Sistema de compra automatitzat basat en l'ús d'un carret intel·ligent

Treball Final de Grau

Ernest de Múller Mallol

Tutor: Francesc Roure

Barcelona, 2016

Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Resum

En aquest projecte es descriu un sistema de compra per a supermercats basat en l'ús d'un carret intel·ligent capaç d'identificar i verificar els productes que conté. El sistema de compra automatitzat permetrà disminuir els temps de compra augmentat a la vegada la satisfacció dels clients i la capacitat del supermercat per absorbir una quantitat de clients major.

Per començar s'han definit els objectius que es pretén assolir amb aquest projecte. S'ha realitzat una comparació del sistema de funcionament actual amb el sistema de funcionament objectiu per tal de comparar i analitzar les millores possibles. Acte seguit s'han definit les necessitats del supermercat per adaptar-lo a la compra basada en l'ús d'un carret intel·ligent capaç de controlar de forma verídica els articles que conté.

Una bona part del projecte ha estat encaminada a definir de forma general els elements necessaris per a dur a terme el canvi de sistema de compra del supermercat, per això s'ha realitzat prèviament un estudi d'aquests elements per poder determinar la solució més òptima en funció de les seves necessitats.

Un cop determinades les característiques del carret intel·ligent, s'ha treballat en les adaptacions a dur a terme en l'establiment i en l'operativa del supermercat per a poder operar de la forma desitjada. S'han tingut en compte les afectacions als llocs de treball i les mesures antifrau derivades de l'ús del carret intel·ligent.

Finalment s'ha proposat un procediment per dur a terme la implementació del sistema sobre el qual s'ha treballat. S'ha realitzat un estudi orientatiu del temps d' implementació del projecte i dels costos que podria suposar i un estudi econòmic del flux de caixa per determinar el temps de retorn de la inversió inicial i la tendència de la facturació a partir de la implementació del sistema de compra basat en el carret intel·ligent proposat.

Sumari

RESUM 1

SUMARI 3

1. INTRODUCCIÓ 5

1.1. Objectius del projecte 5

1.2. Abast del projecte 6

2. FUNCIONAMENT OPERATIU DEL SUPERMERCAT 8

2.1. Funcionament operatiu actual 8

2.2. Funcionament operatiu objectiu 9

3. FUNCIONAMENT DE LA COMPRA AMB EL CARRET DE COMPRA INTEL·LIGENT 11

3.1. Necessitats del carret 12

3.2. Necessitats del supermercat 13

4. DESCRIPCIÓ DEL CARRET DE LA COMPRA INTEL·LIGENT 14

4.1. Descripció prèvia dels elements necessaris 14

4.1.1. Tipus de carret 14

4.1.2. Pantalles 22

4.1.3. Bàscules 25

4.1.4. Codis de barra i lectors. 33

4.2. La pantalla 36

4.3. El lector de codis de barra 40

4.4. El sistema de pesatge 41

4.5. Estructura del carret 46

4.6. Cost 60

5. ADAPTACIÓ DEL SUPERMERCAT 62

5.1. Maquines de cobrament automàtic 62

5.2. Instal·lació xarxa WiFi 63

5.3. Zona de càrrega de carrets 63

5.4. Mesures antifrau 64

5.5. Adaptació del llocs de treball 64

6. IMPLEMENTACIÓ DEL NOU SISTEMA OPERATIU 66

6.1. Substitució gradual de carrets i caixes 66

6.2. Costos d'implementació 69

6.3. Estudi econòmic 70

CONCLUSIONS ____ **73**

AGRAÏMENTS ____ **75**

BIBLIOGRAFIA ____ **76**

Referències bibliogràfiques 76

Bibliografia complementària 76

1. Introducció

1.1. Objectius del projecte

El ritme de vida actual és tan accelerat que qualsevol contratemps, per petit que sigui, ens pot semblar un pèrdua de temps molt important. En molts establiments, haver de fer cua és un contratemps habitual a l'hora de pagar, sobretot en els supermercats i les grans superfícies de compra. Per tal de millorar l'experiència de compra i reduir al mínim el temps necessari per pagar, es desitja agilitzar el procés de pagament en el supermercat de manera que quan s'arribi a caixa, de forma automàtica se sàpiga el contingut i el preu total de la compra i únicament s'hagi d'abonar la quantitat requerida sense la necessitat de que un caixer passi tots els productes, un a un, pel lector de codis de barra.

Per arribar a caixa i que sigui conegut el contingut de la compra, cal haver identificat prèviament tots els productes que s'han introduït al carret passant-los per un lector de codi de barres, que es podria instal·lar en el mateix carret de la compra, o en el seu defecte un altre sistema de detecció dels productes com podria ser la tecnologia RFID, a través de la qual acostant el producte al lector s'obtindria el mateix resultat que amb el lector de codis de barra convencional.

A més, per verificar que el producte s'ha passat correctament pel lector de codis de barra o, en el seu defecte s'ha acostat prou al lector RFID, caldrà que el carret vagi equipat amb un sistema de verificació dels productes identificats i introduïts al carret. Aquest sistema de verificació podrà dur-se a terme a través de la mesura del pes dels productes introduïts al carret.

Millorar l'experiència de compra, i agilitzar-la, passaria doncs pel disseny d'un carret de la compra capaç de llegir els productes i verificar-los. També seria interessant que el carret compartís la informació de la compra amb l'usuari mitjançant una pantalla per on es puguin visualitzar les característiques del producte seleccionat, tals com el preu, el pes i una breu descripció, i el contingut total de la compra. A més, la pantalla podrà facilitar al client informació addicional del supermercat: localització de productes, ofertes, productes estrella, etc.

El carret de la compra en qüestió haurà de ser capaç de comunicar-se amb la caixa un cop finalitzada la compra, mitjançant algun tipus de comunicació inalàmbrica com pot ser la connexió Bluetooth o WiFi. La caixa, que serà automàtica, com les que es poden trobar als peatges, o al bar-cafeteria de l'ETSEIB, haurà d'acceptar tant efectiu com targeta per al pagament de la compra. Operant amb aquest sistema de compra, no només el client surt

guanyant en quant a temps i comoditat, sinó que el supermercat tindrà, a part de clients més satisfets, més capacitat d'absorció de clientela pel fet de que les compres es realitzaran més ràpidament.

Les necessitats tecnològiques i mecàniques d'un carret amb aquestes característiques no són poques. Primer de tot necessitarà un lector de codis de barra, o en el seu defecte de RFID, una pantalla interactiva on l'usuari pugui consultar la seva compra i altres detalls a disposició del supermercat. Un sistema de comunicació amb caixa, i un sistema per mesurar el pes del producte introduït. Tot això amb una alimentació elèctrica, una bateria amb autonomia suficient per oferir servei durant les hores que sigui obert el supermercat, és a dir unes dotze hores.

Mecànicament, el carret no haurà de suportat gaire més pes que el que els carrets d'avui en dia poden suportar, ja que el pes dels elements anteriorment mencionats no és significatiu respecte al pes total que pot tenir una compra setmanal. Però si és molt probable que s'hagi d'adaptar la seva forma, el seu disseny, al sistema de pesatge que requerirà d'un cistell extra sobre el qual es realitzaran les mesures del pes.

El supermercat s'haurà d'adaptar també per a poder operar amb aquest carret intel·ligent. Les actuals caixes hauran de ser substituïdes per caixes amb màquines que puguin cobrar de maneta automàtica. Dites màquines hauran de ser capaces de compartir informació amb el carret per conèixer el contingut de la compra, via connexió inalàmbrica.

