

GRADUA: INDUSTRIA ELEKTRONIKAREN ETA
AUTOMATIKAREN INGENIERITZA

GRADU AMAIERAKO LANA

ARDUINON ETA IKUSMEN ARTIFIZIALEAN OINARRITUTAKO SAILKATZE AUTOMATIKOA

Ikaslea: Aguiriano, Iriondo, Mikel

Zuzendaria (1): Sevillano, Berasategui, Maria Goretti

Ikasturtea: 2017-2018

Data: Bilbo, 2018, Ekaina, 28

LABURPEN HIRUELEDUNA

Euskara

Gako Hitzak: Arduino Mega, Piezen sailkatzea automatikoa, Ukipen pantaila, PCB, Sentsoreak (kolore, induktibo, ultrasoinukoa), eragingailuak (DC eta serbo motorrak)

Gradu Amaierako lan honetan, gizakion ikusmenaren zenbait ahalmen emulatuz ezaugarri desberdinak dituzten objektuak antzeman, desberdindu eta automatikoki sailkatzeko gai den sistema bat diseinatu eta inplementatu da. Proiektu honetan diseinatutako sailkatzaile automatikoaren funtzionamendua egiaztatzeko, programazioaz gain maketa bat ere eraiki egin da.

GAL honen garapenerako Arduino prozesadore bat erabiltzea erabaki zen hauek eskaintzen dituzten aukera zabalak direla eta, Arduino Mega hain zuzen ere. Erabiltzaileak sistemaren kudeaketa ukipen pantaila baten bidez egin ahal izango du. Pantaila horretan eskaintako menuan sakatutako aukeraren arabera, sistemak kolorea, tamaina edota materialaren arabera sailkatu ahal izango ditu bertara sartzen diren objektuak. Horrela, sisteman dagoen objektuaren ezaugarriak aurrez ezarritakoekin bat badatoz, objektua biltegitratuko da, bestela aurrera pasatzen utziko zaio.

Maketaren eraiketakarako, besteren artean, 3D inprimagailua erabili da euskarri bezala jokatuko duten egitura fisikoak eraikitzeko. Horretaz aparte, objektuen ezaugarriak aztertzeko elementu aproposenak

aukeratu egin dira. Modu horretan, kolorearen azterketarako Arduinorekin bateragarria den TCS3200 kolore sentsorea erabili da kolore gorria, berdea eta urdina bereizteko gaitasuna lortuz. Objektuen materialen bereizketarako sentsore induktibo bat erabili da, sistemara sartzen diren objektuak metalikoak edo ez metalikoak diren jakin ahal izateko. Azkenik, objektuen tamaina desberdinerako ultrasoinuko sentsore bat erabili da, horrela sistemari bi tamainen artean, handia edo txikia, desberdintzeko ahalmena eman zaio.

Eraikitako prototipoan objektuen garraioa egin ahal izateko Mackeblock etxeko piezekin muntatutako uhal garraiatzaile bezala funtzionatuko duen elementu bat erabili da, horrela sistemara sartzen diren objektuak sentsore desberdinetatik pasa ahal izango dute. Objektuen sailkapenerako, serbomotor baten bidez funtzionatzen duen mekanismo bultzatzaile bat muntatu da, horrela, biltegiratu behar diren objektuak biltegi batera bultzatuko dira eta gainontzekoak uhalaren amaieraraino pasatzen utziko dira.

Proiektu honetan garatutako maketaren konexioetarako lehendabizi protoboard bat erabili zen sistema osatzen duten atal desberdinen funtzionamendua bermatzeko. Ondoren, sistema osoaren funtzionamendua aztertu eta egiaztatu zenean konexio guztiak modu erosoago eta eraginkorrago batean egiteko PCB baten bidez egin ziren sistemaren muntaketa finalerako.

Erdara

Descriptorres: Arduino Mega, Selección automática de piezas, Pantalla táctil, PCB, Sensores (color, inductivo, ultrasonidos), actuadores (DC servo)

En este Trabajo de Fin de Grado se ha diseñado e implementado un sistema que, emulando alguna de las capacidades de la visión humana, es capaz de reconocer, distinguir y clasificar de forma automática objetos de diferentes características. Con el fin de verificar el correcto funcionamiento del sistema clasificador desarrollado en este proyecto, además de su programación, también se ha construido una maqueta.

Para el desarrollo de este TFG se ha optado por un procesador Arduino ya que ofrece un amplio abanico de posibilidades, decidiendo elegir finalmente un Arduino Mega. El usuario podrá gestionar el sistema mediante una pantalla táctil. En función de la elección seleccionada en el menú que ofrece esa pantalla, el sistema podrá clasificar los objetos que se introducen en él según su color, material y tamaño. De esta manera, si las características del objeto que se encuentra en el sistema coinciden con las características anteriormente establecidas, el objeto se almacenará, si no, se le dejará avanzar.

Para la construcción de la maqueta, entre otras cosas, se ha utilizado una impresora 3D para construir unas estructuras que actuarán como soporte del mismo. Además de eso, se han elegido los elementos más idóneos para el correcto análisis de las características de los objetos. De este modo, se ha optado por el sensor de color TCS3200, compatible con Arduino, para la detección del color dotando al sistema de la capacidad

para diferenciar entre los colores rojo, verde y azul de los objetos. Para la distinción del material, se ha usado un sensor inductivo de modo que se podrá saber si los objetos que se introducen en el sistema son metálicos o no metálicos. Por último, para diferenciar el tamaño de los objetos, se ha utilizado un sensor de ultrasonidos y así el sistema podrá distinguir entre dos tamaños de piezas, grandes y pequeñas.

Con el objetivo llevar a cabo el transporte de los objetos en el prototipo construido, se ha montado pieza a pieza un elemento de la casa Makeblock que hará las funciones de cinta transportadora, de esta manera, los objetos introducidos en el sistema podrán ir pasando por los diferentes sensores. Para la clasificación de los objetos se ha utilizado un mecanismo de empuje que funciona mediante un servomotor que se encargará de empujar a un depósito únicamente los objetos que se tengan que almacenar.

Para las conexiones de la maqueta desarrollada en este proyecto, inicialmente se usó un protoboard para probar y garantizar el correcto funcionamiento de las diferentes partes del sistema. A continuación, tras examinar y comprobar el funcionamiento de todo el sistema, de cara al montaje final, se diseñó y construyó una placa PCB, haciendo del sistema un entorno más cómodo y eficaz.

Ingelesa

Key words: Arduino Mega, Automatic selector, Touch Screen, PCB, Sensors (color, inductiv, lultrasonic), actuators (DC, servo)

Through this End of Degree Project, emulating certain capacities of human vision, an automatic classifier which is able to recognize, distinguish and automatically classify objects of different characteristics has been designed and implemented. In order to verify the correct functioning of the classifier system developed in this project, in addition to its programming, a model has also been built.

For the development of this EDP an Arduino processor has been chosen because of its wide range of possibilities, more precisely an Arduino Mega. The user can manage the system through a touch screen. Depending on the choice selected in the menu offered by that screen, the system can classify the objects that enter it according to their color, material and size. In this way, if the characteristics of the object that is in the system coincide with the ones previously established, the object will be stored, if not, it will be allowed to advance.

For the construction of the model, among other things, a 3D printer has been used in order to build structures that will act as support of the system. Apart from that, the most suitable elements have been chosen for the correct analysis of the characteristics of the objects. Thus, for the color sensor the use of the TCS3200 was decided due to its compatibility with Arduino, giving the system the ability to distinguish between the colors red, green and blue. For the distinction of the material, an inductive sensor has been used so that it will be possible to know if the

objects in the system are metallic or non-metallic. Finally, to differentiate the size of the objects, an ultrasonic sensor has been used that way, the system will be able to distinguish between two sizes of pieces, large and small.

With the aim of enabling the transport of the objects in the built prototype, an element of the Makeblock house has been assembled piece by piece, which will act as a conveyor belt, in this way, the objects introduced in the system will be able to pass through the different sensors. A push mechanism has been used for the classification of the objects. It works by means of a servomotor so that it will push the objects that have to be stored into a deposit.

For the connections of the model developed in this project, a protoboard was initially used to analyze and guarantee the correct functioning of the different parts of the system. Then, after examining and checking the operation of the entire system, in the final assembly of the system, a PCB was designed to make the connections, making the system a more comfortable and efficient.

AURKIBIDEA

1. DOKUMENTUA. MEMORIA

01. SARRERA	1
02. TESTUINGURUA	5
02.1. ARGIZTATZEA	9
02.1.1. OBJEKTUEN PROPIETATEAK.....	10
02.1.2. ARGIZTATZE MOTAK.....	12
02.1.3. ARGI-ITURRIAK.....	14
03. LANAREN HELBURUAK ETA IRISMENA	17
04. LANAK DAKARTZAN ONURAK	21
05. BALDINTZEN DESKRIBAPENA	25
06. AUKEREN ANALISIA	29
06.1. PROGRAMAZIO LENGOAIA	30
06.2. PIEZAK DETEKTATZEKO SENTSOREA	33
06.3. PIEZEN ERROKONAZIMENDU OSAGAIA	37
06.4. PIEZEN ERROKONAZIMENDU OSAGAIA	43
06.4.1. PIEZEN KOLOREAREN ERREKONAZIMENDUA.....	43
06.4.2. PIEZA METALIKOEN ERREKONAZIMENDUA	47
06.4.3. PIEZA TAMAINAREN ERREKONAZIMENTUA	49
06.5. PIEZEN GARRAIOA	52
06.6. PIEZEN BILTEGIRATZEA	56
06.7. PANTAILA	58

07. PROPOSATUTAKO IRTENBIDEAREN AUKERAKETA ETA DISEINUAREN DESKRIBAPENA	61
07.1. MIKROKONTROLAGAILUA (ARDUINO-MEGA)	61
07.2. UHAL GARRAIATZAILEA	67
07.3. PIEZAK DETEKTATZEKO SENTSOREA	69
07.4. KOLORE SENTSOREA	70
07.5. PIEZEN TAMAINAREN SENTSOREA (ULTRASOINUKO SENTSOREA)	74
07.6. PIEZA METALIKO-EZ METALIKOEN SENTSOREA (SENTSORE INDUKTIBOA)	77
07.7. PIEZAK BULTZATZEKO MEKANISMOA	82
07.8. UKIPEN-PANTAILA	83
07.9. SISTEMAREN MUNTAKETA	85
2. DOKUMENTUA. LANERAKO ERABILITAKO METODOLOGIA	
08. SARRERA	91
09. EGINBEHARREKOEN DESKRIBAPENA, FASEAK, EKIPOAK EDO PROZEDURAK	93
09.1. LAN TALDEA	93
09.2. ZEREGINEN ETA LAN PAKETEEN DESKRIBAPENA	95
09.2.1. INFORMAZIO ETA DATU BILAKETA.....	95
09.2.2. ELEMENTUEN AUKERAKETA.....	97
09.2.3. 3D-ko INPRIMAGAILUAREKIN PIEZAK EGIN.....	99
09.2.4. OBJEKTUEN DETEKZIO-PROZESAMENDU PROGRAMAZIOA.....	100
09.2.5. UKIPEN PANTAILAREN PROGRAMAZIOA.....	101
09.2.6. SIMULAZIOAK ETA FROGAK.....	102
09.2.7. ELEMENTU ELEKTRONIKOEN MUNTAKETA PCB-an.....	103
09.2.8. PROIEKTUAREN DOKUMENTAZIOA.....	104

10. GANTT-EN DIAGRAMA/KRONOGRAMA	105
11. KALKULUAK, ALGORITMOAK	108
11.1 SISTEMAREN EGITURA FINKATZEKO PIEZEN DISEINUAREN KALKULUA	108
11.2 SENTSORE ULTRASONIKOAREN SEINALEAREN KALKULUA	109
11.3 SENTSORE FOTOELEKTRIKO ETA INDUKTIBOA FINKATZEKO PIEZAREN DISEINUAREN KALKULUA	112
11.4 KOLORE SENTSOREAREN DISTANTZIA PIEZEKIKO DEFINITZEKO KALKULUAK	114
3. DOKUMENTUA. ALDERDI EKONOMIKOA	
12. AURREKONTUAREN EDO/ETA GAUZATUTAKO AURREKONTUAREN DESKRIBAPENA	121
4. DOKUMENTUA. LONDORIOAK	
13. ONDORIOAK	127
5. DOKUMENTUA. BIBLIOGRAFIA	
14. BIBLIOGRAFIA	131
6. DOKUMENTUA. 1. ERANSKINA	
15. BALDINTZEN AGIRIA	137
16. BALDINTA TEKNIKOAK	139
16.1. GIZA BALIABIDEAK	139
16.2. BALIABIDE MATERIALAK	140
16.2.1. HARDWARE BALIABIDEAK.....	140
16.2.2. SOFTWARE BALIABIDEAK	141

16.3. DOKUMENTUAK	142
16.4. EGINBEHARREKOAK	145
17. BALDINTZA EKONOMIKOAK	149
17.1. PROIEKTUAREN KOSTUA ETA ORDAINKETA SISTEMA	149
17.2. PROIEKTUAN AGERTZEN EZ DIREN LAN PAKETEEN ORDAINKETA SISTEMA	150
17.2.1. ATZERAPENAGATIKO ZIGORRA.....	151
17.2.2. HIRUGARREN BATI EGINIKO KALTEEN ORDAINA ETA ASEGURU SISTEMA	151
18. BALDINTZA ADMINISTRATIBOAK	153
18.1. ENTREGA EPEAK ETA BALDINTZAK	153
18.2. BEZERO BETE BEHARREZKO BALDINTZAK	153
18.3. LAN ZUZENDARIAK BETE BEHARREKO BALDINTZAK	154
18.4. KONTRATUA DEUSEZTATZEKO BALDINTZAK	154
18.5. EZ ADOSTASUN TRATAMENDUAK	155
7. DOKUMENTUA. 2. ERANSKINA	
19. PLANOAK	159
8. DOKUMENTUA. 3. ERANSKINA	
20. PROGRAMA	169

IRUDIEN AURKIBIDEA

1. DOKUMENTUA. MEMORIA

Irudia. 1. Ikusmen simulazioa eta arduino.....	1
Irudia. 2. Ikusmen artifizialaren aplikazioak.....	7
Irudia. 3. Objektu islatzaile motak.....	11
Irudia. 4. Objektuen igorpen moduak.....	11
Irudia. 5. Argizatze motak.....	14
Irudia. 6. Argi-iturriak historian zehar.....	16
Irudia. 7. Sailkatzailearen egituraren adibidea.....	18
Irudia. 8. Kontrolerako Ikutze pantaila.....	19
Irudia. 9. Sistemaren funtzionamenduaren fluxu diagrama.....	20
Irudia. 10. Sailkapen piezak.....	27
Irudia. 11. Sistemaren osagaien despiezaketa.....	28
Irudia. 12. Programazio lengoai erabilienak.....	30
Irudia. 13. Sentsore fotoelektrikoaren funtzionamendu motak.....	38
Irudia. 14. Ultrasoinu sentsorearen funtzionamendua.....	40
Irudia. 15. LDR+LED-eko detekzio sistema.....	41
Irudia. 16. RGB eta HSV sistemak.....	44
Irudia. 17. CS81-N11112 kolore sentsorea.....	44
Irudia. 18. CSM-WP117A2P kolore sentsorea.....	45
Irudia. 19. TCS3200 kolore sentsorea.....	46
Irudia. 20. Sentsore induktibo zilindriko, errektangularra eta blokea.....	48
Irudia. 21. Sentsore optikoa Vishay TCRT5000L.....	50
Irudia. 22. Sentsore kapazitiboa BCS M30BBE1-PSC25H-EP02.....	50
Irudia. 23. Sentsore ultrasonikoa Telemecanique XX918A3C2M12.....	51
Irudia. 24. Uhal garraiatzailea.....	53
Irudia. 25. Uhal garraiatzaile moduko sistema.....	54
Irudia. 26. Uhal garraiatzailearen euskarri piezak.....	54
Irudia. 27. LCD pantailatxoa.....	59
Irudia. 28. Arduino txartelaren osagaiak.....	65
Irudia. 29. Arduinoaren periferikoentzako pinak.....	66
Irudia. 30. Pantaila Arduino Uno batean konektatuta.....	66
Irudia. 31. Uhal egiteko erabilitako piezak.....	67
Irudia. 32. Sistemaren euskarri nagusia.....	68
Irudia. 33. Uhalaren euskarria.....	68
Irudia. 34. Uhal garraiatzailearen egitura.....	69
Irudia. 35. Pieza-detekzio sentsore infragorria eta euskarria.....	70
Irudia. 36. TCS kolore sentsorea.....	71
Irudia. 37. Kolore sentsorea finkatzeko euskarri pieza.....	74
Irudia. 38. Irudia: XX918A3C2M12 ultrasoinu sentsorea.....	76
Irudia. 39. Irudia: Ultrasoinu sentsorearen euskarria.....	77
Irudia. 40. Sentsore induktibo baten barne-blokeak.....	78

Irudia. 41. Detekzio distantziak metalaren arabera.....	80
Irudia. 42. XS1N30PA340 sentsore induktiboa eta bere euskarria (eskuineko zuloa)	81
Irudia. 43. Mekanismo bultzatzailearen osagaiak (120° serbomotorea eta bultzatzailearen 3D diseinua).....	82
Irudia. 44. Mekanismo bultzatzailea.....	83
Irudia. 45. Ukipen-pantaila.....	84
Irudia. 46. Ukipen-pantailaren parametroen menua.....	84
Irudia. 47. Sistemaren konexioen eskema.....	86
Irudia. 48. Sistemaren PCB eskema.....	87

2. DOKUMENTUA. LANERAKO ERABILITAKO METODOLOGIA

Irudia. 49. Gantt diagrama.....	107
Irudia. 50. Uhal garraiatzailea sostengatzeko euskarria.....	108
Irudia. 51. Sistemaren euskarri nagusia.....	109
Irudia. 52. Ultrasoinu sentsorearen euskarria.....	110
Irudia. 53. Ultrasoinu sentsorearen seinalearen hedapena.....	111
Irudia. 54. Sentsore infragorria eta induktiboa kokatzeko zuloak, hurrenez hurren	113
Irudia. 55. Kolore sentsorea finkatzeko euskarri pieza.....	114
Irudia. 56. Kolore sentsorea eta objektuak 10 zentimetrotara.....	116
Irudia. 57. Kolore sentsorea eta objektuak 5 zentimetrotara.....	116
Irudia. . 58. Kolore sentsorea eta objektuak 3 zentimetrotara.....	117
Irudia. . 59. Kolore sentsorea eta objektuak 2 zentimetrotara.....	117
Irudia. . 60. Kolore sentsorea eta objektuak 2 zentimetrotara.....	117

TAULEN AURKIBIDEA

1. DOKUMENTUA. MEMORIA

Taula 1. Programazio lengoaia erabakitzeko irizpideak.....	33
Taula 2. Mikrokontrolagailua erabakitzeko aukerak.....	36
Taula 3. Piezak detektatzeko sentsorea erabakitzeko irizpideak.....	42
Taula 4. Piezen kolore errekonizimendu erabakitzeko sentsorearen irizpideak ...	47
Taula 5. Pieza metalikoen errekonizimendua erabakitzeko sentsorearen irizpideak.....	49
Taula 6. Piezen tamainaren errekonizimendua erabakitzeko sentsorearen irizpideak.....	52
Taula 7. Piezen garraio sistema erabakitzeko irizpideak.....	55
Taula 8. Piezen banatzea/sailkatzea.....	58
Taula 9. Pantaila.....	60
Taula 10. Kolore iragazkien konfigurazioa	72
Taula 11. Maiztasun eskalaren konfigurazioa.....	73
Taula 12. Material ezberdinen zuzenketa fakorea.....	80

2. DOKUMENTUA. LANERAKO ERABILITAKO METODOLOGIA

Taula 13. Lan Taldea.....	94
Taula 14. Z1. Informazio eta datu bilaketa. Lan Karga.....	96
Taula 15. Z2. Elementuen aukeraketa. Lan Karga.....	99
Taula 16. Z3. 3D-ko inprimagailuarekin piezak egin. Lan Karga	100
Taula 17. Z4. Objektuen detekzio-prozesamendu programazioa. Lan Karga	101
Taula 18. Z5. Ukipen pantailaren programazioa. Lan Karga	102
Taula 19. Z6. Simulazioak eta frogak. Lan karga	103
Taula 20. Z7. Elementu elektronikoen muntaketa PCB-an. Lan Karga.....	104
Taula 21. Z8. Proiektuaren dokumentazioa. Lan Karga	104
Taula 22. Proiektuaren planifikazio laburbildua.....	106
Taula 23. Kolore sentsorea eta objektuak 10 zentimetrotara.....	114
Taula 24. Kolore sentsorea eta objektuak 5 zentimetrotara.....	115
Taula 25. Kolore sentsorea eta objektuak 3 zentimetrotara.....	115
Taula 26. Kolore sentsorea eta objektuak 2 zentimetrotara.....	115
Taula 27. Kolore sentsorea eta objektuak 1 zentimetrotara.....	115

3. DOKUMENTUA. ALDERDI EKONOMIKOA

Taula 28. Materialaren aurrekontua.....	122
Taula 29. Amortizazioak.....	123
Taula 30. Giza baliabideen aurrekontua	124
Taula 31. Diseinuaren aurrekontua.....	124

GRADUA: INDUSTRIA ELEKTRONIKAREN ETA
AUTOMATIKAREN INGENIERITZA

GRADU AMAIERAKO LANA

ARDUINON ETA IKUSMEN ARTIFIZIALEAN OINARRITUTAKO SAILKATZAILE AUTOMATIKOA

1. DOKUMENTUA – MEMORIA

Ikaslea: Aguiriano, Iriondo, Mikel

Zuzendaria (1): Sevillano, Berasategui, Maria Goretti

Ikasturtea: 2017-2018

Data: Bilbo, 2018, Ekaina, 28

1. SARRERA

Garatutako Gradu Amaierako lan honetan, gizakion ikusmenaren zenbait ahalmen emulatuz, sailkatzaile automatiko bat diseinatu eta inplementatu da. Proiektu honen helburua sistemara sartzen diren objektuen kolorearen, materialaren edo tamainaren arabera pieza desberdinak bereiztea eta aukeratzea da. Horretarako, diseinuan eta muntaiari zehar dauden etapa eta atal desberdinei aurre egin behar izan zaio gradu osoan zehar barneratutako ezagupen eta trebezia guztiak, bai elektronikaren alorrean bai automatizazioaren alorrean, praktikan jarri. Hau dela eta, graduak eskainitako erreminta eta bestelako errekurtso ezberdinez baliatuz, proiektu honen garapenerako aukera desberdinak aztertzeaz gain, prozesuan sortutako arazoak gainditzeko gaitasuna demostratu da.



Irudia. 1. Ikusmen simulazioa eta arduino.

Proiektu honetan garatutako sistema automatikoa unibertsitatearen enpresa praktiken programari esker eskuratutako ezagutzak eta bertan sortutako jakin-nahia motibatuta dator. Izan ere, aipatutako praktiken inguruan, enpresan azken urteetan ikusmen artifizialeko teknologiaren garapenaren berri izan zen. Teknologia horretan oinarritutako aplikazioak ugariak dira, bai segurtasun arloan bai industrian edo

prozesuen automatizazio desberdinetan izan dezakeen erabileragatik, eta bere garapena gero eta garrantzitsuagoa bilakatu da.

Gradu Amaierako Lan honetarako, teknologia hori eta honek sortutako jakin-nahia kontutan izanda, teknologia honen zenbait gaitasun erreproduzitu dira arduinok eskaintzen duen programazio ingurune lagungarri eta zabalarekin konbinatuz. Horrela, ikusmenaren gaitasun batzuk emulatu dira ezaugarri desberdinak dituzten elementuak sailkatzeko gai den sistema bat diseinatuz, garatuz eta inplementatuz.

Proiektu honen garapena ulertu ahal izateko, dokumentu honen lehenengo atalean sentzore optikoen inguruan beharrezkoak diren oinarrizko ezagupen teoriko batzuk azaltzen dira, gradu amaierako lan honi testuinguru egoki bat emateko xedearekin.

Ondoren, dokumentuaren bigarren atalean, gradu amaierako lanaren helburuak eta proiektu honek izan dezakeen irismena edo ekar ditzakeen onurak zehazten dira, proiektu honetarako ezarri diren espezifikazioak kontutan izanda.

Dokumentu honen hurrengo atalean, proiektuan proposatutako diseinua aurrera eramateko aztertu behar izan diren alternatiba desberdinak, bai software bai hardware aldetik, deskribatzen dira. Aurkeztutako aukera bakoitzean sistema eraikitzeke erabili diren elementuen hautaketa egiteko erabilitako argudioak zehaztuz eta egindako aukeraketa justifikatuz eta azalduz.

Azkenik, proiektuan proposatutako diseinua eraikitzeko erabili diren elementuak modu zehatzago batean azaltzen dira beharrezko espezifikazioak emanez. Eraikitako sistemaren xehetasun guztiak guztiz argi ulertzeko dokumentu honekin batera zenbait eranskin eskaintzen dira non planoak, taula edo irudi gehigarriak etab... aurkitu daitezke.

2. TESTUINGURUA

Memoriaren atal honetan, egindako lanaren motibazioa eta helburuak ulertzeko ezinbestekoa den testuingurua ematen da. Irakurleari proiektua aurrera eramateko aztertu behar izan diren atal desberdinen eta proiektu osoaren egituraren ulermena erazteko xedea du atal honek.

Zentzumenak inguratzen gaituen munduarekin elkar eragiteko erabiltzen ditugun bideak dira, eta hauen artean, ikusmena garrantzitsuena eta konplexuena bezala nabarmentzen da. Begiei esker inguruko objektuei buruzko informazioa jasotzen da, eta honekin hainbat gauza antzematen dira, hauen posizioa jakiteko, oztoporik gabeko bide bat aukeratzeko, objektu mugikorren eta estatikoen artean bereizteko, pertsonak antzemateko, arrisku posibleak hautemateko, irudien koloreak aztertzeke, eta abar. Garunera heltzen den informazio guztitik, %70a ikusmenetik dator [1].

Ordenagailu bidezko ikusmenak giza ikusmenarekin hainbat faktoreetan bat egiten du, biek sentzore-elementu bat baitute (kamara eta begia) eta informazioaren prozesadore bat (konputagailua eta garuna). Proiektu honetan proposatutako sistemak, begiaren antzera, zenbait ezaugarrietan oinarrituta elementu desberdinak bereizteko gaitasuna izango du. Horrela, begietan erretinak sortzen dituen seinale elektrikoaren moduan, sisteman kokatutako sentzore desberdinek bidalitako seinaleen arabera ezaugarri zehatz batzuk dituzten objektuak beste batzuegandik desberdindu ahal izango dira.

Ikusmenaren zentzumenak emulatzeko xedearekin hainbat arlo aztertzen eta garatzen ari dira gaur egun, hauen artean ordenagailuen bidez kudeatutako ikusmen artifizialeko sistemak azpimarratu behar direlarik. Sistema hauek, kamera baten bidez antzemandako objektu fisikoen deskribapen bat lortzeko konputagailuen bidezko irudien azterketan datzaten prozesuak erabiltzen dituzte.

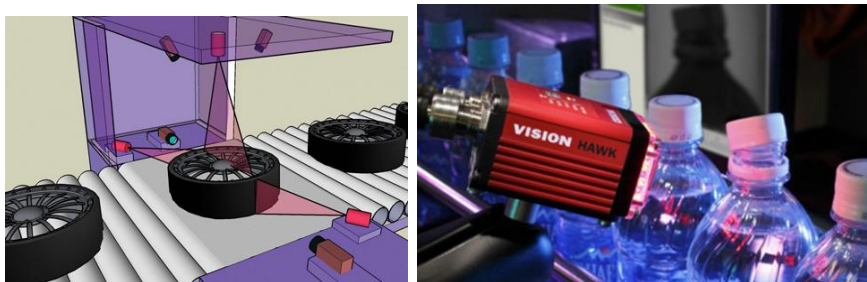
Proiektu honen xedea ez da ikusmen artifizialeko sistema bat garatzea, baizik eta ikusmenaren gaitasun batzuk erreproduzitzeko gaiten sistema bat sortzea. Hala ere, lanari testuinguru egokia emateko teknologia hau historikoki izan duen garapena laburki azaltzea komenigarria da proiektuaren motibazioa eta honek izan ditzakeen onurak argiago ulertzeko.

Ikusmen artifizialaren lehenengo urratsak 1950 urte ingurukoak badira ere, hurrengo hamarkada arte, Roberts (1963) eta Wichman (1967)-ren eskutik, ez ziren garrantzizko aurrerapenak lortu. Hauek, digitalizatutako irudi baten prozesamendua metodo matematikoak erabiliz (posizioa eta biraketa eraldaketa homogeneoekin zehazki) eta ordenagailu baten laguntzaz objektuen antzematea denbora errealean garatu zituzten. Hala ere, oso irudi sinpleak eta oso baldintza zehatzekin bakarrik funtzionatzen zuen teknologia lortu zuten.

Teknologia honen inguruan aurrerapenak egiten jarraitu ziren, hala nola Roberts (1965), Sobel (1970) edo Prewitt (1970)-en izkinak detektatzeko algoritmoak, edo 1980tik aurrera, hiru dimentsiotako objektuen proiektzio bidimentsionalen kudeatzea. Era honetan testuren antzematea (Harakik, 1979) eta hauen bidez objektuaren forma eskuratzea (Witkin, 1981) posible egiten zuten teknikak garatu ziren. Ikusmen artifizialaren inguruan 1980.hamarkadan gai ugari landu

ziren, eta lehenengo aldiz, ordenagailu bidezko irudien azterketa osoa ekitea lortu zen [2].

Horrela, ikusmen artifizialeko sistema baten helburuak, gizakien ikusmen pertzepzio prozesuak era matematiko batean modelatzea eta ordenagailuaren bidez ikusmen gaitasun horiek simulatzeko programak sortzea dira. Helburu hori lortzeko hainbat esparru landu behar direlarik: geometria, estatistika, fisika... Aplikazio hauen erabilerak ugariak dira, militarrek, robotika, nekazaritza, trafiko kontrola, kalitate kontrola eta abar. Beraz, esan bezala, proiektu honetan garatutako sistema antzeko funtzionamendua izango du eta ikusmen artifizialarekin ere zenbait aplikazioetan ere erabili ahal izango da.



Irudia. 2. Ikusmen artifizialaren aplikazioak.

Gaur egun, gero eta enpresa gehiago ikusmen artifizialeko sistema konplexuak edo hauen modura ikusmenaren zenbait gaitasun dituzten sistemak ezartzen ari dira zeregin desberdinetarako, hala nola, produktuen kalitate kontrolerako. Sistema hauekin, gizakien ikusmen pertzepzio prozesuak azkartzea eta hobetzea lortzen da, aurre-programatutako parametro batzuen arabera. Horrela, langile batek egingo lukeen ikuskatze eta berrikuspen lana era automatikoan burutu ahal da, batetik langile hori beste zeregin batzuetan kontzentratzeko,

bestetik honek izan dezakeen kanpo-faktoreak direla eta (nekea, prozesua amaitzeko presa izateak eragin dezakeen arreta falta, logura, errepikakortasunak dakarren asperdura...) egon daitezkeen eraginkortasun akatsak ekiditeko.

Esan bezala, giza ikusmena kopiatzean oinarritutako teknikak gero eta hedatuagoak daude enpresa eta industria mailan. Sistema hauek ondo konfiguratu ezker abantaila asko ekarri ditzaketelako, batez ere, kontrol eta ikuskatze lanetan. Gaur egun hurrengo zereginetarako erabili ohi dira sistema hauek:

- Errepikakorrak diren ikuskatze lanak automatizatzeke.
- Ohiko metodoekin ezinezkoa den produktuen kalitateen kontrola egiteko.
- Kontaktu fisikorik gabeko objektuen ikuskapenerako.
- Prozesu automatizatu baten ziklo denborak murrizteko.
- Piezen aniztasuna eta ekoizpen aldaketa gertatzen diren prozesuen ikuskapenerako.
- Gizakion begiarentzako zaila den tamaina txikiko akats eta xehetasunak antzemateko.

Esan bezala, Gradu Amaierako Lan honen helburua ikusmenaren gaitasun zehatz batzuetan oinarrituta objektuen ezaugarri desberdinak aztertuz, hala nola kolore, material edo tamaina, objektuak sailkatzeko gai den sistema bat garatzea da. Ikusmenarekin erlazionatutako edozein aplikazioan bezala, hainbat faktore aztertu behar dira, sistema hauek oso sentikorrek baitira inguruko ezaugarrietara, hauen artean argitasuna nagusi delarik, inguruko egoeraren aldaketak sistemaren detekzioan akatsak eragin ahal dituztelarik. Horregatik, arreta handia

prestatu behar zaio inplementatu beharreko sistema kokatuko den inguruan egongo den argiztapen baldintzei edo argiztatze sistemai adibidez. Hau da, iluntasun egokia izatea, objektua sentsoreekiko era zehatz batean lerrokatuta egotea, objektua distantzia eta angelu apropos batera kokatzea, eta abar bermatu behar da objektua arazorik gabe antzeman dadin, eta batez ere, hau aurretik erabakitako bere ezaugarrien arabera ondo desberdindu ahal izateko.

2.1 ARGIZTATZEA

Ikusmenarekin erlazionatutako edozein aplikazio garatzeko hainbat faktore eta elementu izan behar dira kontuan, objektuak argiztatzeko argi-iturrietatik hauek sailkatzeko beharrezkoak diren algoritmoak arte, aurretik definitu beharko dira.

Argiztapena ikusmen arloko elementurik garrantzitsuenetako bat da, aplikazioaren arabera, nabarmendu nahi den objektuaren ezaugarriak bereizgarri direla bermatu behar duelako. Aukeratuko den argiztapena materialaren eta aplikazioaren arabera izango da. Hau dela eta, sarritan, argiztapen baldintzak ahalik eta hoberenak izan daitezten denbora eta esfortzu handiak eman beharko dira. Zenbait aplikazioetan komenigarriena argiztapen sistema propio bat diseinatzea da, aztertuko diren objektuen propietateak kontutan hartuz.

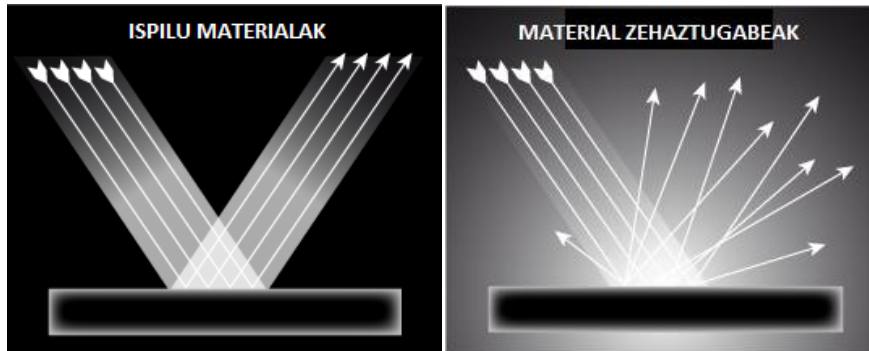
2.1.1 OBJEKTUEN PROPIETATEAK

Proiektu honen garapen egokirako, aztertuko diren objektuen propietateak ezagutzeari beharrezkoa da, izan ere, objektu guztiak ez dute modu berdinean erreakzionatzen argia jasotzen dutenean. Laburki esateko, argi sorta batek material batean jausten denean hiru gauza gertatu daitezke: islatzea (ispiluak), argi guztia xurgatzea (gorputz beltzak) edo materialaren bidez igortzea (kristala). Materialak argia jasotzean, duten joeraren arabera, ezaugarri desberdinak dituztela esaten da [3].

- **EZAUGARRI ISLATZAILEAK:** Argia islatzen duten materialen artean ere material mota desberdinak aurkitu daitezke:
 - *Ispilu materialak:* Islatzen den izpiaren angelua argi-izpiaren angeluaren berdina da. (3.Irudiko ezkerrekoa)
 - *Material zehaztugabeak:* Islatzen den izpia edozein norabidean doaz. Itzal handiak nahi ez direnean erabiltzen dira material hauek. (3.Irudiko eskuinekoa)
 - *Material islatzaileak:* Islatzen den izpia angelu berdinean doa baina kontrako noranzkoan.
 - *Espektroari hautakorrak diren materialak:* Uhin luzeraren arabera, izpi batzuk xurgatu eta beste batzuk ispilu eran edo era zehaztugabean islatzen dira. Koloredun materialak talde honen barruan leudeke.
 - *Espektroari hautakorrak ez diren materialak:* Uhin luzera guztiak islatzen dira.

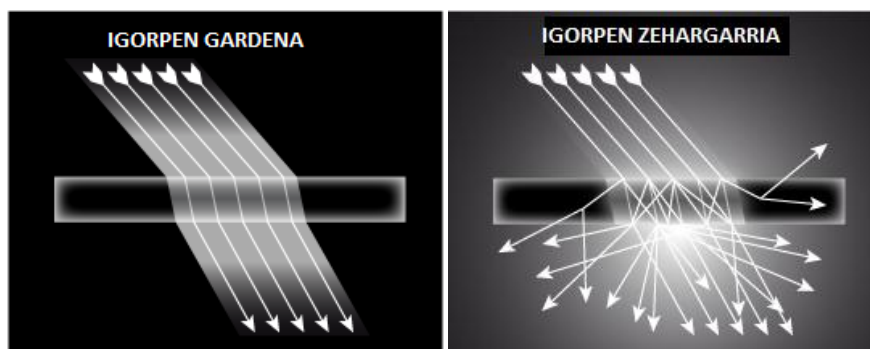
- **EZAUGARRI XURGATZAILEAK:** Argia nola xurgatzen den arabera espektroari hautakorrak edo hautakorrak ez diren materialetan sailkatzen dira. Argi guztia xurgatzen duen material bat beltz

kolorekoa da eta uhin luzera bat ere ez xurgatzen ez badu zuri kolorekoa izango da.



Irudia. 3. Objektu islatzaile motak

- **IGORPEN EZAUGARRIAK:** Argia materialaren bidez pasatzen da. Nola egiten duen arabera honako mota hauek daude:
 - *Material gardenak:* Argia xurgatua edo islatua izan barik pasatzen da. Intentsitate galera txikiarekin. (4.Irudiko ezkerrekoa)
 - *Material zehargarriak:* Argiaren zati gehiena materialean zehar pasatzen da, baina era zehaztugabea, hau da, norabide guztietan. (4.Irudiko eskuinekoa)
 - *Espektroari hautakorrak diren materialak:* Uhin luzeraren arabera batzuk igortzen dira eta beste batzuk ez. Adibidez, iragazki optikoak.



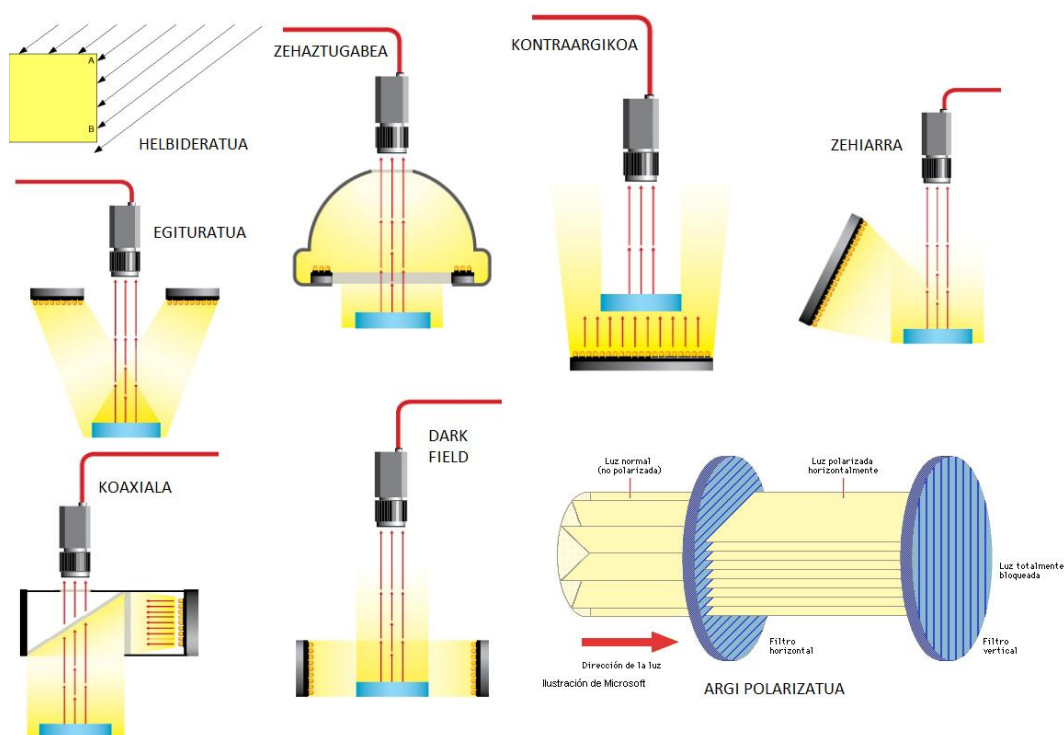
Irudia. 4. Objektuen igorpen moduak

2.1.2 ARGIZTATZE MOTAK

Objektu baten ezaugarriak ikusmenaren bidez antzeman nahi diren edozein sisteman argizatze motaren garrantzia ere azpimarratu beharra dago. Horregatik, argiztapen mota desberdinak ere aztertu behar dira sistemak kudeatuko dituen objektuekin ahalik eta hoberen lan egin ahal izateko [4].

