un full de càlcul de Google per MIT App Inventor).



Font: elaboració pròpia a partir de MIT App Inventor.

- Tot seguit, afegir el bloc “trucar a Google_Sheets.Get”.

Figura 84. Pas 11 (enviar dades a un full de càlcul de Google per MIT App Inventor).



Font: elaboració pròpia a partir de MIT App Inventor.

Sketch definitiu: control automàtic d'aforament

```
// Definim les variables globals.
int ldr1, ldr2, ldr_value1, ldr_value2;
const int llindar = 1000;
/* El sensor LDR retorna un valor analògic (de 0 a 1023):
 * Detecció del visitant: ON --> llindar >= 1000
 * Detecció del visitant: OFF --> llindar < 1000
 */
int comptador = 0; // El compte inicial comença en 0 visitants.
String estat = "etapa 0"; // L'estat del comptador inicial és l'etapa 0.

// Definim els pins dels perifèrics.
#define ldrPin1 A1
#define ldrPin2 A0
#define laser1 12
#define laser2 13

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  /* Estableix la velocitat de dades en bits per segon (baud) per a la
  transmissió de dades en sèrie. Permet comunicar-se amb el monitor serial. */
  enviamentActivat(); // Truquem la funció.

  // Definim els pins com a entrades o sortides.
  pinMode(laser1,OUTPUT);
  pinMode(laser2,OUTPUT);
  pinMode(ldrPin1,INPUT);
  pinMode(ldrPin2,INPUT);

  // Encenem els làsers.
  digitalWrite(laser1,HIGH);
  digitalWrite(laser2,HIGH);
}

void loop() {
  // Llegim el valor analògic que retornen els sensors LDR.
  ldr1 = analogRead(ldrPin1);
  ldr2 = analogRead(ldrPin2);
```

```
//1- sortida: etapa 0-etapa 1
if (ldr1 >= llindar && ldr2 < llindar && estat == "etapa 0") {
    estat = "sortida: etapa 1"; }

    //sortida.B: tornada a etapa 0 (etapa 1-etapa 0)
    if (ldr1 < llindar && ldr2 < llindar && estat == "sortida: etapa 1") {
        estat = "etapa 0"; }

//2- sortida.A: etapa 1-etapa 2
if (ldr1 >= llindar && ldr2 >= llindar && estat == "sortida: etapa 1") {
    estat = "sortida: etapa 2"; }

    // sortida.A.B.a: tornada a etapa 1 (etapa 2-etapa 1)
    if (ldr1 >= llindar && ldr2 < llindar && estat == "sortida: etapa 2") {
        estat="sortida: tornada a etapa 1"; }

    // sortida.A.B.b: tornada a etapa 0 (etapa 1-etapa 0)
    if (ldr1 < llindar && ldr2 < llindar && estat == "sortida: tornada a
etapa 1") {
        estat = "etapa 0"; }

//3- sortida.A.A: etapa 2-etapa 3
if (ldr1 < llindar && ldr2 >= llindar && estat == "sortida: etapa 2") {
    estat="sortida: etapa 3"; }

    // sortida.A.A.B.a: tornada a etapa 2 (etapa 3-etapa 2)
    if (ldr1 >= llindar && ldr2 >= llindar && estat == "sortida: etapa 3") {
        estat="sortida: tornada a etapa 2"; }