Serà convenient per a que el supermercat pugui operar amb aquest sistema de manera eficient, que es creï una xarxa de comunicació que permeti conèixer en cada moment l'estat dels carrets i de les maquines per al seu òptim control i funcionament. Com que els carrets i les maquines hauran de dur incorporat un sistema de comunicació inalàmbric, es proposa equipar tot el supermercat amb una xarxa inalàmbrica.

1.2. Abast del projecte

El desenvolupament d'aquest projecte està pensat per aquells establiments, grans i mitjans supermercats, per els quals passen cada dia centenars i milers de persones per a realitzar des de petites compres fins a compres setmanals i quinzenals. Encara que en compres mitjanes i grans que duguin cert temps es pugui pensar: "*no vindrà de cinc minuts",* el cert es que cinc minuts poden representar una llarga estona per als clients, afectant a la seva satisfacció en el procés de compra. Per altre banda, reduir les cues i els temps de compra significa per als supermercats augmentar la seva capacitat i la possibilitat d'atendre a més clients i per tant tenir més vendes i més beneficis.

Implementar un nou sistema de funcionament operatiu del supermercat basat en l'ús d'un

carret de la compra intel·ligent que permeti automatitzar el pagament de la compra, serà ideal per als supermercats de les grans cadenes que puguin permetre's invertir en un nou sistema de funcionament i de cobrament que a la llarga els permetrà augmentar la seva capacitat i recuperar la inversió inicial.

Es definiran per tant les necessitats d'un supermercat per poder canviar el seu sistema de compra actual per el que en aquest projecte es descriu. Dites necessitats recauran en l'adaptació dels carrets de compra a carrets intel·ligents, per tal de que a través d'aquests es puguin identificar els productes a mesura que es realitza la compra. També s'haurà de dur a terme una adaptació del supermercat tal que es pugui assolir l'objectiu d'automatitzar i agilitzar les compres i el seu cobrament. L'adaptació del supermercat afectarà tant a les instal·lacions com als treballadors, que veuran un canvi, cap a millor, dels seus llocs de treball.

S'analitzaran, d'un mode orientatiu, els temps i els costos que tindria la implementació d'un canvi d'aquestes característiques en un supermercat i els beneficis que pot comportar dur a terme aquest canvi d'operativa.

2. Funcionament operatiu del Supermercat

Per al estudi del funcionament operatiu del supermercats es considerà una compra mitja de 21 productes. Aquesta dada s'ha extret de la informació facilitada per un treballador d'un supermercat de Sant Cugat del Vallès, d'una important cadena de supermercats espanyola.

2.1. Funcionament operatiu actual

El client disposa de multitud de productes distribuïts per varis passadissos i estanteries que va seleccionant i introduint al seu carret de la compra, o cistell en el seu defecte. Un cop seleccionats tots els productes desitjats es dirigeix a la caixa de pagament, on ha de treure els productes del carret i dipositar-los a la cinta mecànica, la qual apropa els productes al caixer. El caixer identifica els productes passant-los pel lector de codis de barra, per tal que aquests siguin afegits a la llista de la compra. Els productes identificats son dipositats pel caixer en la rampa al final de la caixa. El client efectua el pagament de la compra al caixer un cop han estat identificats tots els productes. Tot seguit, el client ha d'introduir els productes anteriorment seleccionats en una o varies bosses, o algun cistell propi, per emportar-s'ho a casa.

Aquest procés de compra, per una compra mitjana de 21 articles, pot portar un temps d'entre 20 i 25 minuts. Uns 15 o 20 minuts corresponen a la selecció dels productes. En cas de no conèixer la ubicació d'un producte, la compra es pot allargar fàcilment uns 2 minuts, per el temps de cerca del producte, o de preguntar per la seva ubicació a un treballador del supermercat.

El temps a caixa dependrà en gran part de si hi ha cua o no. Considerant una mitja de lectura de productes de 10 productes identificats per minut el temps de passar els productes per caixa pot arribar sense dificultats als 2 minuts. Si afegim 1 minut per col·locar els productes a la cinta, 2 minuts més per introduir-los a les bosses i 1 minut per pagar, el temps a caixa quedarà al voltant de 6 minuts. A més cal afegir el temps d'espera a cua, que tot i que depèn molt de l'hora i del dia, considerarem, en hora punta 5 minuts de cua.

En resum, la compra mitja, porta en total uns 20 o 25 minuts, dels quals entre 5 i 10 corresponen al pas per caixa, és a dir a l'espera a la cua de la caixa més el procés de pagament.

2.2. Funcionament operatiu objectiu

A fi de millorar l'experiència i els temps de compra, es planteja una nova manera de fer als supermercats a través de la implementació d'un nou sistema de funcionament emprant l'ús de carrets intel·ligents i maquines de pagament automàtic.

El client selecciona els productes distribuïts pel supermercat. Cada cop que en selecciona un, l'ha de passar per un lector de codis de barra instal·lat al carret de la compra i posteriorment introduir-lo al carret. Quan aquest hagi verificat el producte a través de la mesura del seu pes, l'afegirà al llistat de compra. Un cop seleccionats d'aquesta manera tots els productes, el client haurà de passar per caixa. A caixa s'establirà una connexió entre el carret i la màquina de pagament automàtic de manera que aquesta sabrà quin es el contingut de la compra i l'import. El client podrà realitzar el pagament de forma totalment automàtica. Un cop pagat, només cal retirar els productes del carret per introduir-los, directament, en les bosses necessàries per endur-se la compra i el procés de compra al supermercat haurà finalitzat.

En aquest cas, per una compra mitja de 21 articles el temps de selecció dels productes es el mateix, ja que suposant que s'entén com s'utilitza el carret, el fet de passar un producte pel lector de codis de barra avanç de introduir-lo al carret, que pot ser de un o varis segons, no representa un temps significatiu.

El temps a caixa en canvi si que es veu significativament reduït per dos motius. El primer, no hi ha la necessitat que el client tregui els productes del carret per posteriorment col·locar-los en bosses, sinó que del carret els productes aniran directament a les bosses o cistell que dugui el client. El segon, com que la informació del contingut de la compra la proporcionarà el mateix carret no hi ha necessitat de que els productes s'identifiquin un a un pel caixer. A més, cal tenir en compte el factor de que el cobrament es realitzi automàticament a través d'una màquina ja que en la majoria de casos serà més ràpid que si es fes manualment.

El temps a caixa serà per tant el temps de pagar i el de introduir la compra en bosses, considerarem com en l'anterior cas 1 minut i 2 minuts respectivament. Es redueix el temps a la meitat, 3 minuts.

És important adonar-se que si el temps de compra en global, i el temps a caixa en concret, són reduïts, la probabilitat de fer cua a l'hora de pagar es veurà disminuïda. Tenint en compte aquesta consideració vegem com el temps a la cua també serà disminuït.

Aquest estalvi de temps comporta un augment significatiu de la satisfacció del client que encara que realitzi una compra gran que pot portar-li una hora, cinc minuts d'espera a caixa per pagar poden resultar-li molt molestos, ja que poden fer-se eterns.

De cara al supermercat, no només en surt beneficiat pel fet que els seus clients surten més satisfets sinó que al disminuir el temps de compra per client es produirà un augment de la capacitat del supermercat que pot conduir-lo a generar més beneficis dels que ja pugui tenir.

