

---

This is the **published version** of the bachelor thesis:

Dot Mariano, Anna; Montón i Macián, Màrius, dir. Smart Hob : Dispositiu per convertir les vitroceràmiques en intel·ligents. 2021. (958 Enginyeria Informàtica)

---

This version is available at <https://ddd.uab.cat/record/257790>

under the terms of the  license

# Smart Hob: Dispositiu per convertir les vitroceràmiques en intel·ligents

Anna Dot Mariano

**Resum**—El projecte té com a finalitat elaborar un dispositiu capaç de controlar una vitroceràmica elèctrica oferint-li addicionalment connexió WiFi. Així com la capacitat per ser controlada des de la xarxa. A més també s'afegeix un sistema de pesatge i s'explora com influeix la temperatura en les cèl·lules de càrrega i les mesures obtingudes. Es busca una solució senzilla i barata per apaivagar aquest efecte, intentant establir una relació entre les mesures aconseguides i els graus Celsius, buscant un coeficient que els relacioni. La finalitat d'aquest sistema és facilitar l'accés a cuines intel·ligents i automatitzades a la població, ja que les opcions del mercat són escasses i amb un cost elevat.

**Paraules clau**— esp32, vitroceràmica intel·ligent, hx711, balança, Firebase, apds-9960, sensors capacitius, control remot, temperatura, cèl·lula de càrrega, Free RTOS.

**Abstract**— The aim of this project is to develop a device able to control an electric hob and providing WiFi connection to be controlled from the network. In addition, a weighing system is added and it is explored how the temperature influences the load cells and the measurements obtained. A cheap solution is sought to alleviate this effect, trying to establish a relationship between the measurements obtained and the degrees Celsius, looking for a coefficient that relates them. The purpose of this system is to facilitate access to smart and automated kitchens, as market options are scarce and at a high cost.

**Keywords**— esp32, smart hob, hx711, scale, Firebase, apds-9960, capacitive sensors, remote control, temperature, load cell, FreeRTOS.

## 1 INTRODUCCIÓ

**A**CTUALMENT, els dispositius IoT es troben cada vegada més presents en el nostre dia a dia, podem trobar des de bombetes intel·ligents fins a aspiradors. Tanmateix, si busquem tenir una cuina connectada veurem que les opcions generalment són limitades.

Aquest projecte es centra específicament en les vitroceràmiques. Es vol aconseguir facilitar-ne el funcionament, proveint als usuaris una aplicació web per poder tenir el control total des de la butxaca. A més, també es proporcionaran receptes senzilles i variades, guiades pas a pas i automatitzades.

Addicionalment, es monitorarà la presència humana com

- E-mail de contacte: [anna.dot@autonoma.cat](mailto:anna.dot@autonoma.cat)
- Menció realitzada: Enginyeria de Computadors
- Treball tutoritzat per: Màrius Montón Macián (Microelectrònica i Sistemes Electrònics)
- Curs 2021/22

a mesura de seguretat. Així doncs, segons l'asseguradora AXA, a Espanya, el 60% d'incendis que es van produir en les llars durant el 2019 van començar en la cuina i específicament el 74% es van deure a una paella oblidada al foc [1]. Per altra banda, segons un informe de 2020 de Unespa un 78,04% d'incendis assegurats es van produir en llars [2].

El projecte consisteix a desenvolupar un sistema, integrat en les vitroceràmiques, el qual permeti controlar-les remotament, consultar l'estat, crear o dur a terme receptes guiades en temps real i monitorar la presència humana des d'una aplicació web. A més, comptarà amb una bàscula acoblada per a facilitar l'automatització de les receptes.

Si bé és cert que existeix alguna opció molt completa al mercat, són poc flexibles i suposen una gran inversió per part del consumidor. Més endavant les analitzarem.

En els següents apartats tractarem els objectius del treball, la implementació hardware i software, la metodologia, la comunicació entre el edge-device-cloud, una avaluació de costos estimada, l'estat de l'art, el desenvolupament dut a terme i per últim els resultats i les conclusions.

## 2 OBJECTIUS

Pel que fa als objectius, en vaig definir cinc d'específics. Són els següents:

1. Integrar el MCU a la vitroceràmica per controlar els diferents focs de forma independent i monitorar-los.
2. Implementar un sistema de pesatge per a poder pesar els aliments en temps real.
3. Desenvolupar una aplicació web per a controlar i consultar l'estat de la vitroceràmica en temps real.
4. Monitorar la presència humana com a mesura de seguiment del sistema.
5. Definir una opció per poder automatitzar l'elaboració d'aliments, així com guiar a l'usuari de forma personalitzada.

D'aquests objectius eren crítics la integració del microcontrolador, la implementació del sistema de pesatge i el desenvolupament de la pàgina web. Sent els dos primers els més importants.

## 3 IMPLEMENTACIÓ

En aquest apartat es detallaran tant els elements hardware utilitzats com els software.