    // sortida.A.A.B.b: tornada a etapa 1 (etapa 2-etapa 1)
    if (ldr1 >= llindar && ldr2 < llindar && estat == "sortida: tornada a
etapa 2") {
        estat ="sortida: tornada a etapa 1 x2"; }

    // sortida.A.A.B.c: tornada a etapa 0 (etapa 1-etapa 0)
    if (ldr1 < llindar && ldr2 < llindar && estat == "sortida: tornada a
etapa 1 x2") {
        estat = "etapa 0"; }

//4- sortida.A.A.A: etapa 3-etapa 0
if (ldr1 < llindar && ldr2 < llindar && estat == "sortida: etapa 3") {
    estat = "etapa 0"; // Tornem a l'etapa 0.
    comptador=comptador-1; // Restem una unitat al compte.
    enviamentActivat(); // Truquem la funció.
}

/////
//1- entrada: etapa 0-1
if (ldr1 < llindar && ldr2 >= llindar && estat == "etapa 0") {
    estat="entrada: etapa 1"; }

    // entrada.B: etapa 1 - etapa 0
    if (ldr1 < llindar && ldr2 < llindar && estat == "entrada: etapa 1") {
        estat = "etapa 0"; }
```

```
//2- entrada.A: etapa 1 - etapa 2
if (ldr1 >= llindar && ldr2 >= llindar && estat == "entrada: etapa 1") {
    estat = "entrada: etapa 2"; }

    // entrada.A.B.a: tornada a etapa 1 (etapa 2 - etapa 1)
    if (ldr1 < llindar && ldr2 >= llindar && estat == "entrada: etapa 2") {
        estat = "entrada: tornada a etapa 1"; }

    // entrada.A.B.b: tornada a etapa 0 (etapa 1 - etapa 0)
    if (ldr1 < llindar && ldr2 < llindar && estat == "entrada: tornada a
etapa 1") {
        estat = "etapa 0"; }

//3- entrada.A.A: etapa 2 - etapa 3
if (ldr1 >= llindar && ldr2 < llindar && estat == "entrada: etapa 2") {
    estat = "entrada: etapa 3"; }

    // entrada.A.A.B.a: tornada a etapa 2 (etapa 3 - etapa 2)
    if (ldr1 >= llindar && ldr2 >= llindar && estat == "entrada: etapa 3") {
        estat = "entrada: tornada a etapa 2"; }

    // entrada.A.A.B.b: tornada a etapa 1 (etapa 2 - etapa 1)
    if (ldr1 < llindar && ldr2 >= llindar && estat == "entrada: tornada a
etapa 2") {
        estat = "entrada: tornada a etapa 1 x2"; }

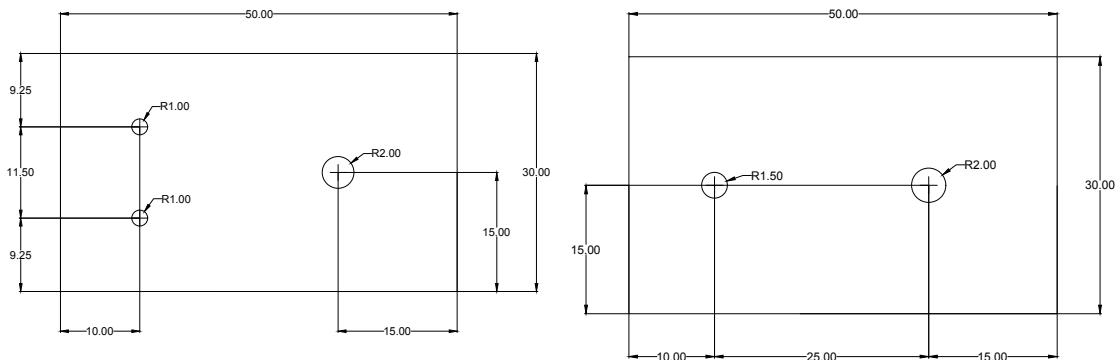
    // entrada.A.A.B.c: tornada a etapa 0 (etapa 1 - etapa 0)
    if (ldr1 < llindar && ldr2 < llindar && estat == "entrada: tornada a
etapa 1 x2") {
        estat = "etapa 0"; }

//4- entrada.A.A.A: etapa 3 - etapa 0
if (ldr1 < llindar && ldr2 < llindar && estat == "entrada: etapa 3") {
    estat = "etapa 0"; // Tornem a l'etapa 0.
    comptador=comptador+1; // Sumem una unitat al compte.
    enviamentActivat(); // Truquem la funció.
}

    if (Serial.read() == 'x') {
        enviamentActivat(); }
}

void enviamentActivat() {
    Serial.println(comptador);
    delay(500); }
```