En quant a la operativa del supermercat, encara que l'objectiu es que totes les compres es puguin realitzar de manera automàtica, serà necessari que aquest disposi d'alguna caixa manual per atendre als clients que pel motiu que sigui no puguin realitzar el pagament automàtic.

També serà convenient, amb aquest model de supermercat, disposar de personal distribuït pel supermercat amb la finalitat de poder atendre qualsevol conflicte que es generi amb la introducció de productes al carret, de manera que el número de clients que arriben a caixa amb alguna irregularitat en la seva compra que obligui a verificar-la realitzant un pagament manual sigui el mínim.

3. Funcionament de la compra amb el carret de compra intel·ligent

El client escull el producte i el passa pel lector de codis de barres, aleshores es mostrarà per la pantalla la informació bàsica del producte: descripció i preu. La pantalla, que haurà de ser interactiva, disposarà de botons per seleccionar la quantitat d'unitats del producte que es desitgen. A més, la pantalla ens informa a través d'un compte enrere que es disposa de cert temps per introduir el producte al cistell. Si transcorregut aquest temps no s'ha introduït, el producte es descartat de la compra. Si s'identifica un nou producte pel lector, sense haver introduir l'anterior al carret, aquest quedarà descartat.

Un cop introduït el producte al cistell, el sistema de pesatge en determina el pes i verifica si s'adequa al producte seleccionat. En cas afirmatiu, el producte s'afegeix al llistat de la compra que apareixerà en pantalla cada cop que s'introdueixi un nou producte o quan es seleccioni l'opció de mostrar llistat de la compra de la pantalla principal.

En cas que el pes del producte introduït no coincideixi amb el del passat pel lector de codis de barres, s'encendrà el LED situat a la part superior esquerra de la pantalla, indicant que s'ha produït una irregularitat. A la pantalla també s'indicarà, mitjançant un missatge d'advertència amb les instruccions corresponents a com procedir, que el producte del carret no coincideix amb el que ha identificat el lector. El missatge d'advertència demanarà que es retiri el producte, es torni a passar pel lector i s'introdueixi de nou al carret. Si es retira el producte que ha generat el conflicte, s'apagarà el LED. Si no es retira el producte es podrà seguir la compra amb normalitat, el LED no s'apagarà i no es podrà realitzar el pagament automàtic a caixa sense que un caixer no supervisi la compra. En cas que s'introdueixi un producte sense haver-lo passat pel lector, es generarà el mateix conflicte.

Per retirar un article del carret també caldrà passar-lo pel lector de codis de barres avanç de cert temps després d'haver-lo retirat. En cas de que es retiri algun producte sense seguir el procediment adequat, es generarà una irregularitat en la compra i aquesta no es podrà finalitzar sense ser prèviament verificada. Si es retira un producte, es passa pel lector i després es torna a deixar al carret, s'interpretarà que s'ha introduït un producte sense identificar-lo prèviament i també es generarà un conflicte en la compra.

Un cop el client ha seleccionat tots els productes desitjats, es pot procedir a passar per caixa per realitzar el pagament. Al situar-se a caixa, s'establirà una connexió via WiFi entre la caixa i el carret, de manera que de forma instantània la caixa de pagament automàtica tindrà tota la informació de la compra i l'import que ha d'abonar el client, ja sigui en efectiu o en targeta.

En el cas que s'hagi produït alguna irregularitat en el procés de selecció dels articles de la

compra, en el moment que s'estableixi la connexió via WiFi entre el carret i la caixa s'informarà al client de que hi ha una incidència amb la seva compra i que s'ha de dirigir a una de les caixes de pagament manual. Cal tenir en compte que els carros amb irregularitats tindran un LED encès que els farà fàcilment identificables pels treballadors i caixers del supermercat que indicaran al client com ha de procedir.

3.1. Necessitats del carret

Vist quin es el procés de compra desitjat, cal determinar ara quines son les necessitats i característiques que haurà de tenir el carret de la compra.

Per a la identificació dels productes via codi de barres, serà necessari instal·lar un lector de codi de barres. Aquest s'instal·larà a la part superior del carret, on està situada la barra que serveix per empènyer i dirigir el carret de la compra, a fi de que puguin passar-se el productes per davant del lector sense dificultats i de la manera més ergonòmica possible.

El següent element indispensable, que permetrà al client interactuar amb el carret quan sigui necessari, és una pantalla tàctil per on es mostri la informació de la compra, o d'un article, segons s'escaigui. A través d'aquesta pantalla el client podrà conèixer tant la informació referent a com procedir per afegir i retirar productes del carret de la compra, com a la manera de realitzar el pagament a caixa. A més, se li poden afegir altres complements com la localització de productes, o la possibilitat de mostrar ofertes als clients periòdicament.

L'element clau del que haurà de disposar el carret es el sistema de pesatge del productes. Aquest haurà de ser capaç de determinar el pes de cadascun dels productes de la compra. Serà necessari per tant que pugui detectar el pes dels productes més lleugers i a la vegada sigui capaç de suportar el pes total del conjunt de la compra.

Per a la comunicació amb caixa el carret haurà de disposar de connexió WiFi, així en el moment de pagament es podrà transmetre la informació de la compra a través d'aquest mitjà.

Degut a la presencia de components electrònics el carret també haurà de disposar d'una bateria recarregable d'autonomia suficient per que el carret funcioni durant tot el dia ininterrompudament.

L' estructura del carret no diferirà molt dels carrets que habitualment hi ha als supermercats, però caldrà adaptar-la als nous components dels quals haurà de disposarà. Un detall a tenir en compte és que per a que les vibracions del carret quan aquest està en moviment no afectin a les mesures del pes del articles introduïts al carret, caldrà introduir algun element capaç d'absorbir-les. Un sistema amortidor podria resultar massa car i excessiu per les lleugeres vibracions que pot sofrir el carret, per això el més adient serà que les vibracions siguin

absorbides a través de la instal·lació d'unes rodes de goma, cautxú o algun altre material amb el qual es pugui aconseguir els mateixos resultats.

3.2. Necessitats del supermercat

Per a poder implementar el sistema de compra automatitzat no només caldrà uns carrets amb unes característiques concretes sinó que el supermercat també caldrà que estigui adaptat.

En quant a les necessitats del supermercat per adaptar-lo al sistema desitjat caldrà que aquests disposin de màquines de cobrament automàtic, com les que podem trobar als peatges, capaces de cobrar un import en efectiu o bé en targeta. Les màquines hauran de poder establir connexió amb el carret per obtenir la informació de la compra. Aquesta connexió es farà via WiFi.

L'actualització de les dades dels productes o incorporacions de nous articles a la venda ens porta a la necessitat d'actualitzar aquestes dades en les bases de dades per a que els carrets puguin operar correctament. Es proposa dotar al supermercat d'un servidor que pugui connectar amb tots els carrets via WiFi. Aquesta connexió permetrà, a més d'actualitzar les dades conèixer el estat dels carrets i les màquines de cobrament, per exemple es podrà saber si n'hi ha molts amb incidències que implicarien en un futur molt proper a haver de realitzar pagaments manuals. Gracies a la instal·lació d'un servidor i una xarxa per al supermercat es podrà controlar i extreure dades de les compres per a la millora d'aquestes.

Caldrà dotar al supermercat d'una zona de recàrrega dels carrets, el més adient seria adaptar la actual zona d'estacionament dels carrets per a tals efectes.