### 3.1 Implementació Hardware

En la figura (1) es pot observar els elements hardware necessaris i la connexió entre ells.

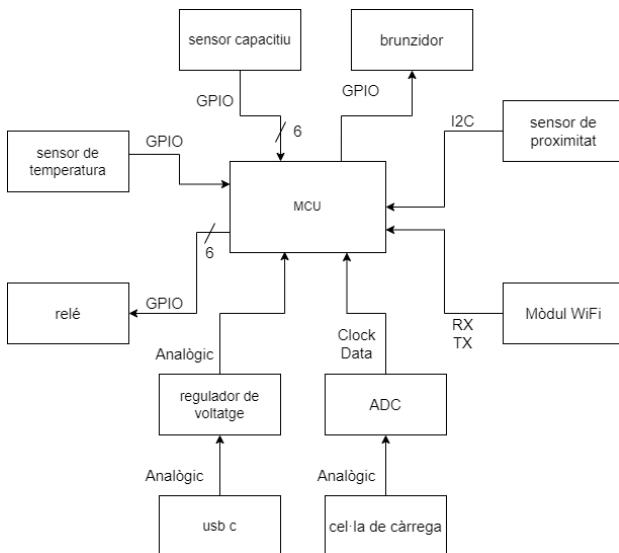


Fig. 1: Diagrama de blocs

#### 3.1.1 Microcontrolador

S'ha elaborat una taula de comparació (1) per escollir el microcontrolador que més s'adequa a les necessitats del projecte.

L'escollit pel preu i per les característiques és el esp32. Compta amb pins digitals suficients i amb 10 sensors tàctils que serviran per a poder llegir els sensors capacitius.

TAULA 1: COMPARACIÓ MCU

MCU	#Pins	Connex.	Preu
Arduino UNO WIFI Rev2 [3]	20 digitals 8 analògics	WiFi	38,03€
ESP8266 [4]	17 digitals 1 analògic	WiFi Ràdio	6,78€
ESP32 [5]	34 digitals 18 analògics 10 touch sensor	WiFi Ràdio Bluetooth	8,47€

#### 3.1.2 Vitroceràmica

La vitroceràmica que s'intenta controlar, i amb la que s'elabora el prototip, es tracta d'una Franke TP 513. La qual disposa de tres fogons i 9 nivells de potència.

#### 3.1.3 Balança

Pel que fa a la balança, per crear-la s'utilitza una cel·la de càrrega de tipus pont i un ADC. La cel·la de càrrega realitza les mesures amb galgues extensomètriques, les quals canvien de resistència en ser deformades.

La resolució mínima necessària de l'ADC, considerant que es vol una resolució de 2 gr amb un pes màxim de 5 kg, és de 17 bits [6].

A la figura (2) es visualitza la fórmula empleada per calcular els bits. On  $lc\_maxima$  representa la lectura màxima i  $gr\_resolucio$  els grams que es volen assolir de resolució. El resultat de la divisió es multiplica per 30 per obtenir la resolució interna i finalment es porta a cap el logaritme en base 2. D'aquests càlculs obtenim que els bits mínims necessaris són 16,19, els quals s'aproximen a 17.

$$bits = \log_2((lc\_maxima/gr\_resolucio) * 30).$$

Fig. 2: Fórmula per calcular la resolució de l'ADC.

Si bé és cert que el esp32 compta amb dos ADC interns, aquests són de 12 bits cada un.

Així doncs, l'escollit per amplificar el senyal de la cel·la de càrrega és el HX711 [7], que compta amb 24 bits. Cal destacar que la temperatura màxima de funcionament és de 85°C i que està dissenyat específicament pel desenvolupament de bàscules.

#### 3.1.4 Relés

S'utilitza un mòdul de relés de vuit canals, es fa ús de sis d'ells.

#### 3.1.5 Brunzidor

El brunzidor escollit és de tipus actiu, és a dir que en donar-li alimentació té capacitat de generar un senyal acústic.

Aquest servirà per enviar alertes acústiques a l'usuari.

#### 3.1.6 Sensor de temperatura

El sensor escollit pel preu, la disponibilitat i les característiques és el DHT22 [8]. Pot operar a una temperatura màxima de 80 °C i té una precisió de 0.5°C.

Perquè el sensor realitzi les lectures de forma correcta fa falta posar una resistència de 10k entre el pin de sortida i el Vcc.

### 3.1.7 Sensor de proximitat

Respecte al sensor de proximitat, es fa ús del apds-9960 [9]. Detecta objectes situats fins a 10 cm de distància. També té l'opció de reconèixer gestos: avall, amunt, esquerra i dreta.

### 3.1.8 Regulador de voltatge

Respecte al regulador de voltatge s'utilitza el TPS7B8333QDCYRQ1 [10], el qual suporta un voltatge mínim d'entrada de 3V i un màxim de 40V. La sortida està fixada a 3,3V.