Figura 85. Ubicació dels orificis en la peça metàl·lica per al díode làser (esquerra) i la fotoresistència (dreta).



Nota: Dibuixos no a escala.

Font: elaboració pròpia a partir del *software* AutoCAD.

Apartat A de l'Annex III (DECRET 112/2010, de 31 d'agost)

Sistemes de control d'aforament

A) Requeriments tècnics dels sistemes de control d'aforament

1. Els sistemes han d'estar homologats segons l'Ordre ITC/3708/2006, de 22 de novembre.
2. Els sistemes han de ser immunes als efectes de la llum de l'espectre visible, de longitud d'ona entre 400 i 700 nm i de manera especial als raigs d'alta potència de tipus làser de color verd (532 nm) i vermell (635-650 nm), atès el seu ús habitual en els establiments. A més, han de poder funcionar correctament en qualsevol condició lumínica. En aquest sentit, els sistemes han d'incorporar tot allò que sigui necessari per garantir un funcionament correcte en aquestes condicions.
3. Els sistemes han de ser immunes als efectes de les ones de pressió sonora, en la banda de freqüències de 20 a 20.000 Hz, amb independència del nivell de pressió sonora.
4. Els sistemes han de funcionar amb sensors de pas no intrusius i han de poder comptar les persones que circulin en ambdós sentits (entrant i sortint), de manera simultània, d'acord amb les condicions establertes en l'apartat B.1.2.
5. S'admet un marge d'error en el comptatge instantani de més/menys el 2 per cent per una afluència total de 500 persones en les condicions establertes en l'apartat B.1.2.
6. Els sistemes no poden representar cap obstacle a la lliure circulació de les persones, ni ser susceptibles de provocar accidents de tipus elèctrics o mecànics.
7. Un cop posats en funcionament, els sistemes han de detectar i enregistrar en el registre d'incidències tècniques aquelles alteracions, intencionades o fortuïtes, de qualsevol mena que afectin la lectura dels sensors, el cablejat, el funcionament de la unitat central i, en definitiva, el funcionament normal del sistema en la seva totalitat.

8. Els sistemes han de ser configurats, gestionats i mantinguts únicament mitjançant un accés amb identificació d'usuaris i contrasenyes, definits per l'instal·lador o fabricant en el moment de la seva posada en marxa. L'operador de l'establiment, espectacle o activitat només pot tenir accés a funcions de lectura de dades i seguiment de l'estat de funcionament del sistema, sempre mitjançant la seva identificació com a usuari diferenciat i amb la seva contrasenya particular.

9. Els sistemes han de disposar d'ordinador personal o dispositiu d'emmagatzematge compatible amb sistema operatiu Windows com a dispositiu d'emmagatzematge no volàtil de dades. Aquestes dades no poden ser creades, esborrades ni manipulades per agents externs.

10. El sistema ha d'enregistrar mostres en una periodicitat de deu segons. Cada mostra ha de registrar:

Data i hora (HH:MM:SS) de la mostra.

Nombre total d'entrades des de la posada a "0".

Nombre total de sortides des de la posada a "0".

Alarmes actives en el moment de la mostra.

11. Aquestes dades s'han de guardar en els corresponents fitxers de dades, que han de tenir l'estructura i mesures de seguretat definides pel departament competent en matèria d'espectacles públics i activitats recreatives, de manera que el programari d'inspecció pugui realitzar-ne la lectura i posterior tractament.

12. Les dades emmagatzemades han de poder descarregar-se per l'inspector mitjançant una connexió amb cable entre sistema de control d'aforament i el PC amb el qual s'ha de realitzar la inspecció, utilitzant els protocols de comunicació establerts pel departament competent en matèria d'espectacles públics i activitats recreatives. Els sistemes han d'assegurar l'autenticitat i integritat del fitxer de dades descarregat.

13. Durant els processos de consulta o de descàrrega de fitxers els sistemes han de seguir comptant l'aforament sense alteració.

14. Les dades enregistrades s'han d'emmagatzemar pel període mínim establert en la normativa.

15. En cas de fallada elèctrica que impedeixi el correcte funcionament del sistema, el sistema de comptatge ha d'emmagatzemar en memòria l'última dada d'aforament vàlida. En el moment del restabliment del corrent elèctric s'ha de continuar comptant des de l'última dada vàlida i s'ha de registrar el moment de fallada i de restabliment del corrent elèctric.

16. Els sistemes han de tenir com a mínim un dispositiu visualitzador en temps real de l'aforament, de tipus panell lluminós o monitor, amb dígit de mides superiors o iguals a 150 mm d'alçada i 90 mm d'amplada. La informació que ha de visualitzar és:

1. Aforament instantani.
 2. Aforament màxim del local.
 3. Indicació d'excés d'aforament.
 4. Indicador de sistema fora de servei.
17. En cas de fallada d'alimentació elèctrica que impedeixi el correcte funcionament del visor, el dispositiu visualitzador ha de mostrar com a mínim durant 60 minuts l'última informació d'aforament vàlida i informar de la fallada.