En quant al personal, la presencia de les maquines de cobrament automàtic substituirien als caixers, encara que n'hi haurà d'haver-hi de totes maneres ja que haurà de quedar una o varies caixes manuals per atendre als clients amb alguna incidència a la compra. El fet de que les màquines substitueixin als caixers per realitzar el cobrament no significa que aquests quedin sense feina ja que amb aquest sistema de compra augmenta la necessitat de tenir personal supervisant les compres per evitar que es cometi algun tipus de frau i per ajudar i assessorar als clients en l'ús dels carrets automatitzats, sobre tot en les fases inicials d'implementació d'aquest sistema de compra. Hi haurà per tant una necessitat de formar els empleats en les noves tasques a dur a terme.

4. Descripció del carret de la compra intel·ligent

4.1. Descripció prèvia dels elements necessaris

El carret de la compra desitjat es desenvolupa a partir de les necessitats prèviament descrites. Primer, però, veurem un resum dels tipus de carrets hi ha avui en dia: tant en les grans superfícies de compra com en les petites, quins son els carrets existents que no son propis dels supermercats i també aquells carrets intel·ligents o automatitzats que s'han desenvolupat fins ara. També veurem una breu descripció dels elements dels quals haurà de disposar el carret, per a posteriorment ser capaços d'escollir aquells que s'adeqüen millor a les necessitats requerides.

4.1.1. Tipus de carret

Carrets estàndard

Considerarem com a carrets estàndard aquells als que estem més acostumats, els que trobem en les grans superfícies dels supermercats i hipermercats, i que ens permeten realitzar grans compres. Es tracta de carrets amb capacitats al voltant dels 100 ó 200 litres, o inclús més. Disposen de quatre rodes orientables en qualsevol direcció independentment les unes de les altres. S'empenyen per la part posterior i en alguns casos presenten seients abatibles per a assentar-hi infants.

La majoria de supermercats utilitzen carrets metàl·lics ja que aquests son els que millors propietats mecàniques tenen. L'estructura del carret la formen un conjunt de barres cilíndriques o de perfils rectangulars arrodonits, que generalment són d'acer amb un revestiment de zinc per protegir-lo de la corrosió.

Figura 4.1. Carret metàl·lic de 150 litres de capacitat i 120 kg de pes màxim de la marca Changshu Yirunda.

Font: http://www.csyirunda.com/

La disposició d'aquetes barres determina l'estructura del carret. Les barres més gruixudes formen l'estructura inferior del carret, on s´hi instal·laran les quatre rodes i que te per funció suportar tot el pes del carret i el que s'introdueixi en ell. Unes barres d'un espessor lleugerament menor donen forma al cistell del carret i el mànec posterior pel qual s'empenyerà i dirigirà, el qual sol estar recobert de plàstic per ser més ergonòmic per a l'usuari. Finalment unes barres encara més primes donen la rigidesa i estanqueïtat necessàries per a que un cop introduïts els productes de la compra aquests no deformin ni s'escapin de l'estructura.

L'estructura inferior pot ser variada segons el tipus de carret, es pot diferenciar bàsicament entre dues tipologies: aquelles en que les quatre rodes es mantenen juntes per un estructura paral·lela al terra i aquelles en que les rodes no estan enllaçades entre elles directament sinó que ho fan amb l'estructura de la cesta, formant d'aquesta manera un triangle entre les barres de les rodes posteriors, davanteres i el terra (vist de perfil).

Figura 4.2. Estructura inferior que forma un triangle amb el terra.

Font: http://www.csyirunda.com/

Figura 4.3. Estructura inferior paral·lela al terra.

Font: http://www.csyirunda.com/

Cal dir que ambdues tipologies poden estar barrejades segons quin sigui el disseny del carret i la disposició de les barres que li donen forma.

Les rodes dels carrets s'enllacen a les barres estructurals a través d'un suport giratori i solen estar fabricades de poliuretà o goma.

Figura 4.4. Roda de poliuretà.

Font: http://www.ruedasindustriales.biz/

A banda dels carrets metàl·lics també es possible trobar-ne de plàstic, encara que en alguns casos es tracta de carrets on l'estructura inferior i la del cistell són metàl·liques, però el cistell que contindrà els productes està fabricat de plàstics com el polipropilè.

Figura 4.5. Carret metàl·lic i de plàstic.

Font: https://images.google.es

D'altres són íntegrament de plàstic, amb estructures semblants als metàl·lics però d'espessors majors per poder suportar suficient pes com per contenir una gran compra.

Figura 4.6. Carret íntegrament de plàstic de 170 litres de capacitat i 160 kg de carga màxima de Polycart.

Font: http://www.polycartgroup.com/

Carrets petits

Dintre d'aquest grup podem trobar carrets destinats a petits supermercats o a compres petites dintre de les grans superfícies. En podem trobar de formes molt variades però a grans trets es diferencieran en dos grups: Els que sòn com els carrets estandards però de poca capacitat i els que sòn cestes que es poden portar o bé a mà o bé disposen de rodes per a ser empessos.

Figura 4.7. Cistell de 54 litres de capacitat, portable a mà o arrossegant.

Font: http://sbshoppingbasket.com/

Figura 4.8. Carret petit de 60 litres de capacitat.

Font: https://images.google.es

El més habitual en aquest tipus de carret o cistells és que estiguin fabricats de plàstic ja que al tenir menys capacitat d'espai tindràn també menys capacitat de càrrega i pertant menys pes a soportar.

Carrets d'usuari

Dintre d'aquesta categoria entren tots aquells carrets que no són propis del supermercats sinó dels usuaris. Es tracta de carretons que s'utilitzen, un cop realitzada la compra, per portar els productes del supermercat a casa. Solen ser carretons més alts, en que el cistell, de roba, poliester o altres materials, arriba a tocar de terra. La seva estructura acostuma a ser metàl·lica i en podem trobar de dos o de quatre rodes, les quals són més grans i normalment de goma per adaptarse millor al terra dels carrers, més irregulars que la superfície dels supermercats.

Les seves capacitats d'espai i de càrrega són més properes als carrets petits. Poden ser plegables per a facilitar-ne el seu transport quan van buits.

Figura 4.9. Carret plegable de polièster (la bossa), alumini (l'estructura) amb capacitats de 40 litres i 25 kg.

Font: https://images.google.es

Altres tipus de carrets

Encara que menys habituals, podem trobar altres tipus de carrets com per ejemple el carret de 360 graus, el qual es pot empenyer desde qualsevol costat sense dificultats de mobilitat.

Figura 4.10. Carret 360 graus de 100 litres de capacitat.

Font: https://www.shoppingtrolleysdirect.co.uk

Un altre tipus de carret que facilita la mobilitat, en aquest cas per a persones amb mobilitat reduida, és el carret motoritzat.

Figura 4.11. Carret motoritzat.

Font: https://images.google.es

Carrets intel·ligents

Per tal de millorar l'experiencia de compra dels clients hi ha alguns fabricants que estàn desenvolupant carrets intel·ligents. Aquí el canvi no està en les formes o els materials, que poden variar d'igual manera, sinó en la tecnologia que s'els aplica.

Un exemple es el carret de Volskwagen anomenat Tailormade Cart [1] que disposa d'una pantalla en el mànec on l'usuari pot introduïr la quantitat màxima que està disposat a gastar. Per l'altre banda del mànec hi ha instal·lat un lector de codis de barra que identifica els productes i en descompta el preu de la quantitat introduïda per a que l'usuari pugui portar una compte del que gasta.