### 3.1.9 USB C

El dispositiu està pensat per alimentar-se a 5V mitjançant una connexió USB. Per tant, l'USB C servirà per proporcionar-li energia. El model escollit és el 217175-0001 [11], el qual suporta un voltatge màxim de 30V.

## 3.2 Implementació Software

Durant el desenvolupament de la part del Software s'han fet servir les següents eines.

### 3.2.1 Arduino IDE

El codi s'ha escrit en llenguatge C++ en l'IDE d'Arduino, ja que compta amb molta documentació i suport. [12]

### 3.2.2 Free RTOS

Per tal d'aprofitar els dos nuclis del MCU i de paral·lelitzar l'adquisició de dades i l'execució del bucle principal, del programa, s'ha implementat una tasca de Free RTOS [13]. Aquesta realitza les lectures de la balança.

### 3.2.3 Base de dades

La base de dades escollida és Firebase Real Time de Google [14]. Es tracta d'una base de dades no relacional de temps real que s'integra fàcilment amb el microcontrolador. A més compta amb listeners en temps real, té molt de suport i hi ha molta documentació disponible.

## 4 METODOLOGIA

Per dur a terme aquest projecte s'han realitzat reunions cada 15 dies amb el tutor per solucionar possibles problemes i supervisar el treball desenvolupat.

La metodologia escollida ha sigut Kanban, implementada amb Trello [15]. Les tasques es poden trobar en quatre possibles estats: per fer, en progrés, en revisió i finalitzades.

Finalment, per portar un control de versions del codi s'ha fet ús de GitHub [16].

## 5 COMUNICACIÓ: EDGE-DEVICE-CLOUD

En aquest apartat s'explica el funcionament general del sistema, així com les comunicacions.

- Edge. Es tracta del router WiFi de l'usuari, al que es connecta el device per transmetre les dades.
- Device. Dispositiu que s'instal·la a la placa elèctrica, per poder controlar-la de forma remota. Rep algunes de les comandes per WiFi i d'altres són llegides des dels sensors capacitius.
- Cloud. Està format per la base de dades i la web. La base de dades és on s'emmagatzema l'estat actual de la vitroceràmica. Cada vegada que es produeix un canvi s'actualitza amb els nous valors. La web és la interfície d'usuari. És a dir, on pot consultar l'estat en temps real i modificar-lo en tot moment.

Quan l'usuari acciona la placa de forma física, el device es comunica amb l'edge, mitjançant WiFi, i aquest amb el cloud. Enviant així els nous paràmetres de la vitroceràmica.

Per altra banda, quan es modifiquen els valors des de la web, el cloud es comunica amb l'edge i aquest amb el dispositiu. El dispositiu rep un fitxer JSON, detecta els canvis duts a terme i actualitza els valors necessaris. En la figura (3) es pot veure la comunicació de forma gràfica.

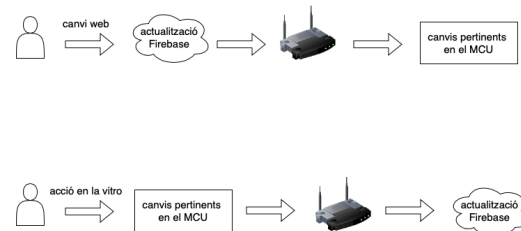


Fig. 3: Representació esquemàtica de la comunicació entre el device, edge i cloud.

## 6 AVALUACIÓ DE COSTS

En aquest apartat es calcularà el preu estimat per a la fabricació de mil dispositius, es tindrà en compte tant el preu hardware de fabricació com el software.

A la taula (2) es mostren els components bàsics necessaris, descrits en l'apartat d'implementació, el nombre d'unitats i el preu total. El preu de fabricació hardware per mil dispositius surt a 51908,17€, és a dir a 51,91€ per unitat. En el pressupost no està inclòs la fabricació ni el muntatge de la PCB, això afegeix un sobrecost de 10€ per dispositiu.

Per altra banda, per desenvolupar el software s'ha invertit un 70% del temps total, de 300 hores, unes 210 hores. Si fixem un cost mitjà de 40€/h el preu de desenvolupament software surt a 8400€.

Finalment per cobrir els costos de la base de dades i de la pàgina web es cobrarà una tarifa fixa de 5€ mensuals. Aquesta tarifa es calcula considerant que Firebase ofereix 1GB d'emmagatzematge gratuït i que cada usuari ocupa uns 248 Bytes. Per tant es poden emmagatzemar les dades de més de 4 milions d'usuaris. Tanmateix disposem de 10 GB mensuals de dades transferides gratuïtament, un cop passat aquest límit s'han de pagar els GB sota demanda. És

a dir, el preu del servei dependrà de l'ús que li donin els propis usuaris. Respecte la web, trobem pressupostos per 200€ anuals amb ample de banda indefinit.

El preu de venda suggerit, tenint en compte el mercat, és de 160€. D'aquesta forma es recuperaria la inversió inicial venent 387 dispositius.

TAULA 2: PREU DE FABRICACIÓ PER A MIL UNITATS.