 Taula 24. Paràmetres tècnics del termòmetre infraroig homologat (model *HW-F7* de l'empresa *IDOIT*).

Paràmetres tècnics		
Distància efectiva	De 5 a 8 cm	
Interval de mesura	Cos humà	de 34,0 a 43,0 °C
	Objectes	de 0 a 93 °C
Precisió de mesura (cos humà)	± 0,2 °C durant 34,0 i 42,0 °C ± 0,3 °C durant 42,1 i 43,0 °C	
Resolució	0,1 °C	
Condicions de funcionament	de 15 °C a 40 °C (temperatura ambient)	
Condicions d'emmagatzematge	de -25 a 55 °C (temperatura ambient)	
Temps de mesura	Inferior a 1 segon	
Font d'alimentació	2x1,5 V AAA	
Memòria	Emmagatzematge de les 10 últimes lectures	
Pantalla	Pantalla LCD <i>retroil·luminada</i> de 3 colors (vermell, verd, taronja)	
Escala de lectura	Celsius o Fahrenheit	
Apagat	Automàtic de 30 segons	
Mida	170 x 55 x 95 mm	
Pes net	160 g	

Font: adaptat de Simzo (s. d.).

Taula 25. Paràmetres tècnics del termòmetre infraroig digital creat.

Paràmetres tècnics	
Distància efectiva	De 3 a 5 cm.
Interval de mesura	Objecte -40 a 125 °C
	Ambient -70 a 380 °C
Precisió/resolució de mesura (ambdós modes)	± 0,02 °C durant 0 a 50 °C ± 0,5 °C fora del rang anterior
Angle de detecció	80°
Condicions de funcionament	de -40 °C a 85 °C
Condicions d'emmagatzematge	de -40 °C a 125 °C
Temps de mesura	Inferior a 1 segon
Font d'alimentació	4x1,5 V AA
Memòria	Sense memòria
Pantalla	Pantalla OLED de 0,96" i 128 x 64 píxels
Escala de lectura	Celsius o Fahrenheit
Apagat	manual accionant un interruptor d'encès/apagat
Mida aproximada	166,80 x 80,50 x 35,00 mm
Pes brut	143 g
Material de la pistola	àcid polilàctic (PLA)

Font: elaboració pròpia.

Paràmetres tècnics i detalls de la impressió 3D

- Diàmetre de la *boquilla*: 0,4 mm
- Altura de capa: 0,2 mm
- Gruix de paret: 1,32 mm
- Gruix superior i inferior: 1,2 mm
- Temperatura d'impressió 215 °C
- Temperatura del llit d'impressió: 60 °C
- Velocitat d'impressió: 75 mm/s
- Densitat *infill*: 25%