Figura 4.12. Carret Tailor Made Cart de Volskwagen.

Font: http://felipecirino.com/VW-Tailor-Made-Cart

Com aquet carret n'hi ha d'altres en que la pantalla ofereix més opcions tals com visualitzar les propietats del producte, cercar productes i localitzar-los a través d'un mapa del supermercat o inclús poden arribar a oferir la possibilitat d'introduïr una llista de la compra per no olvidar-se de cap producte. A més a través de la pantalla el supermercat té la opció d'oferir promocions i descomptes als clients.

Figura 4.13. Carret intel·ligent amb pantalla tàctil. A la imatge s'observa el camí que proposa per la llista de la compra introduïda.

Font: https://www.youtube.com/watch?v=KdT4miCTbds

Alguns d'aquests carrets opten per utilitzar la tecnologia RFID per identificar els productes en comptes de lectors de codis de barra per facilitar la tasca als usuaris. Aquesta tecnologia també es pot utilitzar a l'hora de passar per caixa per identificar els productes sense necesitat de passar-los un a un pel lector de codis de barra.

Hi ha projectes de carrets com el prototip desenvolupat per Chaotic Moon [2] que a més de la pantalla té audio, a través d'una veu descriu els productes i avisa quan tenim complerta la llista de la compra. Inclús està motoritzat, i a través de la tecnologia Kinect de Microsoft i d'ordres de veu és capaç de seguir a l'usuari allà on vagi.

Figura 4.14. Carret prototip de Chaotic Moon, motoritzat i amb tecnologia Kinect.

Font: https://www.youtube.com/watch?v=16GiO8EEVpE

4.1.2. Pantalles

Avui en dia hi ha multitud de pantalles, en tenim a casa pel televisor, per l'ordinador, als mòbils, etc. Inclús molts aparells electrònics n'utilitzen, encara que de més senzilles, com els microones per exemple. En trobem també al metro i inclús a les parades de bus on les pantalles han substituït els habituals cartells publicitaris. Els Smartphones, han significat la revolució de les pantalles tàctils, fàcils i intuïtives d'utilitzar inclús pels nens, i adaptables a les dificultats que puguin experimentar per al seu ús la gent més gran. Les pantalles més habituals que ens rodegen son de plasma, de cristall líquid (LCD) i de LED.

Pantalles de plasma

Las pantalles de plasma s'utilitzen habitualment en televisors de poques polzades, degut a que per grans televisors aquest tipus de pantalla desprèn molt calor i per tant gasten molta energia. Funcionen gràcies a la llum que emeten uns gasos nobles al ionitzar-los i convertir-se en plasma. Es tracta d'una mescla de gasos nobles situada en multitud de cel·les diminutes entre dos panells de cristall, dites cel·les tenen en la seva part anterior i posterior uns elèctrodes, la diferencia de potencial dels quals ionitza els gasos formant el plasma i la emissió de fotons que donarà lloc a la imatge.

Pantalles de cristall líquid (LCD)

Les pantalles de cristall líquid, LCD per les seves sigles en anglès *"Liquid Cristal Display"* basen el seu funcionament en l'ús d'una substancia líquida atrapada entre dues plaques de vidre. Quan s'aplica un corrent elèctric a una zona específica, aquesta es torna opaca i contrasta amb la llum que il·lumina, precedent d'una làmpada fluorescent de càtode fred (CCFL) o de dispositius LED (Light-Emitting Diode), per la part posterior d'una de les plaques de vidre. A través d'aquest principi bàsic i utilitzant tres substancies que quan reben corrent adopten un dels tres colors bàsics (verd, vermell i blau) es possible obtenir qualsevol color de la gamma de colors. [3]

S'utilitzen en televisors, pantalles d'ordinador i inclús en aparells més senzills com les calculadores.

Figura 4.15. Pantalla LCD de calculadora.

Font: https://images.google.es

Pantalles LED

Les pantalles de LED, que no s'han de confondre amb les pantalles LCD que utilitzen il·luminació LED. Aquestes pantalles utilitzen multitud de dispositius LED, tant monocromàtics com policromàtics, per donar lloc a la imatge que es vol representar. Cada LED o mòdul de LEDs dona lloc a un píxel de manera que es puguin representar caràcters i imatges en funció de la complexitat de la pantalla. Aquest tipus de pantalla s'utilitza àmpliament per a pantalles gegants d'exterior o per a pantalles més senzilles y petites com les que podem trobar en el metro de Barcelona indicant el temps d'arribada del pròxim comboi.

Figura 4.16. Pantalla LED gegant.

Font: https://images.google.es

Pantalles tàctils

Les pantalles tàctils són aquelles en que mitjançant el tacte directe sobre la superfície de la pantalla es dóna una entrada de dades sobre el dispositiu que la controla i a la vegada, si s'escau es rep una resposta que es manifesta en un canvi en la imatge que projecta la pantalla. Les pantalles tàctils es poden implementar en qualsevol tipus de pantalles, com per exemple totes les anteriorment vistes. Amb l'aparició dels Smartphones i les tabletes el seu ús està massificat avui en dia.

A grans trets, es pot distingir entre dos tipus de pantalles tàctils:

- Resistives:

Estan formades per varies capes, dues de les quals són d'un material conductor i tenen una petita separació entre elles. Quan un objecte exterior toca la capa exterior, les dues capes conductores entren en contacte per aquell mateix punt on s'ha exercit la pressió, produint-se un canvi en el corrent elèctric que permet al controlador saber la posició on s'ha produït el contacte.

- Capacitives:

Les pantalles capacitives per contra, estan recobertes d'un material pel que passa un corren elèctric continu i fa de sensor. El sensor es com un camp d'electrons controlat tant en l'eix

vertical com horitzontal. El cos humà que actua, al igual que la pantalla com un element amb capacitància, per la presencia d'electrons, crea una distorsió en entrar en contacte amb la pantalla de manera que mesurant aquesta distorsió en forma d'ona sinusoïdal característica del camp de referencia es pot conèixer el punt de contacte.

Les pantalles capacitives són més cares però més sensibles i tenen l'inconvenient de que no es poden utilitzar guants o altres elements per donar l'ordre a la pantalla. Les resistives, són menys sensibles, requereixen de més pressió per obtenir la ordre, però poden ser utilitzades amb guants o altres elements per exercir la pressió. Són més barates però la necessitat de varies capes per a la seva implementació implica una pèrdua significativa de lluminositat. [4]

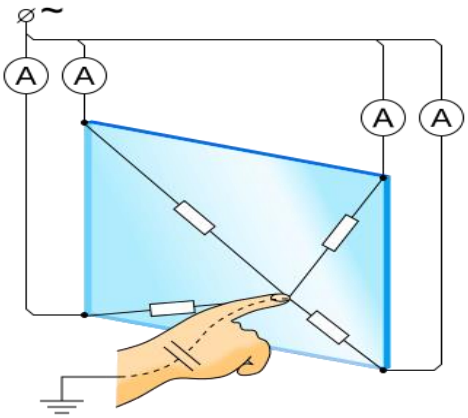


Figura 4.17. Esquema funcionament pantalla capacitiva.