- ARGIZTATZE HELBIDERATUA: Argizatzea objektuari zuzendua egitean datza. Piezen kokapen edo antzematerako erabilia, batez ere, hauen gainazaleko ikuskapenean.
- ARGIZTATZE ZEHAZTUGABEA: Argi sortak objektua alde guztietatik argitzea bilatzen da. Mikroskopioetatik irudiak lortu nahi direnean edota ikuspuntu ezberdinetatik irudiak behar direnean erabiltzen da mota hau. Objektuen kontraste minimoa aurkezten du, itzal gabekoa.
- KONTRAARGIKO ARGIZTATZEA: Argizatzea objektuaren atzetik egiten da, horrela, argi-iturria, objektua eta kamera lerrokatuta daude. Teknika hau piezen kokapenerako eta dimentsioen azterketarako asko erabiltzen da, bi gris maila ematen dituelako (irudi binarioak) baina beste alde batetik, xehetasunak antzemateko aukera galtzen da.

- **ARGIZTAPEN ZEHIARRA:** Argiztatze helbideratu mota bat dela esan daiteke. Atzealdearekiko kontraste gutxiko objektuetan itzalak sortzeko erabiltzen da argiztatze mota hau.
- **ARGIZTAPEN EGITURATUA:** Lan-gainazalean puntuen, gelaxken edo sareten proiektzioaz baliatzen da teknika hau. Argi patroia bat eratzen du lan-gainazalean eta patroia horrekiko ezberdintasunek objektu baten agerpena adierazten du. Gainera argi patroia zehaztugabea denez, objektuaren dimentsio-ezaugarriak jakitea posible da.
- **ARGIZTAPEN KOAXIALA:** Itzalik gabeko irudiak sortzen ditu. Barne zuloak argitzea eta islapenak ekiditea du helburu. Argiztapena eta objektuetatik islaturik kamerara sartzen den argia norabide berdinetik doaz. Material bereziak erabiltzen dira argiaren inklinazioa desbideratzeko objektuak daudenean.
- **DARK-GROUND EDO DARK-FIELD ARGIZTAPENA:** Materialen gardentasuna murrizteko erabilia, batez ere, material honetako objektuen ertzak argitzeko.
- **ARGI POLARIZATUA:** Material garden batzuk esfortzuen aurrean aktibitate optikoa aurkezten dute, hots, argi-izpien norabidea aldatzen dela objektua zeharkatzean. Hori dela eta, objektu garden bat polarizadoreen artean aurkitzen bada, lehen iragazkiaren efektua desegin dezake, irudi argi bat lortuz. Polarizadoreak $0^\circ/90^\circ$ eta $45^\circ/135^\circ$ posizioetan jarri ohi dira eta bi irudien batz bestekoa hartzen da.



Irudia. 5. Argizatze motak

2.1.3 ARGI-ITURRIAK

Argiztapen sistemekin estu lotuta erabili behar den argi iturria dago. Azken hauen analisia ere ezinbestekoa delarik ikusmenaren ezaugarriak erreproduzitu behar dituen edozein sisteman.

- **ITURRI GORIAK**: Merkeak, erabiltzeko errazak eta luzaroan erabili ahal direnak. Intentsitatea doitzeko aukera ematen dute. Hauen desabantailarik nabarmenena bero asko igortzen dutela da.
- **FLUORESZENTEAK**: Ez dute berorik igortzen. Forma, tamaina eta kolore ezberdinekoak izan daitezke. Argiztapen zehaztugabearen erabiltzen dira. Argi mota hauen desabantaila nagusia

denborarekin argi-intentsitatea galtzen doazela eta temperatura baxuetan erabiltzeko ezintasuna dira.

- LED DIODOAK: Kolore ezberdinetako argi monokromatikoa ematen dute. Zenbait urtez funtzionatzen dute eta prezio urrikoenekoak dira. Nahi argi-intentsitate txikia dute eta kontra-argiko argiztapenetan erabili ohi dira.
- ARGI ESTRABOSKOPIKOA: Mugimenduan dauden objektuak detektatzeko egokienak dira, adibidez, uhal garraiatzaile batetik doazen piezak. Argi bizia dute beraz ingurugiroko argiztapena ez du ia eraginik. Ostera, tentsio-iturri berezia dutenez kamerekin sinkronizatu behar dira eta bere argi-indarra txikitzen doa.
- LASERRA: Argiztapen egituratuan erabilia eta hiru dimentsioko neurriak hartzeko aukera ematen du. Patroi anitz sor ditzake baina segurtasun sistema zorrotza behar da begizko kalteak ez izateko.
- ZUNTZ OPTIKOA: Batez ere, zona txikiak eta barrunbeak argitzeko erabilia. Normalean argi goriekin batera doaz.

ARGIZTAPENAREN HISTORIA



Irudia. 6. Argi-iturriak historian zehar

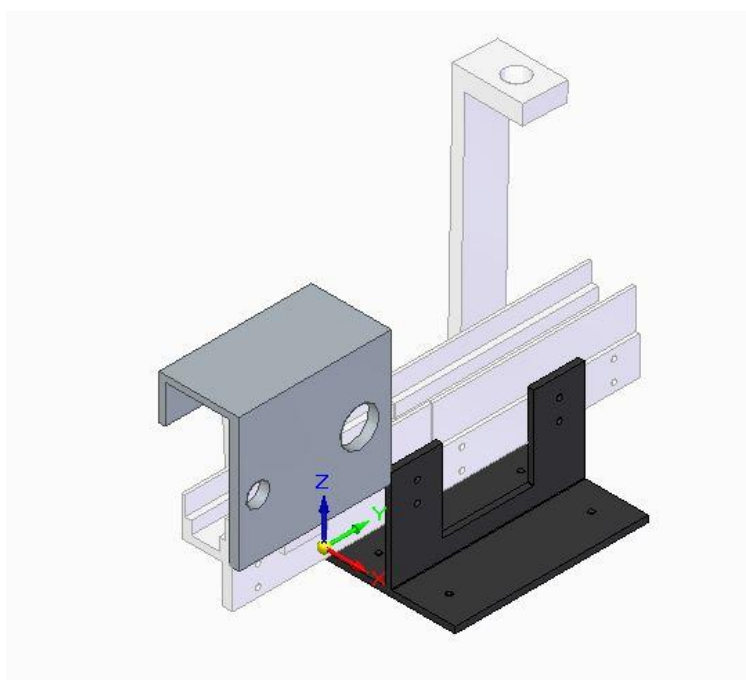
3. LANAREN HELBURUAK ETA IRISMENA

Gradu amaierako lan honen bitartez gizakion ikusmenaren zenbait ahalmenak emulatzen dituen sistema bat garatu da. Elementu desberdinen ezaugarri ezberdinetan oinarrituta, kolorea, tamaina eta materiala hain zuzen ere, piezen sailkatzaile automatikoa diseinatu eta garatu egin da. Sistema hau bertara sartzen diren objektuen ezaugarri desberdinen arabera eta aurre definituta dauden parametroak kontutan izanda, objektu horiek antolatzeko eta sailkatzeko gai izango da.

Gradu amaierako lan honetan diseinua eta programazioaz gain, sailkatzaile automatikoaren prototipoa eraiki egin da. Eraikitako maketari esker, lanaren xedeak praktikan jarri ahal izan dira, edozein sistema errealean sortu ahal izango liratekeen arazoei ere aurre egiteko beharrezko konponbideak aztertuz.

Aurreko ataletan azaldu den bezala, sistema hauek, industria mailan oso erabiliak dira, batez ere, kontrol eta kalitate zereginetan non arazo edo akats txikienak ere berebiziko garrantzia har dezakeen. Hau dela eta, oinarritzko parametro eta ezaugarrietan oinarrituta (kolorea, materiala eta tamaina) pieza ezberdinen sailkapena burutu ahal izango da. Proposatutako sisteman, objektu ezberdinak, ikasleak egindako eta muntatutako uhal garraiatzaile batetik joango dira, ibilbidean, infragorri sentsoare baten aurretik pasako dira. Horrela, sistemak pieza edo objektuaren presentzia antzemango du. Orduan, objektu honen ezaugarriak aztertuko dira eta pieza biltegitatu behar den edo ez erabakiko da.

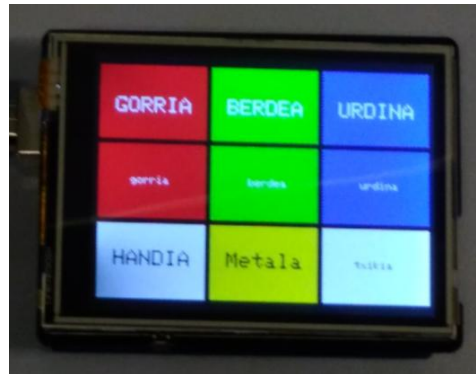
Aztertuko den lehenengo ezaugarria kolorea izango da, kolore-sentsore eta programazio egoki baten bidez, sistemak pieza gorriak, berdeak eta urdinak bereizteko gaitasuna du. Ondoren, sentsore inдукtibo bat erabiliz sistemak pieza metalikoak edo ez metalikoak detektatzeko gai izango da. Azkenik, piezen tamaina aztertuko da ultrasoinu sentsore baten bidez pieza "handiak" eta "txikiak" desberdindu ahal direlarik. Sisteman aurredefinitutako ezaugarriak dituzten objektuak biltegitatzeko bultzada-mekanismo bat erabiliko da, gainontzeko objektuak sistemaren amaieran dagoen biltegi orokor batera joango direlarik.



Irudia. 7. Sailkatzailearen egituraren adibidea

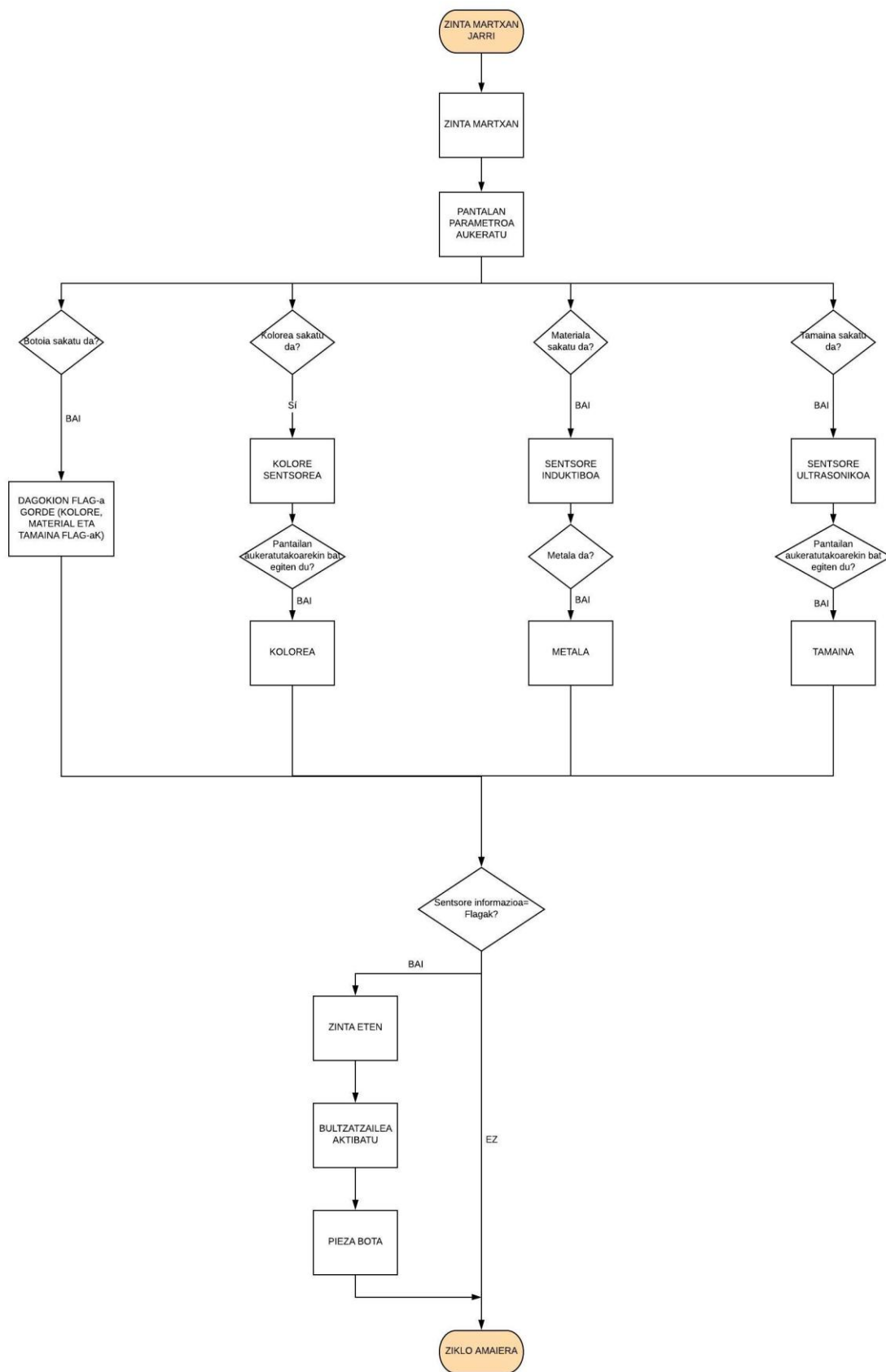
Sailkapen sistema ukipen pantaila baten bidez erabili ahal izango da. Sailkapenaren parametroen aukeraketa pantaila horren bidez egiten delarik. Pantailak eskaintzeen dituen botoi ezberdinei sakatuta sistemari seinale bat igorriko zaio biltegitatu nahi diren objektuen

ezaugarriak zeintzuk diren zehaztuz. Sentsore guztiak antzematen dagoen pieza ezarritako ezaugarriekin bat egiten duenean, mekanismo bultzatzailea abiaraziko da, bestela, objektua uhalaren amaiera arte helduko da.



Irudia. 8. Kontrolerako Ikutze pantaila

Aurreko azalpenaren bitartez deskribatutako sistema osoaren funtzionamendua ondo ulertzeko, 9. Irudian ematen den fluxu diagraman aztertu daiteke. Bertan modu grafiko baten bidez azaltzen baita proiektuan garatutako sistemaren atalen funtzionamendua hau modu intuitibo eta errazago batean ulertu dadin.



Irudia. 9. Sistemaren funtzionamenduaren fluxu diagrama

4. LANAK DAKARTZAN ONURAK

Proiektu honek dituen helburuak jada finkatu direla, era objektibo batean baloratu daitezke honek izan ditzakeen onurak eta abantailak aurretik planteatutako beste ideiekin. Hau da, ea aurredefinitutako helburuak bete diren aztertu beharko da. Honelako proiektu baten xede nagusietako bat, hain zuzen ere, gizakioi lana erraztea edo azkartzea da, une hori arte zegoen egoerari hobekuntzak edo berrikuntzak eskainiz.

Aurreko ataletan azaldu den bezala, proiektu honen bidez piezen ikuskatze eta sailkapena egingo da modu automatiko batean aldeztatik aurretik zehaztutako espezifikazio batzuen arabera. Neurri honek enpresaren produktibitatea hobetu dezake, produktu baten ekoizpen kantitateak handiagoak izan daitezkeelako. Azken finean, zenbat eta produktu gehiago ekoiztu, salmenta gehiago egiteko aukera egongo da, irabaziak handituz, enpresa guztien helburu nagusia, alegia.

Piezen kontrola era automatikoan egiteak beste abantaila handi bat dauka, giza-akatsak ekiditea alegia. Izan ere, objektuen ikuskatze prozesuak oso errepikakorak izan daitezke, langilean asperdura eta nekea eraginez, eta horren ondorioz langileak antzeman beharko lituzkeen akatsak ez hautematea gerta daiteke. Egoera hau, enpresaren ezaugarrien arabera, oso arriskutsua izan daiteke. Izan ere, enpresaren etekinetan eragin handia izan dezake, produktua akatsen batekin salduko balitz, ondo ikuskatu edo erreparatu ez delako, enpresari galera ekonomiko nabarmenak eragin ahal dizkio. Honekin erlazionatuta, sistema hauek akatsak zehaztasun handiz detektatzeko gai direla esan beharra dago, batzuetan gizakiaren begiarentzat zailak

direnak ere, hala nola, tolerantzia akatsak, zulo txikiak, material faltak, akabera ezegokiak, orbanak eta arrastoak eta abar. Askotan, akats hain txiki edo zail hauek detektatzeko langileak nahiko denbora behar izaten du eta honek produktibitate arazoak edo atzerapenak ekar ditzake. Bestalde, enpresarentzat ekonomikoki ere interesgarria izan daiteke, zeren eta, hasieran inbertsio esanguratsuan egin beharko luketen arren, luzaroan kostu hau errez amortizatuko litzateke.

Azkenik, ikuspuntu pertsonal eta hezigarri batetik, proiektu honen buruketa erronka bat ere suposatu du. Klasean, hainbat irakasgaietan, lortutako ezagutzak praktikan jartzeko aukera ematen du, enpresa batean aurki daitezkeen arazoei aurre eginez eta era praktikoago batean, ingeniartzaren sail eta espezialitate desberdinetako jakintzak sakonduz. Proiektu honetan zehar praktikan jarriko diren ezagutzen artean batzuk nabarmendu daitezke, besteren artean:

- Sistema elektronikoko digitalen programazio edukiak eta konpetentziak erabiltzea oso garrantzitsua izan da Arduino mikrokontrolagailuaren funtzionamendu egokia bermatzeko. Mikrokontrolagailuan kargatuko den programa izango da sistema osoaren automatizazioaren arduraduna elementu guztiak softwarean ondo konfiguratuta eta definituta ez badaude, sistemak ez du era autonomoan eta sinkronizatuta lan egiteko gai izango.
- Elektronika analogikoko laborategian eskuratutako ezagutzak erabili dira zenbait osagai elektronikoko sinpleekin zirkuitu txikiak egiteko eta hauetan sor daitezkeen arazoak tresna (osziloskopioa, tentsio iturria ala multimetra) egokiekin detektatu, zuzendu eta doitzeko.

- Automatismo eta kontrola irakasgai aztertutako sentore eta eragingailu ezberdinen ezaugarri ezberdinei erreparatuz, proiektuan planteatutako helburuak era egokienean betetzeko irtenbideak bilatu ahal izan dira.
- 3D-ko inprimagailuarekin pieza batzuk fabrikatu ahal izateko, Adierazpen Grafikoko irakasgai eskuratutako ezagutzak erabili dira marrazketa software bidez pieza horien diseinua burutzeko.

Horietaz gain, proiektuaren buruketan zehar ezagutza berriak ere eskuratu behar izan dira, hala nola PCB bat diseinatu eta honi osagai ezberdinak soldatzen ikastea. Horretarako, DesignSpark software-a erabili da, PCB plakan joango diren elementu guztien konexioak simulatuz, gero, benetan, estainuarekin soldatzeko eta elementuen jarraipen elektrikoa ziurtatzeko. Gainera, PCB-ko pista guztiak egiten ikasi da, pista bakoitzarentzako neurri eta ezaugarri aproposenak diseinatuz, plakaren inprimaketa kapa ezberdinetan burutu ahal izateko.

Bestalde, guztiz ezezagunak ziren sentore ezberdin batzuen funtzionamendua ondo ulertzeko, ikerketa sakon bat egin behar izan da. Ondoren proba eta saiakuntza ezberdinez baliatuz konexio modu ezberdinak aztertu egin dira konfiguraziorik egokiena aurkitu ahal izateko.

Lan munduari begira eta ikuspuntu pertsonal batetik ere, hainbeste kontzeptu teorikoak egunero enpresa baten gerta daitezkeen kasu

errealetan aplikatzea ere oso onuragarria da, elementu eta osagai ezberdinak praktikan programatzea, diseinatzea, muntatzea, konektatzea... Azken finean unibertsitatetik atera ondoren ingeniari batek izango dituen zereginei buruz ezagutza sakonagoa eskuratzea posible egin du, horregatik, bi munduak lotu ditzakeen "lan-zubi" hauek oso garrantzitsuak dira bakoitzaren heziketarako.

5. BALDINTZEN DESKRIBAPENA

Atal honetan proiektuan diseinatutako prototipoaren funtzionamendu baldintzak deskribatzen dira, hau da, sistemak dituen funtzionamendu espezifikazioak zehazten dira sailkapena nola egingo den ahalik eta hoberen ezagutaraziz.

Proiektu baten espezifikazioak zehaztea, honek derrigorrez bete beharko dituen baldintzak eta egoerak definitzean datza proiektuaren funtzionamendu egokia bermatzeko. Espezifikazioak bai funtzionalak (sistemaren erabilerari buruzkoak) baita diseinuzkoak izan daitezke, bezeroaren edo egileak produktua garatzerako orduan aurkitu den egoeren arabera izan daitezkeenak.

Proiektu hau abian jarri ahal izateko, aurretik sistemaren espezifikazio funtzionalak zehaztu behar izan dira. Alde batetik sistemaren funtzionamendu egokia bermatuko duten egoera desberdinak definituz. Bestetik, sistemaren funtzionamenduaren xehetasunak adieraziz. Hasieran uhal garraiatzailea hutsik eta geldirik egongo da. Sistema martxan jartzen den unean, uhala abiaraziko da, objekturen bat sistemara sartzeko zain.

- Momentu bakoitzean soilik pieza bat egongo da sisteman, hau antzeman eta sailkatu ahal izateko.
- Piezen antolaketa 3 parametroren arabera egin ahal izango da: kolorearen arabera (pieza gorriak, berdeak eta urdinak),

tamainaren arabera (pieza handiak eta txikiak) eta materialaren arabera (pieza metalikoak edo ez metalikoak).

- Antzemate prozesua hurrengo konbinazioen arabera egin daiteke:
 - Kolorea+tamaina
 - Tamaina+materiala
 - Tamaina
 - Materiala

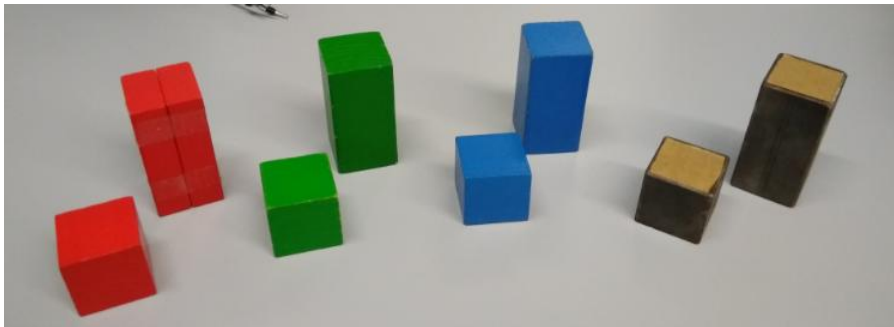
- Sailkapen parametroen aukeraketa ukipen-pantaila baten bidez egingo da.

- Pieza aukeratuak mekanismo gehigarri batekin, biltegi batera eramango dira eta besteek uhalaren amaiera arte helduko dira, bertan dagoen biltegi orokorrera eroriz.

- Kolore sentsorea argitasunarekiko hain sentikorra denez, egitura baten bidez babestuta egongo piezen koloreak ahalik eta modurik egokienean antzeman ahal izateko.

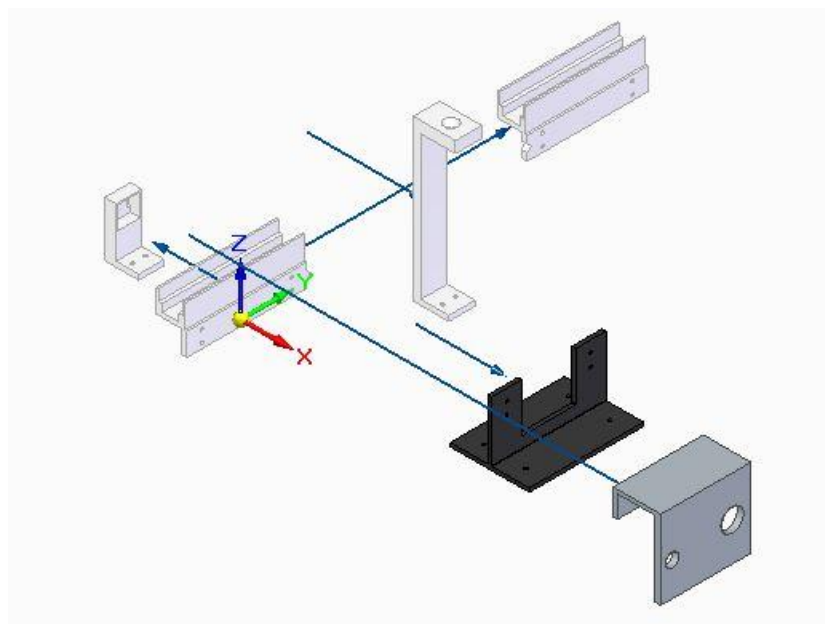
Proiektuaren diseinuari dagokionez, erabaki beharreko lehenengo ezaugarria honen tamaina da. Proiektuaren maketa eraikitze sistemak kudeatuko dituen piezen tamaina eta bertan erabiliko diren beste elementuena ezagutu eta finkatu beharra dago eraikiko diren egitura fisiko desberdinak burutu ahal izateko. Piezen ezaugarrien azterketa nola eta zein ordenan egingo den ere erabaki beharra dago sistemaren egitura definitu ahal izateko.

- Sailkatuko diren piezen tamaina hauetako bi aukeretako bat izatea erabaki da: pieza txikiak 3x3x3 zentimetro, eta pieza handiak 6x3x3 zentimetro. Ezaugarri hau sistemaren garraioa egingo duen elementuaren aukeraketan eragin handia izango du.



Irudia. 10. Sailkapen piezak

- Sistemak aztertuko duen lehenengo ezaugarria kolorea da. Horretarako, kolore sentsoa uhal garraiatzailearen hasieratik 6 zentimetrotara kokatuta egongo da egitura lagungarri baten bidez.
- Sistemak aztertuko duen bigarren ezaugarria objektuaren materiala da. Objektu metaliko edo ez metalikoen artean erabiliko den sentso induktiboa uhal garraiatzailearen hasieratik 13 zentimetrotara kokatuko da.
- Sistemak aztertuko duen hirugarren ezaugarria objektuaren altuera da. Horretarako erabiliko den sentso ultrasonikoa zintatik 17 zentimetroko altuera duen egitura batean kokatuko da eta uhalaren amaieratik 8 zentimetrotara.



Irudia. 11. Sistemaren osagaien despiezaketa

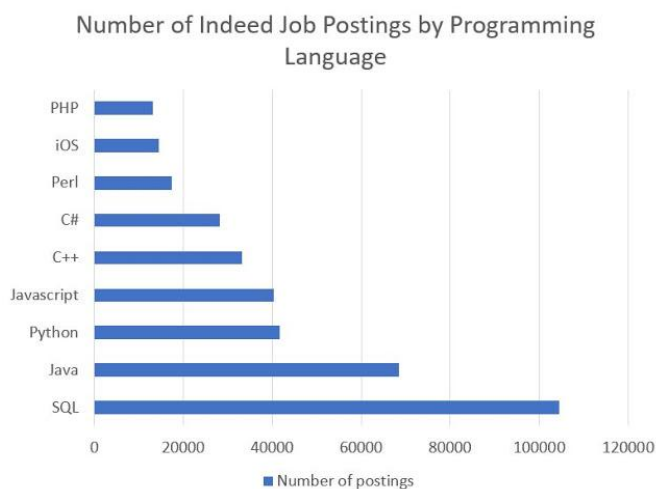
6. AUKEREN ANALISIA

Proiektu hau gauzatzeko, merkatuak eskaintzen dituen baliabide eta aukera desberdinak aztertu behar izan dira lortu nahi diren helburuak modurik egokienean bete ahal izateko. Aztertu beharreko arloen artean sistema programatzeko erabiliko den lengoia, sistema kudeatzeko erabiliko den mikrokontrolagailua eta sistema osatuko duten beste elementuak, hala nola sentsoak edota bestelako osagai ezberdinak daude. Aukera egokiena hautatzeko irizpide desberdinak hartu dira kontutan. Atal honen ulermena errazteko, atal bakoitzean aztertutako aukera desberdinentzat irizpide horien balorazioa taula baten bidez adierazten da, irizpide horien arabera egindako aukeraketak arrazoitu eta modu argi batean azaldu ahal izateko.

Lehendabizi, elementu bakoitzerako kontutan hartu diren alternatiba desberdinak aztertuko dira, hauek eskaintzen dituzten abantaila eta desabantaila nabarmenak azpimarratuz. Ondoren, kasu bakoitzean ezaugarri desberdinek garatuko den proiekturako izan dezaketen garrantzi maila desberdina aztertuko da, ezaugarri bakoitzari ehuneko desberdinak esleituz. Gero, aztertutako aukera bakoitzaren balorazioa egingo da ezaugarri desberdinetarako (1-etik=oso gutxi/txarra 5-era=asko/oso ona). Azkenik, aukera bakoitzak lortu duen guztirako puntuazioak aztertuz, alternatibarik egokiena aukeratuko da kasu bakoitzean.

6.1 PROGRAMAZIO LENGOAIA

Garrantzia handienetako elementua da. Lengoaiak proiektuaren maila definitzen du eta aplikazioaren arabera, lengoai errazago bat edo konplexuago bat erabiltzea erabaki behar da. Kasu honetan, hezkuntzan inplementatu nahi den proiektua izanda, erabili beharreko lengoia ez da oso korapilatsua izan behar. Hala ere, merkatuak eskaintzen dituen aukerak hainbeste direnez, famatuenak edo erabilienak zeintzuk diren jakitea beharrezko aurre-pauso bat da. Aukeraketa egin ahal izateko, lengoai arrakastatsu horietaz gain, Graduan zehar landu izan diren programazio lengoaiak (C++ eta MATLAB) ere kontuan hartu izan dira [5].



Irudia. 12. Programazio lengoai erabilienak

12.irudiko grafikoan ikus daitekeenez, Java edo C gehien erabiltzen diren 9 programazio lengoaien artean daude. Proiektu honetan programazio lengoia kolore sentsoa eta uhal garraiatzailearen motorrak eta gainontzeko elementuen kudeaketa egiteko erabiliko da, beraz, eginbehar honetarako lengoai aproposena zein den aztertu behar da. Aukeraketa hiru lengoaien artean egitea erabaki da, alde

batetik erabilienak direnak eta hiru lengoai hauen artean: C++, Java eta MATLAB.

- **C:** programazio lengoaia hasiberrientzat diseinatu izan ez arren, hezkuntzan asko erabiltzen den lengoaia da. C programazio-lengoaia egituratua da, goi-mailakoa eta malgua. Lengoaia honek duen potentzia eta adierazkortasuna dela eta kode efizienteak sortzeko gai da, konkretua eta motza izan daitekeen beste kode iturri batean oinarrituta. Gainera maila baxuko ezaugarriak aurkitu ditzakegu bere mihizadura lengoian, hori dela eta, oso erabilgarria da. Horrez gain, liburutegi funtzio ugari du eta erabiltzaileei beraien erabilpen propiorako liburutegi funtzio berriak sortzea uzten die. Baina gabeziak ere baditu. Aplikazioen eraikuntza modularrari euskarri gutxi ematen dio eta bere malgutasunak programatzaileari kodea era oso pertsonalean garatzen uzten dio. Horregatik oso zaila egin daiteke beste pertsona batek idatzitako programa bat ulertzea.
- **Java:** programazio lengoaia objektuei bideratutako helburu orokorreko programazio lengoaia da, eta mendekotasun gutxien ezartzen duen hizkuntza informatikoa dela esan daiteke. C programazio lengoaiatik etorri arren maila baxuko erabilgarritasun baliogabea du. Abantaila nagusiena, Javan idazten dena edozein hardwarean erabil daiteke baten bakarrik konpilatuta nahikoa delako. C++-en antza handia dauka, baina sintaxia, eta batik bat memoria kudeaketa, sinpleagoak dira Javan.
- **MATLAB:** software erreminta matematikoa da, garapen integratuko ingurune bat eskaintzen du eta bere programazio

lengoi propioa, M lengoia, ere badu. Bere oinarrizko ezaugarrietan aurkitzen dira, besteak beste, matrizeen manipulazioa, datu eta funtzioen irudikapena, algoritmoen ezarpena eta komunikazio bat eskaintzen du beste lengoi desberdineko programekin eta hardware gailu desberdinekin.

Programazio arloan, burutu nahi den helbururako, dauden lengoia ezberdinen artean erabakitzeak irizpideak Taula 1.ean laburbilduta datoz, bakoitzari garrantzi edo pisu ezberdin bat esleituz. Irizpide batzuk aukeraketa finalean garrantzi gehiago izango dute, adibidez, erabiliko den lengoia lehendik ezagutzea, honek programatzerako orduan erosotasuna, erraztasuna eta programazio denboraren murrizpena suposatuko duelako. Bestalde, prezioa ere garrantzi handiko irizpidea da, zeren eta, lizentziak eta baimenak ordaintzea ekidin nahi den zerbait da. Lengoi bakoitzaren datuak okupatzen duten memoria edo programatzeko zenbat denbora behar den (programa lerroei dagokienez) bigarren mailako faktoretzat har daitezke, alde batetik, lan egiteko ordenagailuek behar baino memoria tamaina handiagoa dutelako eta beste aldetik, programatzeko denbora norberaren abileziaren eta trebetasunaren araberakoa delako.

Hau guztia dela eta, argi dago lengoi bakoitzak bere abantailak eta desabantailak eskaintzen dituela. Beraz, ezaugarri ezberdinak kontutan izanda eta hauek proiektuaren garapenerako duten garrantzia aztertuz 1.taulan laburtzen diren irizpideen arabera aukerarik egokiena egin da.

IRIZPIDEA	GARRANTZIA	C lengoiaia	Java	Matlab
PREZIOA	%30	3	3	1
EZAGUTZA	%40	4	1	3
PROGRAMATZEKO DENBORA	%20	3	1	3
OKUPATZEN DUEN MEMORIA	%10	2	3	3
IRIZPIDEEN EHUNEKOAK	%100	%66	%36	%48
GUZTIRAKO PUNTAKETA	(20 puntutik)	12	8	10

Taula 1. Programazio lengoiaia erabakitzeko irizpideak

Atal bakoitzeko puntuak eta puntuazio globala aztertuz, C lengoiaia erabiltzea egokiena dela erabaki da. Kasu honetan, lengoaiaren aurretiko ezagutza berebiziko irizpidea izan da, gainera, sistema osatuko duten beste elementuen aukeraketak ere kontutan hartu izan dira adibidez Arduino mikrokontrolagailuaren erabilera C lengoaiaren komenigarritasunarekin bat dator, izan ere, C lengoiaia da Arduino txartelekin lan egiteko programazio lengoaiarik aproposena.

6.2 PIEZAK DETEKTATZEKO SENTSOREA

Mikrokontrolagailua sistemaren funtzionamendua kontrolatu eta kudeatuko duen osagaia da, hau da, sistemaren burmuina bezala jokatu duen elementua da. Zeregin hau betetzeko, merkatuan nahiko aukera zabala dago.

Mikrokontrolagailuaren aukeraketa hau eta programazio lengoaiaren aukeraketa estu lotuta daude, hauen arteko bateragarritasuna ezinbestekoa delako. Nahiz eta bateragarritasun irizpide hau mikrokontrolagailu askok bete, txartel bakoitzak ezaugarri propioak ditu eta horregatik, prezio eskuragarria duten produktu batzuen artean erabaki behar izan da, enpresa mailan datuak hartzeko beste mota bateko gailuak erabili ahal diren arren. Hasieran, mikrokontrolagailu simple bat erabiltzeko asmoa zegoen, baina aurretik aipatu den bezala, ukipen pantaila bat erabiliko denez sistemaren erabilerarako hori ere eragina izango du mikrokontrolagailuaren aukeraketan, honek behar adina pin eduki beharko dituelako. Aztertutako aukeren artean, azkenean hautaketa egiteko sakonago aztertu ziren mikrokontrolagailu desberdinen ezaugarriak aurkezten dira orain, bakoitzaren abantailak eta desabantailak aztertuz:

- **PIC32 Pinguino.** Microchip-ek sortutako mikrokontroladorea da. Arduino Uno-ren antzeko tamaina eta forma du baina 32 biteko mikrokontrolagailua du, 80 MHz-tan lan egiten duena eta RAM eta Flash memoria handiak ditu. Berezitasun bezala, DC-DC bihurtzailu bat du eta litio ioiko kargagailu bat proiektu eramangarrientzako. Nahiz eta Arduino Unoren antza asko izan, ez du IDE berdina erabiltzen eta posiblea da zenbait liburutegirekin ez funtzionatzea [6].
- **Arduino Uno.** Txartel honek mikro ATME1 etxeko ATMEGA328P-PU kontroladore bat du. Microchip-ek sortutako mikrokontrolagailuekin konparatuz, modulu gutxiago ditu eta aplikazio gutxirako balio du. Baina erabileraren erraztasunaren aldetik abantaila nabarmena eskaintzen du. Gainera I/O sarrera eta irteera gehiago ditu eta MATLAB-ekiko komunikazioa

primerakoa dauka, bertara komunikatzeko liburutegiak daudelako [7].

- **Arduino Mega.** Atmega2560 modeloko mikrokontrolagailua eta sarrera/irteera bai analogiko bai digitalekin sortutako txartel bat da. Ordenagailu batekin komunika daiteke serie portu baten bidez eta Flash, MaxMSP, Matlab, Processing, etab.. bezalako lengoaiekin erabiliz. Arduino Megak 54 sarrera/irteera digital (hauetatik 14 PWM irteera bezala erabili daitezke), 16 sarrera analogiko, 4 UART (hardware-aren serieko portua), USB konexioa, ICSP konektorea eta reset botoia. Arduino Mega funtzionarazteko USB bidez PC batera edo kanpo elikadura iturri baten (korrante zuzeneko 9V eta 12V artekoa) bidez konektatzea baino ez da beharrezkoa [8].
- **Raspberry Pi 3 B+.** Beste txartelekin konparatuta hau modelorik berriena eta eguneratuena da. Alde batetik prozesadorerik ahaltsuena duena da, lau nukleoko ARM CortexA53, 1'2GHz-ko erloju maiztasunarekin lan egiteko gai dena. Bestetik RAM memoria handiena eskaintzen duena da, (1 GB). Horretaz gain, Wi-Fi eta Bluetooth bidez modu eroso batean konekta daiteke sistemaren beste gailu batzuekin. Baina arazoren bat ere badu, hauen artean prozesadorearen gehiegizko berotzea nabarmendu behar delarik. Berotze honek makinei ezta gizakioi kalterik egiten ez dien arren, prozesadorearen abiaduran eragina izaten ohi du, horregatik, bero-disipadore edo haizegailu baten beharra izaten dute [9].

Taula 2.n mikrokontralagailuaren aukeraketarako erabilitako irizpideak laburbiltzen dira. Kasu honetan, aztertutako aukera

ezberdinen artean, gaur eguneko mikrokontrolagailu gehienek lengoai ezberdinetara moldatzeko zailtasunik ez dutenez, mikrokontrolagailuaren prezioa eskuragarria izatea garrantzi handiagoko irizpidea izan da, proiektuaren gastuak murriztearren. Gainera, sistema osatzen duten elementu ezberdinak konektatu eta kontrolatzeko sarrera/irteera kopuru nabarmena edukitzea ere komenigarria da.

IRIZPIDEA	GARRANTZIA	PIC32	Arduino Mega	Raspberry Pi 3 B+	Arduino Uno
PREZIOA	%20	3	4	2	5
I/O KOPURUA	%30	3	5	3	3
PROGRAMAZIOA	%30	2	4	2	4
TAMAINA	%20	1	4	3	4
IRIZPIDEEN EHUNEKOAK	%100	%46	%86	%50	%78
GUZTIRAKO PUNTAKETA	20 puntutik	9	17	10	16

Taula 2. Mikrokontrolagailua erabakitzeko aukerak

Taula 2n adierazitako emaitzen arabera, Arduino txartela erabiltzea erabaki da proiektu hau garatzeko, programazioaren erraztasunagatik eta prezio oso lehiakorra duelako. Hezkuntza arloan, oso hedatuta dago Arduinoren erabilera, eta hori ere hartu da kontuan aukeraketa egiteko unean.

6.3 PIEZEN ERROKONozIMENDU OSAGAIA

Atal honetan, sistemak sailkatu behar dituen piezen egotea detektatzeko erabiliko diren elementuak eta metodoa aztertzen dira. Merkatua arakatu eta gero, piezen presentzia hautemateko aukera anitza dagoela egiaztatu da. Proiektu honetara hoberen egokitzen den soluzioa aurkitu ahal izateko, piezen detekzio distantziak, detektatu daitezkeen materialak, erantzun denborak, perturbazioen eragina, prezioa, eta bestelako ezaugarri batzuk kontuan hartu behar izan dira.