Component	Preu Unitari	Unitats	Preu Total
ESP32	3,5€	1000	3500€
DHT22	8,84€	1000	8840 €
RELÉ	0,893€	6000	5358€
APDS-9960	13,08€	1000	13080€
HX711	8,84€	1000	8840€
BRUNZIDOR	0,629€	1000	629€
CEL·LA DE CÀRREGA	10,56€	1000	10560€
REGULADOR DE VOLTATGE	0,707€	1000	707,07€
USB C	0,377€	1000	377€
RESISTÈNCIA 10k	0,017€	1000	17,10€
TOTAL:	<b>51,91€</b>		<b>51908,17€</b>

## 7 ESTAT DE L'ART

Pel que fa a l'estat de l'art, ens trobem amb una solució desenvolupada pel grup Bosch [4]. És la que més semblança té amb el projecte i es tracta d'una aplicació mòbil que permet controlar i consultar l'estat de la vitroceràmica en tot moment, així com seguir receptes guiades. Aquesta aplicació, també coneguda com a Home Connect [17], és compatible amb les dues vitroceràmiques intel·ligents de les quals disposa la marca.

Per altra banda, Wallflower [18] es tracta d'un dispositiu que s'instal·la entre l'endoll i el cable de corrent de la placa elèctrica. Aquest monitora l'ús de la vitroceràmica i cada vegada que s'engega, s'apaga o bé detecta que porta més temps del normal funcionant envia un avís.

TAULA 3: ESTAT DE L'ART

	Home Connect	Wallflower	Smart Hob
Control remot	Sí	No	Sí
Visualització de l'estat	Total	Apagat o encès	Total
Adaptable a qualsevol placa	No	Sí	Sí
Sistema de pesatge	No	No	Sí
Receptes guiades	Sí	No	Sí
Preu	Des de 1585€	139€	160€

Tal com es visualitza en la taula (3) les solucions que es troben al mercat són poques i les més completes suposen una despesa important per l'usuari.

A més, com ja s'ha citat abans, Bosch solament compta amb dos models intel·ligents: la PXX975KW1E [19] i la PXY875KW1E [20], de 90 i 80 cm d'amplada respectivament. Comparant amb una vitroceràmica de 80 cm d'amplada, de la mateixa marca i amb les mateixes prestacions, com pot ser la PIE875DC1E [21], ens trobem amb una diferència de 716€ en el preu de venda. És a dir, és una opció que està a l'abast de pocs usuaris.

## 8 DESENVOLUPAMENT

En aquest apartat s'explica el desenvolupament dut a terme.

### 8.1 Sensors capacitius

El fet que el MCU disposi de pins que poden actuar com sensors tàctils capacitius ha simplificat la implementació respecte d'un altre microcontrolador que no disposa d'aquestes prestacions. Connectant el pin pertinent a un material conductor obtenim un botó capacitiu.

A nivell de software es realitza un control de rebots per evitar falsos positius.

### 8.2 MCU

Per desenvolupar el prototip s'utilitza el mòdul nodeMCU esp32, el qual ja compta amb un regulador de voltatge i un port micro USB per alimentar-lo i pujar el programa.

Per connectar la Firebase al MCU es fa ús de l'API Key i de l'URL de la base de dades. Les lectures i escriptures que es duen a terme entre la Firebase i el microcontrolador són asíncrones. Quan es produeix un canvi de valor a la base de dades salta una rutina d'interrupció en el MCU per a rebre el nou JSON. És a dir, es té un listener per a tota la base de dades.

Les escriptures del microcontrolador a la base de dades es realitzen en el moment que canvia un valor, de manera individual. [22]

### 8.3 Balança

Per elaborar el prototip de la balança s'ha fet ús de dues planxes de fusta, una d'elles actua com a base i l'altre com a suport per pesar els objectes. La base es cargola a un extrem de la cel·la de càrrega i el suport a l'extrem restant.

Tal com s'ha assenyalat anteriorment, el tipus de cel·la que s'usa es basa en galgues extensomètriques i per ser més exactes en el pont de Wheatstone. Les galgues s'expressen com resistències. Estan compostes per un filferro molt fi situat sobre una làmina, amb elles podem mesurar deformacions.

El pont de Wheatstone és un circuit elèctric format per quatre resistències. Quan no s'aplica cap força les quatre tenen el mateix valor i la diferència de potencial entre Vout+ i Vout- és zero. Al posar un pes sobre la balança, es deformen les galgues, dues d'elles s'estiren i les altres dues es contrauen, provocant un canvi de valor en les resistències. Obtenint així un voltatge de sortida proporcional a aquest canvi i al mateix temps proporcional a la deformació de la

cèl·lula i al pes aplicat. A la figura (4) es visualitza la distribució d'un pont de Wheatstone.