Sketch definitiu: termòmetre infraroig digital

```
#include <Wire.h> // Comunicació I2C

// Pantalla OLED 0,96"
#include <Adafruit_SSD1306.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
Adafruit_SSD1306 display(128, 64, &Wire, -1); /* display(AMPLADA, ALTURA,
&Wire, BOTÓ RESET) */

// Sensor de temperatura
#include <Adafruit_MLX90614.h>
Adafruit_MLX90614 mlx = Adafruit_MLX90614();
float tempC; // tempC és una variable de tipus decimal (float)
float tempF; // tempF és una variable de tipus decimal (float)

// Definim els pins dels perifèrics de sortida.
#define buzzerPin 12
#define laserPin 9
#define ledVermell 5
#define ledGroc 4
#define ledVerd 6

// Configurem els pins dels 2 polsadors.
#define polsadorPin 2
int estat = HIGH;

#define polsadorPin_CF 3
String unitatsTemp = "Celsius";
int lecturaAnteriorPolsador_CF = LOW;
long time = 0;
long rebot = 50;

void setup() {
  // Definim els pins digitals com a entrades o sortides.
  pinMode(ledVerd, OUTPUT);
  pinMode(ledGroc, OUTPUT);
  pinMode(ledVermell, OUTPUT);
  pinMode(laserPin, OUTPUT);
  pinMode(buzzerPin, OUTPUT);
  pinMode(polsadorPin, INPUT_PULLUP); /* INPUT_PULLUP elimina l'ús de
resistències elèctriques externes */
  pinMode(polsadorPin_CF, INPUT);
  mlx.begin(); // Inicialitzem el sensor de temperatura.
  display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C); /* Inicialitzem la pantalla OLED
(0x3C es refereix a la direcció I2C). */
  pantallaInici(); // Truquem la funció.
}

void pantallaInici() {
  display.clearDisplay(); // Netegem la pantalla.
  display.setTextColor(WHITE);
  display.setTextSize(2); // Configurem la mida del text.
  display.setCursor(8, 30); // Comencem a escriure a les coordenades (x, y).
```

```
display.print("Processant");
display.display(); // Executem les funcions display anteriors.
delay(3000); // Pausem el programa 3 segons.
tempCorrecta(); // Truquem la funció.
display.clearDisplay(); // Netegem la pantalla.
display.display(); // Executem les funcions display anteriors.
}

void loop() {
  escalaTemp(); // Truquem la funció.

  estat = digitalRead(poladorPin); /* Llegim l'estat de pulsació del
polador. */
  if (estat == LOW) { // Si està polsat...
    analogWrite(laserPin, 1); /* S'encén el làser (1 indica la intensitat de
brillantor, que va de 1 a 255 perquè es tracta d'una sortida PWM). */
    lecturaTemp(); // Truquem la funció: es mostra el valor de la temperatura.
    indicacioTemp(); // Truquem la funció: algun LED s'encén i s'emet un so.
  }
  else if (estat == HIGH) { // Si no està polsat...
    analogWrite(laserPin, 0); // s'apaga el làser (0 equival a LOW).
  }
}

void lecturaTemp() {
  tempC = mlx.readObjectTempC(); /* La variable tempC emmagatzema la funció
que mesura la temperatura de l'objecte en °C. */
  tempF = mlx.readObjectTempF(); /* La variable tempF emmagatzema la funció
que mesura la temperatura de l'objecte en °F. */

  display.clearDisplay(); // Netegem la pantalla.
  display.setTextColor(WHITE);
  if (unitatsTemp == "Celsius") {
    display.setCursor(8,20); // Comencem a escriure a les coordenades (x, y).
    display.setTextSize(4); // Configurem la mida del text.
    display.print(tempC,1); /* L'1 indica la quantitat de xifres decimals
(variable del tipus float). */
    display.setTextSize(2,2); /* factors que multipliquen la mida de la font:
(2 * x, 2 * y) */
    display.print("\tC"); // "\t" equival al símbol de graus (°)
  }
  if (unitatsTemp == "Fahrenheit") {
    if (tempF < 100.0) { // Si tempF és menor que 100,0 ...
      display.setTextSize(4); // Configurem la mida del text.
      display.setCursor(8,20); /* Comencem a escriure a les coordenades
(x, y). */
    }
    else {
      display.setTextSize(3); // Configurem la mida del text.
      display.setCursor(10,25); /* Comencem a escriure a les coordenades
(x, y). */
    }
    display.print(tempF,1); /* L'1 indica la quantitat de xifres decimals
(variable del tipus float). */
  }
}
```

```
    display.setTextSize(2,2); /* factors que multipliquen la mida de la font:
(2 * x, 2 * y) */
    display.print("\tF"); // "\t" equival al símbol de graus (°)
}
display.display(); // Executem les funcions display anteriors.
}

void escalaTemp() {
    int lecturaPolsador_CF = digitalRead(polsadorPin_CF); /* Llegim l'estat de