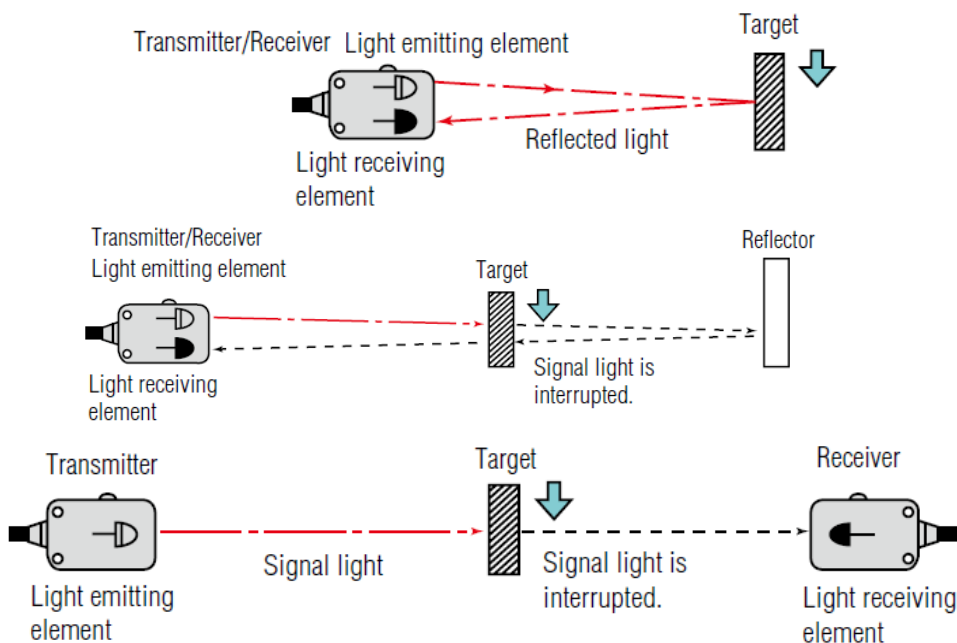
Objektuen detekziorako gehien erabiltzen diren sentsoreak sentsoare fotoelektrikoak eta ultrasoinuko sentsoarek dira. Lehenengoek, argiaren aldaketaren edo transmisioaren bitartez lan egiten dute. Bigarrenek, aldiz, soinu uhinen bitartez dihardute.

Sentsore fotoelektrikoak argiaren islada edo erreboteekin funtzionatzen dute, eta bi elementuz osatuta daude, argia igortzen duen elementu batez eta argi horren errebotea jasotzen duen beste batez. Sentsore fotoelektrikoak funtzionamendu modu desberdinak dituzte [10]:

- **Islatzeta objektuan edo reflex:** igorleak argi sorta bat emititzen du eta objektua bere ibilbidean jartzen denean, argiaren zati bat islatzen da hartzailerantz, horrela bere egoera aldatuz eta objektuaren egotea antzemanen. 13.irudiko goiko adibidea hain zuzen.
- **Islatzeta ispiluan:** detektagailuak argi sorta bat igortzen du, argi hau ispilu batek islatzen du eta pausagune egoeran

detektagailura itzultzen da. Objektu bat argiaren ibilbidearen erdian jartzen denean, argia ez da hartzailera itzuliko eta irteerak bere egoera aldatzen du objektuaren egotea antzemanetz. Islatzailearen neurriak detektatu nahi den objektuaren tamaina baino txikiagoa izan beharko da, baina kontuan hartuz zenbat eta handiagoa izan islatzailearen tamaina orduan eta handiagoa izango dela detektatu ahal den distantzia. 13.irudian agertzen diren kasuen artean erdikoia izanik.

- **Langa optikoa:** igorlea eta hartzailea bereizirik eta leku desberdinetan daude. Igorleak argi sorta bat emititzen du pausagune egoeran hartzailera heltzen dena argi langaren antzeko zerbait sortuz. Objektu bat argiaren ibilbidean jartzen denean, hartzaileak ez du argia jasotzen, eta bere irteera aldatzen du objektuaren egotea antzemanetz. Mota honen adibidea 13.irudiko beheko adibidearekin grafikoki azal daiteke.



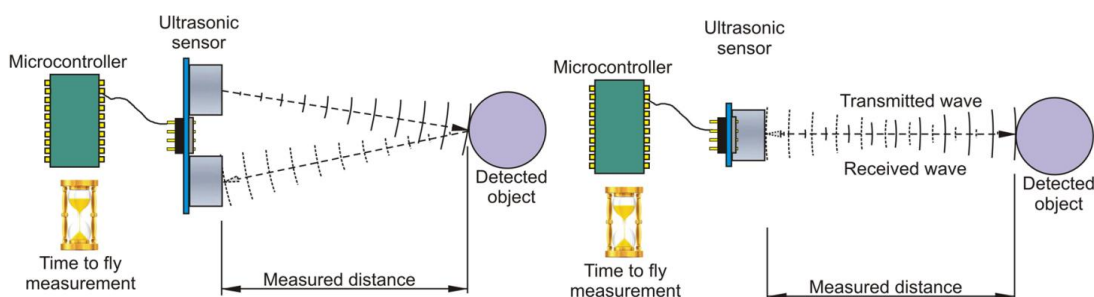
Irudia. 13. Sentsore fotoelektrikoaren funtzionamendu motak.

Sentsore fotoelektrikoen funtzionamenduan oinarrituz, aukera batzuk azkar gaitzetsi ziren proiektu honen garapenerako. Zehazki, aparkalekuetan erabiltzen diren moduko langa bidez funtzionatzen duten sentsore fotoelektrikoak, diseinatutako sistemarentzat handiegiak zirelako, eta horrekin lotuta, gehiegizko pisua izango luketelako eta ezin izango liratekeelako sisteman modu egoki batean erantsi, sistemak detektatu behar dituen piezak nahiko txikiak baitira.

Sentsore fotoelektriko batzuk lerro zuzenean transmititzen dute argia, gero kontrako norantzan baina norabide berdinarekin argia jasotzeko eta beste sentsore batzuk, aldiz, argia era koniko batean igortzen dute, azken hauetan, igortze puntutik zenbat eta gehiago urrundu gero eta argi sorta zabalago bat eratzen delarik. Argi hau zenbait koloretakoa izan daiteke detektatzeko helburuaren arabera. Kasurik arruntena argi infragorriak erabiltzea da, distantzia luzeetarako aplikatuz baina markak edo xehetasun txikiak antzemateko argi berdea edo horia maiz erabiltzen ohi da.

Igorpen konikoa duten sentsore horiek, argiaren hedapen zabaltzailea duten sentsore infragorriak izan ohi dira. Hauek, zenbait kasutan arazoak ekar lezakete detekzioan, antzeman nahi diren objektuen inguruan dauden beste elementu batzuk ere detekta ditzakelako. Hori dela eta, mota honetako sentsoreak erabili ezker detektatu nahi diren objektuak isolatuta egon behar dira, edo inguruan oztopo handirik ez dagoela ziurtatu behar da. Horretaz gain, sentsorea objektuarekiko zuzenki lerrokatuta jarriko da detekzioa erraztu eta hobetzeko.

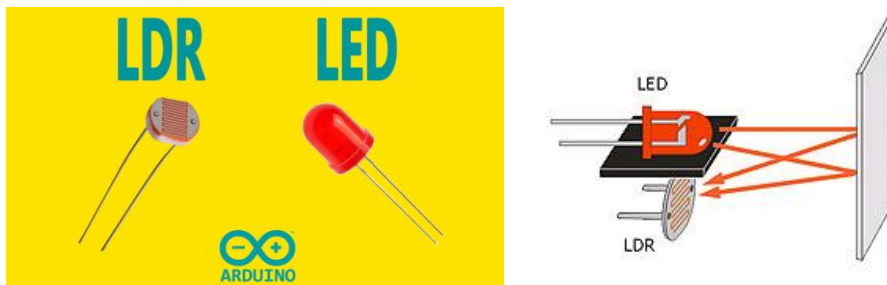
Ultrasoinuko sentsoreei dagokienez, infragorrien antzeko funtzionamendua dute baina, kasu honetan, argi izpiak erabili ordez soinu uhinak erabiltzen dituzte objektu edo oztopoen presentzia antzemateko. Horrela, ultrasoinuko sentsoreak soinu bat igortzen du eta soinu hori, bidean oztoporik topatuko ez balu, sentsorerara itzultzeko zenbat denbora beharko lukeen kalkulatzeko du. Orduan, sentsoreak soinu bat igortzen du, eta honek sentsorerara itzultzeko ematen duen denbora, aldeztatik kalkulatuakoaekin konparatuz, bere aurrean objektu baten presentzia hauteman dezake edota zein distantziara dagoen kalkulatu dezake. Detektatu nahi den objektuak sentsoreak igorritako soinuaren "oihartzuna" bidaliko luke eta ultrasoinuko sentsoreak bueltan jasotzen duen seinale hori seinale elektriko bihurtuz piezaren hautematea adierazi dezake [11].



Irudia. 14. Ultrasoinu sentsorearen funtzionamendua

Ultrasoinuko sentsoreak, zentimetro gutxira edota metro batzuetara dauden objektuak detektatu ditzakete, eta detekta dezaketen objektuak ugariak dira parametro ezberdinen arabera: formak, koloreak, gainazalak, materialak... Hala ere, hauen erabileran kontutan izan behar da distantzia minimo bat errespetatu behar dela objektuak era egokian detektatzeko, hau da, sentsoretik hurbilegi dauden objektuak ezin izango dira detektatu. Distantzia minimo horri "blanking" edo "gune itsua" deritzo.

Esan bezala, orain arte atal honetan azaldutako aukerak oztopo edo objektuen egotea antzemateko gehien erabiltzen direnak dira, baina ez bakarrak. Proiektu honetan beste antzematea sistema baten erabilera ere aztertu zen. Hala nola, LDR eta LED baten bidez osatutako sistema txiki bat. Baina hau ere azkar gaitzetsi zen. LDR-k sentikortasun oso handia dute argiarekiko eta hori sistemaren eraginkortasunean eta funtzionamenduan eragin txarra izan lezakeelako. Arazo horri aurre egiteko konponbide desberdinak planteatu ziren, hala nola, tutu edo estalki batekin babestea, baina horrek bi elementuen (LDR eta LED-a) arteko komunikazioa nabarmen kaltetu zezakeen. Gainera egitura hau beste arazoak ere zituen, hala nola LED-ak igortzen duen argi kantitatea ez zela nahikoa izango zeregin honetarako [12].



Irudia. 15. LDR+LED-eko detekzio sistema

Hurrengo taulan, Taula 3n, objektuen presentzia detektatzeko sensore aukeraketarako erabilitako irizpideak laburbiltzen dira. Kasu honetan, hautemate distantziari eta prezioari eman zaio garrantzi gehien. Lehenengo kasuan, hautemate distantzia irizpide oso garrantzitsua da zeren eta sistemaren kokapena dela eta sentsoretik detektatu beharreko piezara dagoen distantzia tarte baten barruko antzemate ahalmena mugatzen. Prezioari dagokionez, esan beharra dago hautemate distantziarekin nahiko erlazionatuta dagoela, zenbat eta distantzia tarte zabalagoa izan gero eta garestiagoa baita sentsorea. Hori dela eta, kontuan izan beharreko parametro garrantzitsua ere da,

sentsore mota hauen kostua batzuetan merkea ez delako. Horietaz gain, sentsorearen tamaina edo pisua eta bere hedapen distantzia baloratu egin dira, baina gure sisteman inplementatzeko egitura bat moldatu denez sentsoreen kokapenerako, honek ez luke buruhauste handirik eragin beharko.

IRIZPIDEA	GARRANTZIA	FOTOELEKTRIKOA	ULTRASO INUKOA	LDR+LED
TAMAINA EDO PISUA	%15	3	3	5
HAUTEMATE DISTANTZIA	%35	4	4	1
HEDAPEN MOTA (ZUZENA EDO KONIKOA)	%15	5	2	3
PREZIOA	%35	4	2	5
IRIZPIDE EHUNEKOAK	%100	%80	%57	%66
GUZTIRAKO PUNTAKETA	20 puntutik	16	11	14

Taula 3. Piezak detektatzeko sentsorea erabakitzeko irizpideak

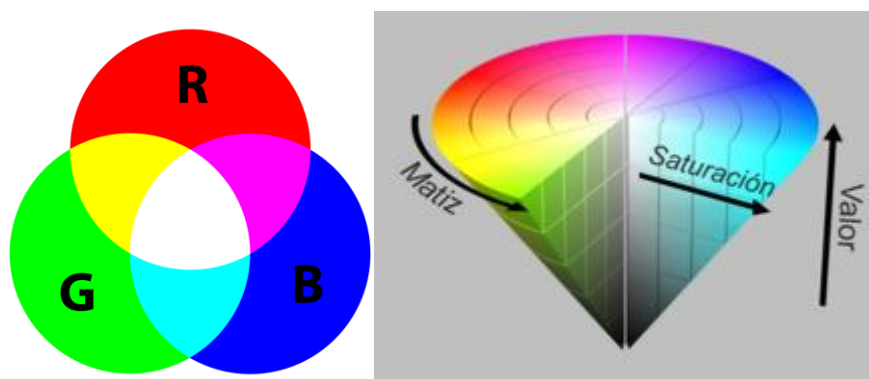
Hori guztia dela eta, azkenean, izpi infragorrien bidez objektuak detektatzen dituen sentsore batekin lan egitea erabaki zen, aurkitu zen sentsore fotoelektrikoak zeregin zehatz horretarako sortua izan delako, merkatuan duen egitura txertagarriak muntaketa eta inplementazioa asko errazten duelako eta prezio oso eskuragarria duelako.

6.4 PIEZEN ERROKONAZIMENDU OSAGAIA

Proiektu honetan garatutako sistema sailkatzailea parametro desberdinak aztertuko ditu. Parametro hauek kolorea, tamaina eta pieza metaliko-ez metalikoen arabera bereiztea izatea erabaki da. Bereizketa hori independenteki egingo da, hau da, sistemak alde batetik objektuaren kolorea aztertuko du, bestetik honen tamaina eta azkenik objektuaren materiala. Ezaugarri bakoitzaren azterketa bakoitza ondoren azalduko diren sistemetan egingo da.

6.4.1 PIEZEN KOLOREAREN ERREKONAZIMENDUA

Kolorearen bereizketarako hiru koloreen arteko bereizketa egitea erabaki da, horrela, sistemak pieza gorriak, berdeak eta urdinak desberdintzeko gai izango da. Izan ere, hiru kolore hauetan oinarrituta eta hauen konbinazioaren bidez kolore-espektroko beste kolore guztiak lortu ahal dira, adibidez, gorria eta urdina batuz morea lor daiteke, gorria eta berdea konbinatuz horia lortzea, hiru koloreak batuz zuria, eta abar. Koloreen deskodetze sistema honi RGB (Red-Green-Blue) metodoa deitzen zaio. Baina metodo hau ez da guztiz zehatza ezta doia ere, zeren eta koloreen artean ondo bereizten duen arren, kolore bere baten xehetasunak eta tonuak ezin ditu ondo desberdindu, hau da, sistema honen ikuspuntutik, zeru koloreko urdin bat (urdin argia) eta itsaso koloreko urdina (urdin ilunago bat) kolore berdina, urdina, izango litzateke [13].



Irudia. 16. RGB eta HSV sistemak

Hiru kolore hauen aukeraketa, zirkulu kromatikoaren egituraren oinarrituta dago, izan ere, hauek dira honen oinarritzko osagaiak RGB sisteman eta bestelako koloreak hiru osagai hauen konbinazioz lortzen dira. Kolorearen sailkapena egiteko, kolore-sentsore bezala aukera desberdinak erabili daitezkeenez, proiektu honetan aztertu ziren aukerak eta azkenean aukeratutako osagaia azaltzen dira atal honetan.

Lehenik eta behin, **CS81-N1112** kolore eta argitasun sentsorearen erabilera aztertu zen. Baina alde batetik, bere prezio oso handiagatik eta bestetik, argitasuna ere antzematen duen sentsorea denez, proiektu honetan diseinatutako sisteman aplikatzeak izango zituen arazoak, hala nola tamaina edota pisua, ekarriko lituzkeen onurak baino handiagoak zirela erabaki zen. Beraz, aukera hau gaitzetsi egin zen [14].



Irudia. 17. CS81-N1112 kolore sentsorea

CS81-N1112 sentsorearen funtzionamendua aztertzerakoan, etxe bereko beste sentsore bat, **CSM-WP117A2P**, erabili ahal zela ikusi zen, txikiagoa, baina printzipio fisiko bera zuena. Baina hau ere, argitasun sentsorea berez integratua zuenez, proiektu honetan interes ez dituzten ezaugarriak ekartzen zituen eta hauekin batera ekidin nahi ziren zenbait arazo ere sor zitezakeen. Gainera detekzio distantzia nahiko txikia zuenez, zentimetro eta erdi baino gutxiagokoa, piezen koloreak detektatzeko, hauek, diseinatutako sistemaren egitura kontutan izanda, gertuegi egon beharko lirateke eta hori egituraren diseinua berraraztea gauzatuko lukeenez, aukera hau ere gaitzetsi zen [15].



Irudia. 18. CSM-WP117A2P kolore sentsorea

Azkenik, arduinorekin erabili izan den beste kolore sentsore bat aurkitu zen, **TCS3200** sentsorea. Sentsore hau simple eta xumeagoa da baina eginkizun honetarako oso aproposa da, egitura txiki eta oso inplementagarria duelako. Gainera elikadura handirik ez du behar eta software programaren bidez eskala eta iragazki ezberdinak aplikatzeko aukera ere ematen du. Hori dela eta, azkenean, sentsore mota hau erabiltzea erabaki da, objektu ezberdinen kolorea detektatzeko funtzioa burutzeko aukerarik egokiena delako.



Irudia. 19. TCS3200 kolore sentsorea

Piezen kolorearen sailkapena egin ahal izateko, merkatuak eskaintzen zituen kolore sentsore ezberdinen artean erabaki behar izan da taula 4.ean adierazten diren irizpideetan oinarrituz. Aukeraketa honetarako, produktuen kolorearen bereizmena, detekzio distantzia, tamaina eta prezioa kontuan hartu dira, baldintza bakoitzari nahiko pisu orekatua esleituz. Sistemak, aurreko puntuan aipatu den bezala, egitura bat izango du sentsore guztiak kokatzeko eta horregatik, sentsoreen eta detektatzeko piezen artean distantzia tarte jakin batean egotea beharrezkoa da. Nahiz eta RGB-ko sistemako kolore primarioak soilik detektatuko diren (ez hauen nahasteak) erabat funtsezkoa da sentsoreak kolorearen bereizmen ona izatea. Sistemaren trinkotasunari begira, sentsorearen tamaina handiegia ez izatea ere bilatu da eta ekonomikoki ahalik eta eskuragarriena izatea.

IRIZPIDEA	GARRANTZIA	CS81	CSM	TCS3200
TAMAINA	%20	1	4	5
DETEKZIO DISTANTZIA	%30	3	3	3
KOLOREAREN BEREIZMENA	%30	4	4	4

PREZIOA	%20	1	2	5
IRIZPIDEEN EHUNEKOAK	%100	%50	%66	%82
GUZTIRAKO PUNTAKETA	20 puntutik	9	13	17

Taula 4. Piezen kolore errekonizimendu erabakitze sentsorearen irizpideak

Taula 4ko puntuazio eta emaitza finalari erreparaturaz, piezen kolorea detektatzeko erabiliko den sentsorea DFRobot etxeko TCS3200 kolore sentsorea erabiltzea erabaki zen. Aukera honen zergatia, batez ere, sentsorearen tamaina txikian eta prezio erakargarrian aurkitzen da, zeregin honetarako beharrezkoa den kolorearen bereizmen ona duela ziurtatzeaz gain.

6.4.2 PIEZEN METALIKOEN ERREKONIZIMENDUA

Proiektu honetan proposatutako hirugarren sailkapen ezaugarria objektuak materialaren arabera bereiztean datza. Zehazki, objektu metalikoak eta ez metalikoen artean desberdindu nahi izan da. Zeregin hau burutzeko, sistemak sentsore induktibo bat erabiltzen du. Sentsore mota hauek nukleoa material ferromagnetiko batez osatua dutenez, objektu metalikoak soilik detektatzen dituzte eta haien eremu magnetikoaren eraginez, erraza izango da pieza metalikoa baten detekzioa egitea. Hala ere, kanpoko eremu magnetikoak egotekotan, kontuz ibili beharra dago batzuetan sasi-detekzioak eragiten direlako. Sentsore induktiboak, beste sentsore batzuekin konparaturaz, detekzio-distantzia txikia dute eta hau konpentsatzeko forma ezberdineko sentsoreak daude: zilindrikoak, laukizuzenak, zapalak, eta abar.

Merkatuan aurki daitezkeen aukera ezberdinen artean, objektu metalikoentzako sentsore induktiboen erabilpena aukerarik egokiena dela jakinda, hauek izan ditzaketen ezaugarri ezberdinak kontutan izanda egingo da aukeraketa. Tamaina eta forma ezberdinak (20.irudia), detekzio distantzia ezberdinak... planteatu dira azken erabakia hartzeko, baina batez ere, sentsorearen detekzio distantzia izan da aukeren analisisa egiteko garrantzi handien eman zaion parametroa, kontutan izan behar sentsorea euskarri batean finko batean kokatuta egongo dela, hau da, distantzia hurbiltzeko aukerarik ez da egongo eta uneoro piezen tamaina bereizteko gai izan behar da. Euskarri horretan egoteagatik, tamaina oso ezaugarri inportantea da ere, zenbat eta sentsore handiagoa izan orduan eta pisutsuagoa izango delako, eta agian euskarriak ezin izango duelako eutsi. Sentsore mota hau, orokorrean, nahiko garestia denez, kostua ahalik eta gehien murriztea ere bilatuko da aukeraketa prozesuan [16, 17, 18].



Irudia. 20. Sentsore induktibo zilindriko, errektangularra eta blokea

IRIZPIDEA	GARRANTZIA	INDUKTIBO BLOKEA	INDUKTIBO ERREKTANGULARA	INDUKTIBO ZILINDRIKOA
PREZIOA	%30	4	2	3
TAMAINA	%30	1	3	5
DETEKZIO-DISTANTZIA	%40	4	4	2
IRIZPIDEEN EHUNEKORAK	%100	%62	%62	%64
GUZTIRO PUNTUKETA	15 puntutik	9	9	10

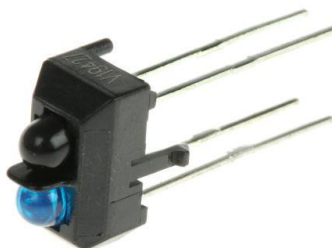
Taula 5. Pieza metalikoen errekonizimendua erabakitzeko sentsorearen irizpideak

Taula 5ko datu-puntuaketetan oinarrituz, proiektuan implementatzeko sentsore induktibo egokiena sentsore zilindrikoa dela ondorioztatu daiteke. Forma eta tamaina aldetik sistemaren beharretara hobekien moldatzen den sentsorea da nahiz eta detekzio distantzia pixka bat laburra izan.

6.4.3 PIEZEN TAMAINAREN ERREKONIZIMENDUA

Sisteman sartzen diren objektuen tamaina ezberdintzeko, bi tamaina definitzea erabaki zen, horrela sistemak pieza "handiak" eta "txikiak" bezala definitutako objektuen artean bereizteko gai izango da. Honetarako, aurreko kasuetan bezala, zenbait aukera ezberdin erabilera aztertu da. Sentsore mota hauek erabiltzen direnean zenbait faktore kontuan izan behar dira, adibidez, histeresia, detekzio distantzia, detekzio materiala edo detektatuko den objektuaren tamaina.

Lehenik eta behin, sentsore optiko baten erabilera aztertu zen. Sentsore hauek izpi infragorri bat bidaltzen dute eta objektuarekin talka egitean izpia errebotatuta bueltatzen da sentsorera. Izpiak joan eta etorri hori egiteko behar duen denbora neurtuz, objektuaren tamaina edota zein distantziara dagoen kalkulatu daiteke. Sentsore mota hauek nahiko detekzio distantzia txikietan lan egiten dutenez, proiektu honetan proposatutako sistemaren eskakizunetarako ez litzatekeela egokia izango erabaki zen [19].



Irudia. 21. Sentsore optikoa Vishay TCRT5000L

Ondoren, sentsore kapazitibo bat erabiltzea ere planteatu egin zen. Sentsore hauen funtzionamendua, eremu elektrostatiakoaren hedapenaren arabera da. Dispositibo hauek sentsore optikoak baino aproposagoak dira, distantzien edo objektuen tamainak bereizteko baina hauek ere, detekzio distantzia maximo laburregia zuten gure sisteman aplikatzeko. Hori dela eta, beste irtenbide bat bilatu behar izan zen [20].



Irudia. 22. Sentsore kapazitiboa BCS M30BBE1-PSC25H-EP02

Azkenik, tamainaren bereizketa egiteko, ultrasoinu sentsore baten erabilera aztertu zen. Hauetan, soinu seinale baten errebotearen bidez objektu bakoitzarekiko distantzia neurtu daiteke, beraz, hau erabiliz objektuen altuera desberdina, eta hortaz tamaina, desberdindu ahal izango da. Horretarako, sentsorea finkoa eta objektuarekiko era elkartzutean jarri beharko da.



Irudia. 23. Sentsore ultrasonikoa Telemecanique XX918A3C2M12

Taula 6n adierazten den bezala, pieza ezberdinen tamaina edo altuera detektatzeko, ostean handia edo txikia sailkapen egokia egiteko, sentsore ezberdinen ezaugarriak aztertu behar dira aukera onena zein den erabaki aha izateko. Horretarako, modelo bakoitzaren espezifikazio teknikoenaz gain, hauen tamaina eta prezioa ere baloratu dira. Espezifikazio teknikoen artean, sentsorearen detekzio distantzia izango da irizpide esanguratsuena aukeraketa egokiena burutzeko. Sentsorea zenbat eta detekzio distantzia luzeagoa izan, orduan eta prezioa garestiagoa izango da, eta hau ere, kontuan hartzekoa izan da. Gainera, sentsore bakoitzaren detekzio modua edo hedapen inguruari inportantzia nabarmena eman zaio, aplikazio bakoitzarentzako soinu bidezko, argi bidezko edo eremu elektrostatiko bidezko sentsoreen artean aukeratuz.

IRIZPIDEA	GARRANTZI A	OPTIKO A	KAPAZITIBO A	ULTRASOINUKO A
PREZIOA	%20	5	3	3
TAMAINA	%20	5	4	4
DETEKZIO- DISTANTZI A	%40	1	3	5
DETEKZIO MODUA	%20	2	3	5
IRIZPIDEEN EHUNEKOA	%100	%56	%64	%88
GUZTIRAKO PUNTAKET A	20 puntutik	13	13	17

Taula 6. Piezen tamainaren errekonizimendua erabakitzeko sentsorearen irizpideak

Taula 6-eko irizpideen puntuazioak aintzakotzat hartuz, ondorioztatu daiteke objektuen tamaina detektatzeko ultrasoinuko sentsorea aukerarik onena dela. Detekzio distantzia aproposena da proiektu honen beharretarako eta soinu bidezko detekzioa zeregin honetarako gehien erabiltzen den antzemate modua da.

6.5 PIEZEN GARRAIOA

Sisteman sartzen diren objektuen garraioa nola burutu behar den erabakitzea ere garrantzi handiko kontua izan da proiektuaren garapenerako, eta horregatik, objektuak garraiatzeko aukera desberdinak aztertu ziren.



Irudia. 24. Uhal garraiatzailea

Hasiera batean eskolako laborategiko zenbait elementu berrerabiltzeko aukera aztertu zen, hala nola, bertan jada martxan dabilen zinta garraiatzaile ertain bat. Baina hori alde batera utzi behar izan zen sortutako arazo eta inkompatibilitateen ondorioz, beraz, garraio sistema horretarako beste konponbide bat bilatu behar izan zen elementu berriak erabiliz.

Arazo honen irtenbide egokia aurkitzeko proiektuaren xehetasun desberdinak kontutan hartu behar izan ziren. Horrela, piezak sisteman desplazatzeko, hau da, hasierako puntutik detekzio puntura edo sailkatze puntura eramateko uhal garraiatzailea erabiltzea erabaki zen. Diseinatutako sistemaren dimentsioak direla eta, uhal garraiatzaile tradizional bat eskuratzea ezinezkoa zela ikusi zen, beste arrazoien artean hauen kostuak proiektu osoaren aurrekontuan zuen eragina onartu ezina zelako.

Ildo beretik, proiektuaren kostu ekonomikoa murriztearren, uhal garraiatzaile bat erabili beharrean plater birakari baten erabilera ere aztertu zen. Honek sistemaren egituran eta funtzionamenduan aldaketa nabarmenak suposatuko lituzkeenez eta proiektuaren diseinuaren birplanteatze oso bat zekarrenez, ere alde batera utzi egin zen.

Hori dela eta, sisteman objektuak garraiatzeko beste modu bat bilatu behar izan zen. Honen inguruan, uhal moduan funtzionatu eta erabili ahal zen sistema bat muntatzea erabaki zen. Hau burutzeko, Makeblock enpresak eskaintzen dituen elementuak erabiltzea erabaki zen, 25.irudian ikusi daitekeen piezekin sistema eraiki zelarik [21].



Irudia. 25. Uhal garraiatzaile moduko sistema

Uhal garraiatzaile moduko elementu hori euste egitura baten beharra zuen. Egitura hori eraikitzeko, 3D inprimagailua erabili zen. Zinta garraiatzaile honen funtzionamendu egokia bermatzeko, egitura hau zinta altuera jakin batean kokatu behar du lurrarekin ez oztopatzeko. Sistema honetan gainera, zenbait pieza gehiago egin dira uhalaren funtzionamendua laguntzeko eta sistema osoaren zereginak bete ahal izateko adibidez, kolore sentsoarentzako euskarri bat egin da, piezen detekzioan akatsak murrizteko argiaren eraginagatik estalki bat ere fabrikatu da, eta abar...



Irudia. 26. Uhal garraiatzailearen euskarri piezak

Taula 6n adierazten dira sisteman objektuen garraioa burutzeko zenbait irtenbideen artean aukera onena zein den erabakitzeko aztertu diren ezaugarriak. Horrela, garraio mekanismoaren prezioa, tamaina, sisteman inplementagarritasuna eta honen kontrola baloratu dira. Erabakia hartzerako orduan parametro guztien garrantzia oso antzekoa izan delarik, erabilitako lau irizpideak nahitaezkoak baitira.

IRIZPIDEA	GARRANTZIA	UHAL INDUST RIALA	MAKEBLO CK	PLATER BIRAKARIA
PREZIOA	%20	1	4	1
TAMAINA	%30	2	5	3
INPLEMENTAGARR ITASUNA	%20	3	4	1
KONTROLA	%30	3	4	3
IRIZPIDEEN EHUNEKOAK	%100	%46	%86	%44
GUZTIRAKO PUNTAKETA	20 puntutik	9	17	8

Taula 7. Piezen garraio sistema erabakitzeko irizpideak

Merkatuan aurkitu diren aukera desberdinak aztertu ondoren, Makeblock etxeak eskaintzen dituen elementuak erabiliz uhal garraiatzaile bat bezala funtzionatuko duen sistema bat eraikitzea erabaki zen. Horrela, sisteman zehar piezen garraioaren arazoari funtzionaltasun aldetik ezaugarri egokiak eta ekonomikoki onargarria den soluzio bat eman zaio. Honetarako aplikazioetan uhal industrialak askotan erabiltzen ohi dira baina aukera hau bere prezio altua eta tamaina nabarmenagatik alde batera utzi da. Plater birakaria erabiltzea

ere planteatu zen baina honen implementazioa sistema guztiaren funtzionamendua eta antolaketa aldatzea suposatuko luke.

6.6 PIEZEN BILTEGIRATZEA

Sistema sailkatzailean dauden piezak aztertu ondoren, hauek biltegiratu edo baztertu beharko dira. Hori egin ahal izateko aukera desberdinak aztertu ziren proiektu honen garapenean zehar.

Alde batetik, behin piezen egotea detektatuta eta hauen ezaugarriak uhal garraiatzailean zehar dauden sentsoreen bidez aztertu ondoren biltegira eramateko ekintzarako, beso robotiko batez baliatzea planteatu zen. Piezak detekzio puntutik hartuta, hauen ezaugarrien arabera, biltegi batera edo bestera eramanez. Beso robotiko bezala laborategian dagoen errobota erabiltzea pentsatu zen, baina behin, aurreko ataletan aukera hau baztertu zenean, hemen aztertzen dena ere gaitzetsi egin zen.

Beste aukera bat pistoi pneumatikoen erabilpena zen. Ideia hau antzeko beste aplikazioetan erabili izanagatik baloratu zen baina azkar gaitzetsi egin zen sistema pneumatiko baten beharra zegoelako eta proiektua burutzerako orduan, sistema pneumatiko hori bezalako baliabiderik ez zegoen.

Beraz, proiektuaren diseinua birplanteatu egin zen eta uhalaren amaieran mekanismo bultzatzaile bat implementatzea erabaki zen. Mekanismo bultzatzaile hau eraikitzeke, 120º-ko serbomotor bat eta

3D-ko inprimagailuaren bitartez egindako "hegal" itxurako pieza bat erabili dira. Horrela, mekanismo honek uhalaren amaieran biltegiratu behar diren piezak uhalaren ondoan kokatuta dagoen biltegirantz bultzatuko ditu, edo uhalaren amaieran dagoen biltegi orokorrera pasatzen utziko ditu [22].

Behin piezak detektatu eta dagokien parametroak aztertu ondoren, hauek sailkatzeko erabiliko zen mekanismoaren hautaketa egiteko beste osagaietarako erabilitako irizpide berdinak erabili dira: prezioa, tamaina, inplementagarritasuna eta kontrola. Kasu honetan, zenbait parametroetan beste batzuetan baino arreta gehiago jarri da, esate baterako, sisteman duen inplementagarritasuna (eta honek suposatzen duen kostu ekonomikoa) edo honek eskaintzen duen kontrol gaitasuna. Tamaina, aldiz, ez da nahitaezko garrantzia duen irizpidetzat hartu, mekanismoa kanpo egitura independente batean joango delako eta sistemaren egituran ez duelako arazo handirik suposatuko.

IRIZPIDEA	GARRANTZIA	MEKANISMO O BULTZATZA ILEA	PISTOI PNEUMATIK OAK	BESO ROBOTI KOA
PREZIOA	%20	5	3	1
TAMAINA	%15	5	3	1
INPLEMENTAGARRI TASUNA	%40	4	1	2
KONTROLA	%25	3	2	3
IRIZPIDEEN EHUNEKOAK	%100	%82	%39	%38
GUZTIRAKO PUNTAKETA	20 puntutik	17	9	7

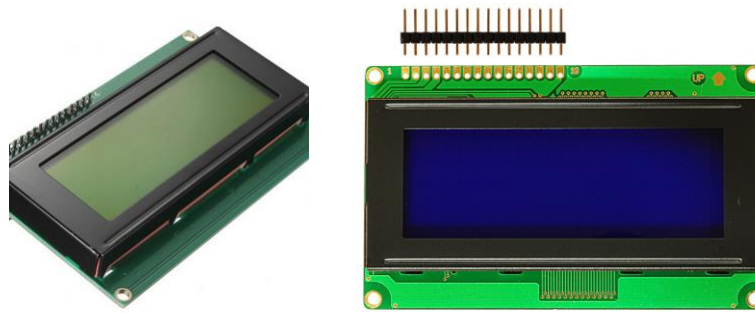
Taula 8. Piezen banatzea/sailkatzea

Taula 8ko datuetan oinarrituz, aukera onena serbomotor eta 3D-ko inprimagailuarekin egindako pieza batek osatzen duen mekanismo bultzatzaile bat erabiltzea dela ondorioztatu daiteke. Tamaina txikikoa denez, sisteman inplementatzea ez du arazorik eragiten, arduino bidez serbomotorra kontrolatu ahal da. Gainera mekanismoa osatzeko behar diren bi osagaiak eskuratzeko ez da diru askorik behar.

6.7 PANTAILA

Sistemaren funtzionamenduaren kudeaketa egiteko pantaila bat erabili da, honen bidez, sistemaren kontrolaren bistaratzea edo monitorizazioa egin ahal izango da. Hori dela eta, merkatuan dauden pantaila desberdinen artean aukeratu behar izan zen. Hautaketa hori egiteko, pantaila desberdinen zenbait ezaugarri kontuan hartu ziren, esate baterako, tamaina, ukipengarritasuna, prezioa edo programazio lengoia.

Aztertu zen lehenengo aukera, LCD pantailatxo baten erabiliera izan zen. Pantaila hauen inplementazioa nahiko erraza da, 8 bit-eko sistema batean oinarritua eta mezuak eta informazioa monitorizatzeko maiz erabiltzen da. Hala ere, pantaila hauek, nahiko txikiak eta informazio kantitate ez oso handiak bistara ditzakete, eta irakurketarako baino ezin dira erabili. Beraz, proiektu honetan pantailaren bidez burutu nahi den kontrolerako ez zen aukera egokia eta, beste aukera batzuk bilatzea erabaki zen.



Irudia. 27. LCD pantailatxoa

Beste aukera horien bilaketan, ukipen pantaila baten erabilpena aztertu zen. Pantaila hauek duten abantailen artean, tamaina handiagokoak direla egoteaz gain, ukipenaren bidez sistemaren kontrola programatutako menu baten bidez egin ahal dela azpimarratu beharra dago, horrela proiektuari hedapen edo baliabide handiagoak erantsiz [23].

Kasu honetan, lortu nahi den helburua oso zehatza da, sistemaren datu bistaratzeko eta kontrol monitorizatu egitea, alegia. Zeregin honetarako, merkatuak eskaintzen dituen bi posibilitate nagusiak azaldu dira eta aukeraketa hau definitzeko zenbait irizpide kontuan hartu dira taula 8.n adierazten den bezala. Amaierako erabakia hartzeko batez ere pantaila ukigarria izatea asko baloratu da, honek kontrol baliabide gehiago ematen dituelako. Baita ere, pantailaren tamaina oso garrantzitsua izan da aukeraketan, informazioa bistaratzeko ere beharrezkoa izateaz gain, pantaila ukigarria izanda, menu bat gauzatzeko txikiegia ezin delako izan. Aztertutako bi aukeren artean, "prezioa" edo "kontrola" baldintzak ez dira erabakigarriak izan, kasu bietan, ezaugarriak antzekoak baitira.

IRIZPIDEA	GARRANTZIA	LCD 20x4	2.8' TFT UKIPEN PANTAILA
PREZIOA	%15	5	4
TAMAINA	%30	3	5
UKIPENGARRITASUNA	%40	1	5
KONTROLA	%15	4	4
IRIZPIDEEN EHUNEKOAK	%100	%53	%94
GUZTIRAKO PUNTAKETA	20 puntutik	13	18

Taula 9. Pantaila

Taula 9n ikus daitekeenez, pantaila ukigarria izatea funtsezkoa izan da aukeraketa finalean proiektuari oinarri eta baliabide gehiago ematen diolako. Bestalde, bi osagaien kontrola (programazio bidezkoa) konplexutasunean nahiko antzekoa denez eta bien kostua ere nahiko eskuragarria denez, "balantza" desorekatu duen beste parametroa pantailaren tamaina izan da.

Informazioa soilik bistaratzea nahi izango balitz, LCD pantaila nahiko izan zitekeen baina pantaila ukigarria izanda, menu bat eraiki nahi denez, tamaina minimo bat izan beharko du aukera ezberdinak sakatzerakoan ukipen-kontrol arazoak ez egoteko.

7. PROPOSATUTAKO AUKERAKETA DESKRIBAPENA **IRTENBIDEAREN DISEINUAREN ETA**

Atal honetan, proiektu hau aurrera eramateko egin den elementu desberdinen aukeraketa azalduko da. Aurreko atalean azaldu dira proposatutako sistema garatzeko aztertu diren aukera desberdinak eta hauen artean aukeratzeko kontutan hartu diren irizpideak kasu bakoitzean. Analisi horiek kontutan izanda, atal honetan, azkenean sistema osatzeko eta eraikitzeko aukeratu diren elementu desberdinak sakontasun handiagoz deskribatuko dira, bakoitzaren funtzionamendua eta zereginak zehaztuz.

7.1 MIKROKONTROLAGAILUA (ARDUINO-MEGA)

Mikrokontrolagailua edozein sistema elektronikoren burmuina dela esan daiteke, hau, sistemaren funtzionamendu egokia egiaztatzeaz arduratzen da. Edozein motako prozesamendu edo konputazio egiteko diseinatutako dispositiboak dira eta helburu anitzetarako erabiltzen dira. Mikrokontrolagailuak baliabide ezberdinek osatzen dute: memoriak, prozesadore grafikoak, I/O gailuak, erregistro ezberdinak, eta abar. Sistema eraginkorrek kontrolatzen dituzte.