Font: https://es.wikipedia.org/wiki/Pantalla_t%C3%A1ctil

4.1.3. Bàscules

Bàscules mecàniques

Existeixen dos tipus de bàscules mecàniques segons el seu principi de funcionament: les bàscules que utilitzen un contrapès per determinar el pes que es desitja mesurar i les que utilitzen molles elàstiques. N'hi ha de molt senzilles i d'altres que utilitzen recursos mecànics més complexos, però en definitiva el principi de funcionament es el mateix. El gran inconvenient d'aquestes bàscules es el desgast mecànic elevat que pateixen i que implica una necessitat periòdica de calibratge de les bàscules.

- Bàscules de contrapès

Dintre de les mecàniques son les que més anys tenen d'antiguitat. El seu funcionament es basa en equilibrar el moment de forces que exerceix el pes amb el que exerceix un contrapès que es desplaça al llarg d'una barra graduada on es pot llegir la massa del pes. L'equilibri de moments s'aconsegueix a través d'un sistema de palanques i del desplaçament del contrapès.

Figura 4.18. Bàscula mecànica de contrapès. Es col·loca el pes a mesurar a la superfície circular, i desplaçant el contrapès de la guia graduada es busca l'equilibri del sistema. La lectura de la posició del contrapès ens donarà la massa del objecte mesurat.

Font: https://images.google.es

- Bàscules de molla elàstica:

L'altre tipus de bàscula mecànica, més modern i que utilitzen moltes de les bàscules mecàniques que es comercialitzen a dia d'avui, són les que s'implementen amb molles elàstiques. El funcionament d'aquestes bàscules es basa en la deformació elàstica que experimenten una molla quan està sotmesa a un esforç de tracció. En el cas particular que ens trobem, l'esforç de tracció el produeix el pes del qual volem conèixer la massa i que el podrem determinar a partir de l'elongació de la molla un cop calibrada aquesta. El principi de funcionament d'aquestes bàscules es el mateix que el dels dinamòmetres, i es veuen limitades per el rang de deformació elàstica de las molles amb les quals es treballa.

Figura 4.19. Bàscula mecànica per pesar persones que utilitza molla elàstica. El pes de la persona a sobre la bàscula provoca el desplaçament de les palanques que transmeten a la vegada el pes a la base de la molla, que es desplaçarà en funció del pes. Hi ha una molla més petita, que en funció del desplaçament de la base de la molla principal farà girar el disc graduat que ens donarà al lectura de la massa.

Font: https://images.google.es

Bascules electròniques

Les bàscules més utilitzades avui en dia són les electròniques, ja que son les que permeten assolir una major precisió, fiabilitat i durabilitat. Utilitzen transductors que converteixen un esforç en un senyal elèctric i d'aquesta manera són capaces de mesurar el pes. Aquests transductors acostumen a ser cel·les de càrrega, els quals implementen sensors formats per galgues extensiomètriques, les quals converteixen deformacions en senyals elèctrics.

- Les galgues extensiomètriques [5]

Les galgues extensiomètriques basen el seu funcionament en l'efecte piezorresistiu que caracteritza a certs materials conductors i semiconductors quan són deformats, els quals experimenten un canvi en la seva resistència elèctrica degut a la variació de la distància interatòmica o bé a la variació de la concentració de portadors de càrrega, respectivament.

En general, pels materials conductors, la resistència elèctrica, R, varia segons l'expressió:

$$R = R0 \cdot (1 + x)$$

On:

$x = K \cdot \varepsilon$

K és el factor de sensibilitat de la galga,

ε és la deformació, definida com la fracció de la variació de longitud, ΔL, entre la longitud inicial, L:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

$R0$ és la resistència inicial.

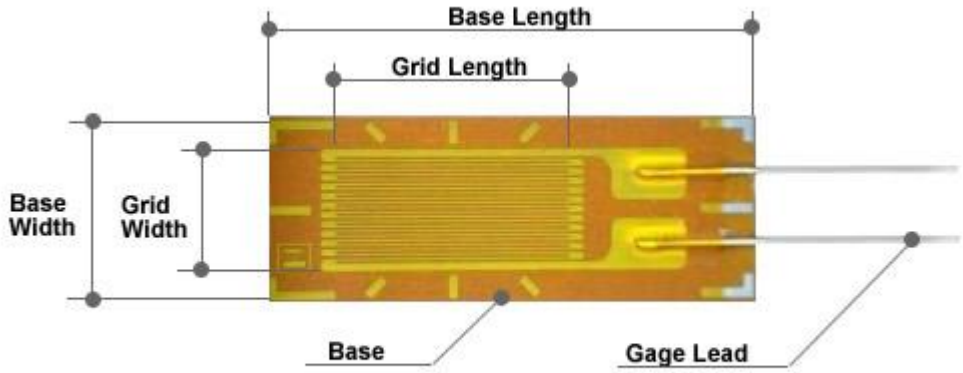


Figura 4.20. Galga extensiomètrica.

Font: https://images.google.es

Perquè els canvis en la resistència elèctrica siguin apreciables, les galgues es construeixen disposant varis trams longitudinals que determinen la direcció de mesura. Els trams tranversals se'ls dota d'una major secció per disminuir la sensibilitat transversal, que sòl ser un 1% ó 2% de la longitudinal.

Si coneixem bé les propietats del material que conforma una galga extensiomètrica, es podrà conèixer la deformació experimentada a partir del canvi de la seva resistència elèctrica.

Enganxant una galga a un objecte, es podrà mesurar doncs la deformació que aquest experimenta en la direcció de mesura de la galga, suposant un estat de deformació plana per a la galga. A partir de la llei de Hooke, que relaciona deformacions i tensions, i conegudes les propietats físiques del material, mòdul de Young i coeficient de Poisson, es podran arribar a determinar els esforços mecànics que han provocat dites deformacions al objecte.

Per al correcte funcionament de les galgues cal assegurar que aquestes treballin dins del seu rang elàstic de deformacions, que l'esforç que es desitja mesurar s'apliqui en la mateixa direcció de mesura de la galga i que l'adhesiu que uneix els dos materials sigui prou elàstic i estable en el temps, a fi de garantir que la força es transmet completament a la galga.

A més, la galga haurà d'estar aïllada del objecte de mesura i l'ambient a fi de no sofrir interferències. La temperatura també provoca deformacions i per tant canvis de resistència en la galga. Els efectes de la temperatura es podran minimitzar a partir de la connexió d'una manera determinada de galgues complementàries (tracció-compressió).

- Les cel·les de càrrega

Les cel·les de càrrega son transductors que consisteixen en un material de suport, preparat per treballar en un determinat rang de forces, al que s'adhereixen galgues extensiomètriques. Es convenient que el material de suport i el de fabricació de la galga tinguin coeficients de dilatació molt propers o les mesures només seran fiables en un rang de temperatures molt estret.

La deformació del material de suport adherit a la galga es converteix en un senyal elèctric a gràcies a la presència d'aquesta. Aquest senyal elèctric dependrà dels esforços als que es sotmeti la cel·la de càrrega. Un cop calibrada la cel·la, tindrem un sensor que permet la mesura de la força o moment que es rep.