pulsació del polsador C/F. */

    if (lecturaPolsador_CF == HIGH && lecturaAnteriorPolsador_CF == LOW &&
millis() - time > rebot) {
        /* Si el polsador no estava pulsat i ara sí, i, a més, el temps de
pulsació és més gran que el temps de rebot (50 ms)... */
        if (unitatsTemp == "Celsius") { /* Si les unitats de la temperatura estan
en °C ... */
            unitatsTemp = "Fahrenheit"; // es canvien a °F.
        }
        else if (unitatsTemp == "Fahrenheit") { // Si estan en °F...
            unitatsTemp = "Celsius"; // es canvien a °C.
        }
        time = millis(); /* Compta el temps des de l'inici de l'execució del
sketch en mil·lisegons. */
    }
    lecturaAnteriorPolsador_CF = lecturaPolsador_CF; /* Ara, les dues lectures
estan en el mateix estat (LOW o bé HIGH). */
}

void indicacioTemp() {
    if (tempC >= 34.0 && tempC < 37.5 ) { /* Si tempC és major o igual que 34,0
i menor que 37,5 ... */
        tempNormal(); } /* truquem la funció: s'encén el LED verd i s'emet el so
de la temperatura correcta. */

    if (tempC >= 37.5 && tempC < 38.0) { /* Si tempC és major o igual que 37,5 i
menor que 38,0 ... */
        febreLleu(); } /* truquem la funció: s'encén el LED groc i s'emet el so de
la temperatura incorrecta. */

    if (tempC >= 38.0 && tempC <= 43.0) { /* Si tempC és major o igual que 38,0
i menor o igual que 43,0 ... */
        febreAlta(); } /* truquem la funció: s'encén el LED vermell i s'emet el so
de la temperatura incorrecta. */

    if (tempC < 34.0 || tempC > 43.0) { /* Si tempC és menor que 34,0 0 BÉ
major que 43,0 ... */
        tempAnormal(); } /* truquem la funció: s'encén el LED vermell i es mostra
"Lo" o "Hi", respectivament. */
}

void tempNormal() { /* S'apaguen els díodes LED groc i vermell i s'encén el
verd. S'emet el so de la temperatura correcta. */
    digitalWrite(ledVerd, HIGH);
```

```
digitalWrite(ledGroc, LOW);
digitalWrite(ledVermell, LOW);
tempCorrecta();
}

void febreLleu() { /* S'apaguen els díodes LED verd i vermell i s'encén el
groc. S'emeta el so de la temperatura incorrecta. */
digitalWrite(ledVerd, LOW);
digitalWrite(ledGroc, HIGH);
digitalWrite(ledVermell, LOW);
tempIncorrecta();
}

void febreAlta() { /* S'apaguen els díodes LED verd i groc i s'encén el
vermell. S'emeta el so de la temperatura incorrecta. */
digitalWrite(ledVerd, LOW);
digitalWrite(ledGroc, LOW);
digitalWrite(ledVermell, HIGH);
tempIncorrecta();
}

void tempAnormal(){ /* S'apaguen els Díodes LED verd i groc i s'encén el
vermell. S'emeta el so de la temperatura correcta. */
display.clearDisplay(); // Netegem la pantalla.
display.setTextSize(4); // Configurem la mida del text.
display.setCursor(45, 25); // Comencem a escriure a les coordenades (x, y).
if (tempC < 34.0) { // Si la temperatura és menor que 34,0 ...
display.print("Lo"); // es mostra "Lo".
}
if (tempC > 43.0) { // Si la temperatura és major que 43,0 ...
display.print("Hi"); // es mostra "Hi".
}
display.display(); // Executem les funcions display anteriors.
febreAlta(); /* Truquem la funció: s'encén el LED vermell i s'emeta el so de
la temperatura incorrecta. */
}

void tempCorrecta() { // S'emeten dos "beeps" curts.
digitalWrite(buzzerPin, HIGH);
delay(110);
digitalWrite(buzzerPin, LOW);
delay(110);
digitalWrite(buzzerPin, HIGH);
delay(110);
digitalWrite(buzzerPin, LOW);
}

void tempIncorrecta() { // S'emeta 1 "beep" llarg.
digitalWrite(buzzerPin, HIGH);
delay(500);
digitalWrite(buzzerPin, LOW); }
```


Taula 26. Dimensions i massa de les peces impreses.

Article	Dimensions (mm)	Massa (g)
Cos	80,50 x 35,00 x 166,80	106,00
Tapa de la bateria	41,75 x 35,00 x 138,00	23,00
Tapa superior	28,50 x 58,00 x 5,00	8,00
Boqueta	7,75 x 35,00 x 30,00	6,00

Font: elaboració pròpia.

Galeria de codis QR

1. Simulació virtual del termòmetre infraroig: <https://a360.co/2ZrqxT6>
2. Animació del termòmetre infraroig: <https://bit.ly/video-animacio-termometre>
3. Aplicació mòbil: <https://bit.ly/app-control-aforament>
4. *Sketch*: control automàtic d'aforament: <https://bit.ly/sketch-control-aforament>
5. *Sketch*: configuració del mòdul *Bluetooth*:
<https://bit.ly/sketch-config-Bluetooth>
6. *Sketch*: termòmetre infraroig: <https://bit.ly/sketch-termometre-infraroig>

Figura 86. Galeria de codis QR.



1



2



3



4



5



6

Font: elaboració pròpia.