Mikrokontrolagailuak konputagailu miniaturizatuak direla esan daiteke, txip batean integratutako baliabide murriztuekin dabiltzanak, sistema merkeagoa, eramangarriagoa, txertagarriagoa eta kontsumo

txikiagoa izan dadin. Mikrokontrolagailuek orokorrean dituzten osagai guztien artean lau nabarmentzen dira:

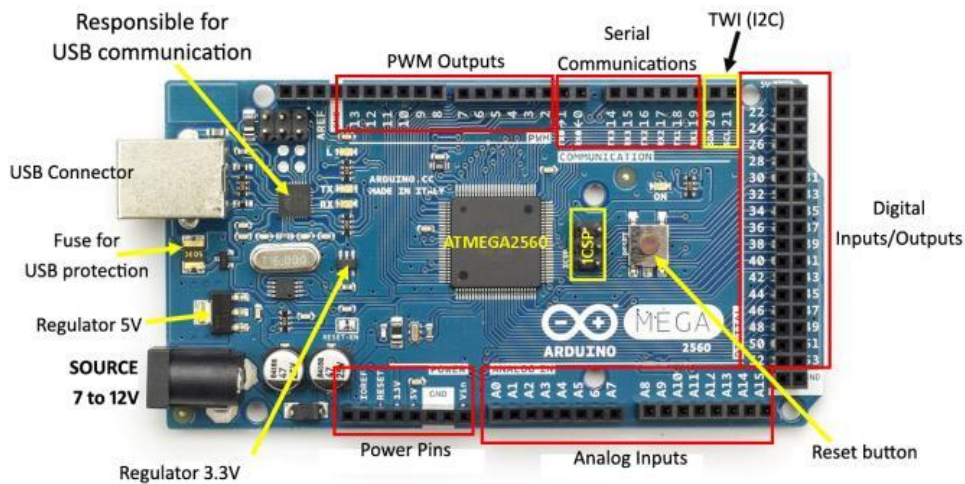
- **CPU (Control Process Unit):** Instrukzioak exekutatzeko bloke funtzionala da. Konputagailuetan (mikrokonputagailuetan kasu honetan) mikroprozesadoreek betetzen dute CPU-are funtzioa. Mikrokontrolagailuaren prozesadoreak, bestalde, baditu zenbait modulu garrantzitsu bere eginbeharrak egiten laguntzen dutenak:
 - *ALU (Aritmetic Logic Unit):* Oinarrizko eragiketa aritmetikoak (batuketak/kenketak, biderketak, zatiketak...) eta logikoak (NOT,AND, OR...) burutzeko. Eragiketak egiten dituenean egoera berezirik gertatu den (zeroak, overflowak, paritate motak, bururakoak,...) jakiteko egoera erregistro bat du.
 - *Erregistroen matrizea:* Datuak, aginduak eta helbideak tenporalki gordetzeko erabiltzen diren erregistro multzoa. Betebehar orokorrekoak zein betebehar espezifikokoak (bereziak: programaren kontagailua, stack pila, agindu erregistroa, ...) izan daitezke.
 - *Kontrol unitatea:* Instrukzioen prozesamendua egiten du. Kontrol eta tenporizazio seinaleak sortzen ditu datuak prozesadorean sartu eta ateratzeko, eta instrukzioen exekuzioa sinkronizatzeko. Memoriatik instrukzioaren kodea jaso (makina-kodea) eta horretarako programaren kontagailua (PC) kudeatu behar da, programaren hurrengo instrukzioaren helbidea sortzeko, hauek deskodetuz. Baita ere egoera bereziak kudeatzen ditu: Hasieratzeak eta berrabiarazteak (reset-ak) eta etendurak (interrupzioak).

- **Memoria:** Informazioa biltegitzeko erabiltzen diren osagaiak dira. Bi motako informazioa gorde dezakete: programak (edo instrukzio-multzoak) eta datuak eta bakoitza memoria mota ezberdin batean biltegitatu ohi da.
 - *Programa-memoria:* Normalean ROM (Read Only Memory) izaten ohi da. Oinarrizko instrukzioak gordetzeko erabiltzen da. Memoria mota hau ez da hegazkorra izaten, hau da, elikadura galtzen duenean ez du informazioa galtzen. Hasieratze eta berrabiarazteetan oinarrizko programak kargatzeko erabili ohi denez, ez du informazio kantitate handiak gordetzeko ahalmenik. Nahiz eta azken urteetan memoria hauetan idaztea posiblea denez, PROM-en (Promagable ROM) kasua, normalena informazioa irakurtzeko erabiltzen dira. ROM memoriak nahiko motelak direnez, gaur egun, Flash memoriak erabiltzen hasi da, datuak etengabe idatziz eta ezabatuz nahiko prozesamendu azkarra izanez (USB memorieta dagoen memoria mota).
 - *Datu-memoria:* Ohikoena RAM (Random Access Memory) memoriak duen aldaera ezberdinak (RAM estatikoak zein dinamikoak edota sinkronoak zein asinkronoak) erabiltzea da instrukzioak eta datuak gordetzeko. Informazio kantitate handiak gordetzeko ahalmena du baina elikaduraren beharra dute informazioa gal ez dezaten memoria hegazkorrak baitira.

Kasuan kasuko, RAM memoria motaren arabera, freskatze periodikoa ere behar izaten dute. Azkarrak dira eta sistema eraginkorraren programa eta softwarearen zati gehienaz arduratzen dira.

- **I/O (Input/Output) atakak:** Kanpoko munduarekin komunikatzeko balio dute. Atakak seriekoak edo paraleloak izan daitezke eta gehienetan, guzti hauek programagarriak dira.
- **Busak:** Señale elektrikoak (bitak, informazioa) beste gailuen artean garraiatzeko balio duten pista-multzoak dira. Iturri bik busa aldi berean erabiltzen saiatu ez daitezen, arbitratzeko moduluak dituzte. Hiru bus mota daude:
 - *Helbide busa:* CPU-a, memoria eta I/O atakekin konektatzeko eta informazioa garraiatzeko balio du.
 - *Kontrol busa:* Kontrol seinaleak garraiatzeko. Kontrola sinkronoa (mikroprozesadoreak sortua) edo asinkronoa (iturri eta hartzaile baten artean sortutakoa) izan daiteke.
 - *Datu busa:* Behin informazioa nora bidaliko den jakin, honen igorpena burutzen duen busa da.

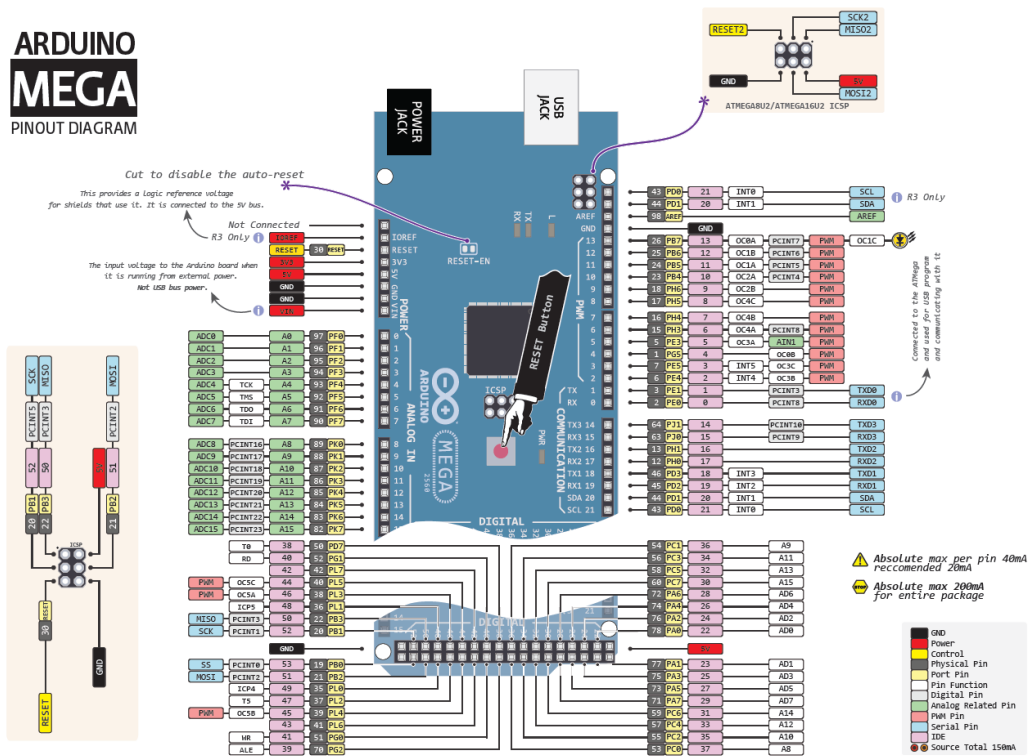
Proiektu hau garatzeko Arduino Mega mikrokontrolagailua erabiltzea erabaki zen sistemaren diseinuan planteatutako behar guztiak betetzen dituelako aukeren analisisan azaldu denaren arabera. Hasieran Arduino Uno bat erabiltzea planteatu zen, baina ukipen pantailaren inplementazioarekin, pin gehiagoren beharra zegoela ikusi zen beharrezko elementu guztiak (sentsoreak, osagai pasiboak, elikadurak...) konektatu ahal izateko. 28.irudian ikusten den bezala, Atmel ATmega2560 zirkuitu integratuan CPU-a eta memoria ezberdinak daude integratuak, 8 biteko informazioarekin eta 16 MHz-ko maiztasunarekin lan egiten duelarik.



Irudia. 28. Arduino txartelaren osagaiak

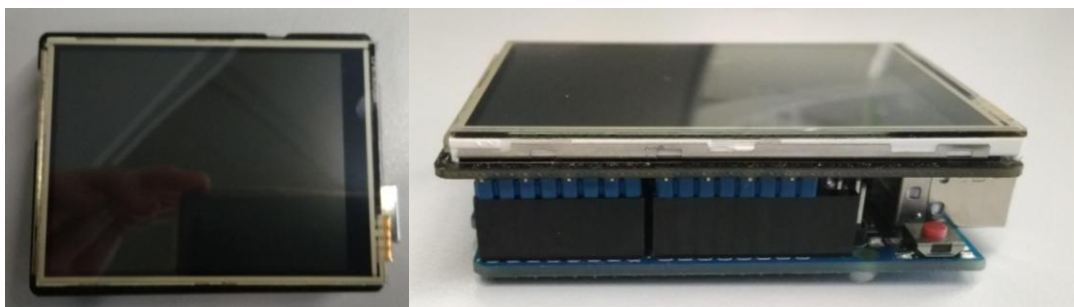
Aipatutako elementuez gain, Arduino txartel honek beste baliabide batzuk ere eskaintzen ditu. Hurrengo irudian (29.irudia) ikusten den bezala, serie komunikazio sinkronoak (SPI, I2C) gauzatzeko pin bereziak ditu. Horretaz gain, kontrolerako oso erabiliak diren pulsu seinaletarako (PWM) irteera pinak ere eskaintzen ditu. Txartela 9V-eko kanpo bateria batekin elikatzeko aukera dago. Beste arlo batean, 10 biteko ADC bihurgailu integratuak, etendurak kudeatzeko pinak, eta bestelako periferikoentzako pin analogiko zein digital batzuk ere ditu.

ARDUINO MEGA
PINOUT DIAGRAM



Irudia. 29. Arduinoaren periferikoentzako pinak

30. irudian ikusiko denez, Arduino Uno-n 2.8' TFT pantaila konektatzen genuenean, mikrokontrolagailuaren pin guztiak okupatuta geratzen ziren, eta ukipen-pantailaz gain, bestelako sentsore eta osagai ezberdinak mikrokontrolagailu berdinarekin kudeatu behar zirenez, sarrera/irteera pin gehiagoren beharra zegoela ikusi zen. Hori dela eta, Arduino Mega erabiltzea erabaki da.



Irudia. 30. Pantaila Arduino Uno batean konektatuta

7.2 UHAL GARRAIATZAILEA

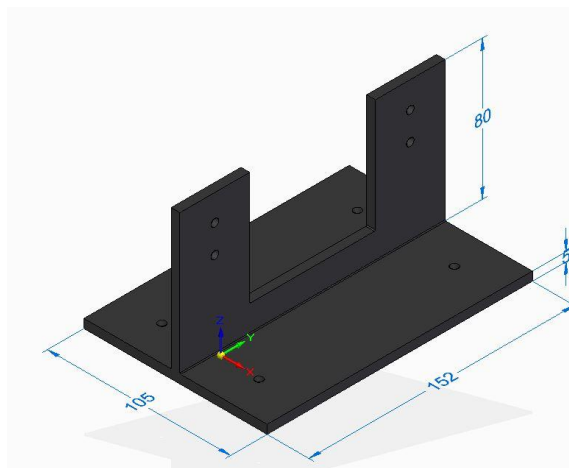
Uhal garraiatzailea sailkatu eta biltegitatu egingo diren piezen garraioaz arduratzen den osagaia da. Aukeren analisia azaltzean adierazi den bezala, besteren artean hauek duten prezio altuagatik, proiektu honen garapenerako ezin izan da uhal "industrial" bat erabili, horregatik, hauen funtzioa kopiatu egin da beste sistema baten bidez. Zinta garraiatzaile baten funtzionamendua erreproduzitzeko, Makeblock etxeak eskaintzen dituen elementuak erabili dira eta uhal garraiatzaile bat piezaz-pieza eraiki egin da arazo honi irtenbide eskuragarri eta ekonomikoki onargarri bat emanez.



Irudia. 31. Uhala egiteko erabilitako piezak

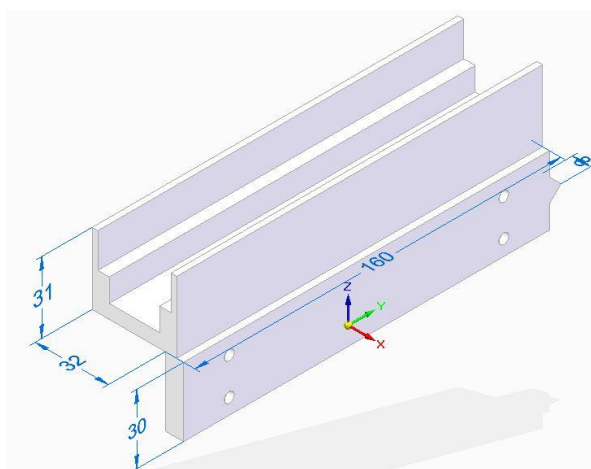
Uhal garraiatzaile hau, serbomotor txiki batekin mugiaraziko da eta hau Arduino txartelaren bidez kontrolatu egingo da. Uhal garraiatzailearen funtzionamendu egokia bermatzeko, uhalaren "katea" ezin da edonola kokatu. Alde batetik, lurretik baztertuta egon behar da, honekin oztopo egin ez dezan, horretarako, uhala 8,775 zentimetroko altueran jarriko duen euskarri bat diseinatu zen. Hau egin

ahal izateko, 3D inprimagailuarekin sistema osoaren euskarri diren elementu batzuk diseinatu eta eraiki ziren.



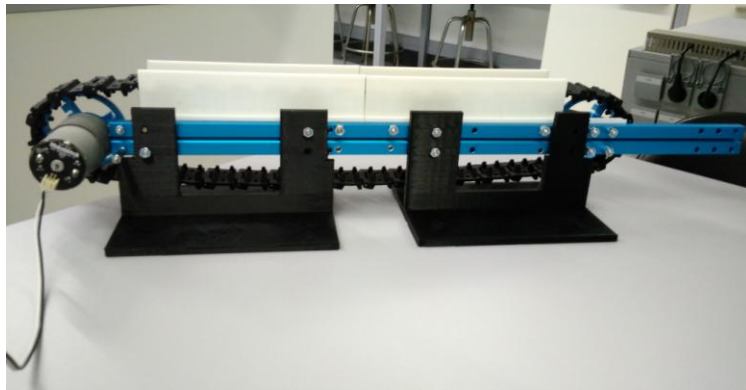
Irudia. 32. Sistemaren euskarri nagusia

Horretaz gain, uhal garraiatzailearen "katea" piezen pisuagatik edo bandaren pisu propioagatik mailatzeko arriskua izango du. Arazo hau ekiditzeko, 3D inprimagailuarekin, beste euskarri batzuk egin ziren zintaren mailatze hori murrizteko eta bere funtzionamendu egokia bermatzeko.



Irudia. 33. Uhalaren euskarria

Azkenik, uhal garraiatzailea eta bere euskarria osatzen duten egitura hurrengo irudian, 34.irudia, ikusi daiteke.



Irudia. 34. Uhal garraiatzailearen egitura

7.3 PIEZAK DETEKTATZEKO SENTSOREA

Sistema hasieratzen den unetik uhala martxan egongo da nahiz eta aztertu beharreko objekturik ez egon. Beraz, elementu honen betebeharra sistemara objekturen bat sartu den antzematea izango da. Kasu honetan, eginbehar hau egiteko dauden aukera ezberdinen artean, sentsore infragorri bat erabiltzea erabaki da, oztopoen detekzioan oso erabilia den elementua baita. Gainera, sistemaren ezaugarriak kontutan izanda, bere inplementazioa eta integrazioa sisteman modu egoki eta eroso batean egin ahal izango da. Aukeren analisisian azaldu zen bezala, aukera hau alde ekonomikotik ikusita ere erakargarria dela kontutan hartu behar da.

Proiektu honen garapenerako XUB4BPANL2 sentsore infragorria erabiltzea erabaki da. Bere ezaugarri teknikoei erreparatuz, izpi

infragorrien sentikortasuna doitzeko potentziometro bat erabiltzen dela esan beharra dago. Igorleak bidalitako izpi infragorriak objektu bat bere aurretik igarotzen denean islatu egingo dira sentsorearen hartzailera iritsiz. Sentsore honen funtzionamendu egokia ziurtatzeko, sistemaren diseinuan kontutan hartu beharko da aukeratutako sentsorearen detekzio tartea (1mm-tik 25m-ra), honen zabaltasun handiak sistemari malgutasun handia eman ahal badio ere [24].



Irudia. 35. Pieza-detekzio sentsore infragorria eta euskarria

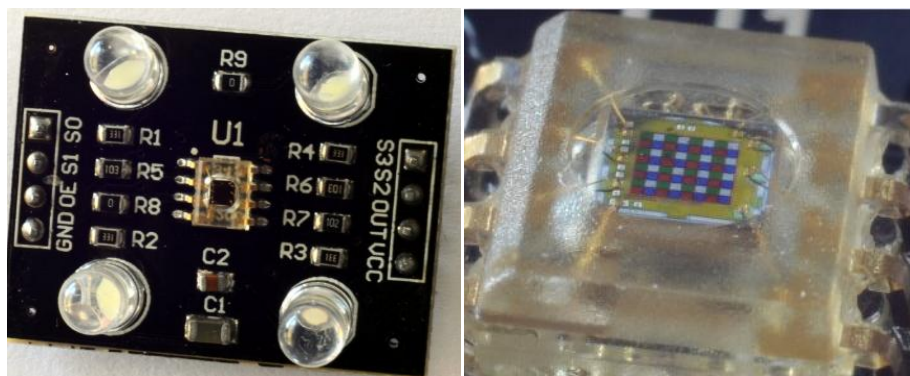
Sentsore infragorria uhal garraiatzailearen hasieratik 2 zentimetrotara kokatuta egongo da, sentsorearen funtzionamendu egokia bermatzeko euskarri batean finkatuta. Euskarri honek gainera sistemari gehiegizko argitasunagatik babesteko funtzioa ere izango du, hurrengo X.irudian ikusten den bezala.

7.4 KOLORE SENTSOREA

Proiektu honetan garatutako sistemaren helburuen artean objektuak kolorearen arabera modu automatiko batean sailkatzeko gai

izatea dago. Hori egin ahal izateko kolore sentsoare bat erabiltzea erabaki zen. Honetarako, hiru koloreen bereizketa egitea bilatu detekzioa eta sailkapena aurrera eramateko: gorria, berdea eta urdina.

Hardware-ari dagokionez, zeregin hau TCS3200 kolore sentsoarea erabiltzea erabaki zen. Sentsore honek fotodiodo matrize batek neurtutako argia maiztasunean bihurtzen du, zenbat eta argitasun gehiago detektatu orduan eta maiztasun altuago bat emanez. Fotodiodoen matrizea iragazki gorriko, berdeko eta urdineko 16-na fotodiodo eta iragazkirik gabeko beste 16 fotodiodok osatuta dago, baina 64 fotodiodoek ez dute batera funtzionatzen, baizik eta detektatzen duten argi maiztasunaren arabera, hau da, kolore multzoetan aktibatzen dira [25, 26].



Irudia. 36. TCS kolore sentsoarea

Fotodiodo matrizeak RGB ereduko kolore iragazkiak detektatzen duten batez besteko balioa ematen dute, antzematen dagoen objektuaren gainazalak izan ditzakeen kolore ezberdintasunak konpentsatzeko. Momentu oro zein kolore iragazki aktibatu behar diren jakiteko, TCS3200 sentsoarearen S2 eta S3 hankatxoak erabiltzen dira, bi parametro honen egoera digitalaren arabera, hau da, High edo

Low, iragazki bat edo bestea aktibatuko delarik sentsorean (ikusi Taula 10).

S2	S3	FOTODIODO MOTA
L	L	Gorria
L	H	Urdina
H	L	Zuria (iragazkirik gabe)
H	H	Berdea

Taula 10. Kolore iragazkien konfigurazioa

Behin argitasun irakurketa hori eginda, sentsoreak korrante intentsitate hori maiztasun bihurtzen du eta uhin karratu bezala bidaltzen du mikrokontrolagailura. Uhin karratu honen duty cycle-a %50-ekoa izango denez, erdiziklo batean balio altuan egongo da eta bestean baxuan, horrela mikrokontrolagailura iritsiko den seinalea egonkorragoa eta interferentziekiko sentikortasun gutxiagokoa izango da.

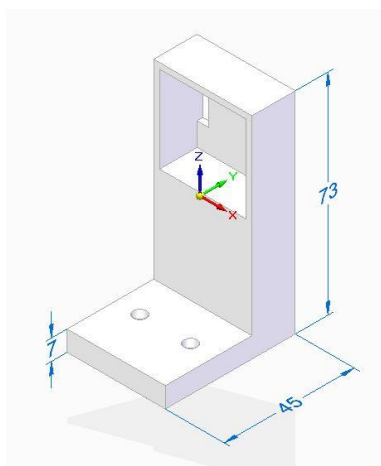
11. taulan ikusten den bezala, S0 eta S1 hankatxoan bitartez TCS3200 kolore sentsoreak asetasunean sartu barik sor dezakeen maiztasun maximoaren balioa erregulatzea ere posiblea da, hiru aukera ezberdinen artean erabakiz: %2, %20 eta %100 (600 kHz izango litzatekena). Proiektu honen garapenerako, irteerako maiztasunaren eskala %100-an jartzea erabaki da koloreen bereizketa egiteko.

S0	S1	IRTEERAKO MAIZTASUN ESKALA (f ₀)
L	L	Elikadura barik
L	H	2%
H	L	20%
H	H	100%

Taula 11. Maiztasun eskalaren konfigurazioa

Sentsore honen funtzionamendua aztertzerakoan, kolore ezberdinak detektatzerako orduan, argitasunak eragin handia duela RGB balioetan nabaritu zen. Kolore sentsoreak berez LED batzuk ditu koloreen azterketa hobetzeko, sentsorea azertu nahi den objektutik zenbat eta hurbilago jarri, orduan eta RGB balio tarte txikiagoa lortuko da eta RGB aldagaiak, haien artean, hobeto bereiztu ahal izango dira sentsorearen LED-ei esker. Kalibraketa analisi honen deskribapen zehatza "Lanerako Erabilitako Metodologia" dokumentuko "4. Atalean. Kalkuluak eta algoritmoak" aurkitu daiteke.

Kalibraketa analisi hori dela eta, sentsorea eta piezen arteko distantzia txikiena izatea bilatu da proiektuan garatutako sistema eraikitzerakoan. Horrela, kolore bakoitza aztertzerakoan, kasu bakoitzean ahalik eta RGB balio komun gutxien izateko, gero sentsoreak kolorearen detekzio egokia egin dezan. Kasu honetan, zentimetro bateko distantziako datuak eta grafikoak ikusita, hau dela neurri aproposena ondorioztatu da. Hala ere, simulazio eta froga ezberdinak egin ostean, finkatuko da distantzia hau estalki pieza baten laguntzarekin, 37. Irudian ikusten dena, alegia.



Irudia. 37. Kolore sentsorea finkatzeko euskarri pieza

7.5 PIEZEN TAMAINAREN SENTSOREA (ULTRASOINUKO SENTSOREA)

Proposatutako sistema kolorearen arabera objektuak sailkatzeko gai izateaz gain, hauen tamainaren arabera ere sailkatzeko gai izan behar da. Hau egin ahal izateko, pieza ezberdinen tamaina edo, altuera, zehazki, neurtu ahal izango duen sentsore bat erabili da, piezak "handiak" edo "txikiak" bezala sailkatu ahal izateko. Eskura zeuden aukera desberdinak aztertu eta gero, xede honetarako, ultrasoinuko sentsore bat erabiltzea erabaki zen.

Ultrasoinuko sentsoreek maiztasun altuko soinu bat igortzen dute eta seinalea itzultzeko behar duen denbora neurtzen dute. Soinu-seinale hauek objektu batek etetea, hartzaileak jasotzen duen seinalea aldatu egiten da eta hartzaileak detektatu egiten du, irteeraren egoera aldatuz. Sentsoreak soinu-uhinak sortzen dituen disko piezoelektriko bat du bere gainazalean muntatua eta igorritako pultsuak heltzen direnean soinuaren objektu islatzaile batera, oihartzuna ematen da.

Objektu bat detektatzeko, baloratu egiten da igorritako inpultsuaren eta jasotako oihartzun inpultsuaren arteko denbora distantzia. Neurketa hori seinale elektrikoetan bihurtuz sentsoreak objektua zein distantziara dagoen adierazteko gai da. Objektua aldeztatik sartzen denean ezarritako operazio eremuan, irteerako etengailuaren egoera aldatu egiten da. Objektu eremu horretatik irteten denean irteera bere jatorrizko egoerara itzultzen da.

Sentsore hauek airean soilik lan egiten dute eta material, forma, gainazal... ezberdinak dituzten objektuak detekta ditzakete. Mota honetako sentsoreek erabilgarritasun handia dute: kotxeen haizetako presentzia kontrolatzeko, beirazko botilen detekzioarako, ontzi baten likido maila jakiteko (likidoarekin kontaktuan egon gabe, objektu gardenak detekta dezaketelako), errautsen detekzioarako edo, kasu honetan erabiliko den bezala, uhal batean doazen objektuak antzemateko. Hala ere, sentsore mota hauek kutsadura altuko lekuetan edo eremu itsuetan (detektagailuaren zati sentikorra eta irismen minimoaren arteko eremua) nekez funtzionatzen dute.

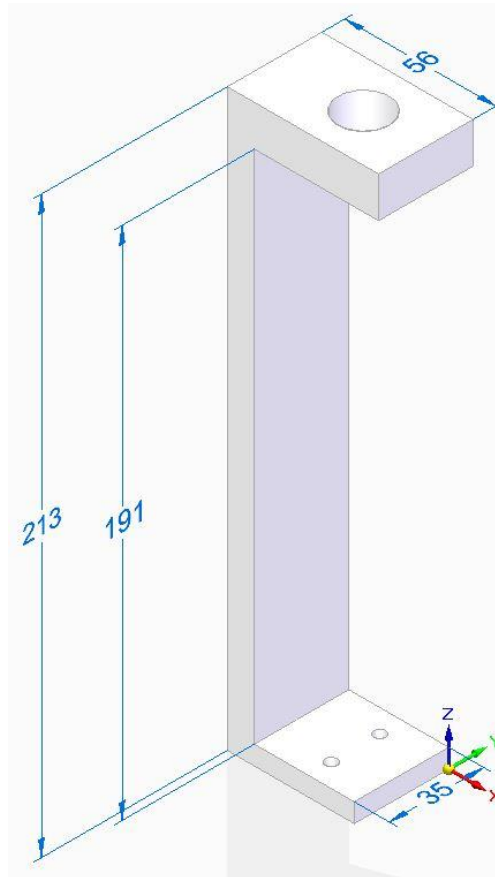
Proiektu hau garatzeko Schneider etxeko XXV18B1PBL2 modeloa erabiltzea erabaki zen. Sentsore hau, bereziki, egindako neurketak aztertzeaz eta bilakatzeaz gain, LED baten bidez objektu bat detektatu duen ala ez adierazten du. Bere ezaugarrien artean, detekzio distantziaren garrantzia azpimarratu beharra dago, bere kasuan, 500mm arte detektatu dezakeen irteera analogikoko sentsore zilindrikoa. Sentsorea NC egiturakoa da, hots, ezer detektatzen ez dagoenean sentsorearen etengailuaren egoera normala itxia da. Konexio motari dagokionez, 3 hariko PNP transistoreko sentsorea da, elikadura eta kargarako hari komuna eta beste hari biak elikadurarako

eta kargarako desberdinduta egonik. Hari komuna elikadurako terminal negatibora konektatu behar da (korrante hornitzaile gisa) [27].



Irudia. 38. Irudia: XX918A3C2M12 ultrasoinu sentsorea

Ultrasoinu sentsorearen kokapena sisteman finkatzeko, bere detekzio modua kontuan hartu behar izan da zeren eta bere seinalea objekturantz igortzean, ez da era zuzenean hedatzen, era konikoan baino. Hori dela eta, produktuaren ezaugarri orrietan seinalearen hedapen angelua bilatu behar izan da eta horren arabera, seinalearen hedapenean inguruko objektuekin oztopo egiten ez duela ziurtatu behar izan da, geroko detekzio arazoak ekiditeko. Desbiderapen angelua 7° ingurukoa denez, beharrezko kalkuluak egin ostean, arazorik suposatuko ez duela ondorioztatu da. Gainera, sentsorearen inplementazioarentzako eta honen kokapena definitu ahal izateko egin beharreko euskarriaren diseinua burutzeko, kalkulu batzuk egin behar izan dira sentsorearen gune itsua ere kontuan hartuz, zeren eta 5.09 zentimetro baino hurbileko objektuak ezin dituelako antzeman. Hau dela eta, sentsorea uhaletik 17 zentimetroko altueran kokatuta egongo da euskarri pieza baten laguntzarekin (39. Irudia) detekzioa era egokia egin dezan. . Uhalaren euskarriarekin gertatu zen bezala, pieza hau bi zatitan ere egin behar izan zen, honen dimentsioak 3D inprimagailuarentzako handiegiak zirelako. Kalkulu horiek, "Lanerako Erabilitako Metologia" dokumentuko 4. Atalean (Kalkuluak eta algoritmoak) sakonki azalduta datoz.

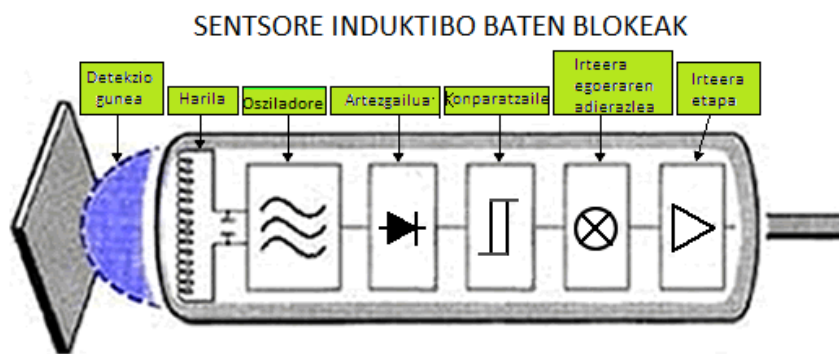


Irudia. 39.Irudia: Ultrasoinu sentsorearen euskarria

7.6 PIEZA METALIKO-EZ METALIKOEN SENTSOREA (SENTSORE INDUKTIBOA)

Sistemaren sailkatze aukerak hobetzeko pieza metalikoak eta ez metalikoak desberdintzeko ahalmena gehitu zaio. Hau egiteko modurik egokiena sentsore induktibo bat erabiltzea da, distantzia tartea milimetro batzuk ingurukoa izanik. Sentsore induktiboaren barne eskema aztertzen bada, esan daiteke ondoko blokeak dituela: erresonantzia-maiztasun altuko L-C osziladorea, "pot-core" moduan irekitako ferritazko nukleoa duen haril bat (fluxua itxi egiten da

aurreko aldetik zona sentikorretik), anplitudeko detektagailua eta etengailu bat.



Irudia. 40. Sentsore inдукtibo baten barne-blokeak

Objektu metalikoa sartzen denean eremu sentikorrean, Foucault korranteak pasatzen dira objektutik eremu magnetiko bat sortuz eta hauek aldi berean sentsorearen harilari kontra egiten du. Honek zirkuitu magnetikoko erreluktantzia aldatzen du eta zirkuitu osziladorean eragina du oszilazioaren anplitudea aldatuz (sentsorearen inpedantziaren murrizketa eraginez) eta anplitude jaitsiera horren detekzioak irteerako dena-ezerez seinale bat sortzea ahalbidetzen du, hau da, detekzioa gertatzen da. Hurbiltasun detektagailu batek sartzen ari den objektu bat detektatzen duen puntuari operazio puntua deitzen zaio, eta objektu bat urruntzen denean detektagailua bere egoera normalera pasatzen den puntuari desarmatze puntua deritzo. Bi puntu hauen arteko eremuari histeresi zona deitzen zaio [28].

Sentsore inдукtiboak blindatuak edo ez blindatuak izan daitezke, ferritazko nukleoari biribilkaturik dauden harilak, hain zuzen. Sentsore blindatuetan, arrasean konekta daitezkeenak, nukleoaren inguruan eraztun metaliko bat kokatzen da eremuaren alboko erradiazioa murrizteko; ez blindatuetan, aldiz, ez dago eraztun metalikorik

erradiazioa murrizteko eta konexioa arrasean ezin denez egin, eremu libre bat utzi behar da. Normalean, sentsoze ez blindatuak distantzia luzeagoak detektatzeko erabiltzen dira.

Foucault korronteak eragindako eremu magnetikoari induktantzia deritzon beste indar bat aurre egiten dio. Induktantziaren balioa, harilaren espira kopuruaren eta hauen diametroaren arabera da. Induktantzia hariletik korrontea pasatzen denean agertzen da, harilek eta osagai inductiboak berez duten balio bat da, erresistentzien balitz bezala funtzionatzen duelarik. Eremu magnetikoaren kontrako indar hau hurrengo parametro eta formularekin laburbildu daiteke:

$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$$

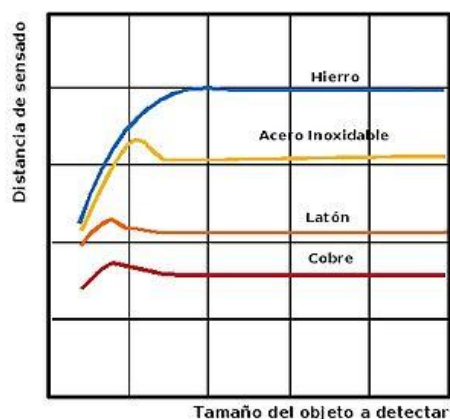
X_L = Erreaktantzia inductiboa (Ohmioetan neurtua, Ω)

π = Pi zenbakia (3,1416...)

f = Sistemaren maiztasuna (Hertziotan neurtuta, Hz)

L = Induktantzia (Henriotan neurtua, H)

40. Irudian ikusi daitekeen sentsoze inductiboak material metaliko desberdinak antzemateko gaitasuna ikusi daiteke. Izan ere, sentsoze inductiboak ez dituzte material metaliko guztiak erraztasun berdinarekin antzematen, eta material metaliko ezberdinentzako detekzio distantzia egoki desberdinak daudela ere ikusi daiteke (41. Irudia), hau da, batzuk ondo detektatu ahal izateko materiala sentsozearekiko gehiago edo gutxiago hurbildu beharko da. Detekzio distantzia hau, material metaliko mota ezberdinen eta detektatu nahi den objektuaren tamainaren arabera ere izango da [29].



Irudia. 41. Detekzio distantziak metalaren arabera

Era lehenetsian, altzairu harikorra hartzen da objektu metalikoen detekzio distantziaren araua definitzeko baina detektatu nahi den materiala altzairu harikorra ez bada, zuzenketa-faktore bat aplikatu beharko zaio sentsoare inductiboa eta materialaren arteko distantziaren kalkulua egiterako orduan.

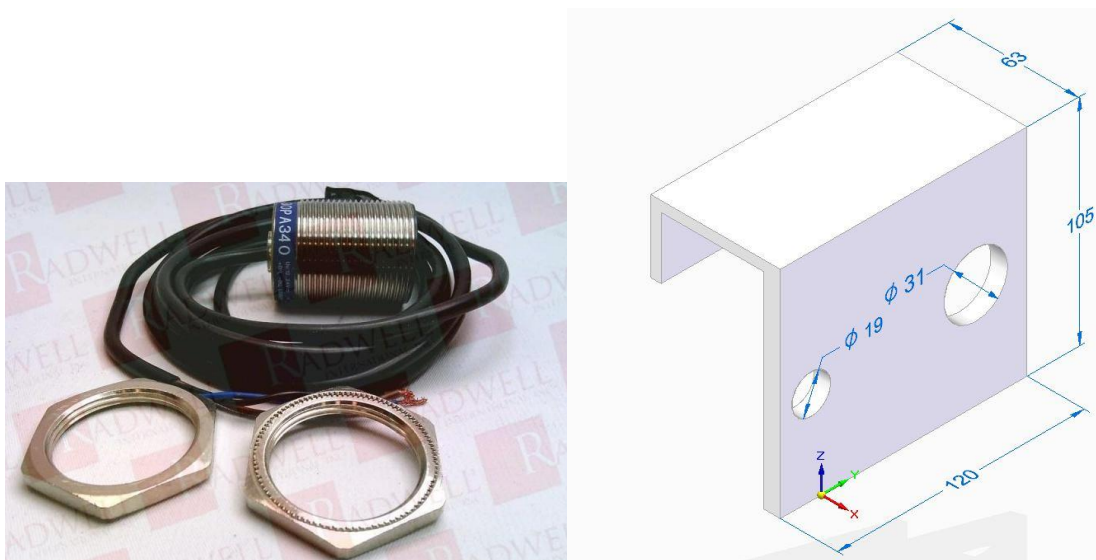
MATERIALA	Zuzenketa faktorea	
	Blindatuak	Ez blindatuak
Altzairu harikorra, kastroia	1	1
Aluminiozko xaflak	0,90	1
300 serieko altzairu herdoilgaitza	0,70	0,08
Brontzea	0,40	0,50
Aluminioa	0,35	0,45
Kuprea	0,30	0,40

Taula 12. Material ezberdinen zuzenketa fakorea

Hala ere, derrigorrez bete beharreko ezaugarri bat dago: detektatu nahi den objektuaren tamaina sentsoarearen diametroa baino handiagoa izan behar da (komenigarria da tamainaz bikoitza izatea) bestela detekzio distantzia asko murrizten da eta hainbat arazo egon daitezke objektuak antzematerako orduan.

IPxx (lehengo digitua objektu solidoekiko babes da, hautsa adibidez, eta bigarrena urarekiko duen babes adierazten du) babesari esker kontrako ingurugiroetan lan egiteko gaitasuna ere badute eta horrela, aplikazio askotan erabiltzea ahalbidetzen du, esate baterako, piezen posizionatze aplikazioetan edo objektu metalikoen presentzia-gabezia detektatzeko, objektuak bai mugimenduan bai estatiko egon.

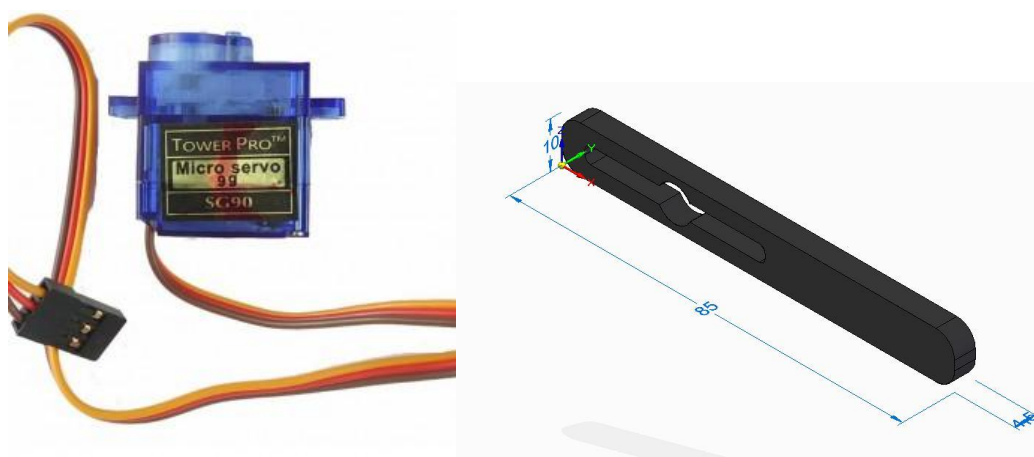
Hori guztia dela eta, azkenean Telemecanique etxeko XS1N30PA340 modeloa erabiltzea erabaki da, 30 mm-ko diametroa duen sentsore inдукtibo. Bere detekzio distantzia txikia den arren, 10 mm-ko distantziak arte bakarrik detekta dezakelako, ez du arazo bat suposatzen sentsorea zintaren arrasean kokatutako euskarri batean finkatuta egongo delako kokatuta. Bere barne-funtzionamendua NO izanik, sentsorearen egoera logiko lehenetsia zero izango da, hau da, aurrean pieza metalikorik ez badu detektatzen sentsorea inaktibo egongo da [30].