El més habitual per la construcció de les cel·les de càrrega és utilitzar quatre galgues complementàries (dues a tracció i dues a compressió) utilitzant una connexió coneguda com a pont de Wheatstone.[6] En general, aquest tipus de connexió ens permet conèixer, a partir de la variació de tensió entre dos punts concrets del circuit elèctric, la mesura d'una resistència estàtica o dinàmica. En concret, tenim que la variació de les resistències de les galgues a causa de la seva deformació es traduirà en una variació de tensió. Aquesta variació de tensió, és el senyal elèctric que conté la informació referent als esforços rebuts per la cel·la de càrrega. Les variacions de tensió en el pont de Wheatsone, degudes a la variació de les resistències de les galgues, són de l'ordre del mil·livolts. Caldrà per tant amplificar dita senyal per poder tractar-la digitalment i extreure'n informació.

En la següent figura podem veure com es connecten 4 galgues en un pont de Wheatstone, s'instal·len dues galgues que treballen a tracció i dues que ho fan a compressió. El valor de la

tensió de sortida Eo dependrà de la tensió d'alimentació Ei, el valor de la resistència de la galga en repòs R i del increment ΔR de les resistències que experimenten les galgues quan estan sotmeses a un esforç.

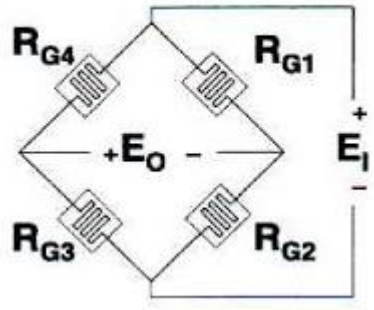


Figura 4.21. Esquema de la connexió de quatre galgues en un pont de Wheatstone.

Font: https://images.google.es

On:

$RG1 = RG3 = R - \Delta R$ Representen les galgues que treballen a compressió

$RG2 = RG4 = R + \Delta R$ Representen les galgues que treballen a tracció

Les expressions que relacionen les tensions, corrents i resistències en aquesta configuració son les següents (els subíndex *1* fa referència a la branca de l'esquerra i el *2* a la de la dreta):

Corrent $I = I1 = I2$ que circula per cada una de les branques (la diferencia de potencial i les resistències són iguals, per tant els corrents seran iguals):

$$I = \frac{Ei}{2 \cdot R + \Delta R}$$

Potencial $V1$, a la branca de l'esquerra entre les dues resistències:

$$V1 = \frac{Ei}{2 \cdot R + \Delta R} \cdot R$$

Potencial $V2$, a la branca de la dreta entre les dues resistències:

$$V2 = \frac{Ei}{2 \cdot R + \Delta R} \cdot (R + \Delta R)$$

Diferencia de potencial Eo:

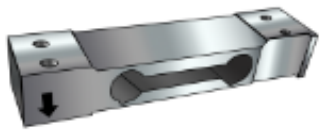
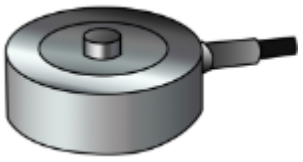
$$Eo = V2 - V1 = Ei \cdot \frac{\Delta R}{2 \cdot R + \Delta R}$$

D'aquesta ultima expressió s'observa que la tensió de sortida Eo ofereix una resposta no lineal. Tot i així, al ser el increment de resistència molt petit es pot considerar un comportament lineal.

El material utilitzat usualment per a la construcció de cel·les de càrrega és acer d'eines, acer inoxidable, alumini o coure; materials que puguin treballar de forma lineal en la seva zona elàstica, sense manifestar histèresi, i que gaudeixin d'una llarga vida a fatiga.

- **Tipus de cel·les de càrrega:**

A continuació es presenta una taula amb els diferents tipus de cel·les de càrrega [7]:

Tipus		*Característiques*	*Aplicacions*
Biga al tall		● Tenen forma de biga. ● Es fixen per un extrem i per l'altre s'aplica la càrrega. ● Capacitats de càrrega mitjanes i grans.	● Bàscules de plataforma de baix perfil.
Biga al doble tall		● Tenen forma de biga. ● Es fixen pels seus extrems i s'aplica la càrrega al mig. ● Capacitats mitjanes i grans.	● Bàscules per a camions, tancs i tremuges.
Biga en S		● Tenen forma de biga en S. ● Es fixen per la part inferior i s'aplica la càrrega a la superior. ● Estan pensades per treballar tant a tracció com a compressió. Capacitats de càrrega grans.	● Aplicacions industrials on intervinguin traccions i compressions.
D'un sol punt		● Són com les de tipus biga al tall amb la diferencia de que estan pensades per treballar amb capacitats de càrrega més petites. ● Són ideals per treballar amb càrregues descentrades.	● Bàscules industrials i comercials.
De botó o tipus ampolla		● Són de forma cilíndrica. ● Pensades per mesurar forces de compressió axials. ● Poden arribar a suportar grans capacitats de càrrega	● Bàscules de tancs i sitges.

Taula 4.1. Figures, característiques i aplicacions dels diferents tipus de cel·les de càrrega.

- **Exemple de funcionament d'una cel·la de càrrega:**

En les següents imatges es pot apreciar el funcionament de les cel·les de càrrega tipus biga al tall.

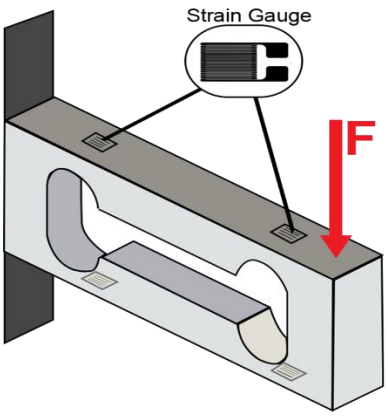


Figura 4.22. Cel·la tipus biga al tall amb una càrrega aplicada F.

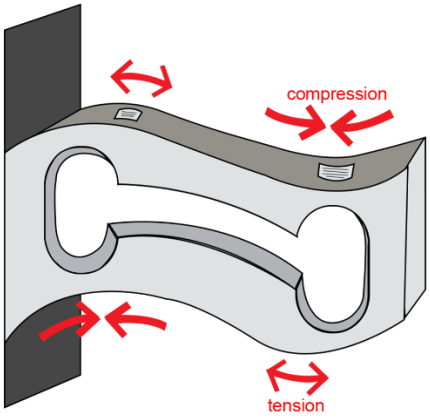


Figura 4.23. Deformació, exagerada, d'una cel·la tipus biga al tall quan se li aplica una càrrega F.

Font: http://www.loadstarsensors.com/what-is-a-load-cell.html

Vegem com l'efecte de la càrrega *F* sobre la biga (*Figura 4.20*) provoca una flexió (*Figura 4.21*) de tal manera que tenim tensions a tracció i compressió tant a la cara inferior com a la superior. Adherint les galgues extensiomètriques en dites zones, i connectant-les en la disposició de pont de Wheatstone vista anteriorment, es podrà extreure un senyal elèctric, en forma de voltatge, la variació del qual serà a efectes pràctics linealment proporcional a la càrrega *F* aplicada.

4.1.4. Codis de barra i lectors.

Degut a que la utilització de la tecnologia RFID per a la identificació de productes implicaria canviar l'empaquetatge de tots els productes, afectant als sistemes de producció de tots els proveïdors, es descarta aquesta idea d'entrada i s'assumeix la utilització dels codis de barra que ja porten els productes presents als supermercats.

Codis de barra

Els codis de barres son codis on un conjunt de línies paral·leles de diferents espessors representen caràcters. La seva gran utilitat es que son de fàcil lectura pels lectors de rajos infrarojos, cosa que els permet ser identificats automàticament per màquines, i per això son utilitzats arreu del món per identificar productes de qualsevol tipus.