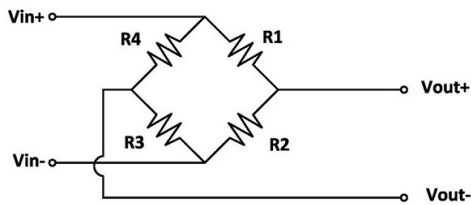


Fig. 4: Pont de Wheatstone. [23]

A nivell de software per calibrar la balança s'ha utilitzat l'expressió  $sc = gr\_llegits/gr\_reals$ . On  $sc$  representa la relació entre el valor obtingut i el que s'hauria d'obtenir.

En aquest punt, ja es poden realitzar lectures correctes a 20°C. Tanmateix, les lectures de la cel·la de càrrega es veuen afectades pel canvi de temperatura, és a dir, s'hauria de tornar a re-calibrar el sistema per obtenir els pesatges correctes.

En un ambient on la temperatura no és estable això no és viable. Per aquesta raó s'ha situat el sensor DHT22 a prop de la cel·la de càrrega, d'aquesta manera es poden mesurar els canvis de temperatura als que es veu exposada. A la figura (5) es pot visualitzar el prototip.

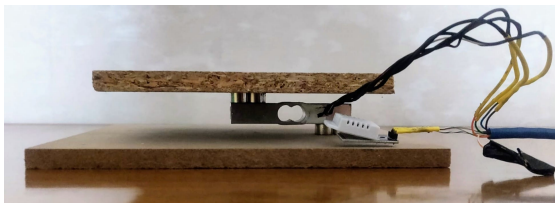


Fig. 5: Prototip de la balança, compostat per la cel·la de càrrega i el sensor de temperatura.

A més s'han efectuat una sèrie d' experiments, exposant-la a 50°C i 80°C amb càrregues de 0, 500 i 1000 gr, on cada dos segons s'obtenien mostres.

Per processar aquestes mostres s'ha desenvolupat un script de Python que mitjançant la lectura del port sèrie, retornada pel microcontrolador, recull les dades de temperatura i pes i les guarda en un fitxer. Després aquestes es converteixen en format panda per generar els gràfics, realitzats amb Plotly [24], que permetran analitzar les desviacions. Els resultats aconseguits s'analitzen més endavant.

## 8.4 Relés

Per aconseguir simular l'acció directa de l'usuari sobre la placa elèctrica, el NO (normalment obert) dels relés es connecta als sensors capacitius de la vitroceràmica i el COM (comú) es connecta a un GND. A l'activar-se el relé es tanca el circuit i es detecta un pols.

Quan un usuari posa el dit sobre el sensor capacitiu de la vitroceràmica produeix un canvi en la capacitància del condensador i es detecta el pols. Connectant el sensor capacitiu al GND s'obté el mateix resultat.

A la figura (6) podem veure la connexió entre la placa base de la vitroceràmica i els relés.

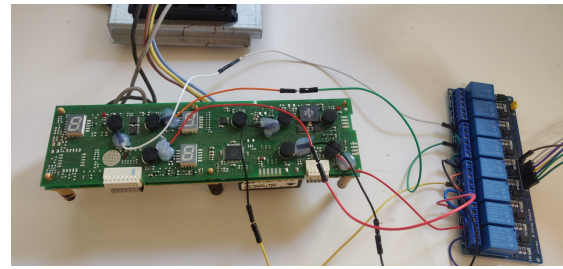


Fig. 6: Connexió entre el mòdul de relés i els sensors capacitius de la vitroceràmica.

## 8.5 Pàgina web

A la figura (7) es pot veure un esbós de la pàgina web que es vol dissenyar, elaborat amb MarvelApp [25]. Per implementar el disseny s'utilitza el framework Argon Dashboard [26]. Cal remarcar que per garantir la usabilitat en diversos dispositius, la pàgina s'ha fet responsive perquè es pugui comandar de forma senzilla des de dispositius mòbils.

Finalment per aconseguir la funcionalitat desitjada s'ha emprat JavaScript i jQuery.

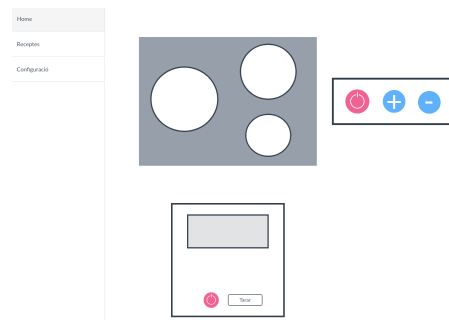


Fig. 7: Esbós de la pàgina web.

Actualment, la web es troba allotjada en un hosting gratuït com és 000webhost [27].