Irudia. 42. XS1N30PA340 sentsore inдукtibo eta bere euskarria (eskuineko zuloa)

7.7 PIEZAK BULTZATZEKO MEKANISMOA

Esan bezala, sailkatze prozesuaren amaieran, elementuak dagokion biltegiara bultzatuko dituen elementuren bat kokatu beharra dago. Horretarako, mekanismo bultzatzaile sinple bat diseinatu eta eraiki zen. Sistema honek, mikrokontrolagailuaren agindupean funtzionatuko du, eta uhalean dagoen pieza ezarritako ezaugarriak betetzen dituenean baino ez da aktibatuko, piezak biltegiara bultzatuz.



Irudia. 43. Mekanismo bultzatzailearen osagaiak (120° serbomotorea eta bultzatzailearen 3D diseinua)

Mekanismo bultzatzaile honen egitura eraikitzeko 3D-ko inprimagailua erabili da. Bertan, piezak bultzatzeko erabiltzen den 120°-ko serbomotorea kokatzen delarik. Serbomotore horren bidez palankatxo bat eragingo da ezarritako ezaugarriak dituzten piezak bultzatu eta biltegiratuz. Objektuak bultzatu ondoren, mekanismoa bere hasierako posiziora itzuliko da. Biltegiratu behar ez diren objektuak mekanismoaren aurretik igaroko dira zinta amaieran dagoen biltegi orokorreraino.



Irudia. 44. Mekanismo bultzatzailea

7.8 UKIPEN-PANTAILA

Ukipen pantaila honen zeregina hurrengo izango da, menu baten bidez sistemak biltegitatu behar dituen objektuak finkatzeko erabiliko da. Horretarako, ukipen pantaila konfiguratu eta programatuko da pantailaren bidez, "menu" ezberdinak agertzeko eta sailkapen guztien erregistroa izateko. 2.8" tamainako ukipen pantaila erresistiboa da eta microSD txartel bat sartzeko aukera dago, bertan gordetako datuak beste dispositibo batera kopiatzeko edo gordetzeko. SPI serie komunikazioarekin dihardu baina I2C komunikazioarekin funtziona daiteke pantailaren kontrol kapazitiboa gauzatuz. Gailua guztiz montatua dago eta ez du konexio ezta soldaketaren beharrik, bere software liburutegiak jaitsi bezain laster funtzionatzeko prest dago eta. RAM bati konektatutako kontrolagailua duenez, mikrokontrolagailu baten funtzioak ere bete ditzake, beste botoi, LED edo sentsoare konektatzeko aukera emanez [31].



Irudia. 45. Ukipen-pantaila

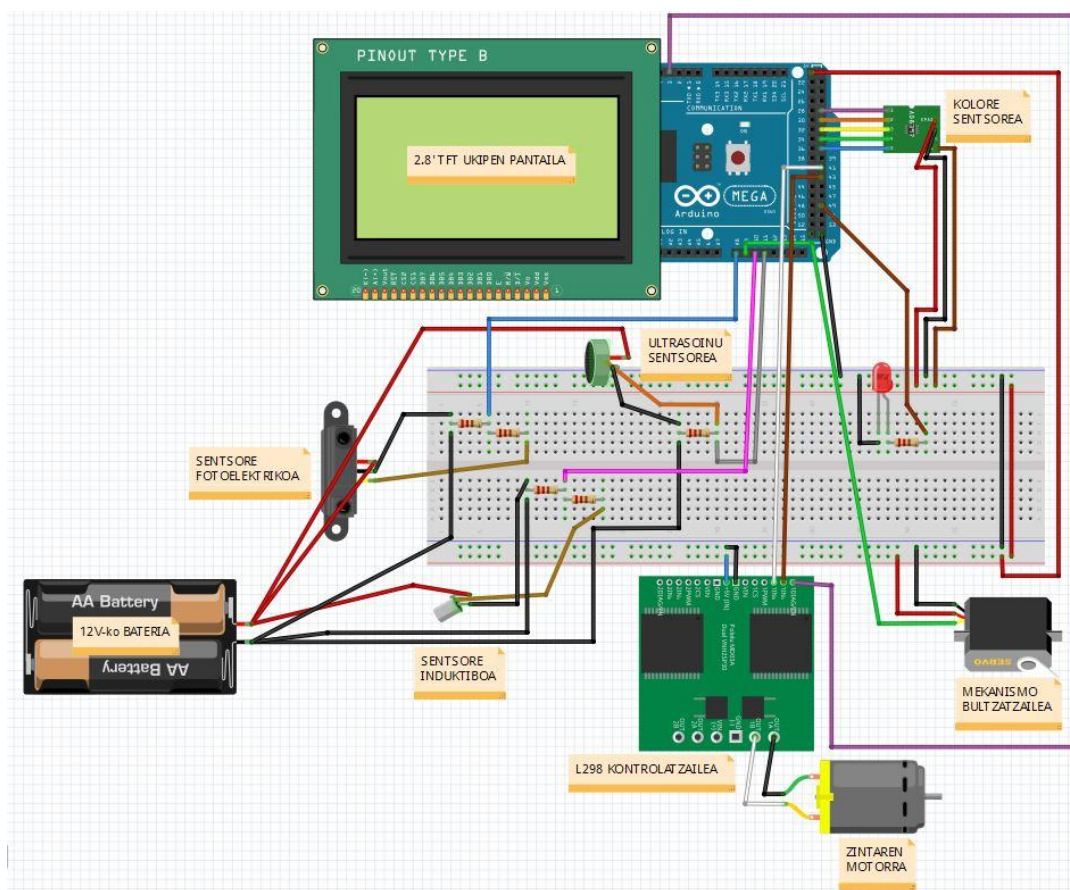
45.irudian ikusten den bezala, arduino bidezko programazioa erabiliz, sailkapen parametro ezberdinen menu bat eskainiko zaio erabiltzaileari. Bertan, piezen kolore ezberdinak aukeratu daitezke (gorriak, berdeak edo urdinak) eta parametro hau piezen tamainarekin (pieza handiak eta txikiak) uztartzea ere posible da, horrela, pieza gorri handiak, adibidez, soilik biltegitzeko aukera emanaz. Lehenengo ilaran edozein koloreko pieza handiak aukeratu daitezke; bigarren ilaran edozein koloreko pieza txikiak eta hirugarren ilaran, parametro bakarrak aukeratuz (kolore ezberdinekin nahastu barik) sailkapena egitea erabaki daiteke, soilik pieza handiak, txikiak edo pieza metalikoak hautatuz, alegia.



Irudia. 46. Ukipen-pantailaren parametroen menua

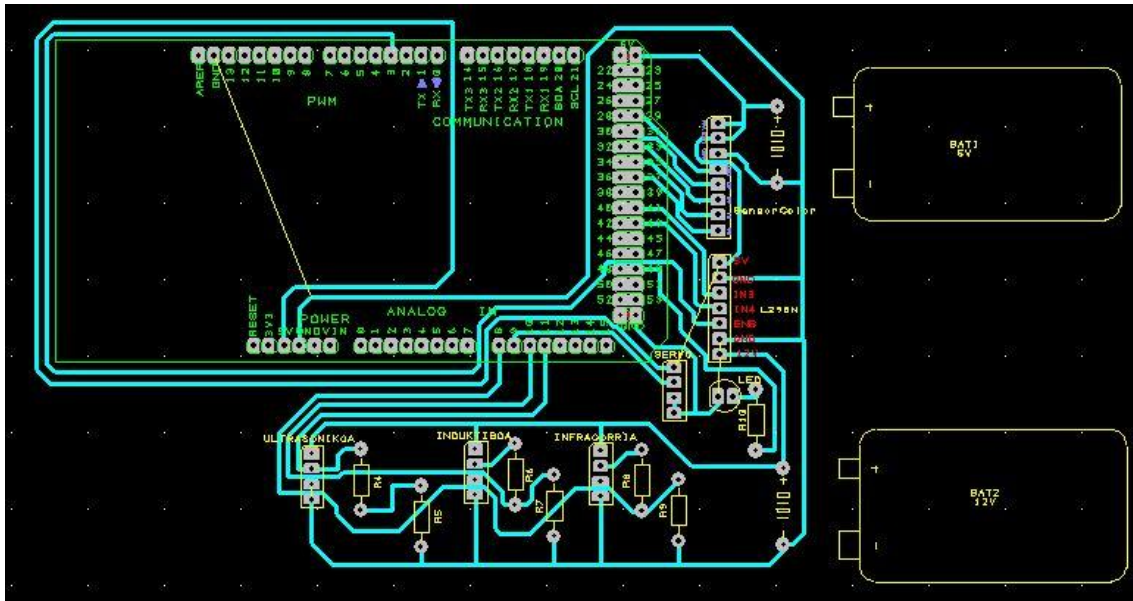
7.9 SISTEMAREN MUNTAKETA

Aurreko ataletan azaldutako osagai eta elementu guztiak batuz eta konektatuz, sistema osoaren muntaia 47.irudian ikusi daiteke. Bertan, Fritzing programaren bitartez, era esperimentalean frogak egiteko erabili den eskema elektronikoa ematen da. Hau erabiliz, protoboard baten bidez gauzatu ziren osagai guztien konexioak. Aurreko ataletan azaldutako osagai guztiak kontaktatu eta martxan edukitzeko, beharrezkoa izan da elikatze iturri gehigarri bat erabiltzea zenbait elementuentzat. Hori dela eta 47. irudian emandako muntaian antzeman daiteke, alde batetik protoboard-aren ezkerrean 12V-ko elikadura behar duten osagai guztiak daudela, hala nola sentsoare fotoelektrikoa, ultrasoinukoa eta induktiboa, hauentzako 5V-eko elikadura nahikoa ez baita. Bestetik, protoboard-aren eskuinean kokatuta, aldiz, Arduino txartelaren berezko elikadurarekin konektatutako osagaiak daude, kolore sentsoarea, mekanismo bultzatzailearen serbomotorra eta objektuak detektatzen direnean erabiltzen den LED lagungarria, alegia [32].



Irudia. 47. Sistemaren konexioen eskema

Sistemaren muntaketa finalerako, aldiz, protoboard bidezko konexio-muntaia oso deserosoa eta ez eraginkorra denez, PCB txartel bat diseinatu eta inprimatu egin da. Era honetan, sistemaren konexio guztiak era txertagarriago, txikiago eta eraginkor batean antolatuta egongo dira. Hau gauzatzeko, DesignSpark softwarea erabili da, PCB bertsioan (48. Irudia). Ostean, plaka inprimatu denean, elementu ezberdinak estainuarekin soldatzen ere ikasi da, zirkuitulaburrak eta pisten soldaketa txar batengatik egon daitezkeen akatsak ekiditen saiatuz [33].



Irudia. 48. Sistemaren PCB eskema

GRADUA: INDUSTRIA ELEKTRONIKAREN ETA
AUTOMATIKAREN INGENIERITZA

GRADU AMAIERAKO LANA

ARDUINON ETA IKUSMEN ARTIFIZIALEAN OINARRITUTAKO SAILKATZAILE AUTOMATIKOA

2. DOKUMENTUA – LANERAKO ERABILITAKO METODOLOGIA

Ikaslea: Aguiriano, Iriondo, Mikel

Zuzendaria (1): Sevillano, Berasategui, Maria Goretti

Ikasturtea: 2017-2018

Data: Bilbo, 2018, Ekaina, 28

8. SARRERA

Dokumentu honetan, Bilboko Ingeniaritza Eskolako (BIE) Ingeniaritza Elektronikaren eta Automatikaren Ingeniaritzako Gradurako egindako Gradu Amaierako Lanaren plangintza aurkezten da. Horretarako, proiektuan diseinatutako eta eraikitako pieza sailkatzaile sistema automatikoaren egin beharrak zehaztuko dira.

Gradu Amaierako lan hau aurrera eramateko era ordenatu eta antolatu batean lan egin behar izan da, horretarako proiektua burutzeko dagoen denbora epea kontutan hartu beharko da. Proiektuaren garapen egokia bermatzeko, hau fase ezberdinetan banatuko da, bakoitzaren barruan eginbeharreko zeregin zehatzak adieraziz. Plangintza deskribatzeko, hasiera eta amaiera datak zehazteaz gain, proiektua osatzen duten lan-pakete bakoitzaren luzapena eta lan karga zehaztu behar dira. Hori dela eta, proiektuan parte hartuko duen lan taldea eta zeregin bakoitzean taldekide bakoitzak izango duen lan-karga eta betebeharrak zehaztuko dira.

Horretaz gain, aintzat izan beharko dira proiektua egiterako orduan egon daitezkeen ezustekoak, horregatik, atal bakoitzari soberako denbora tarte txiki bat esleitu zaio, aurreikusi ez den arazoren bat suertatzekotan antolakuntza osoan izango lukeen eragina ahalik eta txikiena izan dadin.

Hemen deskribatutako plangintza ahalik eta modu zehatzenean bete behar da, denbora arazorik ez izateko eta batez ere, lana denboran zehar sakabanatzen bada, estutasuna eta larritasuna ekiditeko. Lanen

edo eginbeharren antolakuntza hau ere errealista izan behar da, proiektuaren atal guztien garapenerako denbora berdina behar ez dela kontutan hartuz, zereginen konplexutasunaren arabera hauek ekar dezaketen lan kargak desberdinak izan daitezke eta hori zereginen iraupen desberdinak gauzatuko dituelako.

Aurkeztutako lan planaren adierazpena eta ulermena errazteko, Gantt diagrama baten bidez laburbilduko dira zeregin guztien iraupenak proiektuaren hasierako eta amaierako datak lanaren luzapenaren mugapenak izango direlarik.

9. EGINBEHARREKOEN DESKRIBAPENA, FASEAK, EKIPOAK EDO PROZEDURAK

9.1 LAN TALDEA

Lanaren plangintzaren atal honetan, pieza sailkatzaile automatikoa sortzeko proiektuaren planifikazioa aurrera eramateko, parte hartu duten pertsona ezberdinek osatzen duten lan taldea zehazten da. Horretarako, proiektuan parte hartutako pertsonak burututako lana eta lan hori burutzeko beharrezko denbora zehazten dira.

Hortaz, atal honetan emandako taularen bitartez, gradu amaierako lan honen parte izan diren pertsonen datuak, proiektuaren garapenean izan duten zereginaren zehaztapen laburra eta pertsona bakoitzak bere zereginen betetzerako eman behar izan duen denbora adierazten dira. Horretarako, aurrenik, proiektu honetan lan egin duten partaideak aipatuko dira ordenean, hauek proiektuan burutu duten lanarekin batera.

Arduino bidez kontrolatutako pieza sailkatzaile sistema automatikoa proiektuaren zuzendaria Gorette Sevillano da. Proiektuan adierazten den lan pakete bakoitzeko, proiektuaren atal bakoitzean Mikel Aguiriano ingeniariak emandako pausuak behatzeaz gain, honek garatu dituen dokumentuen konprobaketa eta zuzenketa daude bere betebeharren barne.

Proiektua garatu duen ingeniaria Mikel Aguiriano da. Honek, proiektuko lan paketa bakoitza garatu du zuzendariaren gidapenaren laguntzaz. Bere zereginen artean aukera desberdinen analisia, materialen aukeraketa eta erostea, programen garapena, maketaren eraiketa etab. daudelarik.

Proiektuan parte hartu duen laborategiko teknikaria César Pérez izango da. Bere eginkizuna proiektuan zehar, beharrezkoa izan denean, materialen eskuraketa, eta prozesu jakin batzuetan parte hartzea izan da izan da. Aldi berean, bere esperientzia eta aholkuak kontuan hartu izan dira proiektua garatzerako orduan.

Esan bezala, dokumentu honen amaieran lan planaren Gantt diagrama eskaintzen da. Hori garatu ahal izateko, proiektuan parte hartu duen taldekide bakoitzaren lan karga kuantifikatu behar da, horretarako honako informazioa erabiliko da:

- Eguneko: Irailetik otsailera 4 ordu/pertsona eta otsailetik uztaileira 8 ordu / pertsona
- Hilabetea: 20 egun / pertsona

Partaidearen izen abizena.	Landutako zeregina.	Lan taldea osatzen duen pertsonaren proiektuarekiko erlazioa.
M^a Goretti Sevillano	Proiektuaren Zuzendaria	Bilboko ingeniarietza eskolako irakaslea
Mikel Aguiriano	Ingeniaria	Bilboko ingeniarietza eskolako ikaslea.
César Perez	Laborategiko Teknikaria	Bilboko ingeniarietza eskolako teknikaria.

Taula 13. Lan Taldea

9.2 ZEREGINEN ETA LAN PAKETEEN DESKRIBAPENA

Gradu amaierako lan hau behar bezala burutzeko, ezarritako helburuak aztertuko dira, eta hauek lortzeko metodologia garapenak eta beharrezko prozedurak ezarriko dira. Proiektu hau, atal desberdinetan zatituko da, bere diseinua eta eraikuntza errazagoa eta eraginkorragoa izan dadin. Aldi berean, eraikuntza prozesuaren zehar arazoak gertatzekotan, proiektuaren modularizazioari esker errazago izango da hauek detektatzea eta konpontzea. Behin, atal guztien funtzionamendua egiaztatuta dagoenean, atal desberdinak elkartuz joango dira funtzionamendu egokia ziurtatuz urrats bakoitzean azkenik proiektu osoaren garapena lortu ahal izateko.

Atal honetan zehar, proiektua aurrera eramateko beharrezkoak diren lan pakete horiek eta hauetan burutu beharreko zereginak definitu eta zehaztuko dira. Hau da, proiektua garatzeko atal bakoitzean zer egingo den eta zenbat denbora beharko den zeregin horiek betetzeko adieraziko da, kasu bakoitzean lan taldeko partaideek erabilitako denbora zehaztuz.

9.2.1 INFORMAZIO ETA DATU BILAKETA

Lan pakete honetan, lan osoarekin erlazioa duten kontzeptuen informazio bilaketa landu egin da, beraz, atal hau era guztietako informazioaren bilaketa biltzen du, sailkatze sistemai buruzko informazio bilaketatik sistema osatzeko funtsezkoak diren banakako osagai elektronikoen datasheet-etara. Hori dela eta, zeregin hau hiru azpi-zereginetan banatu daiteke:

Z1.1. Informazio bilaketa web orrietan. Interneten dauden web orri ezberdinetan proiektu honen oinarri izan daitezkeen eredu eta informazio ezberdinen bilaketa. Existitzen diren sistema sailkatzaile ezberdinen behaketa eta hauen sailkatze irizpideen azterketa.

Z1.2. Informazioaren bilaketa datasheetetan. Osagai ezberdinen orri espezializatuetan eta datasheetetan informazioaren bilaketa. Sistema modurik egokienean diseinatu ahal izateko merkatua arakatu behar da eskuragarri dauden elementu ezberdinen ezaugarriak eta funtzionamendua ezagutzeko.

Z1.3. Informazio bilketa liburutegian. Liburutegiko liburu eta datu baseen bidez, informazioa bilatzea, gehienbat oinarri fisiko eta teoriko bat emateko proiektuari. Proiektuarentzat ezinbestekoak diren oinarri teoriko-praktikoen kontzeptuen ezagutzan sakontzeko.

Bilaketa honi esker, proiektua garatzeko kontutan hartu behar diren aurrekariak ezagutu ahal izan dira eta erabili diren erreminta eta materialen ezagutzan sakondu egin da.

ATAZA	AZPIATAZA	Zereginaren Arduraduna	Zereginaren egiaztapena	IRAUPENA
Z1	Z1.1	Ingeniaria	Zuzendaria	10 egun
	Z1.2	Ingeniaria	Zuzendaria	4 egun
	Z1.3	Ingeniaria	Zuzendaria	6 egun
Guztirako Z1 atazaren Iraupena				20 egun

Taula 14. Z1. Informazio eta datu bilaketa. Lan Karga.

9.2.2 ELEMENTUEN AUKERAKETA

Lan pakete honetan, proiektua gauzatzeko beharrezko elementu ezberdinak definitzen dira. Bai software bai hardware aldetik, proiektuaren hasieran ezarritako helburuak betetzeko erabili beharreko elementuen aukeraketa egokia egin behar izan da, osagai bakoitzarentzako merkatuak eskaintzen dituen aukera ezberdinak aztertuz eta proiektuaren espezifikazioak kontutan hartuta egokiena aukeratuz. Elementuen aukeraketa honetarako, aurreko zereginaren bidez iturri desberdinetatik eskuratutako informazioa erabili da.

Aukera ezberdinen azterketa eta aukeraketa hau oso garrantzitsua da zeren eta, besteren artean, proiektuaren gauzatzerako alderdi ekonomikoan eragin eta garrantzi handia izango du. Hori dela eta, ahalik eta aukerarik errentagarriena lortzea bilatuko da. Prozesuan laguntzeko, zeregin hau zenbait azpi-ataletan banatzen da:

Z2.1. Mikrokontrolagailuaren aukeraketa. Merkatuak eskaintzen dituen mikrokontrolagailu ezberdinen ezaugarriak aztertu behar dira. Faktore desberdinak kontutan hartuta, adibidez, prezioa, programazio lengoia edota beste elementu batzuekin konektatzeko ahalmena, proiekturako egokiena aukeratuko da.

Z2.2. Piezen garraiorako sistemen aukeraketa. Piezak sistemaren detektatze eta sailkatze lekura eramateko mekanismo ezberdinen artean egindako aukeraketa. Bertan plater birakari bat edo uhal garraiatzaile baten funtzioa egiten duten zenbait irtenbideren artean erabaki behar izan da,

adibidez. Aukeraketa prozesu honetan eskuragarritasunari eta sinpletasunari ere garrantzi handia eman zaio.

Z2.3. Piezak detektatzeko sentsorearen aukeraketa. Sisteman pieza bat dagoen edo ez jakiteko beharrezkoa den sentsorearen aukeraketa. Oztopo-sentsore baten funtzioa egiten du. Honetarako, bai sentsore infragorriak, bai ultrasonikoak baita "eskuz" egindako beste sistema batzuen erabilera aztertu egin da.

Z2.4. Kolore sentsorearen aukeraketa. Pieza edo objektu bat bere kolorearen arabera sailkatu ahal izateko beharrezko sentsorearen aukeraketa. Kolore sentsore ezberdinen artean, TCS3200 modeloa hautatu da, prezio baxuagatik, aparteko zehaztasuna behar ez delako, 3 kolore primarioen azterketa baino ez delako egiten, ez kolore hauen nahasketak (horia, laranja, morea, eta abar).

Z2.5. Ultrasoinuko sentsorearen aukeraketa. Piezak bere tamainaren arabera sailkatzeko erabiliko den sentsore egokiaren aukeraketa. Sentsore honen hautaketa burutzeko, soinuaren hedapena nola egiten den (era linealean edo konikoan) kontuan izan beharreko irizpide oso garrantzitsua da.

Z2.6. Sentsore induktiboaren aukeraketa. Pieza metalikoak detektatu ahal izateko beharrezko sentsore induktiboaren aukeraketa, merkatuak eskaintzen dituen aukera ezberdinen artean. Printzipio fisikoa nahiko argia denez eta beste sentsore batzuen aplikazioa ezin denez kontuan hartu, sentsore induktiboa erabakitzeko irizpide nagusiak hautemate-distantzia eta tamaina izan dira.

Z2.7. Piezak bultzatzeko mekanismoaren aukeraketa. Pieza egokiak, aurredefinitutako irizpideen arabera, antzematen

direnean, hauen bultzaketa prozesua uhaletik kanpo dagoen biltegi batera.

ATAZA	AZPIATAZA	Zereginaren Arduraduna	Zereginaren egiaztapena	IRAUPENA
Z2	Z2.1	Ingeniaria	Zuzendaria	4 egun
	Z2.2	Ingeniaria	Zuzendaria	8 egun
	Z2.3	Ingeniaria	Zuzendaria	4 egun
	Z2.4	Ingeniaria	Zuzendaria	4 egun
	Z2.5	Ingeniaria	Zuzendaria	4 egun
	Z2.6	Ingeniaria	Zuzendaria	4 egun
	Z2.7	Ingeniaria	Zuzendaria	6 egun
Guztirako Z2 atazaren Iraupena				34 egun

Taula 15. Z2. Elementuen aukeraketa. Lan Karga

9.2.3 3D-ko INPRIMAGAILUAREKIN PIEZAK EGIN

Lan pakete honetan, 3D-ko inprimagailuaren bidez sistemaren egitura osatzen duten piezen fabrikazioa garatu da. Uhalaren euskarri eta oinarri funtzioak egiteko zenbait pieza diseinatu eta inprimatu behar izan ziren. Gainera, motorraren ardatza uhalaren funtzionamendua ahalbidetzen duten zenbait piezekin konektatzeko eta sentso ezberdinak kokatzeko estalki eta euskarri piezak ere fabrikatu egin ziren 3D-ko inprimagailuarekin.

Z3.1. 3D-ko inprimagailuarekin piezak egin. Sistemaren euskarria eta muntaketa egiteko beharrezko pieza ezberdinen fabrikazioa 3D-ko inprimagailuaren bidez.

ATAZA	AZPIATAZA	Zereginaren arduraduna	Zereginaren egiaztapena	IRAUPENA
Z3	Z3.1	Ingeniaria	Zuzendaria	6 egun
Guztirako Z3 atazaren Iraupena				6 egun

Taula 16. Z3. 3D-ko inprimagailuarekin piezak egin. Lan Karga

9.2.4 OBJEKTUEN DETEKZIO-PROZESAMENDU PROGRAMAZIOA

Lan pakete honetan, objektuen detekzioa egin ostean sentsoze infragorriaren bidez, hauen sailkapen ezberdina burutzeko parametroen edo irizpideen programazioa egiten da. Horrela, sentsoze ezberdinen bidez, piezak kolorearen, tamainaren eta materialaren arabera sailkatu ahal izatzeko Arduino bidezko programazioa egingo da, sistemaren funtzionamendu automatikoa ahalbidetuz piezak uhaletik doazen heinean.

Z4.1. Objektuaren detekzioa kolorearen arabera. Objektuen kolore azterketa programatzea Arduino bidez. RGB aldagaietan bananduz eta hauen balioen arabera piezak kolore sortetan batuz. Honetarako, TCS3200 kolore sentsorea erabiliko da, honetarako euskarri-estalki batez babestua.

Z4.2. Objektuaren detekzioa tamainaren arabera. Objektuaren tamainaren azterketa programatzea Arduino bidez. Piezak handiak edo txikiak izan ahal izango dira, sentsoze ultrasoinuko batez bitartez.

Z4.3. Objektuaren detekzioa materialaren arabera. Objektu metalikoen hautaketaren kodea programatzea Arduino mikrokontrolagailuaren bidez. Programa hau sentsore induktibo batek emandako seinale eta datuekin burutuko da.

Z4.4. Oztopoen detekzioa eta zinta gelditu. Oztopo edo pieza bat zintan detektatzen denean, honen geldiketa, parametro ezberdinen arabera detekzioa edo azterketa ondo egiteko. Piezen geldiketa kudeatuko da sentsore infragorriak oztopo bat detektatzen duen edo ez arabera programatuz.

ATAZA	AZPIATAZA	Zereginaren arduraduna	Zereginaren egiaztapena	IRAUPENA
Z4	Z4.1	Ingeniaria	Zuzendaria	25 egun
	Z4.2	Ingeniaria	Zuzendaria	25 egun
	Z4.3	Ingeniaria	Zuzendaria	10 egun
	Z4.4	Ingeniaria	Zuzendaria	10 egun
Guztirako Z4 atazaren Iraupena				70 egun

Taula 17. Z4. Objektuen detekzio-prozesamendu programazioa. Lan Karga

9.2.5 UKIPEN PANTAILAREN PROGRAMAZIOA

Lan pakete honetan, piezen azterketa-parametroen kontrola egiten da TFT ukipen pantaila baten bidez. Bertan eskainiko den menu baten bidez piezak bere kolore, tamaina eta materialaren arabera sailkatuko ditu sistemak. Menu hau Arduino mikrokontrolagailuaren bidez sistema osatzen duten beste elementuekin komunikatu egingo da..

Z5.1. Ukipen pantaila programatu. Objektuen sailkapena nola egingo den edo zein parametro erabiliko den aukeratzeko kontrol-menua. Bertan kolore, tamaina edo materialaren arabera piezak aztertzea aukeratu ahal izango da.

ATAZA	AZPIATAZA	Zereginaren arduraduna	Zereginaren egiaztapena	IRAUPENA
Z5	Z5.1	Ingeniaria	Zuzendaria	15 egun
Guztirako Z5 atazaren Iraupena				15 egun

Taula 18. Z5. Ukipen pantailaren programazioa. Lan Karga

9.2.6 SIMULAZIOAK ETA FROGAK

Lan pakete honetan, proiektuaren atal guztiak independenteki funtzionatzen dutela ziurtatzeko entseguak egiteaz gain elementu guztien batuketaren bidez maketa osoaren muntaia ere burutu egin da. Horrela, bai software bai hardware aldetik aldaketak eta hobekuntzak eginez, sistema osoaren funtzionamendu egokia bermatzea bilatuko da, hainbat eta hainbat proba-akats saiakuntza egin ostean.

Z6.1. Simulazioak eta frogak. Atal guztiak bai hardware bai software mailan independenteki frogatu ea haien eginbeharra betetzen duten bermatu. Ostean, atal guztiak batu eta proiektua osoki funtzionatzen duen frogatu.

ATAZA	AZPIATAZA	Zereginaren arduraduna	Zereginaren egiaztapena	IRAUPENA
Z6	Z6.1	Ingeniaria	Zuzendaria	20 egun
Guztirako Z6 atazaren Iraupena				20 egun

Taula 19. Z6. Simulazioak eta frogak. Lan karga

9.2.7 ELEMENTU ELEKTRONIKOEN MUNTAKETA PCB-an

Lan pakete honetan, sistemaren funtzionamendu egokia bermatzeko beharrezkoak diren elementu elektronikoen konexioak definitu dira PCB batean muntatu ahal izateko. Proiektuaren funtzionamendu egokia bermatzeko, hau atalez-atal egin eta frogatuz elementu hauek protoboard batean konektatuta zeuden bitartean.

Behin atal guztien funtzionamendu egokia egiaztatu denean proiektuaren azken bertsioan konexio elektroniko hauek PCB batean inplementatu dira. Inplementazio hori egiteko, lehenik eta behin DesignSpark programaren bidez konexio guztiak diseinatu dira, hauen pistetan zirkuitulaburrak ekidituz eta diseinu egokia dagoela bermatuz. Ondoren, PCB plaka batean inprimatu eta elementu ezberdinak PCB-ren pistetan soldatu egin dira lehen protoboard batean zegoen zirkuitua osatuz.

Z7.1. Elementu elektronikoen muntaketa PCB-an.
Esperimentalki protoboard-ean erabili diren osagai elektronikoen konexioak eta muntaiak PCB batean egitea

ATAZA	AZPIATAZA	Zereginaren arduraduna	Zereginaren egiaztapena	IRAUPENA
Z7	Z7.1	Ingeniaria	Zuzendaria	15 egun
Guztirako Z7 atazaren Iraupena				15 egun

Taula 20. Z7. Elementu elektronikoen muntaketa PCB-an. Lan Karga

9.2.8 PROIEKTUAREN DOKUMENTAZIOA

Aurreko atal guztiak proiektuaren "alde fisikoaren" garapenarekin lotuta zeuden: programazioa, konexioak, sentsoreen inplementazio eta frogak, egituraren muntaketa, eta abar... Honakoan, aurreko atal guztien azalpen, deskribapen eta erabakien deskribapenak dituzten dokumentuen garapena egiten da. Dokumentu hauen ulergarritasuna hobetzeko eta proiektuaren garapena ahalik eta argien azaltzeko dokumentu hauetan beharrezko grafiko, irudi, plano eta bestelako eranskin batzuk ere aurkitu daitezke.

Z8.1. Proiektuaren dokumentazioa. Proiektuaren idatzizko atala. Bertan proiektu "fisiko"-aren azalpenak eta deskribapenak egongo dira grafiko, taula, irudi eta zenbait eranskinenekin osatuz.

ATAZA	AZPIATAZA	Zereginaren arduraduna	Zereginaren egiaztapena	IRAUPENA
Z8	Z8.1	Ingeniaria	Zuzendaria	20 egun
Guztirako Z8 atazaren Iraupena				20 egun

Taula 21. Z8. Proiektuaren dokumentazioa. Lan Karga

10. GANTT-EN DIAGRAMA/KRONOGRAMA

Atal honetan, orain arte deskribatutako lan pakete eta zeregin guztien iraupena modu egoki batean adieraziko da Gantt diagrama baten bidez. Horrela, proiektu hau gauzatzeko planteamendu egoki bat eraman ahal da. Kontuan eduki behar da, proiektu honek pertsona bakar bat burutu duela, hori dela eta, definitutako prozesuak bata bestearen atzetik burutuko direla gehienetan eta ez paraleloan.

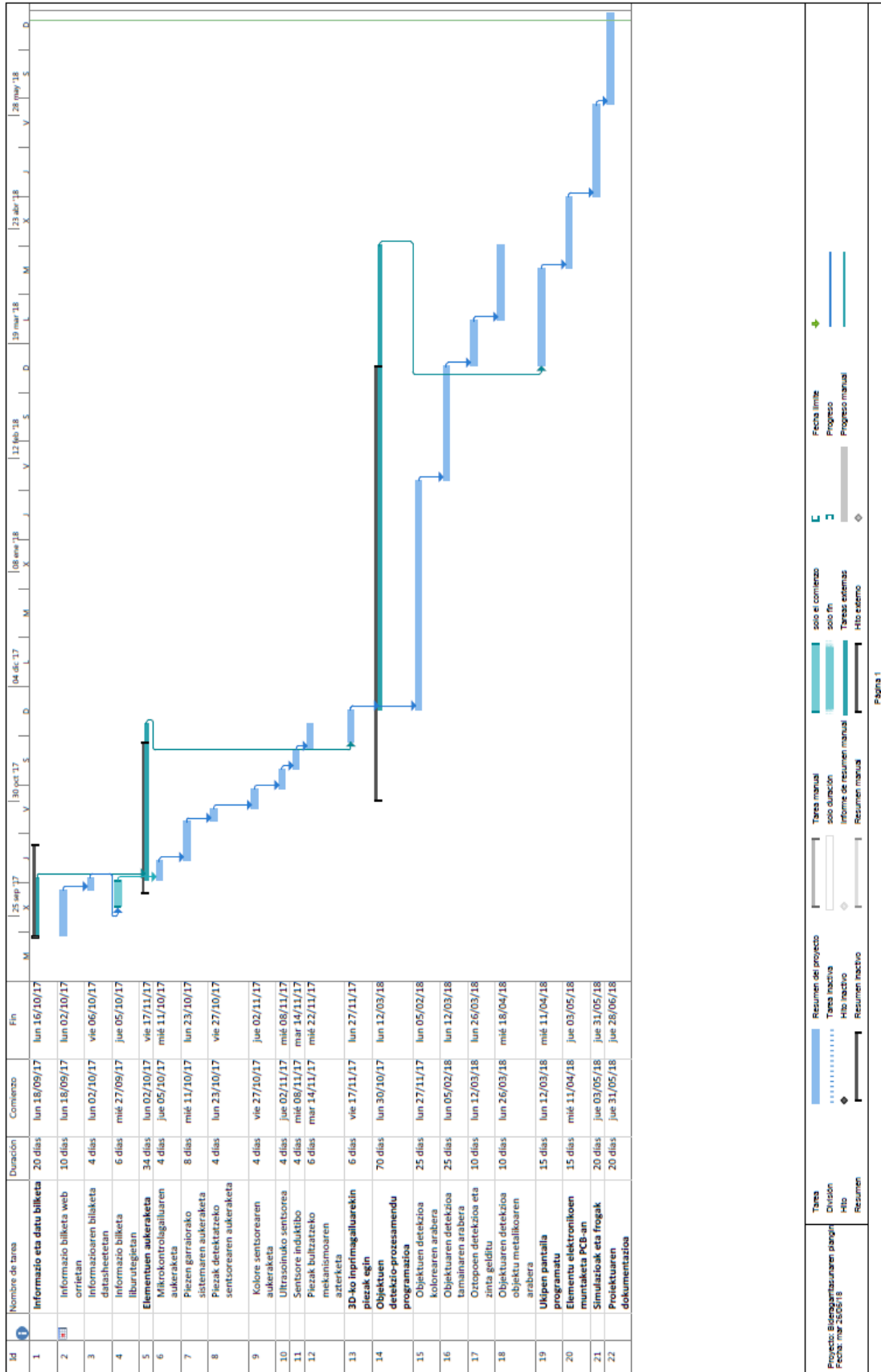
Aurreko ataleko plangintza tauletan eskainitako informazioa hemen laburbilduta ematen da. Proiektu honen garapenerako kontutan izan behar da, proiektuaren hasiera data 2017ko Irailaren 18a eta amaiera data 2018ko Maiatzaren 17a direla.

Atal honetan, proiektua atazaz ataza nola gauzatu den aurkezten da, aurreko atalean azaldutako zeregin guztiak burutzeko beharrezko denbora adieraziz. Zereginak zenbait taldeetan multzokatu dira, burutzen duten eginkizun orokorren arabera. Ostean, eginkizun nagusi hauek beste azpi-zeregin zehatz batzuetan zerrendatu dira, proiektu honetan zehar egindako prozesu guztiak ahalik eta era zehatzenean azalduz funtzionamendu osoa ondo ulertzeko.

Proiektuaren garapenean zehar, egunero honetan lantzeko utzitako ordu kopurua desberdina izan denez, zereginen iraupena adierazten duen 22.taulan egun erdi bezala adierazita dauden egunak denbora gutxiagokoak izango dira, hauetan 8 orduren orde 4 baino ez ziren dedikatu proiektura.

ATAZA KODEA	ATAZA IZENA	IRAUPENA
Z1.	Informazio eta bilaketa	10 egun
Z1.1.	<i>Informazio bilaketa web orrietan</i>	10 egun erdi
Z1.2.	<i>Informazioaren bilaketa datasheetetan</i>	4 egun erdi
Z1.3.	<i>Informazio bilaketa liburutegian</i>	6 egun erdi
Z2.	Elementuen aukeraketa	17 egun
Z2.1.	<i>Mikrokontrolagailuaren aukeraketa</i>	4 egun erdi
Z2.1.	<i>Piezen garraiorako sistemaren aukeraketa</i>	8 egun erdi
Z2.3.	<i>Piezak detektatzeko sentsorearen aukeraketa</i>	4 egun erdi
Z2.4.	<i>Kolore sentsorearen aukeraketa</i>	4 egun erdi
Z2.5.	<i>Ultrasoinuko sentsorearen aukeraketa</i>	4 egun erdi
Z2.6.	<i>Sentsore induktiboaren aukeraketa</i>	4 egun erdi
Z2.7.	<i>Piezak bultzatzeko mekanismoaren azterketa</i>	6 egun erdi
Z3	3D-ko inprimagailuarekin piezak egitea	3 egun
Z3.1.	<i>3D-ko inprimagailuarekin piezak egin</i>	6 egun erdi
Z4	Objektuen detekzio-prozesamendu programazioa	60 egun
Z4.1.	<i>Objektuaren detekzioa kolorearen arabera</i>	30 egun erdi
Z4.1.	<i>Objektuaren detekzioa tamainaren arabera</i>	25 egun
Z4.3.	<i>Objektuaren detekzioa materialaren arabera</i>	10 egun
Z4.4.	<i>Oztopoen detekzioa eta zinta gelditu</i>	10 egun
Z5	Ukipen pantailaren programazioa	15 egun
Z5.1.	<i>Ukipen pantaila programatu</i>	15 egun
Z6	Simulazioak eta frogak	20 egun
Z6.1.	<i>Simulazioak eta frogak</i>	20 egun
Z7	Elementu elektronikoen muntaketa PCB-an	15 egun
Z7.1.	<i>Elementu elektronikoen muntaketa PCB-an</i>	15 egun
Z8	Proiektuaren dokumentazioa	20 egun
Z8.1.	<i>Proiektuaren dokumentazioa</i>	20 egun
Guztirako proiektuaren iraupena		160 Egun

Taula 22. Proiektuaren planifikazio laburbildua

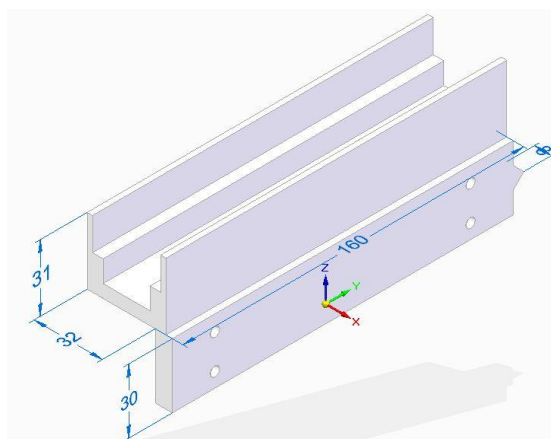


Irudia. 49. Gantt diagrama

11. KALKULUAK, ALGORITMOAK

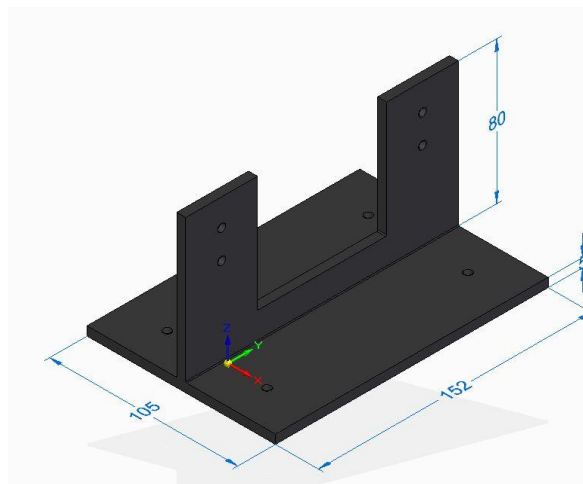
11.1 SISTEMAREN EGITURA FINKATZEKO PIEZEN DISEINUAREN KALKULUA

Sistemaren elementurik garrantzitsuena uhal garraiatzailea da, hau baita sistema osoa mugiarazi eta funtzionaraztea ahalbidetuko duena. Hori dela eta, hain elementu garrantzitsua izanda, sistemaren muntaketa eta gauzatzea hemendik hasi zen. Memoria dokumentuan adierazten den bezala, uhal garraiatzailea Makeblock etxeko baliabideekin eraiki zen, piezaz pieza zinta muntatuz. Motorra finkatzeko eta honen eraginez uhalaren "katea" arazo barik mugiarazteko euskarri pieza batzuk egin behar izan dira. Alde batetik, uhalaren luzeraren erdia sostengatzeko U itxurako euskarri pieza bat egin da (ikusi 50.irudia), 32 zentimetroko luzera duena. Pieza hau 2 zatitan egin behar izan da 3D inprimagailuak gehienez 17 zentimetroko piezak inprima ditzakeelako.



Irudia. 50. Uhal garraiatzailea sostengatzeko euskarria

Beste alde batetik, zinta martxan dagoenean mugimendua era egoki eta konstantean ahalbidetzeko, uhala mantentzen duen euskarri pieza hori altuera jakin batera igo beharko dugu, uhalaren pisuagatik "katearen" beheko zatia lurrarekin, edo kasu honetan, mahaiarekin talka ez egiteko. 51. Irudian adierazten den piezaren bitartez, sistema 7 zentimetro inguru igotzea lortuko da eta horrela, honen funtzionamendu egokia bermatuko da.

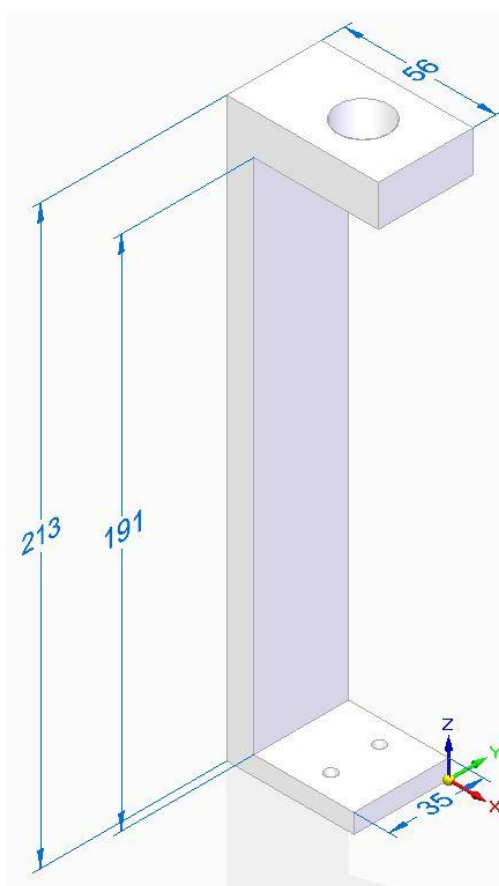


Irudia. 51. Sistemaren euskarri nagusia

11.2 SENTSORE ULTRASONIKOAREN SEINALEAREN KALKULUA

Memoria dokumentuan adierazten den bezala, ultrasoinuko sentsorea, objektu eta oztopo ezberdinak detektatzeko, soinu seinale bat igortzen du eta honen errebotearen arabera distantzia neurtu dezake. Soinu hau, ez da era zuzenean hedatzen, era konikoan baizik. Honen hedapen angelua dela eta, inguruko beste objektuak edo oztopoak ere antzeman ditzake, zenbait detekzio arazo sortuz. Arazo hauek ekiditeko, eta sentsore ultrasoinukoaren euskarriaren kokapena

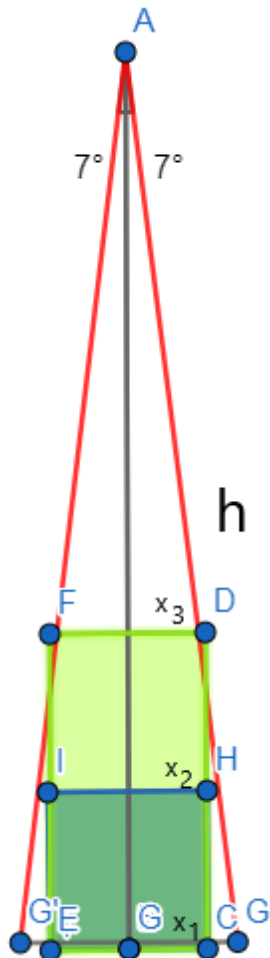
finkatzeko (52.irudiaren altuera eta sakonera, hain zuzen), sentsorearen hedapen angeluarekin zenbait kalkulu egin behar izan dira jakiteko zehazki non kokatu behar den sentsore hau ziurtatzeko objektuak detektatzeko gai izango dela sistemaren egituren oztoporik gabe.



Irudia. 52. Ultrasoinu sentsorearen euskarria

Ultrasoinu sentsorearen ezaugarri orrian eskuragarri dagoen informazioaren arabera, sentsorearen konoaren zabalera 7° -takoa da. Horrek esan nahi du, egitura osatzen duten euskarriekin talka egin ez dezan, uhal garraiatzailetik 17 zentimetroko altuerara kokatu behar dela, 53.irudian ikusten den bezala. Bertan kalkuluetarako erabili diren zenbait puntu agertzen dira zehaztuta. daude: A puntua ultrasoinu sentsorearen detekzio seinalea sortzen den puntua da, G puntutik 17

zentimetroko distantzian, uhala egongo litzatekeen distantzia. FDCE laukizuzena pieza handiaren forma simulatuko luke (6x3x3 zentimetrokoa) eta IHCE laukizuzena aldiz pieza txikiarena (3x3x3 zentimetrokoa), horrela sentsorearen seinalearen hedapen konikoa horizontalki piezaren erdialdetik zenbat aldentzen den aztertu daiteke detekzio arazoak ekiditeko helburuarekin.



Irudia. 53. Ultrasoinu sentsorearen seinalearen hedapena

Hasiera batean kalkulaturako altuera hori bai pieza txikiak bai handiak bereizteko erabilgarria dela egiaztatu behar da. Horretarako kasu bakoitzean, piezek izango duten altuera kontutan izanda konoak izango duen zabalera horizontala kalkulatu behar da. Lehenengo kalkulu honetan, uhala piezarik gabe balego bezala suposatu da,

sentsoretik distantzia maximoa egonda (17 zentimetro) ea konoaren oinarritik zenbat zabaltzen den jakiteko.

$$\cos 7^\circ = \frac{17}{h} \rightarrow h = 17,13 \text{ cm} \qquad x_1^2 + 17^2 = 17,13^2 \rightarrow x_1 = 2,09 \text{ cm}$$

Ondoren, pieza txikietarako prozesu berdina egingo da. Pieza txikiak 3 zentimetroko altuera izanda, sentsoretik piezara 14 zentimetroko altuera dago eta sentsorearen hedapen horizontala hau izango da:

$$\cos 7^\circ = \frac{14}{h} \rightarrow h = 14,11 \text{ cm} \qquad x_2^2 + 14^2 = 14,11^2 \rightarrow x_2 = 1,72 \text{ cm}$$

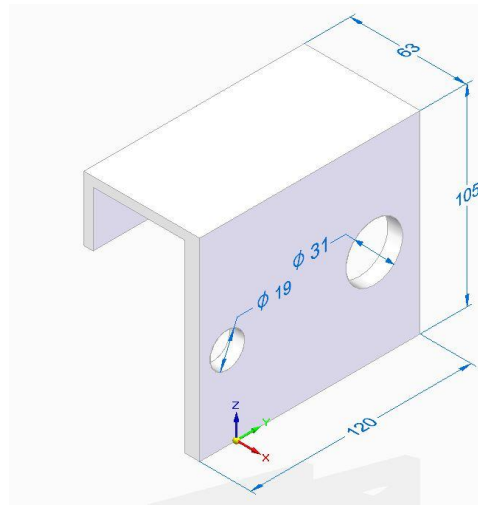
Azkenik, pieza handiekin, 6 zentimetroko altuera duena, kalkulua errepikatuko da, detekzio arazorik ez dagoela ziurtatzeko. Pieza handiak daudenean, soinu seinalea piezaren erditik distantzia hau hedatzen da:

$$\cos 7^\circ = \frac{11}{h} \rightarrow h = 11,08 \text{ cm} \qquad x_3^2 + 11^2 = 11,08^2 \rightarrow x_3 = 1,35 \text{ cm}$$

11.3 SENTSORE FOTOELEKTRIKO ETA INDUKTIBOA FINKATZEKO PIEZAREN DISEINUAREN KALKULUA

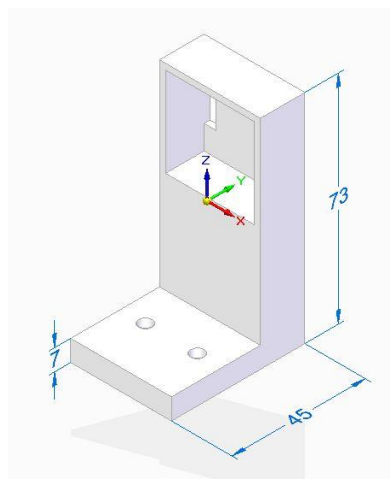
Beste bi sentsore hauen kokapena finkatzeko, euskarri pieza baten beharra ere izango da, hauen detekzio-distantzia txikiak izanda, funtzionamendu egokia ziurtatzeko. Hori dela eta, bi sentsoreek uhal

garraiatzailetik gertu egon behar direnez, euskarri pieza berdina erabiliko da bien posizioa finkatzeko. Euskarri hau, uhal garraiatzailearen hasieratik gertu jarriko da, piezak sisteman sartu bezain laster detekzio prozesua has dadin



Irudia. 54. Sentsore infragorria eta induktiboa kokatzeko zuloak, hurrenez hurren

Gainera, 54.irudiko piezaren formari erreparaturaz, euskarri pieza honek kolore sentsorea argitasunetik babesteko ere balio duela ikus daiteke, kolore sentsorea uhalaren kontrako aldean egongo baita kokatuta (bi zuloen arteko puntuaren aurrean gutxi gora behera), bere euskarri pieza propioarekin (55.irudia).



Irudia. 55. Kolore sentsorea finkatzeko euskarri pieza

11.4 KOLORE SENTSOREAREN DISTANTZIA PIEZEKIKO DEFINITZEKO KALKULUAK

Kolore sentsorearen funtzionamendu egokia bermatzeko bere jokabidea egoera desberdinetan aztertu behar izan zen. Kalibraketa analisi hori argitasuna eta objektuekiko distantziaren menpe egongo da nagusiki. Prozesu honen emaitzak ematen dira 23-27. tauletan, non objektuen eta sentsoreen arteko hurbiltasuna eta RGB ereduko koloreak bereizteko gaitasuna adierazten da. Kalibraketa honen bidez kolore desberdinak aurkitu edo desberdindu ahal diren tartek definituko dira ondoren azaltzen den moduan.

Kolore sentsorearen kalibraketa egiteko, saiakuntza desberdinak egin behar izan dira, hauetan sentsorea eta aztertu nahi den objektuaren arteko distantzia aldatuz joan delarik. 23-27.tauletan distantzia desberdinetara kolore bakoitzaren arabera eskuratutako RGB aldagaien balio maximo eta minimoak ematen dira.

	GORRIA		BERDEA		URDINA	
	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN
R	131	117	136	120	139	130
G	203	185	199	181	204	196
B	198	187	197	178	197	187

Taula 23. Kolore sentsorea eta objektuak 10 zentimetrotara

	GORRIA		BERDEA		URDINA	
	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN
R	95	86	122	116	130	118
G	170	159	162	150	173	159
B	161	149	165	153	142	131

Taula 24. Kolore sentsorea eta objektuak 5 zentimetrotara

	GORRIA		BERDEA		URDINA	
	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN
R	72	63	164	146	176	155
G	173	155	142	127	150	134
B	138	126	145	130	87	79

Taula 25. Kolore sentsorea eta objektuak 3 zentimetrotara

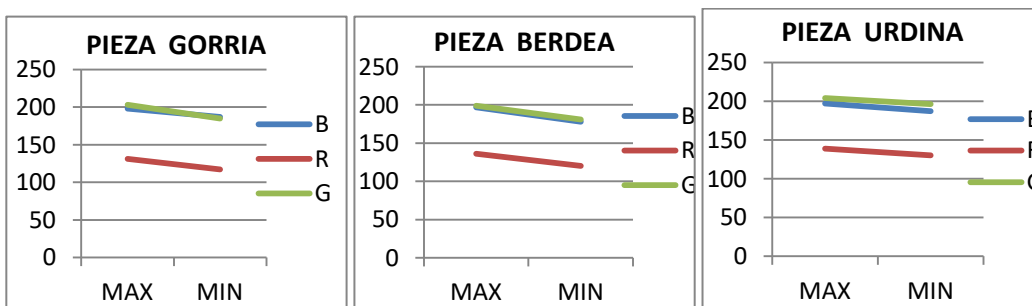
	GORRIA		BERDEA		URDINA	
	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN
R	32	22	102	84	119	97
G	99	82	74	69	79	69
B	80	65	89	74	41	37

Taula 26. Kolore sentsorea eta objektuak 2 zentimetrotara

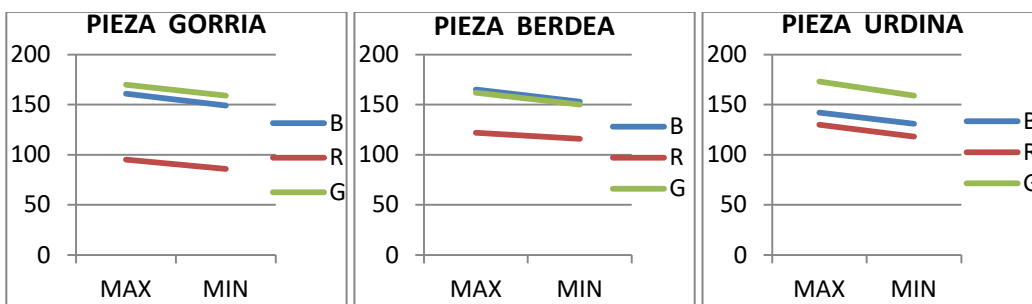
	GORRIA		BERDEA		URDINA	
	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN
R	22	15	70	57	110	97
G	84	60	40	28	62	48
B	64	46	57	52	29	19

Taula 27. Kolore sentsorea eta objektuak 1 zentimetrotara

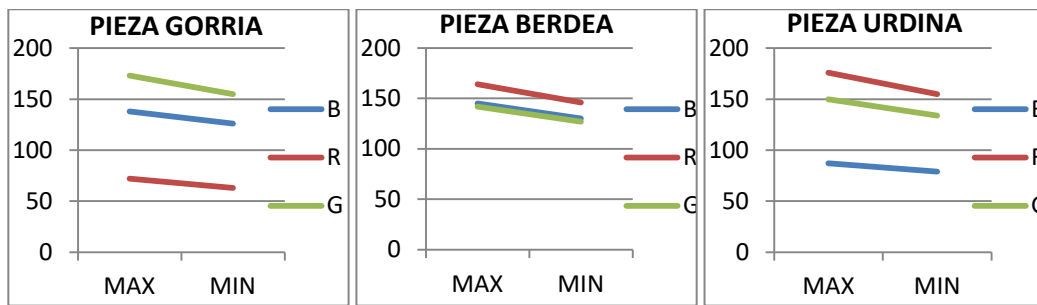
23-27 taulen emaitzak aztertuz, ondorioztatu daiteke sentsore eta piezen arteko distantzia txikiagotu ahala, sentsoreak desberdintzen dituen RGB aldagaien tartea gero eta estuagoak direla. Honen ondorioz, gertuago daudenean, kolore detekzioan hobea dela esan daiteke. Izan ere, kolore bakoitzaren balioekin egindako funtzioak gero eta aldenduagoak daude 56-60. irudietan ikusi daitekeen moduan, hortaz detekzio akatsak murriztu egingo dira.



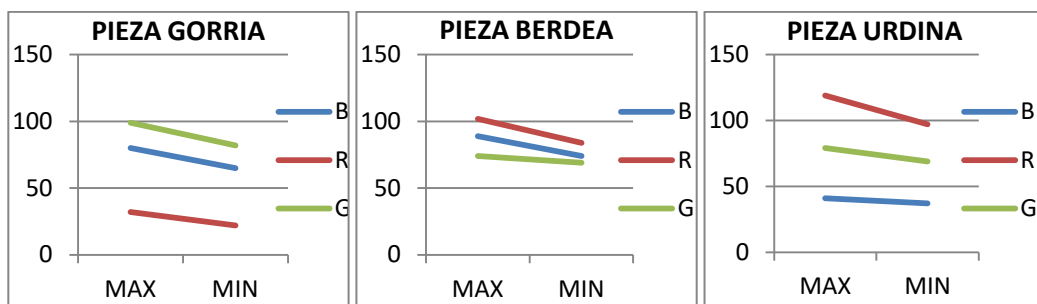
Irudia. 56. Kolore sentsorea eta objektuak 10 zentimetrotara.



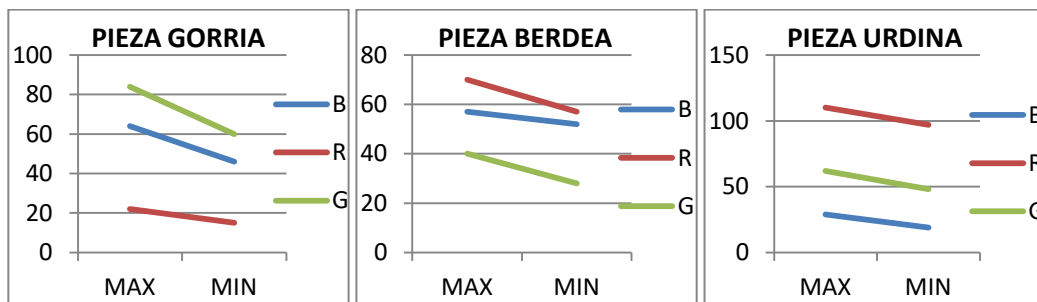
Irudia. 57. Kolore sentsorea eta objektuak 5 zentimetrotara.



Irudia. . 58. Kolore sentsorea eta objektuak 3 zentimetrotara.



Irudia. . 59. Kolore sentsorea eta objektuak 2 zentimetrotara.



Irudia. . 60. Kolore sentsorea eta objektuak 2 zentimetrotara.

GRADUA: INDUSTRIA ELEKTRONIKAREN ETA
AUTOMATIKAREN INGENIERITZA

GRADU AMAIERAKO LANA

ARDUINON ETA IKUSMEN ARTIFIZIALEAN OINARRITUTAKO SAILKATZAILE AUTOMATIKOA

3. DOKUMENTUA – ALDERDI EKONOMIKOAK

Ikaslea: Aguiriano, Iriondo, Mikel

Zuzendaria (1): Sevillano, Berasategui, Maria Goretti

Ikasturtea: 2017-2018

Data: Bilbo, 2018, Ekaina, 28

12. AURREKONTUAREN EDO/ETA GAUZATUTAKO AURREKONTUAREN DESKRIBAPENA

Proiektu honen aurrekontua hiru ataletan bananduta dago: diseinuaren aurrekontua, programen amortizazioa eta lan-gastuen aurrekontua.

Lehenengo atala, diseinuaren aurrekontua, proiektuaren egitura eta muntaia fisikoa gauzatzeko beharrezkoak diren osagaien aurrekontuari dagokio. Bertan, sistema osatzen duten elementu nagusien prezioak adieraziko dira: sentso ezberdinen kostua; uhal garraiatzailea, piezaka jaso dena, zenbat kostatu duen; uhalaren motorra mugiarazteko behar duen kontroladorearen prezioa; sistemaren kontrolerako elementuak (Arduino txartela eta 2.8"-ko TFT Ikutze pantaila) eta PCB-an erabiliko diren osagai ezberdinak: erresistentziak, kondentsadoreak, LED-ak, Arduino kableak, eta abar...

ELEMENTUA	UNITATEAK	PREZIO/UNITATE	TOTALA
Arduino kable multzoa (arra-arra)	1	2,49€	2,49€
LED gorria	4	0,17€	0,66€
120Ω-ko erresistentziak	24	0,04€	0,98€
1kΩ-ko erresistentziak	40	0,04€	1,65€
2.8 TFT ikutze pantaila	1	9,95€	9,95€
Servo	1	4,13€	4,13€
Arduino Mega	1	13,50€	13,50€
Kolore sentsorea TCS3200	1	4,84€	4,84€
Sentsore inдукtibo XS1N30PA340	1	62,56€	62,56€
Ultrasoinuko sentsorea XXV18B1PBL2	1	130,48€	130,48€
Uhal garraiatzailea piezaka	1	61,26€	61,26€
Sentsore fotoelektrikoa XUB4BPANL2	1	44,16€	44,16€
L298N kontrolatzailea	1	6,50€	6,50€
GUZTIRA			343,16€

Taula 28. Materialaren aurrekontua

Bigarren atalean, proiektu hau gauzatzeko beharrezkoak izan diren programa informatikoen amortizazioak ematen dira. Horrela, proiektu honen buruketan zehar erabilitako software eta programa informatikoen amortizazioak adieraziko dira, Arduino, Microsoft Office, DesignSpark PCB eta Solid Edge programa informatikoenak, hain zuzen. Amortizazioaren balioa lortzeko hurrengo formula erabili delarik:

$$\text{Amortizazioa} = \frac{\text{Erosketa balioa}}{\text{Bizitza erabilgarria (orduetan)}} \times \text{Erabilitako orduak}$$

ARDUINO		-
Erosketa balioa		0€
Bizitza erabilgarria (orduetan)		26.280
Erabilitako orduak		650
MICROSOFT OFFICE		19,42€
Erosketa balioa		378€
Bizitza erabilgarria (orduetan)		2.920
Erabilitako orduak		150
SOLID EDGE		2,29€
Erosketa balioa		1.787€
Bizitza erabilgarria (orduetan)		9600
Erabilitako orduak		15
DESIGNSPARK PCB		-
Erosketa balioa		0€
Bizitza erabilgarria (orduetan)		4.800
Erabilitako orduak		20
GUZTIRA		22,21€

Taula 29. Amortizazioak

Azkenik, lan-gastuen aurrekontua deritzon zatian, gradu amaierako lan hau gauzatzeko beharrezkoak izan diren langileak, hauen ordu lanak, eragingo luketen gastuak zehazten dira. Esan bezala, proiektuaren aurrekontu orokorra definitzen da, non langileen barne orduak suposatzen duten dirua, aurreko ataleko amortizazioen kalkuluak eta bestelako gastuak eta ezustekoen kostuak laburtzen dira.

BARNE ORDUAK				
Langile kopurua	Orduak egunero	Egunak	Kostua	Totala
1	8	160	35	44.800€
GUZTIRA				44.800€

Taula 30. Giza baliabideen aurrekontua

Ondoren, aurreko hiru aurrekontu atalak batuko dira, proiektuaren aurrekontu bat gauzatzeko, horrela, gastu guztien ikuspuntu orokor bat lortuz. Atal bakoitzeko gastuen azpitotaletaz gain, proiektuaren buruketan zehar egondako ezustekoak (materialen ordezkatzekak hausturengatik, eskarien atzerapenak, probak egiteko behin behineko osagaiak) eragiten dituzten gastuak ere kontuan hartu behar izan dira. Aurreko guztiarekin, proiektuaren aurrekontu osoaren guztirako totala lortu da.

AURREKONTUEN LABURPENA		
Barne orduak		44.800€
Amortizazioa		22,21€
Material Gastuak		343,16
Azpi-kontratazioak		0
Azpi-totala		45.165,37€
Ezustekoak	%10	4.516,54€
GUZTIRAKO TOTALA		40.648,83€

Taula 31. Diseinuaren aurrekontua

GRADUA: INDUSTRIA ELEKTRONIKAREN ETA
AUTOMATIKAREN INGENIERITZA

GRADU AMAIERAKO LANA

ARDUINON ETA IKUSMEN ARTIFIZIALEAN OINARRITUTAKO SAILKATZAILE AUTOMATIKOA

4. DOKUMENTUA – ONDORIOAK

Ikaslea: Aguiriano, Iriondo, Mikel

Zuzendaria (1): Sevillano, Berasategui, Maria Goretti

Ikasturtea: 2017-2018

Data: Bilbo, 2018, Ekaina, 28

13. ONDORIOAK

Gradu Amaierako Lan hau egin ostean, aurretik definitu diren helburuak bete direla baieztatu daiteke, non piezaren ezaugarri ezberdinen eta ukipen pantailaren aukeraketen arabera, objektu ezberdinen detektatze eta sailkatze egokia egiten den.

Gainera, arlo pertsonalean oso erronka erabilgarria eta indargarria izan da, zeren eta, gradu osoan zehar eskuratutako ezagutza teorikoak benetako material eta tresneriarekin praktikan jartzeko balio izan du. Egunerokotasunean dauden arazoak eta zalantzak nola argitu eta ebazten ikasteko baliagarria izan da erabat. Graduko ikasketetan erdietsitako jakintzak praktikoki erakustez eta finkatzeaz gain, beste arlo berri batzuk ikasteko aukera ere egon da, esate baterako, 3D-ko inprimagailuarekin lan egiten; PCB plakak diseinatzen eta inprimatzen jakitea, gero dagozkien soldadura txikiak eginez; sentsoz batzuen espezifikazioak eta datu orriak erreparatuz, benetako funtzionamenduak hobeto ulertzea; edota dokumentazio tekniko bat nola idazten eta bideratzen ikastea.

Beste alde batetik, etorkizunean proiektu hau oinarri hartuta, baliabide edo ikuspuntu ezberdin batzuetatik lan honen jarraipena jorratzeko atea zabalik uzten da, adibidez, piezen forma ezberdinak detektatu ahal izatea, kolore ezberdinak (morea, horia eta bestelako kolore primarioen konbinazioz lortutako koloreak) bereizi ahal izatea edota beso robotiko baten inplementazioa burutzea piezen sailkapen osoago bat egiteko.

GRADUA: INDUSTRIA ELEKTRONIKAREN ETA
AUTOMATIKAREN INGENIERITZA

GRADU AMAIERAKO LANA

ARDUINON ETA IKUSMEN ARTIFIZIALEAN OINARRITUTAKO SAILKATZAILE AUTOMATIKOA

5. DOKUMENTUA – BIBLIOGRAFIA

Ikaslea: Aguiriano, Iriondo, Mikel

Zuzendaria (1): Sevillano, Berasategui, Maria Goretti

Ikasturtea: 2017-2018

Data: Bilbo, 2018, Ekaina, 28

14. BIBLIOGRAFIA

- [1] De la Escalera, A. 2001. *Visión por Computador. Fundamentos y Métodos*. Madrid. Pearson Educación.
- [2] Vernon, D. 1991. *Machine Vision: Automated Visual Inspection and Robot Vision*. Hertfordshire: Prentice Hall.
- [3] Físic, 2013. *Reflexión de la luz* [online]. Eskuragarria: <<https://www.fisic.ch/contenidos/ondas-y-la-luz/reflexi%C3%B3n-de-la-luz-y-espejos-planos/>> [2017ko Urriaren 3an sartuta]
- [4] Sobrado Malpartida, E.A., 2003. *Sistema de visión artificial para el reconocimiento y manipulación de objetos utilizando un brazo robot*. [pdf]. Eskuragarria: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/68/SOBRADO_EDDIE_VISION_ARTIFICIAL_BRAZO_ROBOT.pdf> [2017ko Irailaren 27an sartuta]
- [5] Universia Argentina. 2017. *Los 10 lenguajes de programación más populares en la actualidad*. [online]. Eskuragarria: <<http://noticias.universia.com.ar/consejos-profesionales/noticia/2016/02/22/1136443/conoce-cuales-lenguajes-programacion-populares.html>>. [2017ko Urriaren 6an sartuta]
- [6] Olimex. 2017. *PIC32-PINGUINO*. [online]. Eskuragarria: <<https://www.olimex.com/Products/Duino/PIC32/PIC32-PINGUINO/open-source-hardware>>. [2017ko Martxoaren 17an sartuta]
- [7] Arduino. *Arduino Uno R3*. [online]. Eskuragarria: <<https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>>. [2017ko Urriaren 10ean sartuta].
- [8] Arduino. *Arduino Mega 2560 Rev3*. [online] Eskuragarria: <<https://store.arduino.cc/usa/arduino-mega-2560-rev3>> [2018ko Martxoaren 19an sartuta]

- [9] PCComponents. 2018. *Raspberry Pi 3 Modelo B+* [online]. Eskuragarria: [⟨https://www.pccomponentes.com/raspberry-pi-3-modelo-b-plus⟩](https://www.pccomponentes.com/raspberry-pi-3-modelo-b-plus). [2018ko Martxoaren 20an sartuta]
- [10] Keyence. *What is a photoelectric sensor?* [online]. Eskuragarri: [⟨https://www.keyence.eu/ss/products/sensor/sensorbasics/photoelectric/info/⟩](https://www.keyence.eu/ss/products/sensor/sensorbasics/photoelectric/info/). [2016ko Urriaren 25an sartuta]
- [11] Sciepub. 2015. *Distance Measurement via Using of Ultrasonic Sensor* [online]. Eskuragarria: [⟨http://pubs.sciepub.com/automation/3/3/6/⟩](http://pubs.sciepub.com/automation/3/3/6/) [2017ko Urriaren 26an sartuta]
- [12] Robotix . *Line Follower without Microcontroller* [online]. Eskuragarria: [⟨https://2018.robotix.in/blog/line-follower-without-uc/⟩](https://2018.robotix.in/blog/line-follower-without-uc/). [2017ko Azaroaren 8an sartuta].
- [13] Youtube. Editronikx. 2014. *Sensor detector de color TCS3210/3200 y arduino.* [online]. Eskuragarria: [⟨https://www.youtube.com/watch?v=OO2Kz7BZows⟩](https://www.youtube.com/watch?v=OO2Kz7BZows). [2017ko Urriaren 30an sartuta]
- [14] Sick. 2017. *CS81-N1112 Color Sensors [pdf]*. Eskuragarria: [⟨https://www.sick.com/media/pdf/2/52/052/dataSheet_CS81-N1112_1028228_en.pdf⟩](https://www.sick.com/media/pdf/2/52/052/dataSheet_CS81-N1112_1028228_en.pdf). [2017ko Azaroaren 2an sartuta]
- [15] RS Amidata. 2016. *CSM-WP117A2P Color Sensors [pdf]*. Eskuragarria: [⟨https://docs-emea.rs-online.com/webdocs/15c8/0900766b815c8280.pdf⟩](https://docs-emea.rs-online.com/webdocs/15c8/0900766b815c8280.pdf). [2017ko Azaroaren 2an sartuta]
- [16] RS Amidata. *Sensor inductivo Telemecanique XS8D1A1PAM12.* [online]. Eskuragarria: [⟨https://es.rs-online.com/web/p/sensores-de-proximidad-inductivos/4443192/⟩](https://es.rs-online.com/web/p/sensores-de-proximidad-inductivos/4443192/). [2017ko Azaroaren 8an sartuta]
- [17] RS Amidata *Sensor inductivo Turck NI50U-CP40-AP6X2.* [online]. Eskuragarria: [⟨https://es.rs-online.com/web/p/sensores-de-proximidad-inductivos/0227264/⟩](https://es.rs-online.com/web/p/sensores-de-proximidad-inductivos/0227264/). [2017ko Azaroaren 10ean sartuta]
- [18] RS Amidata. *Sensor inductivo Turck Ni10-EM18-Y1X-H1141* [online]. Eskuragarria: [⟨https://es.rs-online.com/web/p/sensores-de-proximidad-inductivos/8193141/⟩](https://es.rs-online.com/web/p/sensores-de-proximidad-inductivos/8193141/). [2017ko Azaroaren 13an sartuta]

- [19] RS Amidata. *Sensor reflector Vishay TCRT5000L* [online]. Eskuragarria. <<https://es.rs-online.com/web/p/sensores-opticos-reflectantes/8187524/>>. [2017ko Azaroaren 6an sartuta].
- [20] RS Amidata. *Sensor capacitivo Balluff* [online]. Eskuragarria: <<https://es.rs-online.com/web/p/sensores-de-proximidad-capacitivos/9027521/>>. [2017ko Azaroaren 8an sartuta]
- [21] Makeblock. 2013. *Eslabones ruedas oruga* [online]. Eskuragarria: <https://www.makeblock.es/productos/ruedas_oruga/>. [2017ko Urriaren 23an sartuta].
- [22] Prometec. *Servo SG90 120°*. [online]. Eskuragarri: <<https://www.prometec.net/producto/servo-sg90-180o/>>. [2017ko Azaroaren 16an sartuta]
- [23] Prometec. *LCD Display 20x4*. [online]. Eskuragarri: <<https://www.prometec.net/producto/lcd-display-20x4/>>. [2017ko Urriaren 25ean sartuta]
- [24] Schneider Electric. *OxiSense XU General purpose XUB4BPANL2*. [online]. Eskuragarri: <<https://www.schneider-electric.com/en/product/XUB4BPANL2/photo-electric-sensor---xub---diffuse---sn-0.1m---12..24vdc---cable-2m/>>. [2018ko Martxoaren 13an sartuta].
- [25] How To Mechatronics. 2016. *Arduino Color Sensing Tutorial – TCS230 TCS3200 Color Sensor*. [online], Eskuragarri: <<https://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/arduino-color-sensing-tutorial-tcs230-tcs3200-color-sensor/>>. [2017ko Azaroaren 29an sartuta]
- [26] Polaridad.es. 2016. *Sensor de color TCS3200*. [online]. Eskuragarri: <<https://polaridad.es/sensor-color-tcs3200-frecuencia-arduino/>>. [2017ko Azaroaren 31ean sartuta].
- [27] Schneider Electric. *OxiSenseXX General purpose XX918A3C2M12*. [online]. Eskuragarri: <<https://www.schneider-electric.es/es/product/XX918A3C2M12/sensor-cil%C3%ADndrico-ultras%C3%B3nico-m18---sn-0%2C5-m---4-20-ma---conector-m12>>. [2018ko Otsailaren 7an sartuta].

- [28] Blog Seas. 2013. *Sensores inductivos*. [online]. Eskuragarri: <https://www.seas.es/blog/automatizacion/sensores-inductivos/>. [2018ko Martxoaren 27an sartuta].
- [29] Etxebarria, G. 2011. *Automatismoak eta Kontrola. 5.gaia: Sentsoreak* [pdf]. Eskuragarri: <https://egela.ehu.eus/>. [2018ko Apirilaren 11an sartuta]
- [30] USBid. 2002. *Proximity Sensors. XS Tubular Inductive Sensor* [pdf]. Eskuragarri: <https://www.usbid.com/assets/datasheets/A3/xs1.pdf>. [2018ko Apirilaren 16an sartuta].
- [31] Adafruit. *2.8" TFT Touch Shield for Arduino ResistiveTouch Screen*. [online]. Eskuragarri: <https://www.adafruit.com/product/1651>. [2018ko Martxoaren 12an sartuta].
- [32] Fritzing. *Fritzing Download*. [online]. Eskuragarri: <http://fritzing.org/download/>. [2018ko Maiatzaren 8an sartuta]
- [33] DesignSpark/RS Amidata. *Download & Installation*. [online]. Eskuragarri: <https://www.rs-online.com/designspark/pcb-download-and-installation>. [2018ko Apirilaren 12an sartuta]

GRADUA: INDUSTRIA ELEKTRONIKAREN ETA
AUTOMATIKAREN INGENIERITZA

GRADU AMAIERAKO LANA

ARDUINON ETA IKUSMEN ARTIFIZIALEAN OINARRITUTAKO SAILKATZAILE AUTOMATIKOA

6. DOKUMENTUA – I. ERANSKINA

Ikaslea: Aguiriano, Iriondo, Mikel

Zuzendaria (1): Sevillano, Berasategui, Maria Goretti

Ikasturtea: 2017-2018

Data: Bilbo, 2018, Ekaina, 28

15. BALDINTZEN AGIRIA

Dokumentu honen bidez proiektuaren garapen eta inplementazioan zehar indarrean egongo diren baldintzak ezarriko dira. Honen bidez enpresa eta bezeroaren arteko erlazioa zehazten duten arauak, zuzenbide teknikoak eta aginduak adieraziko dira. Dokumentu honetan zehaztutako baldintzak eta akordioak bi aldeen arteko adostasunarekin definituta egongo dira.

Dokumentuak hurrengo ataletan banatuta egongo da:

Baldintza teknikoak. Lehenengo atal honetan proiektua garatzeko beharrezkoak diren giza baliabideak eta baliabide materialak zehaztuko dira.

Egin beharrekoak. Atal honetan, proiektuaren garapenean egindako lan planaren arabera garatu beharreko lan-paketeak deskribatzen dira.

Baldintza ekonomikoak. Atal honetan, proiektua garatu ahal izateko bezero eta enpresaren arteko harreman ekonomikoak zehazten dituzten adostasunak deskribatuko dira: prezioak, fidantzak, ordainketa sistemak, eta abar.

Baldintza administratiboak. Atal honetan proiektuaren garapen eta kudeaketarako beharrezkoak diren kontratu-izaerako baldintzak zehaztuko dira.

Mantentze baldintzak. Atal honetan sistemaren funtzionamendu egokia ziurtatzeko eta bere iraupena luzatzeko beharrezkoak diren operazioak zehazten dira.

Berme baldintzak. Atal honetan, proiektuaren funtzionamendu egokia bermatzen duten operazioen zehaztea adieraziko da.

16. BALDINTZA TEKNIKOAK

Atal honetan proiektua garatzeko beharrezkoak diren giza baliabideak eta baliabide materialak deskribatuko dira. Horrela, proiektua garatuko duen lan taldea eta erabiliko den materialen ezaugarriak zehaztuko dira. Gainera, proiektuan zehar garaturiko dokumentuen deskripzioa eta ezaugarriak ere adieraziko dira.

16.1 GIZA BALIABIDEAK

Aplikazioaren garapenerako beharrezkoa den lan-taldea deskribatuko da. Lan taldeko partaide bakoitzaren profila eta betebeharrak zehaztuko dira.

- Proiektu burua, proiektuaren zuzendaria, antzeko proiektuetan esperientzia duena. Bere zeregin nagusiena proiektuaren garapena kudeatzea izango da, epe eta helburuen betearazpena ziurtatuz. Horrez gain, proiektuan garatu beharreko dokumentazioaren edukia aztertzeaz ere arduratuko da. Zuzendariaren gainbegiratzea maila administratiboa edota harreman publikoen arloan ere garrantzitsua izango da beharrezko tramite guztiak epe barruan eta modu egokian egiten direla bermatzeko.
- Ingeniari teknikoa, mikrokontrolatzaileen arloko ezagutzekin. Bere zeregin nagusiak proiektuaren diseinua, beharrezkoak

diren programen sorrera eta proiektua muntatzea izango dira. Zeregin guztiak burutzeko ingeniari teknikoak arlo desberdinak landu beharko ditu. Horrez gain, proiektuan zehar egindako zereginekin lotutako dokumentuak garatzeaz ere arduratuko da.

16.2 BALIABIDE MATERIALAK

Baliabide materialak enpresa edo erakunde batek dituen ondasun zehatz eta hautemangarriak dira, zeinak beharrezkoak diren erakundeak edo enpresak bere helburuak betetzeko, adibidez, ekipo eta tresnak, lehengaiak, instalakuntzak, eta abar. Hortaz, baliabide materialen atal honetan proiektua garatzeko beharrezko material eta tresnak zehaztuko dira. Orokorrean, proiektuaren garapenerako erabilitako baliabide materialak bi talde nagusietan banatu daitezke, hardware-a eta software-a.

16.2.1 HARDWARE BALIABIDEAK

Hardware azpitaldean proiektua garatzeko erabili behar izan diren osagai fisikoak aurkitzen dira. Proiektu honetan diseinatutako sistemaren egitura osatzeko plastikozko plakak, piezak garraiatzeko uhala, sailkapena kontrolatzeko ukipen-pantaila, eta bestelako elementu batzuk erabiliko dira, hauetan osagai elektronikoak kokatuko direlarik.

- Ordenagailua. Unibertsitatean dagoena. Windows 7 sistema eraginkorra.