## 8.6 Base de dades

Dins de la base de dades ens trobem com a clau primària els ID de les vitroceràmiques. Cada una d'elles compta amb els següents paràmetres:

- *On*. Booleà que assenyalava si la vitroceràmica està oberta o no. En cas afirmatiu pren el valor d'1, en cas negatiu 0.
- *Balança*. Conté els ítems que fan referència al control i valors llegits de la balança.
  - *On*. Paràmetre que indica si està engegada o no. Es tracta d'un booleà, quan val 0 identifica que està apagada i quan val 1 que està en funcionament. Serveix perquè el MCU pugui detectar quan ha de començar a llegir els valors.
  - *Pes*. És un enter on s'emmagatzemen els grams mesurats per la cel·la de càrrega per posteriorment mostrar-los per la web.
- *Num\_control*. Clau que conté els focs dels quals disposa la placa elèctrica. Els paràmetres que representen

els fogons són enters i poden prendre el valor des de 0 fins a 9. A continuació es llisten:

- *0\_state*. Representa el foc petit.
  - *1\_state*. Representa el foc mitjà.
  - *2\_state*. Representa el foc gran.
- *Timer*. Paràmetre que conté el temporitzador de cada foc i el valor de cada un en minuts. Dins del foc ens trobem amb: *On* un booleà, que ens indica si aquell temporitzador està en actiu, i *Value* un enter que ens assenjala el temps restant per finalitzar.
    - *0\_state*. Representa el foc petit.
      - \* *On*.
      - \* *Value*.
    - *1\_state*. Representa el foc mitjà.
      - \* *On*.
      - \* *Value*.
    - *2\_state*. Representa el foc gran.
      - \* *On*.
      - \* *Value*.

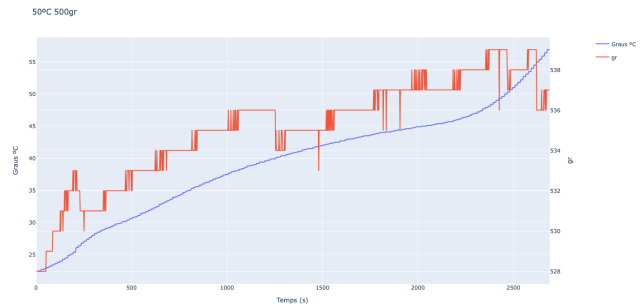


Fig. 9: Lectures obtingudes amb el factor de correcció a 50°C amb una càrrega de 500 gr.

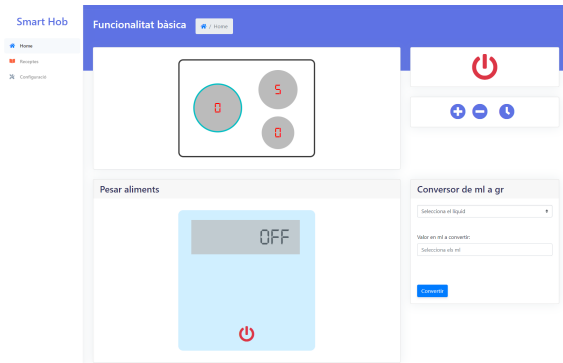


Fig. 10: Pàgina web de control del dispositiu.

## 9 RESULTATS

Tal com s'ha assenyalat anteriorment, s'ha exposat la cel·la de càrrega a 50°C i 80°C per obtenir mostres de com influeix el canvi de temperatura en les mesures llegides. En la figura (8) visualitzem aquest fenomen, com més temperatura més grams s'obtenen. L'error relatiu observat a 80°C és del 19% i a 50°C del 6,8%.

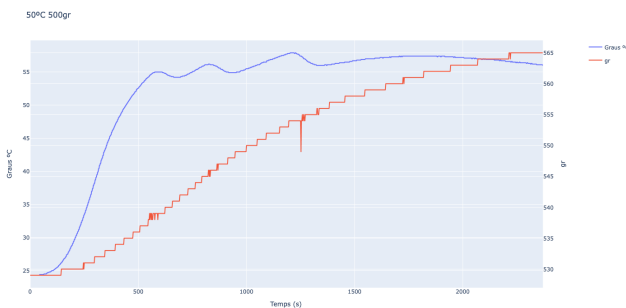


Fig. 8: Lectures obtingudes exposant la cel·la a 50°C amb una càrrega de 500 gr.

La solució implementada tracta d'aplicar un coeficient de correcció que permeti disminuir l'error. El coeficient s'ha calculat per 50°C, a partir de quatre punts diferents: 40, 45, 50 i 55 graus. Amb aquest obtenim una lectura màxima de 539 gr, és a dir un error relatiu de l'1,9%.

Comparant la figura (8) amb la (9) podem veure com continua essent vulnerable als canvis de temperatura però amb una reducció de l'error relatiu del 4,9%. Cal destacar que no s'ha corregit l'error a 80°C, ja que s'obtenien lectures aleatòries.

Per altra banda, s'ha aconseguit dissenyar i fer funcional la pàgina web. A la figura (10) es pot visualitzar la pàgina principal, on es situa el panell de control de la vitroceràmica

així com la balança digital. I des d'on es mostra l'estat en temps real del sistema.

També s'ha implementat un apartat de receptes automatitzades, encara que en aquest moment solament es disposa d'una. Des d'allà l'usuari pot seguir una sèrie de passos i es programa automàticament el nivell del foc i el temps. A la figura (11) visualitzem la recepta implementada.

Finalment pel que fa al control de la vitroceràmica, actualment es pot controlar de forma remota des de la pàgina web, de forma física o, en el cas de voler obrir-la o apagar-la, amb el sensor de gestos. A més, quan s'apaga o es desselecciona un foc per inactivitat el microcontrolador, de manera interna, també ho fa. Això s'implementa amb l'ús de temporitzadors.

Una característica de què no disposava la placa elèctrica, amb la que he desenvolupat el treball, era poder programar un foc i fer que s'apagués en els minuts desitjats. Així doncs, s'ofereix l'opció de programar-los des de la web i el MCU s'encarrega de controlar i actualitzar el temps restant a la base de dades. Quan arriba el moment s'apaga el foc i s'emet un senyal acústic per avisar a l'usuari.

Per últim s'ha integrat el sensor de proximitat el qual si no detecta presència humana a una distància mínima de 5 cm durant 5 minuts, apaga el sistema. Remarcar que amb el mateix sensor, el qual és capaç de detectar gestos, es pot apagar o obrir el sistema realitzant moviments amb la mà de dalt a baix.

## 10 CONCLUSIONS

En aquest apartat es realitzarà una valoració dels resultats obtinguts i s'esmentaran futures implementacions i millores. De forma general es pot destacar que s'han complert tots

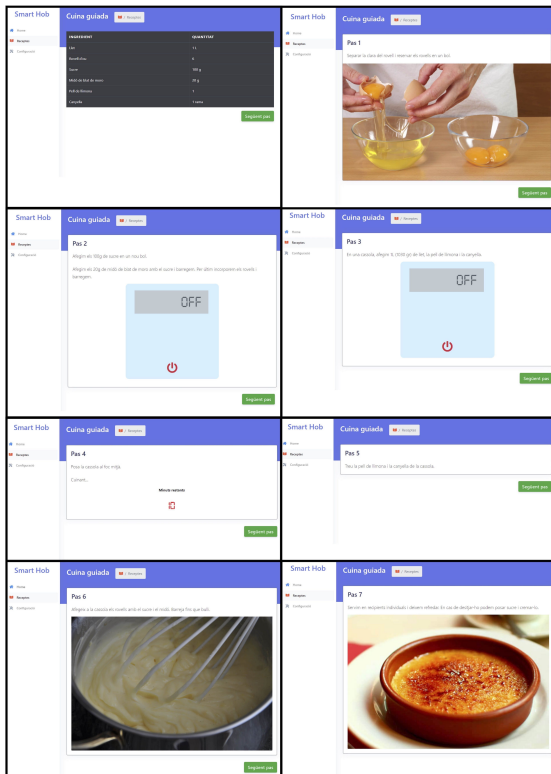


Fig. 11: Recepta automatitzada.

els objectius proposats en un inici, assolint així un sistema capaç de controlar de forma remota la vitroceràmica, de pesar aliments, de mostrar l'estat en temps real en una pàgina web, de proveir a l'usuari de receptes automatitzades i de monitorar la presència humana.

De forma més específica pel que fa a la balança, si bé és cert que té un error relatiu de l'1,9% en una temperatura de fins a 50°C, hem de considerar l'àmbit en el que treballem. El sistema està orientat a usuaris comuns, que elaboren receptes per consum propi. Posant-nos en el pitjor dels casos, en una lectura de 200 gr pot haver-hi un error màxim de 3,8 gr, el qual és totalment tolerable. També s'ha de tenir en compte que els pesatges es solen realitzar abans d'encendre els fogons, a temperatura ambient, situació en la qual no existeix l'error assenyalat anteriorment. Així i tot, de forma passiva es poden mitigar aquests efectes utilitzant aïllants tèrmics.

Respecte al treball futur, s'elaboraran més receptes guiades per poder seguir des de la web. Com a innovació es vol adaptar el sistema perquè també pugui controlar cuines de gas i a més s'integri amb els assistents de veu. La idea per adaptar-ho a cuines de gas és acoblar un motor amb codificador per a cada foc, aquests es situarien a sobre dels controls originals. Així els relés que actualment es comuniquen amb els sensors capacitius desapareixerien i el MCU directament es comunicaria amb els motors. D'aquesta manera l'usuari pot continuar utilitzant el foc de forma normal i a més pot fer-ho a través del mòbil.

Per controlar el dispositiu des de Google Assistant o Alexa es farà ús de IFTTT (If This, Then That) [28]. Es definiran els applets o comandes necessàries per integrar-ho amb la vitroceràmica i per modificar el json de la base de dades s'usarà un weebhook.

Per últim, en un futur més llunyà es planifica desenvolupar

par un sistema addicional per mesurar la temperatura interna de les paelles en temps real. Aconseguint un pas més en l'automatització de les receptes.

## AGRAÏMENTS

Agrair a en Màrius per oferir-me sempre un cop de mà, així com guiar-me i tutoritzar-me durant tot el procés.