- Arduino mikrokontrolagailu bat: Arduino Mega. Bertan ukipen pantaila bat integratua doa.
- Uhal garraiatzailea mugiarazteko motorra
- Sentsoreak
 - Piezak detektatzeko sentsore infragorria: Telemecanique XUB4BPANL2.
 - Kolore sentsorea: TCS3200.
 - Pieza metalikoak detektatzekoa: Telemecanique XS1N30PA340.
 - L298N motor driver-a
 - Uhaleko piezak detektatzeko sentsore induktiboa: Telemecanique XX918A3C2M12
- Elikatze iturriak
- Osagai elektronikoak
 - LED-a
 - Erresistentziak

16.2.2 SOFTWARE BALIABIDEAK

Software baliabide atalean proiektua garatzeko programazio edo informatika osagaiak aurkitzen dira, hardware elementu batzuk era egokian funtziona dezaten hauek behar duten konfigurazioa burutzen duten elementuak, alegia.

- Arduino programa

- Microsoft Office
- DesignSpark PCB software-a
- Solid Edge

16.3 DOKUMENTUAK

Atal honetan, proiektua bukatzean bezeroari entregatu beharreko dokumentuak aurkezten dira. Dokumentu hauetan proiektuan egin beharreko lanak eta indarrean egongo diren baldintzak zehazten dira. Dokumentuaren gainazal orokorra eta gero hirueledun laburpenak (euskara, gaztelania eta ingelesa) daude, horrela irakurleak erraz jakin ahal izango du zertan datzan hemen azaltzen den proiektua.

Proiektuaren dokumentazioa osatuko duten dokumentuekin hasi baino lehen, laburpenen atzetik, proiektuari buruzko dokumentu guztiak zerrendatzen dituen aurkibidea dago. Horrela irakurleak edozein unean behar duen dokumentua erraz aurkitu ahal izango du, entregatutako dokumentazio osoan nahi duen informazioa daukan agiria, alegia. Aurkibide honekin batera dokumentu guztietan aurkitu daitezkeen irudi eta taulen aurkibideak ere ematen dira.

1. DOKUMENTUA: Memoria

Proiektuaren memorian, proiektua gauzatzeko eman behar diren pausuak jasotzen dira.

Lehenik eta behin, Gradu Amaierako Lanaren gaia eta honen motibazioa azalduko dira. Honekin batera proiektuan proposatutako

sistemaren funtzionamendu orokorra ere deskribatzen da honek bete behar dituen helburuak zehaztuz. Ondoren, proiektuaren azalpenarekin hasi baino lehen erabilitako teknologia eta oinarrizko kontzeptuei buruzko testuinguru bat ematen da. Honen ostean, Gradu Amaierako Lanarekin bete nahi diren helburuen eta hauekin lotuta ekarri ditzakeen ondurak azaltzen dira.

Memoriaren hurrengo puntuetan, proiektuaren helburu ezberdinak lortzeko aztertutako alternatibak azaltzen dira, elementuz elementu, taulen eta irudien bidez, aukeraketa finalaren oinarri izan diren irizpideak adieraziz. Osagai bakoitzaren erabakia hartu denean, proiektuaren diseinua osatuko duten elementu erreal guztien deskribapena dator baita sistema osoaren azalpen orokorra ere.

2. DOKUMENTUA: Lanerako erabilitako metodologia

Dokumentu honetan proiektuaren gauzatzeko beharrezkoa den lan plana agertzen da, bertan era jarraituan egin beharreko fase eta zeregin ezberdinak azalduz. Taulen bidez, zereginak multzokatu egin dira, bakoitzari zenbat denbora eman duen adieraziz eta era laburrean deskribatuz. Ondoren, Gantt diagrama bat erabili da, bertan proiektuaren hasiera eta amaiera data nabarmenduz. Horretaz gain, "Kalkuluak eta Algoritmoak" atalean, memoriako zenbait azalpen osagarri batzuk ere deskribatzen dira, adibidez, 3D-ko inprimagailuarekin egindako pieza batzuen neurriak justifikatzeko edo azalpen orokorra hobeto ulertzeko beharrezko kalkuluen buruketa.

3. DOKUMENTUA: Alderdi ekonomikoak

Honako dokumentuan proiektua gauzatzeko erabili beharreko aurrekontuak deskribatzen eta azaltzen dira. Horrela, Gradu Amaierako Laneko aurrekontu orokorra, 3 zatitan banatua agertuko da. Alde batetik, diseinuaren aurrekontua dago, non proiektua gauzatzeko osagai material guztien prezioak datoz, erosketetan zenbat gastatu den jakiteko. Beste alde batetik, software eta baliabide informatikoen amortizazioak jasotzen dira. Eta azkenik, lan-gastuak deritzon aurrekontua dugu, non langile kopuru, lan egindako ordu kopurua eta lan-orduaren kostua kontuan izanda, giza baliabideak eragiten duten kostuak adierazten dira. Honen ostean, 3 azpiaurrekontuen balioak batzen dira, proiektuaren aurrekontu orokorraren laburpen bat bezala.

4. DOKUMENTUA: I. Eranskina. Baldintzen agiria

Dokumentu hau da eta bertan deskribatzen dira proiektuaren inplementazio kontratuan parte hartzen duten aldeek onartu behar dituzten baldintza tekniko, ekonomiko eta administratiboak. Baldintza hauen deskribapen argia eta zehatza beharrezkoa da proiektuaren nondik norakoak ezartzeko eta proiektuaren garapen egokia egin ahal izateko. Baldintza hauek proiektuaren garapena gidatuko dute.

5. DOKUMENTUA: II. Eranskina. Planoak

Dokumentu honetan, 3D-ko inprimagailuaren bidez egindako piezen planoak adieraziko dira.

6. DOKUMENTUA: III. Eranskina. Programa

Dokumentu honetan garatutako proiektuaren garapenerako idatzitako Arduino programa ikusi daiteke. Honi esker sistema osoaren funtzionamendu egokia bermatzen da.

16.4 EGINBEHARREKOAK

Atal honetan, proiektuaren garapenerako beharrezkoak diren eginbeharrekoak azalduko dira ezarritako lan planaren arabera garatutako lan- paketeak deskribatzen dira.

Proiektu hau garatzeko Gantt diagramaren bidezko eginbeharren plangintza bat egingo da denbora epe estimatuak finkatzeko eta lan-paketeen kudeaketa burutzeko. Proiektua hurrengo eginbeharrek osatzen dute:

- Informazioaren bilaketa: Proiektuaren gaiari buruz eta hau burutu ahal izateko behar den elementu ezberdinen informazioaren bilketa egitea. Informazio hau iturri ezberdinetatik lortu da, interneten bidez sentsoreen edo beste elementu batzuen datasheetak, funtzionamendu bideoak edota foro ezberdinetako iritziak kontuan hartuz proiektuaren ikuspuntu ezberdinak eta azken diseinua finkatzeko baliagarria izan da. Baita ere, informazioa unibertsitateko liburutegiaren liburu zein aldizkarietara joan da, batez ere oinarri teoriko bat izateko.
- Elementuen aukeraketa: Behin proiektuaren diseinu fisiko bat edo behar diren elementuekin muntai eskema bat definituta izan, elementu horien aukeraketa egin behar da. Horrela, proiektuaren behar eta espezifikazioen arabera, egokien moldatzen diren sentsoreen, elikadura iturrien,

mikrokontrolagailuen, osagai elektronikoan, ... hautaketa burutuko da.

- Sailkapen piezen aukeraketa: Pieza hauek izango dira sistemak detektatu eta bere ezaugarrien arabera biltegi ezberdinetan antolatutako dituen objektuak.
- Objektuen detekzio-programazioa: Hau da proiektuaren bihotza, mamia. Objektu ezberdinen detekzioa burutzeko, Arduino mikrokontrolagailuaren programa erabiliko da, TCS3200 kolore sentsoaren laguntzarekin. Azken honek piezen kolorea detektatuko du eta ezaugarri honen arabera objektuen sailkapena egingo da. Bestalde, kolorearen detekzioaz gain, objektuak ere tamainaren eta materialaren arabera sailkatuko dira, eta bi parametro hauen detekzioa burutzeko, ultrasoinuko sentso bat eta sentso inдукtibo bat erabiliko dira, hurrenez hurren.
- Uhal garraiatzailearen abiaraztea: Uhal garraiatzailea Makeblock etxeko piezekin eginda dago eta hau mugiarazteko serbomotore bat erabiliko da. Uhal hau sistema pizten denean abiaraziko da, programazio bidez, behar izatekotan bere mugimendua eten ahal izango da sentsoei ezaugarrien neurketak egiteko beharrezko denbora emanaz
- Piezen bultzapen sistemaren funtzionamendua: Piezen antolaketa ondo egiteko bi egoera eman daitezke. Alde batetik, piezen ezaugarriak ukitze pantailak aukeratutako parametroekin bat egitea, orduan mekanismo bultzatzaile bat aktibatuko da, pieza "egokiak" biltegi batera bultzatuz. Beste alde batetik, piezen ezaugarriak eta ukitze pantailaren



aukeraketa berdina ez bada, hau da, pieza "ezegokiak" detektatu bada, uhala mugitzen jarraituko du eta piezak zintaren amaieratik biltegi orokor batera eroriko dira.

- Sentsoreen muntaketa: Proiektuak dituen sentsore ezberdinen muntaketa eta aktibatze egokia egingo da, hauteman beharko dutena frogatuz, hau da, kolore sentsoreak koloreak ondo detektatzea, sentsore fotoelektrikoa pieza aurretik pasatzean hau detektatzea, ultrasoinu sentsorea tamaina ezberdinetako piezak antzematea, sentsore induktiboa pieza metalikoak detektatzea, eta abar...
- Pantaila ukigarriaren programazioa: Detektatu eta sailkatu diren piezen ezaugarriak zehazteko, pantaila ukigarri bat erabiliko da, zeinean ezaugarri ezberdinen arabera sakagailuak egongo dira
- Simulazio eta frogak: Orain arte aipatutako muntaketa eta programazio guztien funtzionamendu egokia bermatzeko egiten diren frogak eta simulazioak dira. Proiektuaren atal ezberdinek haien eginbeharrak egiten dituztela ziurtatzeko saiakuntza guztiak.
- Egituraren muntaketa: Proiektuaren gorputza litzatekeena. Atal guztiak sekuentzialki lotu eta konektatuko lituzkeen egituraren muntaketa, alegia. Egitura hau 3D-ko inprimagailuarekin egin ahal izango da,
- Dokumentazioa: Aurreko atalean aipatu eta era laburrean azaldutako dokumentuen burutzea, proiektuari buruzko

informazio osoa izango duena eta bezeroari entregatuko
zaiona.

17. BALDINTZA EKONOMIKOAK

17.1 PROIEKTUAREN KOSTUA ETA ORDAINKETA SISTEMA

Proiektu honetan diseinatu eta muntatutako sisteman kalkulaturiko aurrekontuaren balioan 38.308,83€ izan da. Bezeroak ordainketa 4 zatitan egingo duela erabaki da. Epeka egin beharreko ordainketa ondoko moduan antolatuta egongo da.

Kontratu honetan ezarritako lanetatik aparte egin beharrekoak bezeroari komunikatuko zaizkio eta aparte fakturatuko dira, proiektugileak aintzakotzat hartzen badu.

Lehenengo ordainketa proiektua sinatzerakoan egingo da. Lehenbiziko ordainketa honetan proiektuaren %20-a ordainduko da, hau da ,7.661,77 €

Bigarren ordainketa egin beharreko obra zibila eta makinariaren erosketa eginda dagoenean emango da. Oraingoan proiektuaren %40-a ordaindu beharko dute obraren koste handiena daukaten zereginak baitira, hori dela eta koste totalaren ehuneko berrogeia ordainduko da 15.323,52€.

Hirugarren ordainketa garatu beharreko programazioa eginda dagoenean emango da, kasu honetan proiektuaren kostearen %20-a ordainduko da, 7.661,77€. alegia.

Azkeneko ordainketa proiektuaren emate egunean egingo da, emate eguna proiektua entregatuta eta frogatuta dagoeneko epeari deitzen zaio. Ordainketa honen balioa geratzen den %20-a izango da, hau da 7661,77€.

Proiektu honetan zehar adierazitako prezioak finkoak eta aldaezinak dira, nahiz eta eskulanen edo materialen kostuetan aldaketak izan.

Proiektuaren ordainketa sistema material eta lan guztien aurrekontuak eskatu ostean, bankuko transferentzia bidez egingo da. Horretarako, hornitzaile ezberdinak haien zerbitzuak edo produktuak eskaintzean enpresaren finantza departamentuarekin kontaktuan jarri beharko dira. Kostuaren arabera, ordainketak gehienez lau epeetan egingo lirateke.

17.2 PROIEKTUAN AGERTZEN EZ DIREN LAN PAKETEEN ORDAINKETA SISTEMA

Proiektu bat garatzerakoan beti sor daitezke aurreikusi gabeko ez beharrak, hau gertatzekotan bezeroari jakinaraziko zaio lan pakete berri hauen beharra. Momentu horretan bi aldeak bilduko dira lan unitate hori benetan beharrezkoa den ala ez erabakitzeke. Biek beharrezkoa dela erabakiz gero lan pakete hori aurrera eramango da eta bezeroari lan pakete horren kostua aurrekontutik kanpo ordaintzeko eskainiko zaio.

17.2.1 ATZERAPENAGATIKO ZIGORRA

Zigor hau proiektuaren lan paketearen sor daitezkeen atzerapenak tratatzeko erabiltzen da. Hauek proiektuan parte hartzen duten bi aldeentzako dira aplikagarriak, bai proiektua garatzen duen enpresarentzat bai bezeroarentzat. Honekin, bakoitzak bere betebeharrak modu egokian egingo dela ziurtatuko da, horrela ez izatekotan eta berandutze bat sortzen duenari zigor bat ezarriko zaio.

Atzerapenen eragilea enpresa izanez gero eta berandutzearen ondorioz ezin badu emate egunean entregatu proiektua atzerapen bakoitzeko 1.000€-ko zigorra ezarriko zaio, hau da, berandutu den aste bakoitzeko 1.000€ ordaindu beharko dizkio bezeroari.

Atzerapenak, ordea, bezeroak sortuz gero, eta horren ondorioz ordainketa eguna atzeratzen bada, enpresari aplikatu zaion zigorra ezarriko zaio. Hau da berandutu den aste bakoitzeko bezeroak enpresari 1.000€ ordaindu beharko dizkio.

Zigor hau proiektua amaitua izan arte aplikagarria izan ahalko da, alde batetik, bezeroa produktua jaso arte eta bestetik, bezeroak azken epeko ordainketa-zatia eman arte.

17.2.2 HIRUGARREN BATI EGINIKO KALTEEN ORDAINA ETA ASEGURU SISTEMA

Atal honetan proiektuan parte hartzen ez duen hirugarren bati egin ahal zaizkion kalteen araberako araudia zehazten da. Enpresa eta bezeroak adostuta proiektua garatzen ari diren denborarako aseguru

bat kontratatuko da, bien aldean akordio bidez zehaztuko dira aseguruaren estaldura eta ezaugarriak. Horri esker proiektuaren ondorioz hirugarren batek jasango lituzkeen kalteez asegurua arduratuko litzateke.

18. BALDINTZA ADMINISTRATIBOAK

18.1 ENTREGA EPEAK ETA BALDINTZAK

Proiektu honen entrega epea 2018ko ekainak 28a da, egun batzuetako marjina kontuan hartuta egon daitezkeen ezusteak direla eta, ekainaren amaiera ingurukoak dira, produktua amaitua dagoelarik eta funtzionamendua azken froga eta saiakuntzak egin ostean, era egokian dagoela bermatu ostean. Entrega eguna heltzen den heinean, bezeroari abisatuko zaio ematea noiz eta non egingo den adosteko.

Dena den, bezeroak momentu oro proiektuaren egoeraren berri izango du, aurreikusitako epeak betetzen diren ala ez jakiteko. Horrela, bezeroak ere ordainketa-epeak kontuan izanda, dirua batzeko nahikoa denbora izango du.

18.2 BEZERO BETE BEHARREZKO BALDINTZAK

Bezeroak bere produktua zertarako nahi duen eta honek dituen espezifikazio eta ezaugarri guztiak argi eta garbi adierazi beharko dizkio lan zuzendariari, honek egin beharrekoa ahalik eta hobekien egin ahal izateko eta ezusteak ekiditeko.



Gainera, bezeroak, proiektua garatzen eta burutzen den bitartean, proiektugilearekin adostutako epeetan eta kasu bakoitzean ezarritako diru kantitateak ordaindu beharko ditu.

18.3 LAN ZUZENDARIAK BETE BEHARREKO BALDINTZAK

Lan zuzendariak proiektu honetarako beharrezkoak diren material eta pertsonal espezializatua erabaki eta agindu beharko ditu, kualitatibo eta kuantitatiboki, egin beharreko lanen garrantziarekiko egokitasuna bermatuz. Era honetan, bezeroak ezarritako eta elkarren artean adostutako epeak bete beharko dira proiektuaren burutzean. Horretaz gain, esan beharrik ez dago, bezeroak eskatutako funtzionamendua betetzen dela bermatu behar duela.

Bestalde, lan zuzendariak, fidantza bezala, proiektu osoaren kostuaren %10a ordainduko dio bezeroari, kontratua haustekotan indemnizazio bezala izateko. Azkenean, kontratu osoa betetzen bada, diru hori itzuliko zaio.

18.4 KONTRATUA DEUSEZTATZEKO BALDINTZAK

Aurretik aipatutako edozein baldintzen ez-betetzeak kontratuaren deuseztatzea eragingo du eta beharrezkoak liratekeen kalte-ordainak gertatuko dira. Kontratuaren haustea eragingo luketen baldintzak honakoak dira:

- Bezeroak ezarritako arau eta ezaugarrien ez-betetzea.
- Proiektugilearen porrota edo ordainketa-etendura.
- Entrega-epeen atzerapen nabarmena.
- Proiektua garatzerako orduan, proiektugileak produktua burutzeko baliabide egokiak ez izatea, bai giza-baliabideei (langile espezializatuak) baita baliabide materialei dagokionez.
- Kontratu osoaren edo zati baten ez-betetzea.

18.5 EZ ADOSTASUN TRATAMENDUAK

Bezeroak produktua jaso bezain laster, bi urteko bermea izango du. Epe honen barruan, bezeroak, beharrezkoak liratekeen ez-adostasun neurriak har ditzake inolako arazorik gabe. Horretarako, lan zuzendariarekin kontaktuan jarri beharko da ez-adostasunaren arrazoia adieraziz eta honen larritasunaren arabera arazoa konponduko da edo produktu berri bat emango zaio.

Produktuak muntai edo fabrikazio akatsen bat izango balu, proiektugilearengana bidaliko da, irregulartasun hori zuzentzeko, bezeroari inolako kostu gehigarririk suposatu gabe.

GRADUA: INDUSTRIA ELEKTRONIKAREN ETA
AUTOMATIKAREN INGENIERITZA

GRADU AMAIERAKO LANA

ARDUINON ETA IKUSMEN ARTIFIZIALEAN OINARRITUTAKO SAILKATZAILE AUTOMATIKOA

7. DOKUMENTUA – II. ERANSKINA

Ikaslea: Aguiriano, Iriondo, Mikel

Zuzendaria (1): Sevillano, Berasategui, Maria Goretti

Ikasturtea: 2017-2018

Data: Bilbo, 2018, Ekaina, 28

19. PLANOAK

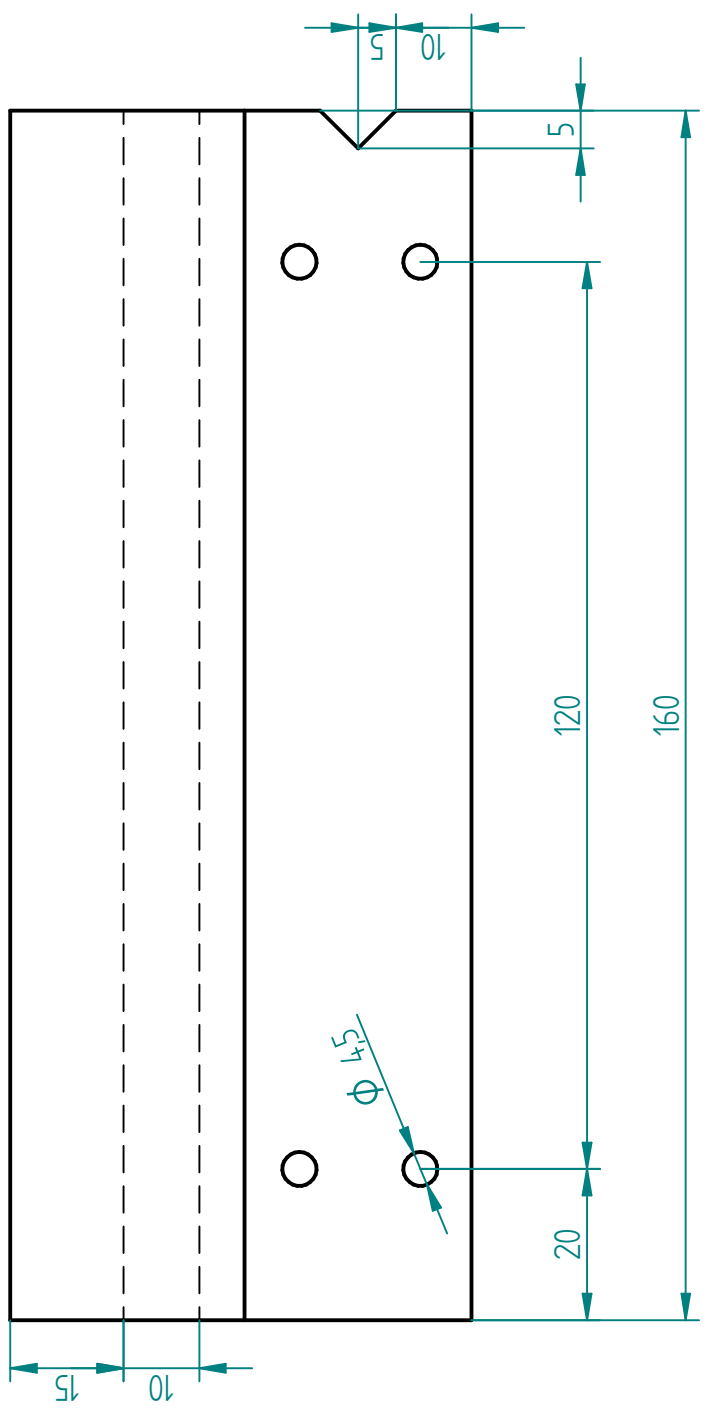
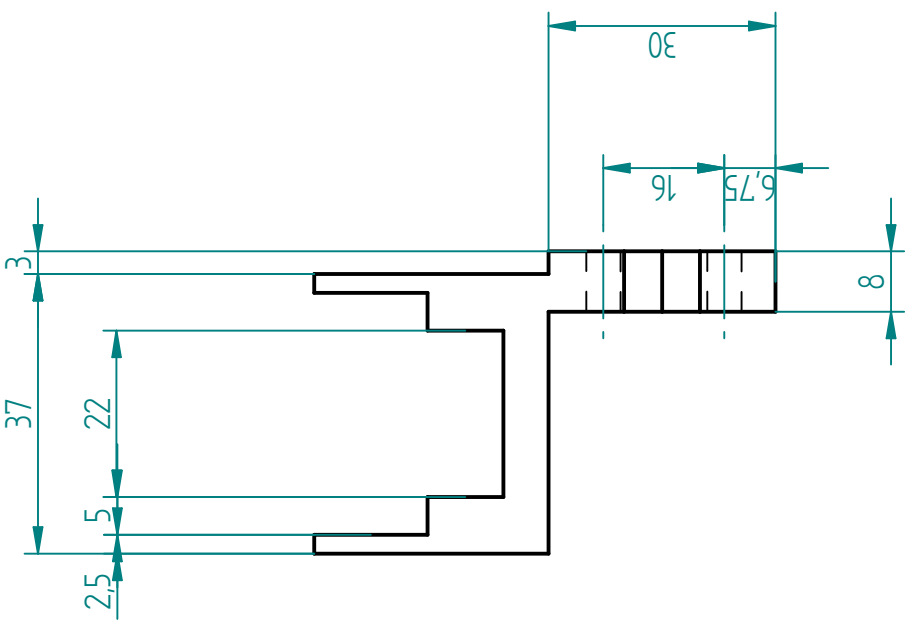
Dokumentu honetan, 3D inprimagailuaren bidez egindako pieza guztien planoak ematen dira. Diseinu hauek egiteko, Solid Edge marrazketa software-a erabili da bai euskarri piezak baita dagokien bisten planoak egiteko.

Dokumentuan jarritako planoak hurrengo ordena jarraitzen dute:

- i. Sistemaren euskarri nagusia
- ii. Uhalaren euskarria (ezkerreko zatia)
- iii. Uhalaren euskarria (eskuineko zatia)
- iv. Sentsore infragorri eta induktiboaren euskarria
- v. Kolore sentsorearen euskarria
- vi. Ultrasonuko sentsorearen euskarria (beheko zatia)
- vii. Ultrasonuko sentsorearen euskarria (goiko zatia)

Revisiones

Rev	Descripción	Fecha	Aprobado



SOLID EDGE ACADEMIC COPY

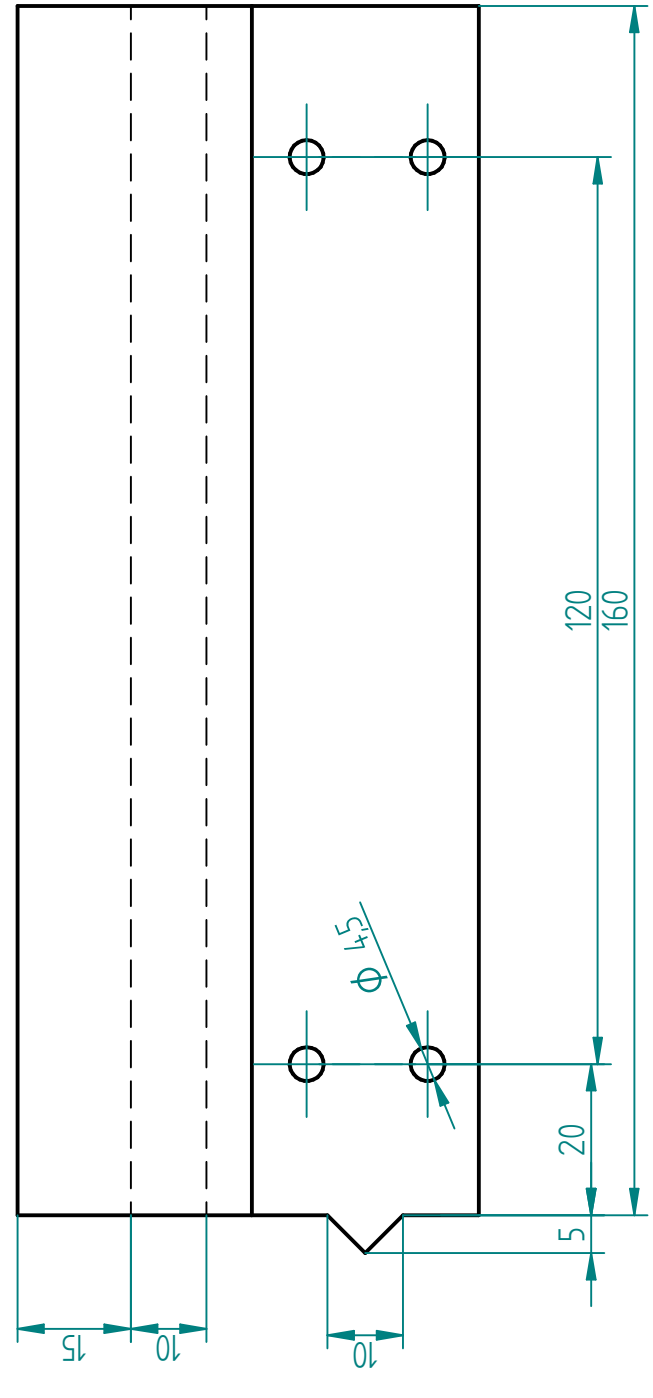
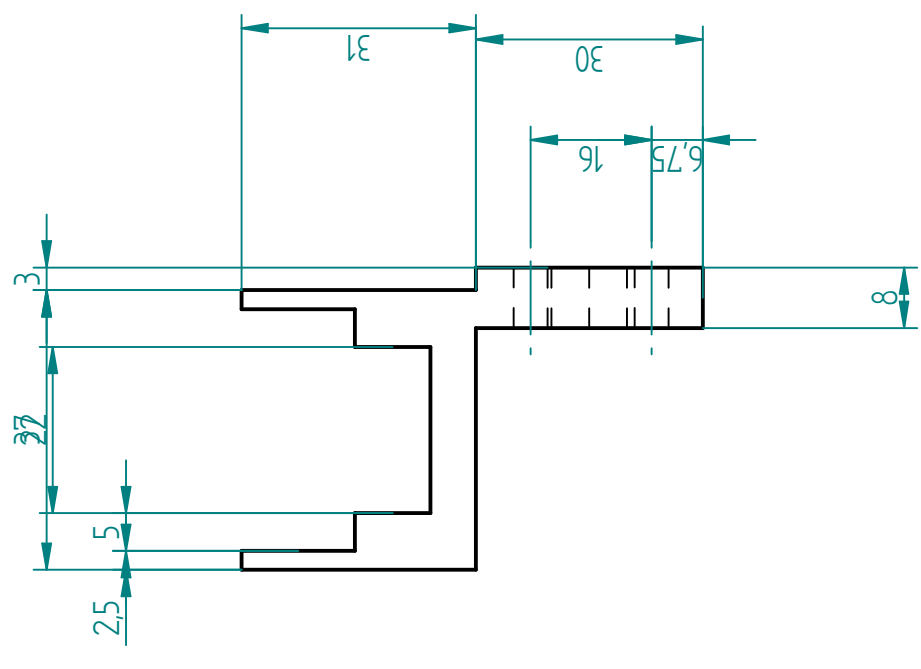
Nombre		Fecha	
Dibujado			
Comprobado			
Aprobado 1			
Aprobado 2			
		A3 Plano Rev	
Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea		Archivo: Pieza2_2.dft	
Escala 1:1		Peso	
		Hoja 1 de 1	

Solid Edge ST
Siemens PLM Software

Título Uhalaren euskarria (eskumako zatia)

Revisiones

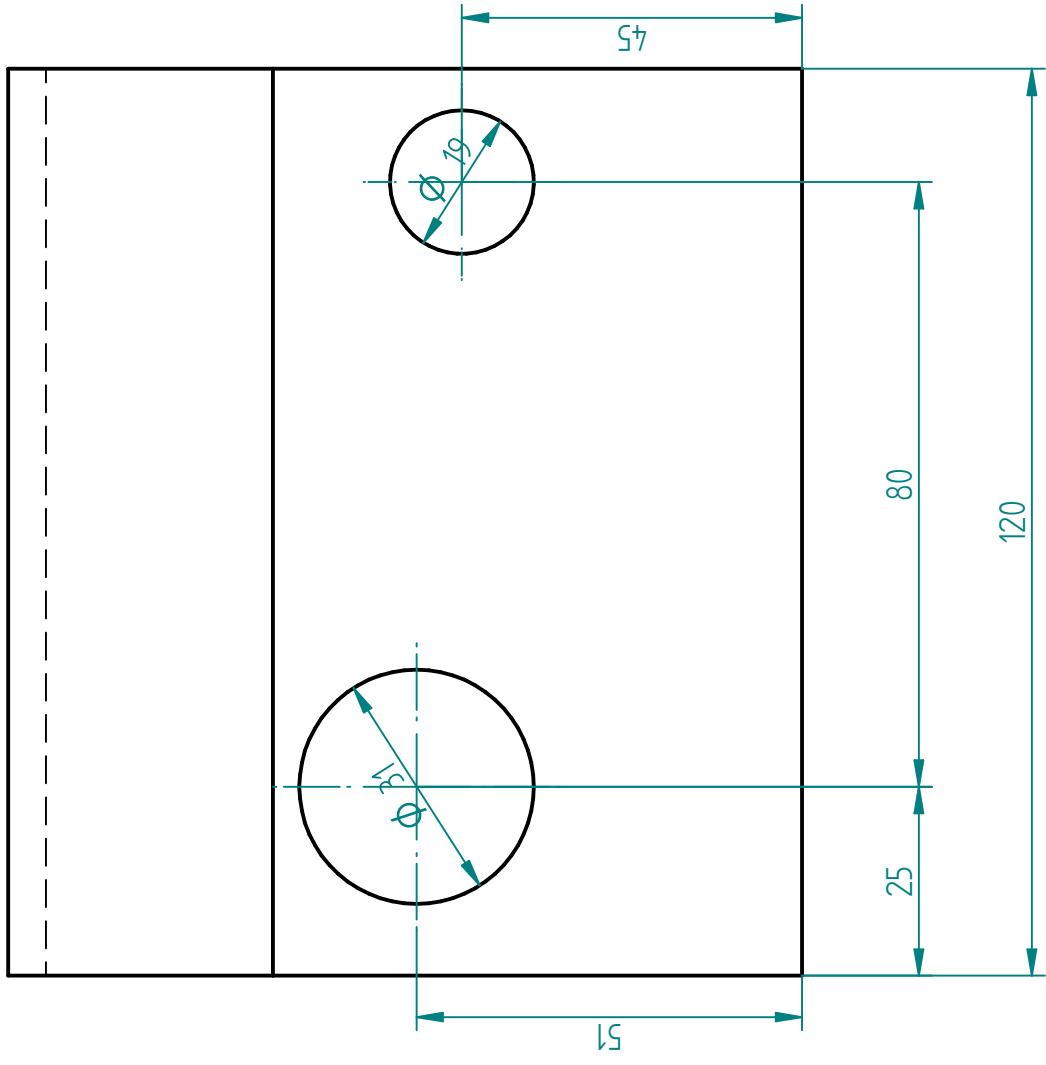
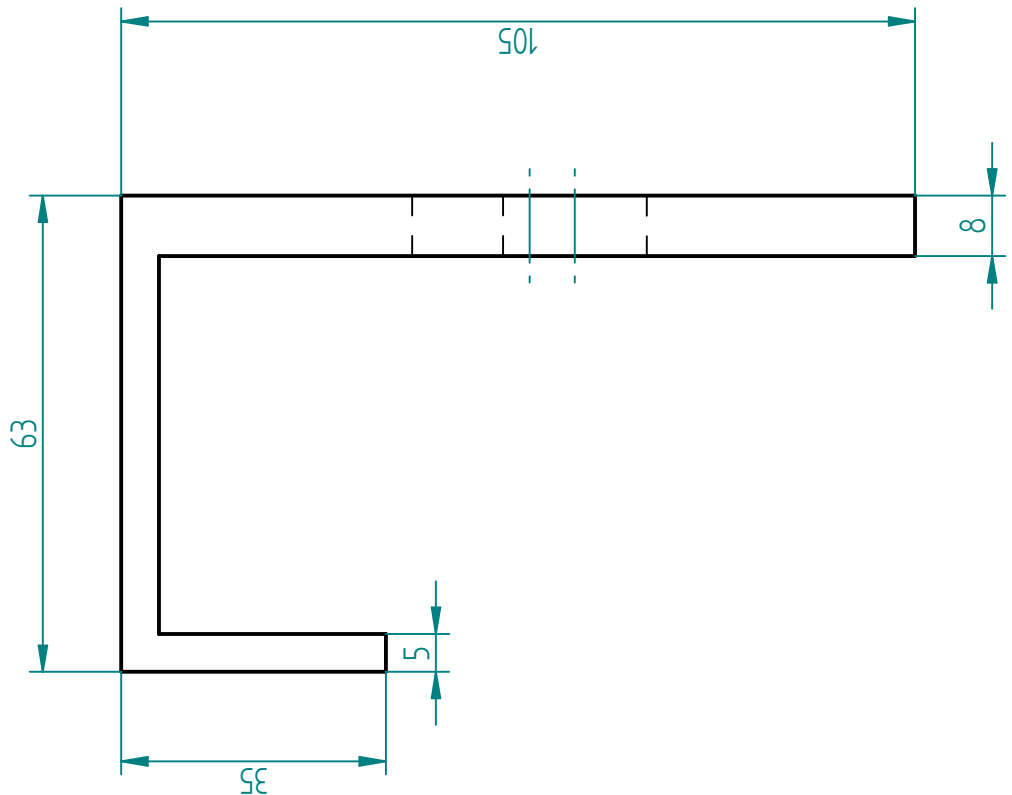
Rev	Descripción	Fecha	Aprobado



SOLID EDGE ACADEMIC COPY

Dibujado	Nombre	Fecha	Solid Edge ST Siemens PLM Software Título Uhaltaren euskarria (ezkerreko zatia)
Comprobado			
Aprobado 1			
Aprobado 2			
Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea			A3 Plano Escala 1:1 Peso
			Rev 1.dft Hoja 1 de 1

Revisiones		
Rev	Descripción	Aprobado

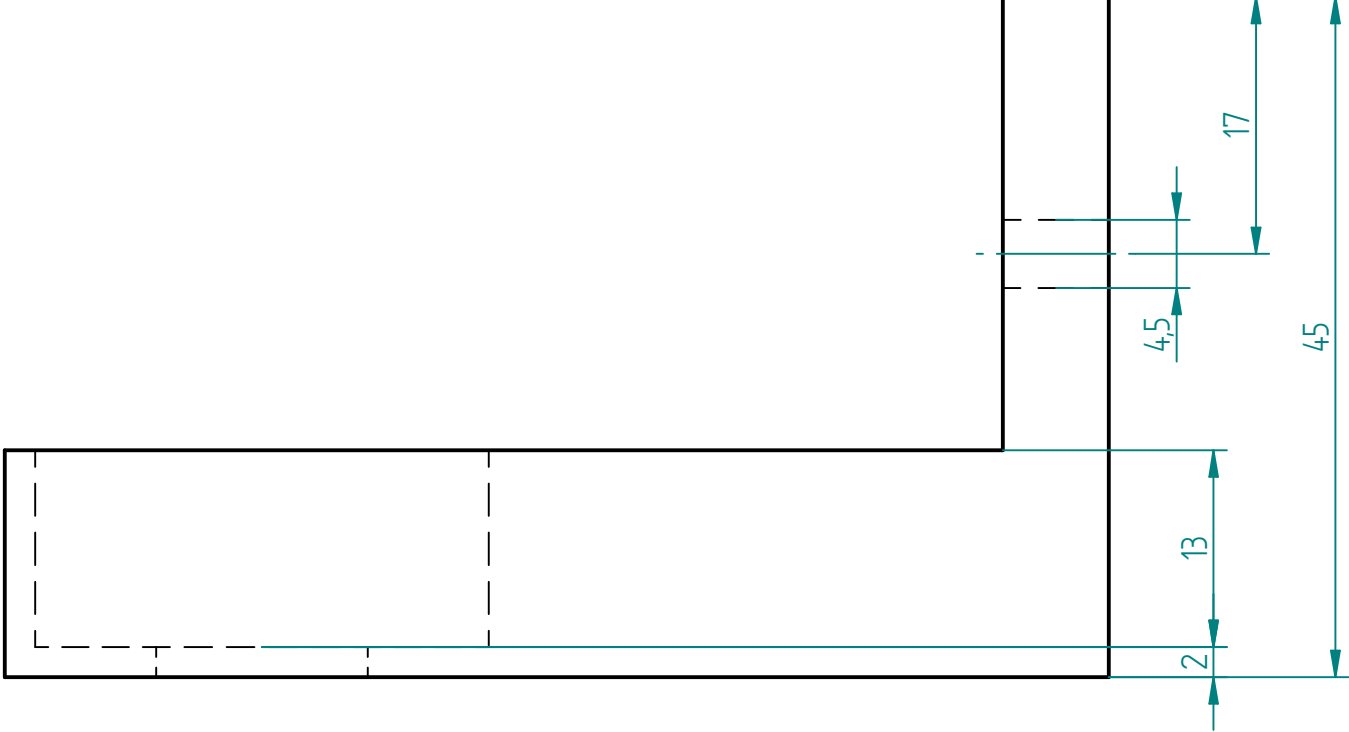
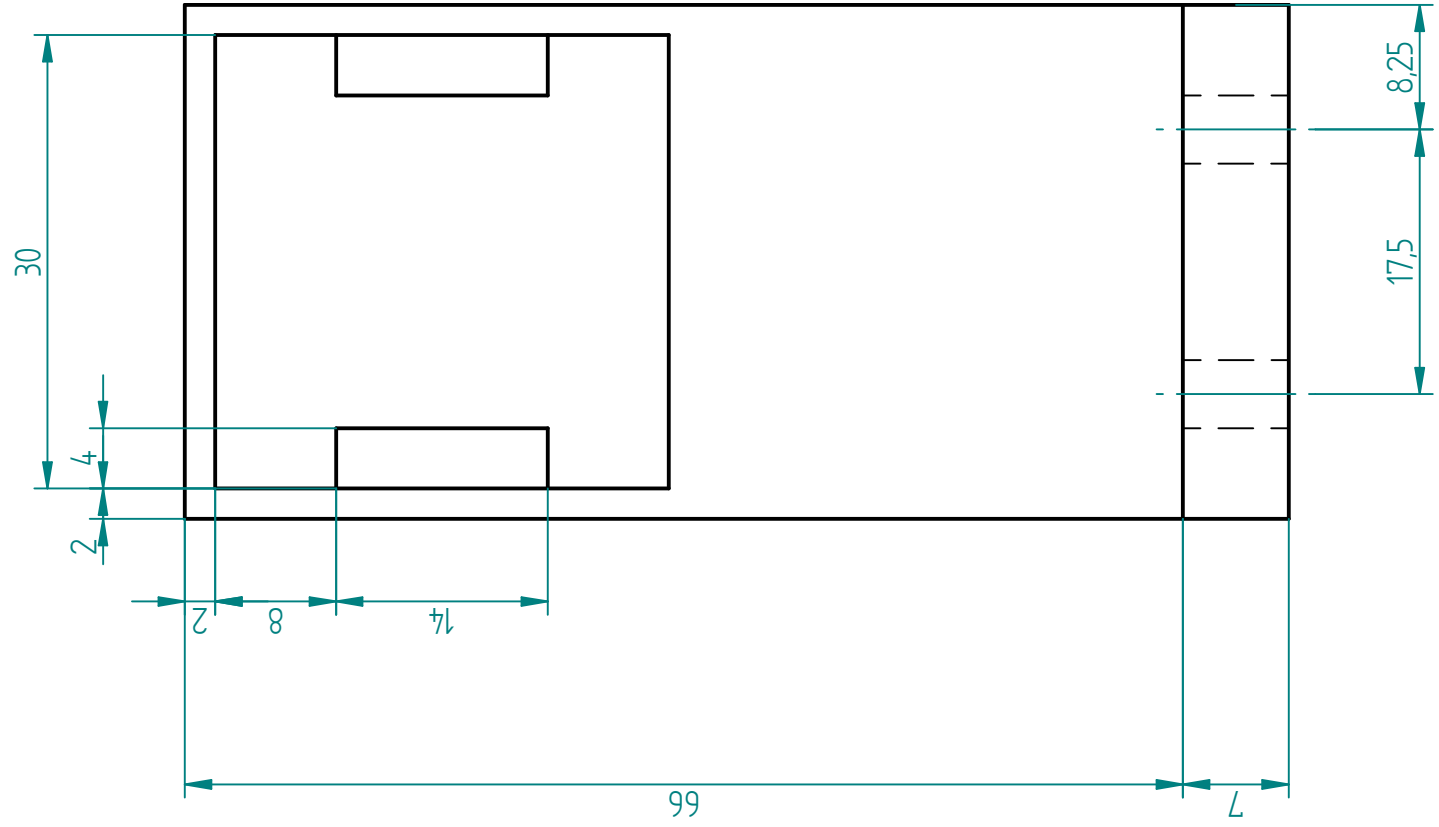


SOLID EDGE ACADEMIC COPY

Solid Edge ST Siemens PLM Software		Nombre Fecha	
Título Estakia		Dibuñado Fecha	
A3 Plano		Comprobado Fecha	
Escala 1:1 Peso		Aprobado 1 Fecha	
Archivo: Estakia.dft		Aprobado 2 Fecha	
Hoja 1 de 1			


Revisiones

Rev	Descripción	Fecha	Aprobado



SOLID EDGE ACADEMIC COPY

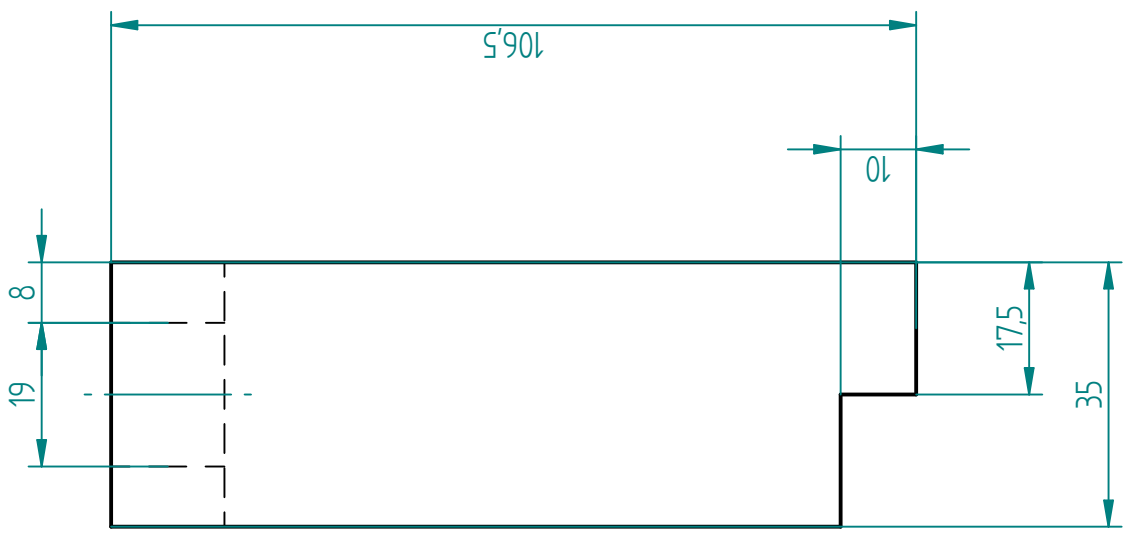
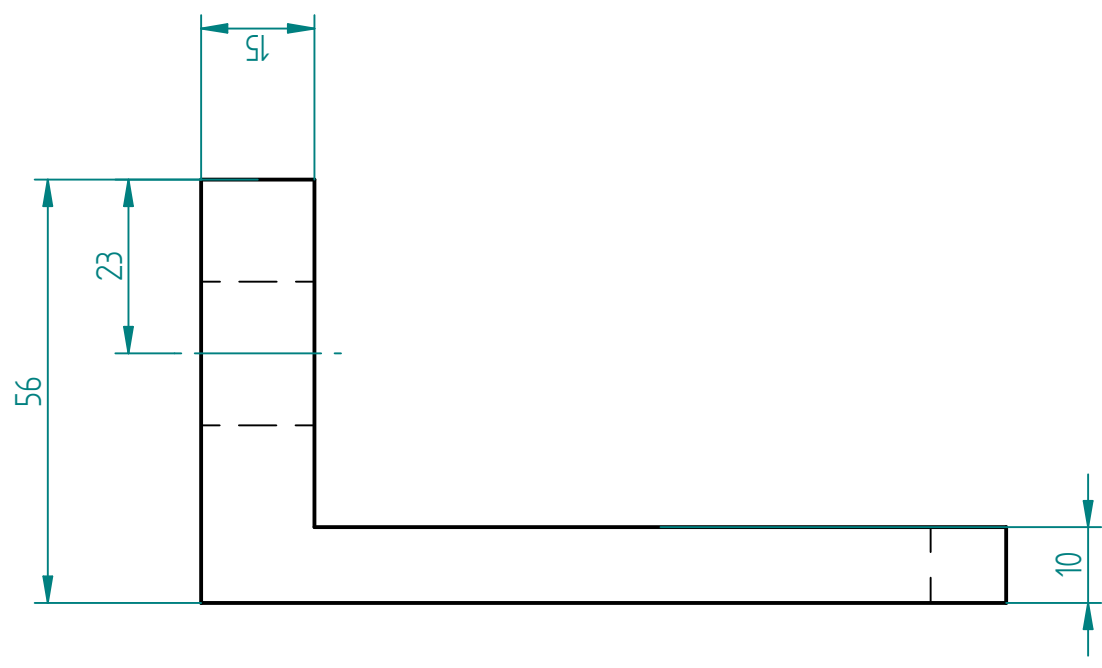
Dibujado	Nombre	Fecha
Comprobado		
Aprobado 1		
Aprobado 2		

	
Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea	


Solid Edge ST Siemens PLM Software	
Título: Kolore sentsorearen euskarria	
A3	Plano
Archivo: KoloreEuskarri.dft	
Escala 2:1	Peso
Hoja 1 de 1	

Revisiones

Rev	Descripción	Fecha	Aprobado



SOLID EDGE ACADEMIC COPY

Dibujado	Nombre	Fecha	Solid Edge ST
Comprobado			Siemens PLM Software
Aprobado 1			Título
Aprobado 2			Ultrasoninuko euskarria (goiko zatia)
			A3
			Plano
			Rev
			Archivo: UltrasoninUeuskarrriGoikoa.dft
Escala 1:1		Peso	Hoja 1 de 1

GRADUA: INDUSTRIA ELEKTRONIKAREN ETA
AUTOMATIKAREN INGENIERITZA

GRADU AMAIERAKO LANA

ARDUINON ETA IKUSMEN ARTIFIZIALEAN OINARRITUTAKO SAILKATZAILE AUTOMATIKOA

8. DOKUMENTUA – III. ERANSKINA

Ikaslea: Aguiriano, Iriondo, Mikel

Zuzendaria (1): Sevillano, Berasategui, Maria Goretti

Ikasturtea: 2017-2018

Data: Bilbo, 2018, Ekaina, 28

20. PROGRAMA

```

#include <Adafruit_GFX.h>           // Pantailan formak eta testuak idazteko/marrazteko liburutegia
#include <Adafruit_ILI9341.h>      // Pantailaren serie komunikazioa ahalbidetzeko liburutegia
#include <SeedTouchScreen.h>      // Pantailan ukipengarritasuna ahalbidetzeko liburutegia
#include <Servo.h>                 // Serbomotorra higitzeko beharrezko liburutegia

#define TFT_DC 6                   // pantaila arduinoarekin funtzionatzeko
#define TFT_CS 5                   // konektatu beharreko pinak

#if defined(__AVR_ATmega1280__) || defined(__AVR_ATmega2560__) // mega
#define YP A2                       // must be an analog pin, use "An" notation!
#define XM A1                       // must be an analog pin, use "An" notation!
#define YM 54                       // can be a digital pin, this is A0
#define XP 57                       // can be a digital pin, this is A3
#elif defined(__AVR_ATmega3204__) // leonardo
#define YP A2                       // must be an analog pin, use "An" notation!
#define XM A1                       // must be an analog pin, use "An" notation!
#define YM 18                       // can be a digital pin, this is A0
#define XP 21                       // can be a digital pin, this is A3
#else //168, 328, something else
#define YP A2                       // must be an analog pin, use "An" notation!
#define XM A1                       // must be an analog pin, use "An" notation!
#define YM 14                       // can be a digital pin, this is A0
#define XP 17                       // can be a digital pin, this is A3
#endif

#define TS_MINX 116*2              // Pantailaren X eta Y ardatzeko maximo eta minimoen balioa
#define TS_MAXX 890*2             // hau da, pantailaren lau eskinetik mugatzen duten tartea
#define TS_MINY 83*2              // *2 egiten da 2.8" TFT pantailaren neurrietara doitzeko
#define TS_MAXY 913*2

Adafruit_ILI9341 tft = Adafruit_ILI9341(TFT_CS, TFT_DC); //Adafruit_ILI9341 azpierrutinarekin pantaila arduinoarekin funtzionatzeko ahalbidetzen diren pinak
TouchScreen ts = TouchScreen(XP, YP, XM, YM);           // Pantailaren ukipengarritasuna ahalbidetu aurretik definitutako X eta Y balioen tartea
Servo servo_motorea();                                 // Serbomotorraren azpiprograma edo errutina

//KOLOREEN DEFINIZIOA
#define BLACK      0x0000
#define NAVY       0x000F
#define DARKGREEN  0x003E
#define DARKCYAN  0x003F
#define MAROON     0x7800
#define PURPLE     0x780F
#define OLIVE      0x7BE0
#define LIGHTGREY  0xC618
#define DARKGREY   0x7BEF
#define BLUE       0x001F
#define GREEN      0x007E
#define CYAN       0x007F
#define RED        0xF800
#define MAGENTA    0xF81F
#define YELLOW     0xFFE0
#define WHITE      0xFFFF
#define ORANGE     0xFD20
#define GREENYELLOW 0xAFE5
#define PINK       0xF81F

//IRIZPIDE BAKOITZAREN SEINALE LOGIKOA
bool flag_RED = false;
bool flag_red = false;
bool flag_BIG = false;
bool flag_GREEN = false;
bool flag_green = false;
bool flag_Metal = false;

```



```

bool flag_BLUE = false;
bool flag_blue = false;
bool flag_small = false;
bool flag_object = false;
bool Metala = false;
bool Kolorea = false;
bool Tamaina = false;

//SENTORE FOTOELEKTRIKOAREN KONFIGURAZIO PINA

const int led = 49;           // Objektua detektatu duen jakiteko LED lagungarria
const int sensor = A8;       // Ostopo sentsorearen seinalea (sentsore fotoelektrikoa/infragorria)

//KOLORE SENSOREAREN KONFIGURAZIO PINAK
#define s0 37                // S0 eta S1 pinak kolore sentsorearen irteera seinalearen maiztasun eskala
#define s1 33                // definitzen dute pin hauen balio logikoaren bidez (0,%2,%20 edo %100 izanez)
#define s2 33                // S2 eta S3 pinak kolore sentsorearen fotodiodoaren kolore iragazki adefinitzen
#define s3 31                // duten hauen balio logikoen arabera (gorria,urdira,zuria,berdea izanez)
#define output 29           // Kolore sentsorearen irteera seinalea

//SENTORE INDUKTIBOAREN KONFIGURAZIO PINA
const int metallic = A10;    // Sentsore inдукtiboaren seinalea

//SENTORE ULTRASONIKOAREN KONFIGURAZIO PINA

const int ultrasonic = A11; // Sentsore ultrasonikoaren seinalea
int height = 0;             // "height" aldagaian ultrasoinuaren irteera seinalearen balioa hasieran 0 izango da.

// SERBOMOTORRA HIGITZKO KONFIGURAZIOA

Servo servol;              // Serbomotor zerbakia
int angelua = 0;          // Hasieran serbomotorra biratu barik dago
void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
  Serial.begin(9600);     // Arduinoaren serie monitorean mezuak bidaltzeko eta erakusteko

  // TFT/TS pantailaren konfigurazioa
  tft.begin();           // Pantaila hasieratzeko agindua
  tft.setRotation(135); // Pantailan agertuko den informazioa (bai grafikoko bai mezuak) horizontalean ikusteko
  tft.fillScreen(ILI9341_BLACK); // Pantailaren atzealdea beltzen jarri
  tft.setCursor(0, 0); // Pantailan idatzi edo marraztuko dena kartesiarki pantailaren zein puntutik hasi
  tft.setTextSize(2); // Pantailan idatziko den testuaren tamaina (ertaina)
  tft.setTextColor(ILI9341_WHITE); // Pantailan idatziko den testuaren kolorea (zuria)
  tft.print("Kaixo, Mikel!"); // Pantailan idatziko den mezua
  delay(1000);           // Hurrengo agindurako itxaron behar den denbora

  pantaila_nagusia(stft); // "Pantaila nagusia" azpierrutinara salto egin

  pinMode(41, OUTPUT); // IN1 kontrol pina irteera bezala
  pinMode(43, OUTPUT); // IN2 kontrol pina irteera bezala
  pinMode(3, OUTPUT); // ENA kontrol pina irteera bezala (motorraren abiadura finkatzeko pina)

  // Sentsore infragorriaren konfigurazio pinen sarrera/irteera konfigurazioa
  pinMode(sensor, INPUT); // Sentsore fotoelektrikoa sarrera bezala
  pinMode(led, OUTPUT); // Sentsore fotoelektrikoaren egoera adierazteko LED-a irteera bezala

  // Kolore sentsorearen konfigurazio pinen sarrera/irteera konfigurazioa
  pinMode(s0, OUTPUT); // S0 pina irteera bezala
  pinMode(s1, OUTPUT); // S1 pina irteera bezala
  pinMode(s2, OUTPUT); // S2 pina irteera bezala
  pinMode(s3, OUTPUT); // S3 pina irteera bezala
  pinMode(output, INPUT); // Output pina sarrera bezala
  digitalWrite(s0, HIGH); // S0 pina egoera altuan eta S1 pina egoera baxuan egonda
  digitalWrite(s1, LOW); // kolore sentsorearen maiztasun eskala %20ra dagoela esan nahi du

  // Sentsore inдукtiboaren konfigurazio pinen sarrera/irteera konfigurazioa
  pinMode(metallic, INPUT); // Sentsore inдукtibo sarrera bezala

  // Sentsore ultrasonikoaren konfigurazio pinen sarrera/irteera konfigurazioa
  pinMode(ultrasonic, INPUT); // Sentsore ultrasonikoa sarrera bezala

  servol.attach(A9); // Serbomotorra dagoen pina
}

void loop()
{
  // put your main code here, to run repeatedly:

  digitalWrite(43, HIGH); // Eskumatik ezkerreara
  digitalWrite(41, LOW); // mugitzen da uhala
  analogWrite(3, 100); // Uhalaren abiadura finkatzeko
  delay(5500); // 5.5 segunduz

  botoia_sakatu(stft, sts); // "Botoia sakatu" azpierrutinara salto egin

  PiezaDetekzioa(); // Sentsore infragorriaren azpierrutinara joan

  KoloreDetekzioa(); // Kolore sentsorearen azpierrutinara joan

  MetalDetekzioa(); // Sentsore inдукtiboaren azpierrutinara joan

  delay(3000); // 3 segundu itxaron
  analogWrite(3,0); // Zinta eten
}

```

```

TaimanaDetekzioa(); // Sentsore ultrasonikoaren azpierrutinara joan

delay(1000); // Segundu bat itxaron
analogWrite(45,100); // Zinta berriz martxan jarri

// KONPARAZIO BALDINTZAK // OBJEKTUAK SENTSORE EZBERDINETATIK PASA DIRENEAN, PIEZAK SAILKATZEKO ALDAGAIEN KONPARAKETA
if (flag_Metal && Metala) // "Metala" botoia sakatu bada eta metala aldagaia aktibatuta badago
{
    Serial.println("Metala da"); // Pieza metaliko bat delako mezu bat adierazi
    serbo(); // Serbomotorraren azpierrutinara joan
}
if (Taimana) // Taiminaren aldagaia aktibatuta badago
{
    if (flag_BIG) // "HANDIA" botoia sakatu bada
    {
        Serial.println("Taimana HANDIA"); // Pieza HANDIA detektatu delaren mezu bat adierazi
        serbo(); // Serbomotorraren azpierrutinara joan
    }
    if (flag_small) // "txikia" botoia sakatu bada
    {
        Serial.println("Taimana txikia"); // Pieza HANDIA detektatu delaren mezu bat adierazi
        serbo(); // Serbomotorraren azpierrutinara joan
    }
}

if (Kolorrea) // Kolorrearen aldagaia aktibatuta badago
{
    if (flag_RED && height < 315) // "GORRIA" botoia sakatu bada eta piezaren tamaina handia bada
    {
        Serial.println("Pieza GORRIA"); // Pieza gorri eta handia detektatu delaren mezu bat adierazi
        serbo(); // Serbomotorraren azpierrutinara joan
    }
    if (flag_GREEN && height < 315) // "BERDEA" botoia sakatu bada eta piezaren tamaina handia bada
    {
        Serial.println("Pieza BERDEA"); // Pieza berde eta handia detektatu delaren mezu bat adierazi
        serbo(); // Serbomotorraren azpierrutinara joan
    }
    if (flag_BLUE && height < 315) // "URDINA" botoia sakatu bada eta piezaren tamaina handia bada
    {
        Serial.println("Pieza URDINA"); // Pieza urdin eta handia detektatu delaren mezu bat adierazi
        serbo(); // Serbomotorraren azpierrutinara joan
    }
    if (flag_red && height > 315 && height < 380) // "gorria" botoia sakatu bada eta piezaren tamaina txikia bada
    {
        Serial.println("Pieza gorria"); // Pieza gorri eta txikia detektatu delaren mezu bat adierazi
        serbo(); // Serbomotorraren azpierrutinara joan
    }
    if (flag_green && height > 315 && height < 380) // "berdea" botoia sakatu bada eta piezaren tamaina txikia bada
    {
        Serial.println("Pieza berdea"); // Pieza berde eta txikia detektatu delaren mezu bat adierazi
        serbo(); // Serbomotorraren azpierrutinara joan
    }
    if (flag_blue && height > 315 && height < 380) // "urdina" botoia sakatu bada eta piezaren tamaina txikia bada
    {
        Serial.println("Pieza urdina"); // Pieza urdin eta txikia detektatu delaren mezu bat adierazi
        serbo(); // Serbomotorraren azpierrutinara joan
    }
}
}

void botoia(Adafruit_ILI9341* tft, // Edozein botoi izango duten ezaugarrien komandoa (hasierako X
// eta Y puntuak, botoiaren zabalera eta altuera, kolorea,
int box_x0, int box_y0, int box_width, int box_height, char* box_colour, // testua tamaina, testua pantailako zein X eta Y puntuetan hasi
int text_size, int cursor_x0, int cursor_y0, char* text_colour, char* text) { // idazten, testuaren kolorea eta testuaren mezua)
tft->fillRect(box_x0, box_y0, box_width, box_height, box_colour); // Laukizuzen bat marraztu ((hasierako X eta Y puntuak,
// botoiaren zabalera eta altuera, eta kolorea ezaugarriekin)
tft->setTextSize(text_size); // Testuaren tamaina finkatu
tft->setCursor(cursor_x0, cursor_y0); // Testua pantailaren zein puntutan idazten hasi
tft->setTextColor(text_colour); // Testuaren kolorea finkatu
tft->print(text); // Mezuaren testua idatzi
}

// *OHARRA*--> aurreko aginduak geziekin idatzita daude, puntuekin baino, eraskuleak (pointerrak) erabiltzen direlako

void botoia_sakatu(Adafruit_ILI9341* tft, TouchScreen *ts) { // "Botoia sakatu" azpierrutina hasi
Point p = ts->getPoint(); // Erakusle bidez, botoien ukipena egin, non aldagaia barik,
// aldagai honen helbidea itzultzen den
if (p.z > _PRESURE) { // Botoia sakatzen bada. Botoiaren z ardatzeko erakuslea
delay(150); // Agindua ekekitatzeko pixka bat itxaron
p.x = map(p.x, TS_MINX, TS_MAXX, 0, 240); // Botoiaren X ardatzeko balioa mapeatu gure pantailaren neurrietara
// egokitzeke, p.x erakuslean gordez.
p.y = map(p.y, TS_MINY, TS_MAXY, 0, 320); // Botoiaren Y ardatzeko balioa mapeatu gure pantailaren neurrietara
// egokitzeke, p.y erakuslean gordez.

if (p.x>10 && p.x<80) { // 1. ILADA-ko botoiak X ardatzan
if (p.y>215 && p.y<315) { // 1.1 botoia (lgo ilada eta lgo zutabeko botoia --> "GORRIA" botoia)
if (!flag_RED) { // "GORRIA" botoia sakatuta ez badago
botoia(tft, 5, 10, 100, 70, MAGENTA, 2, 20, 40, ILI9341_BLACK, "GORRIA"); // Botoiaren kolorea aldatu (atzekaldea morez eta letrak beltzez)
flag_RED = true; // "GORRIA" botoia sakatu da
Serial.println("flag_GORRIA ON"); // "flag_GORRIA ON" mezua bistaratu
} else { // bestela
botoia(tft, 5, 10, 100, 70, RED, 2, 20, 40, ILI9341_WHITE, "GORRIA"); // Botoia era lehenetsian dago (atzekaldea gorritz eta letrak zuriz)
flag_RED = false; // "GORRIA" botoia ez dago sakatuta
Serial.println("flag_GORRIA OFF"); // "flag_GORRIA OFF" mezua bistaratu
}
} else if (p.y>110 && p.y<210) { // 1.2 botoia (lgo ilada eta 2. zutabeko botoia --> "BERDEA" botoia)
if (!flag_GREEN) { // "GORRIA" botoia sakatuta ez badago
}
}
}
}
}

```

```

    botoia(tft, 110, 10, 100, 70, OLIVE, 2, 125, 40, ILI9341_BLACK, "BERDEA"); // Botoiaren kolorea aldatu (atzekaldea berde ilunez eta letra beltzez)
    flag_GREEN = true; // "BERDEA" botoia sakatu da
    Serial.println("flag_BERDEA ON"); // "flag_BERDEA ON" mezua bistaratu
  } else { // bestela
    botoia(tft, 110, 10, 100, 70, GREEN, 2, 125, 40, ILI9341_WHITE, "BERDEA"); // Botoia era lehenetsian dago (atzekaldea berdez eta letra zuriz)
    flag_GREEN = false; // "BERDEA" botoia ez dago sakatuta
    Serial.println("flag_BERDEA OFF"); // "flag_BERDEA OFF" mezua bistaratu
  }
} else if(p.y>5 && p.y<105) { // 1.3 (1go ilada eta 3. zutabeko botoia --> "URDINA" botoia)
  if(!flag_BLUE) { // "URDINA" botoia sakatuta ez badago
    botoia(tft, 215, 10, 100, 70, CYAN, 2, 230, 40, ILI9341_BLACK, "URDINA"); // Botoiaren kolorea aldatu (atzekaldea cyan-az eta letra beltzez)
    flag_BLUE = true; // "URDINA" botoia sakatu da
    Serial.println("flag_URDINA ON"); // "flag_URDINA ON" mezua bistaratu
  } else { // bestela
    botoia(tft, 215, 10, 100, 70, BLUE, 2, 230, 40, ILI9341_WHITE, "URDINA"); // Botoia era lehenetsian dago (atzekaldea urdinez eta letra zuriz)
    flag_BLUE = false; // "BERDEA" botoia ez dago sakatuta
    Serial.println("flag_URDINA OFF"); // "flag_URDINA OFF" mezua bistaratu
  }
}
} else if(p.x>85 && p.x<155) { // 2.ILADA-ko botoiak X ardatzan
  if(p.y>215 && p.y<315) { // 2.1 botoia (2.ilada eta 1go zutabeko botoia --> "gorria" botoia)
    if(!flag_red) { // "gorria" botoia sakatuta ez badago
      botoia(tft, 5, 85, 100, 70, MAGENTA, 1, 35, 115, ILI9341_BLACK, "gorria"); // Botoiaren kolorea aldatu (atzekaldea morez eta letra beltzez)
      flag_red = true; // "gorria" botoia sakatu da
      Serial.println("flag_gorria ON"); // "flag_gorria ON" mezua bistaratu
    } else { // bestela
      botoia(tft, 5, 85, 100, 70, RED, 1, 35, 115, ILI9341_WHITE, "gorria"); // Botoia era lehenetsian dago (atzekaldea gorriz eta letra zuriz)
      flag_red = false; // "gorria" botoia ez dago sakatuta
      Serial.println("flag_gorria OFF"); // "flag_gorria OFF" mezua bistaratu
    }
  } else if(p.y>110 && p.y<210) { // 2.2 botoia (2.ilada eta 2. zutabeko botoia --> "berdea" botoia)
    if(!flag_green) { // "berdea" botoia sakatuta ez badago
      botoia(tft, 110, 85, 100, 70, OLIVE, 1, 145, 115, ILI9341_BLACK, "berdea"); // Botoiaren kolorea aldatu (atzekaldea berde ilunez eta letra beltzez)
      flag_green = true; // "gorria" botoia sakatu da
      Serial.println("flag_berdea ON"); // "flag_berdea ON" mezua bistaratu
    } else { // bestela
      botoia(tft, 110, 85, 100, 70, GREEN, 1, 145, 115, ILI9341_WHITE, "berdea"); // Botoia era lehenetsian dago (atzekaldea berdez eta letra zuriz)
      flag_green = false; // "gorria" botoia ez dago sakatuta
      Serial.println("flag_berdea OFF"); // "flag_berdea OFF" mezua bistaratu
    }
  } else if(p.y>5 && p.y<105) { // 2.3 botoia (2.ilada eta 3. zutabeko botoia --> "urdina" botoia)
    if(!flag_blue) { // "urdina" botoia sakatuta ez badago
      botoia(tft, 215, 85, 100, 70, CYAN, 1, 250, 115, ILI9341_BLACK, "urdina"); // Botoiaren kolorea aldatu (atzekaldea cyan-az eta letra beltzez)
      flag_blue = true; // "urdina" botoia sakatu da
      Serial.println("flag_urdina ON"); // "flag_urdina ON" mezua bistaratu
    } else { // bestela
      botoia(tft, 215, 85, 100, 70, BLUE, 1, 250, 115, ILI9341_WHITE, "urdina"); // Botoia era lehenetsian dago (atzekaldea urdinez eta letra zuriz)
      flag_blue = false; // "urdina" botoia ez dago sakatuta
      Serial.println("flag_urdina OFF"); // "flag_urdina OFF" mezua bistaratu
    }
  }
} else if(p.x>160 && p.x<230) { // 3.ILADA-ko botoiak X ardatzan
  if(p.y>215 && p.y<315) { // 3.1 botoia (3.ilada eta 1go zutabeko botoia --> "HANDIA" botoia)
    if(!flag_BIG) { // "HANDIA" botoia sakatuta ez badago
      botoia(tft, 5, 160, 100, 70, BLACK, 2, 20, 185, ILI9341_WHITE, "HANDIA"); // Botoiaren kolorea aldatu (atzekaldea beltzez eta letra zuriz)
      flag_BIG = true; // "HANDIA" botoia sakatu da
      Serial.println("flag_HANDIA ON"); // "flag_HANDIA ON" mezua bistaratu
    } else { // bestela
      botoia(tft, 5, 160, 100, 70, WHITE, 2, 20, 185, ILI9341_BLACK, "HANDIA"); // Botoia era lehenetsian dago (atzekaldea zuriz eta letra beltzez)
      flag_BIG = false; // "urdina" botoia ez dago sakatuta
      Serial.println("flag_HANDIA OFF"); // "flag_HANDIA OFF" mezua bistaratu
    }
  } else if(p.y>110 && p.y<210) { // 3.2 botoia (3.ilada eta 2.zutabeko botoia --> "Metala" botoia)
    if(!flag_Metal) { // "Metal" botoia sakatuta ez badago
      Serial.println("flag_Metal ON"); // "flag_Metal ON" mezua bistaratu
    } else { // bestela
      botoia(tft, 110, 160, 100, 70, YELLOW, 2, 125, 185, ILI9341_BLACK, "Metala"); // Botoia era lehenetsian dago (atzekaldea horiz eta letra beltzez)
      flag_Metal = false; // "Metala" botoia ez dago sakatuta
      Serial.println("flag_Metal OFF"); // "flag_Metal OFF" mezua bistaratu
    }
  } else if(p.y>5 && p.y<105) { // 3.3 botoia (3.ilada eta 3.zutabeko botoia --> "txikia" botoia)
    if(!flag_small) { // "Metal" botoia sakatuta ez badago
      botoia(tft, 215, 160, 100, 70, BLACK, 1, 245, 190, ILI9341_WHITE, "txikia"); // Botoiaren kolorea aldatu (atzekaldea beltzez eta letra zuriz)
      flag_small = true; // "Metal" botoia sakatu da
      Serial.println("flag_txikia ON"); // "flag_txikia ON" mezua bistaratu
    } else { // bestela
      botoia(tft, 215, 160, 100, 70, WHITE, 1, 245, 190, ILI9341_BLACK, "txikia"); // Botoia era lehenetsian dago (atzekaldea zuriz eta letra beltzez)
      flag_small = false; // "Metala" botoia ez dago sakatuta
      Serial.println("flag_txikia OFF"); // "flag_txikia OFF" mezua bistaratu
    }
  }
}
}
}

void pantaila_nagusia(Adafruit_ILI9341* tft) // HASIERAKO PANTAILAN BOTOIAK MARRAZTEKO ERRUTINA
{
  tft->fillScreen(ILI9341_BLACK); // Pantailaren atzekaldea beltzez
  //pantaila horizontalean kablea goi-ekzerrean
  //x puntua,y puntua,zabalera,altuera,kolorea

  //1.ZUTABEA
  botoia(tft, 5, 10, 100, 70, RED, 2, 20, 40, ILI9341_WHITE, "GORRIA"); // Botoi "GORRIA"
  botoia(tft, 5, 85, 100, 70, RED, 1, 35, 115, ILI9341_WHITE, "gorria"); // Botoi "gorria"
  botoia(tft, 5, 160, 100, 70, WHITE, 2, 20, 185, ILI9341_BLACK, "HANDIA"); // Botoi "HANDIA"
}

```

```

}

void PiezaDetekzioa()
{
    // OZTOPO SENSOREAREN KONFIGURAZIOA

    bool obstacle = digitalRead(sensor); // "Obstacle" aldagaian sensorearen irakurketa gordetzen da
    // Serial.println(flag_object);
    Serial.print("Sensor: "); // "Sensor" hitza idatziko du ostean
    Serial.println(obstacle); // Oztopo sensorearen egoera logikoa adieraziko du (1 edo 0), alderantzizko logikarekin
    digitalWrite(led, obstacle); // Sensorearen egoera logikoaren arabera, LED-a piztuta edo itzalita egongo da
    //int object = (obstacle == LOW) ? 1: 0;

    if (obstacle == HIGH) // Sentsore infragorriak oztopo bat detektatzen badu
    {
        flag_object = true; // Objektu bat detektatu delaren flag-a aktibatzen da
        Serial.println("Pieza detektatu da!"); // Pieza detektatu delaren mezua adierazi
        // delay(1000);
        // analogWrite(45, 0);
    } else if (obstacle == LOW) // Sentsore infragorria oztoporik detektatu ez badu
    {
        flag_object = false; // Oztopoaren flag-a desaktibatzen edo reseteatzen da aurrezago oztopo berri bat detektatzean
        // flag-a era egokian aktibatzeko
        Serial.println("Piezarik ez dago inf!"); // Piezarik detektatzen ez dagoelaren mezua adierazi
    }
}

void KoloreDetekzioa()
{
    // OBJEKTUEN KOLOREAREN ANTZEMATEA
    // Gorri kolorearen balioen eskaneatzea
    digitalWrite(s2, LOW); // Gorri koloreko iragazkiaren konfigurazioa
    digitalWrite(s3, LOW); // S2 eta S3 pinak egoera logiko baxuan jarritz
    long pulseR = pulseIn(output, LOW); // "PulseR" aldagaian output seinalearen balioak gorde. Gorri koloreko pulstu zabalera,
    // hain zuzen. LOW eran jarri output seinalea lehenitsikoki egoera baxuan hasten delako
    pulseR = map(pulseR, 10, 78, 0, 255); // "PulseR" aldagaiko balioak mapeatu koloreen ebazpena hobetu egiteko,
    // balioen arteko alde handituz.

    // Berde kolorearen balioen eskaneatzea
    digitalWrite(s2, HIGH); // Berde koloreko iragazkiaren konfigurazioa
    digitalWrite(s3, HIGH); // S2 eta S3 pinak egoera logiko altuan jarritz
    long pulseG = pulseIn(output, LOW); // "PulseG" aldagaian output seinalearen balioak gorde. Berde koloreko pulstu zabalera, hain zuzen
    // hain zuzen. LOW eran jarri output seinalea lehenitsikoki egoera baxuan hasten delako
    pulseG = map(pulseG, 32, 73, 0, 255); // "PulseG" aldagaiko balioak mapeatu koloreen ebazpena hobetu egiteko,
    // balioen arteko alde handituz.

    // Urdin kolorearen balioen eskaneatzea
    digitalWrite(s2, LOW); // Urdin koloreko iragazkiaren konfigurazioa
    digitalWrite(s3, HIGH); // S2 pina egoera logiko baxuan eta S3 pina egoera logiko altuan jarritz
    long pulseB = pulseIn(output, LOW); // "PulseB" aldagaian output seinalearen balioak gorde. Berde koloreko pulstu zabalera,
    // hain zuzen. LOW eran jarri output seinalea lehenitsikoki egoera baxuan hasten delako
    pulseB = map(pulseB, 10, 23, 0, 255); // "PulseB" aldagaiko balioak mapeatu koloreen ebazpena hobetu egiteko,
    // balioen arteko alde handituz.

    Serial.print(pulseR); Serial.print(","); // Gorri kolorearen pulstu zabalera monitorizatu
    Serial.print(pulseG); Serial.print(","); // Berde kolorearen pulstu zabalera monitorizatu
    Serial.println(pulseB); // Urdin kolorearen pulstu zabalera monitorizatu

    //Kolore bakoitzaren pulstu zabaleren baturak alderatuz, zein kolore detektatzen dagoen adierazi. *BALIO HAUEK DOITU BEHAR DIRA*
    if(flag_RED) // Botoi "GORRIA" sakatzen bada eta
    {
        if(pulseR < 25) // Red aldagaia tarte baten barruan bada
        {
            Serial.println("Pieza GORRIA detektatu da!"); // "Pieza GORRIA" dela adierazi
            Kolorea = true; // Kolore aldagaia gorde
        } else if(pulseR > 220 && pulseG < -60) // Red eta Green aldagaiak tarte baten barruan badaude
        {
            Serial.println("Pieza gorria detektatu da!"); // "Pieza gorria" dela adierazi
            Kolorea = true; // Kolore aldagaia gorde
        }
    } else if(flag_GREEN) // Botoi "BERDEA" sakatzen bada
    {
        if(pulseG < 60 && pulseB > 125) // Green eta Blue aldagaiak tarte baten barruan badaude
        {
            Serial.println("Pieza BERDEA detektatu da!"); // "Pieza BERDEA" dela adierazi
            Kolorea = true; // Kolore aldagaia gorde
        } else if(pulseR > 170 && pulseB < 0) // Red eta Blue aldagaiak tarte baten barruan badaude
        {
            Serial.println("Pieza berdea detektatu da!"); // "Pieza berdea" dela adierazi
            Kolorea = true; // Kolore aldagaia gorde
        }
    } else if(flag_BLUE) // Botoi "BERDEA" sakatzen bada
    {
        if(pulseR > 210 && pulseG < 60) // Red eta Green aldagaiak tarte baten barruan badaude
        {
            Serial.println("Pieza URDINA detektatu da!"); // "Pieza URDINA" dela adierazi
            Kolorea = true; // Kolore aldagaia gorde
        } else if(pulseR > 220 && pulseB > 110) // Red eta Blue aldagaiak tarte baten barruan badaude
        {
            Serial.println("Pieza urdina detektatu da!"); // "Pieza urdina" dela adierazi
            Kolorea = true; // Kolore aldagaia gorde
        }
    } else if(pulseG > 210) { // Aurreko baldintzetako bat ere ez bete ez bada
        Serial.println("Ez dago piezarik"); // "Piezarik ez dagoela" detektatzen adierazi
        Kolorea = false; // Kolore aldagaia reseteatu
    }
}

```

```

}

void MetalDetekzioa()
{
  //SENTSORE INDUKTIBOAREN DETEKZIOA

  bool inductive = digitalRead(metalic); // "Induktibo" aldagaian sentsore induktiboaren egoera logikoa gorde (1 edo 0)
  if (flag_Metal) // Metalaren botoia sakatzen bada
  {
    if (inductive == HIGH) // Sentsore induktiboaren egoera logikoa altua bada (pieza metalikoa detektatu du)
    {
      Serial.println("Metala"); // Pieza metalikoa detektatu duela adierazten du
      Metala = true; // Metala aldagaia gorde
    } else if (inductive == LOW) // Sentsore induktiboaren egoera logikoa baxua bada (pieza metalikoa ez du detektatu)
    {
      Serial.println("Ez-metala"); // Pieza metalikoa detektatu ez duela adierazten du
      Metala = false;
    }
  }
}

void TamainaDetekzioa()
{
  // OBJEKTUEN TAMAINAREN DETEKZIOA
  height = analogRead(ultrasonic); // "height" aldagaian ultrasoinuaren irteera seinalearen balioak gorde
  Serial.println(height); // "height" aldagaiaren balioak adierazi

  if(flag_BIG && height < 315) // Pieza handiak aukeratzeko botoia sakatu bada eta pieza handi bat detektatzen bada
  {
    Serial.println("PIEZA HANDIA"); // Pieza handia detektatu delako mezua adierazi
    Tamaina = true; // Aukeraturako tamaina eta detektatu dena bat datozean, Tamaina aldagaia gorde
  }
  else if (flag_small && height > 315 && height < 380) // Bestela, pieza txikiak aukeratzeko botoia sakatu bada eta pieza txikia detektatzen bada
  {
    Serial.println("pieza txikia"); // Pieza txikia detektatu delako mezua adierazi
    Tamaina = true; // Aukeraturako tamaina eta detektatu dena bat datozean, Tamaina aldagaia gorde
  } else if (height > 380) // Bestela, sentsorea piezarik detektatzen ez dagoenean
  {
    Serial.println("Piezarik ez tam"); // Sentsore ultrasoinukoak piezarik detektatzen ez dagoela adierazten du.
    Tamaina = false; // Tamaina aldagaia reseteatzen da
  }
}

// SERBOMOTORRA MUGIARAZTEA
void serbo ()
{
  delay(1000); // Segundu bat itxaron
  for(angelua = 0; angelua <= 120; angelua += 120) // Serbomotorra (hasierako puntuan, 120° edo gutxiago biratuta egon behar da, 120° ezkerreara birat
  {
    servol.write(angelua); // 120° angelua biratu
    delay(500); // Segundu erdiz mantendu
  }
  for(angelua = 120; angelua >=0; angelua -=120) // Serbomotorra (amaierako puntuan, 0° baino gehiago biratuta egon behar da, 120° eskumara biratu
  {
    servol.write(angelua); // 120° angelua biratu
    delay(500); // Segundu erdiz mantendu
  }
}

```