A la meua parella per acompanyar-me en aquesta etapa, donar-me suport i ajudar-me.

Finalment, agrair a la meua família per motivar-me i confiar en mi, no solament durant el treball de fi de grau, sinó durant tots els estudis.

## REFERÈNCIES

- [1] AXA, “¡sos! sartén olvidada en la cocina: incendio a la vista,” 2020. [Online]. Available: <https://www.axa.es/ca/-/sos-sarten-olvidada-en-la-cocina-incendio-a-la-vista>
- [2] E. Seguros, “Incendios asegurados 2019-2020,” Unespa, Tech. Rep., 2021.
- [3] Arduino. Uno wifi rev2 datasheet. [Online]. Available: <https://www.digchip.com/datasheets/parts/datasheet/1848/ABX00021-pdf.php>
- [4] Grup bosch. [Online]. Available: <https://www.grupobosch.es/>
- [5] Espressif. Esp32 series. [Online]. Available: [https://www.mouser.es/datasheet/2/891/esp32\\_datasheet\\_en-1773094.pdf](https://www.mouser.es/datasheet/2/891/esp32_datasheet_en-1773094.pdf)
- [6] Cypress, “Weighing scale design,” *EE Times Industrial Control*, 2011.
- [7] Sparkfun. Hx711:24-bit analog-to-digital converter (adc) for weigh scales. [Online]. Available: [https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/ForceFlex/hx711\\_english.pdf](https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/ForceFlex/hx711_english.pdf)
- [8] A. E. Co. Digital-output relative temperature sensor/module dht22. [Online]. Available: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temperature/DHT22.pdf>
- [9] A. Technologies. Apds-9960:digital proximity, ambient light, rgb and gesture sensor. [Online]. Available: [https://cdn.sparkfun.com/assets/learn\\_tutorials/3/2/1/Avago-APDS-9960-datasheet.pdf](https://cdn.sparkfun.com/assets/learn_tutorials/3/2/1/Avago-APDS-9960-datasheet.pdf)
- [10] Texas Instruments, “TPS7B83-Q1 Datasheet.” [Online]. Available: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/tps7b83-q1.pdf?ts=1643367159333>
- [11] Molex, “USB C Datasheet.” [Online]. Available: [https://www.mouser.es/datasheet/2/276/2/2171750001\\_IO.CONNECTORS-2090006.pdf](https://www.mouser.es/datasheet/2/276/2/2171750001_IO.CONNECTORS-2090006.pdf)
- [12] Arduino. Arduino ide 1.8.19. [Online]. Available: <https://www.arduino.cc/en/software>

- [13] F. RTOS. Real-time operating system for microcontrollers. [Online]. Available: <https://freertos.org>
- [14] Google. Firebase realtime database. [Online]. Available: <https://firebase.google.com/docs/database>
- [15] A. Dot. Trello del projecte. [Online]. Available: <https://trello.com/b/cG1kjS/tfg>
- [16] ——. Repositori github del treball. [Online]. Available: <https://github.com/annadotmariano/TFG>
- [17] Home connect: Conecta tu hogar. [Online]. Available: <https://www.home-connect.com/es>
- [18] Wallflower. [Online]. Available: <https://wallflower.com/>
- [19] Bosch, “Pxx975kw1e: Placa de inducció 90 cm negro, con perfiles.” [Online]. Available: <https://www.bosch-home.es/catalogo-electrodomesticos/cocina/placas/induccion/PXX975-KW1E>
- [20] —, “Pxy875kw1e: Placa de inducció 80 cm negro, con perfiles.” [Online]. Available: <https://www.bosch-home.es/catalogo-electrodomesticos/cocina/placas/induccion/PXY875KW1E>
- [21] —, “Pie875dc1e: Placa de inducció 80 cm negro, con perfiles.” [Online]. Available: <https://www.bosch-home.es/catalogo-electrodomesticos/cocina/placas/induccion/PIE875DC1E>
- [22] mobitz, “Firebase arduino client library for esp8266 and esp32,” GitHub Library. [Online]. Available: <https://github.com/mobizt/Firebase-ESP-Client>
- [23] UTILCELL, “Basic circuit: The wheatstone bridge.” [Online]. Available: <https://www.utilcell.com/upload/img1.jpg>
- [24] Plotly, “The front end for ml and data science models.” [Online]. Available: <https://plotly.com/>
- [25] MarvelApp, “Rapid prototyping, testing and handoff for modern design teams.” [Online]. Available: <https://marvelapp.com/>
- [26] Creative Tim, “Argon dashboard free dashboard for bootstrap 4.” [Online]. Available: <https://www.creative-tim.com/product/argon-dashboard>
- [27] Anna Dot, “Pàgina web.” [Online]. Available: <https://tfg2021.000webhostapp.com/>
- [28] IFTTT, “Every thing works better together.” [Online]. Available: <https://ifttt.com/>