De forma general tenen definida una nomenclatura bàsica:

- Mòdul: Es la unitat bàsica de un codi. Cada combinació de barra més espai està formada per un conjunt de mòduls
- Barra: Es el element fosc del codi, es fa correspondre amb el valor binari 1.
- Espai: Es l'element clar del codi, es fa correspondre amb el valor binari 0.
- Caràcter: El formen un conjunt o varis de barres i espais. Habitualment correspon a un caràcter alfanumèric

Segons com presenten la informació es poden distingir entre dos grans grups:

- Codis de barra lineals

Son els més habituals, els caràcters es presenten representats per les barres i els espais de maner lineal donant lloc als codis de barres que estem habituats a veure.

Figura 4.24. Exemple de codi de barra d'un producte de supermercat. A la part inferior podem apreciar el codi numèric que representa el codi de barres.

Font: https://images.google.es

- Codis de barra bidimensionals

En aquest cas la informació es presenta en diferents línies de codi. Segons el tipus de codi bidimensional que es tracti la informació es presenta per regions de dades. Per exemple, en una regió es pot trobar la informació sobre el producte en qüestió (el codi del producte) i en una altre sobre el proveïdor (representat pel codi del proveïdor). Això també es dona en alguns codis de barres lineals, però no es el més habitual ja que molt informació pot implicar una longitud excessiva del codi, dificultant-se la lectura d'aquest.

Tot i que son menys habituals existeix un us creixent d'aquets tipus de codis per les majors capacitats d'emmagatzematge d'informació. Un clar exemple es el codi QR, que tot i que va ser desenvolupat al Japó per la representació de caràcters Kanji amb l'aparició dels *Smartphones* ha experimentat un ús creixent arreu del món.

Figura 4.25. Exemple de codi bidimensional, de tipus QR.

Font: https://images.google.es

Lector de codis de barres

Els lector de codis de barra utilitzen un raig de llum, habitualment llum infraroja, per la lectura de la informació que contenen.

El seu principi de funcionament és el següent: La llum impacta contra el codi de barres, i es absorbida en les zones fosques, i en canvi rebota a les zones clares. El mateix punt on hi ha l'emissor de llum s'hi troba el receptor de la llum rebotada, que converteix la informació que aquesta conté en un senyal elèctric. El senyal elèctric que es genera a partir de la conversió de la llum passa pell descodificador que el convertirà i ens donarà la lectura dels caràcters representats pel codi de barres.

Figura 4.26. Lector de codis de barra.

Font: https://images.google.es

4.2. La pantalla

La pantalla serà l'element a través del qual el client podrà veure la descripció dels articles seleccionats, el contingut total de la compra i el seu import, i per on rebrà instruccions en la manera de fer a l'hora de comprar i en cas d'incidència. Per navegar a través dels menús que aquesta oferirà s'utilitzarà una pantalla tàctil a fi d'oferir una experiència d'ús intuïtiva, fàcil i dinàmica.

A continuació es presenten les diferents imatges que es representaran per pantalla i en quines situacions apareixeran:

Pantalla menú principal:

És la pantalla que apareixerà al iniciar la compra, a la part superior dreta trobem una icona per canviar el llenguatge. Al mig tenim un botó per accedir a la llista de la compra, i un altre per cercar productes. A la part inferior hi tenim un botó d'ajuda, pitjant-lo accedirem a la pantalla d'ajuda on hi podrem trobar les instruccions sobre el funcionament de la compra amb el carret. Disposem d'una zona amb botons a personalitzar pel supermercat a través dels quals es pot accedir a ofertes o productes de temporada, per exemple.

Figura 4.27. Pantalla principal. *Font:* Disseny propi

Pantalla llista de la compra:

En ella trobem el resum dels articles de la compra que s'han seleccionat fins al moment i el preu total de la compra. Apareixerà aquesta pantalla cada cop que s'introdueixi un article al carret de forma correcta. Si es selecciona un article entrarem en la pantalla de descripció de l'article.

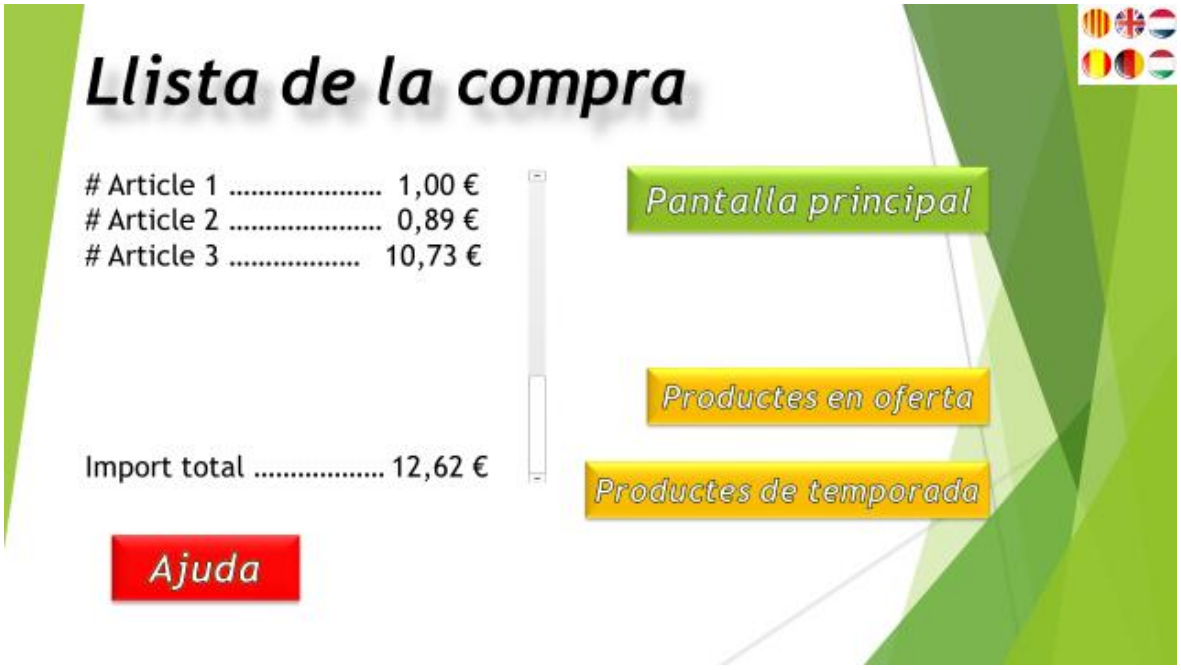


Figura 4.28. Pantalla llista de la compra. *Font:* Disseny propi

Pantalla d'article:

Aquesta pantalla sortirà quan es seleccioni un article del llistat de la compra o també si es passa pel davant del lector de codis de barres. Apareixerà la descripció del article, el seu import i una imatge d'aquest. Quan es doni el cas que s'identifica l'article a través del lector, apareixerà també un selector d'unitats i una instrucció que ens demanarà que s'introdueixi l'article al carret abans del temps predeterminat. En cas que s'hagi retirat un article del carret i acte seguit es passi pel lector, el sistema entendrà que es desitja retirar aquell article i ho preguntarà per pantalla, havent de confirmar el moviment i indicar les quantitats si s'escau. Hi haurà doncs tres possibles pantalles d'article: una per quan es vulgui afegir un article, una altre per quan es vulgui retirar i una altre amb una descripció més acurada de l'article en qüestió.

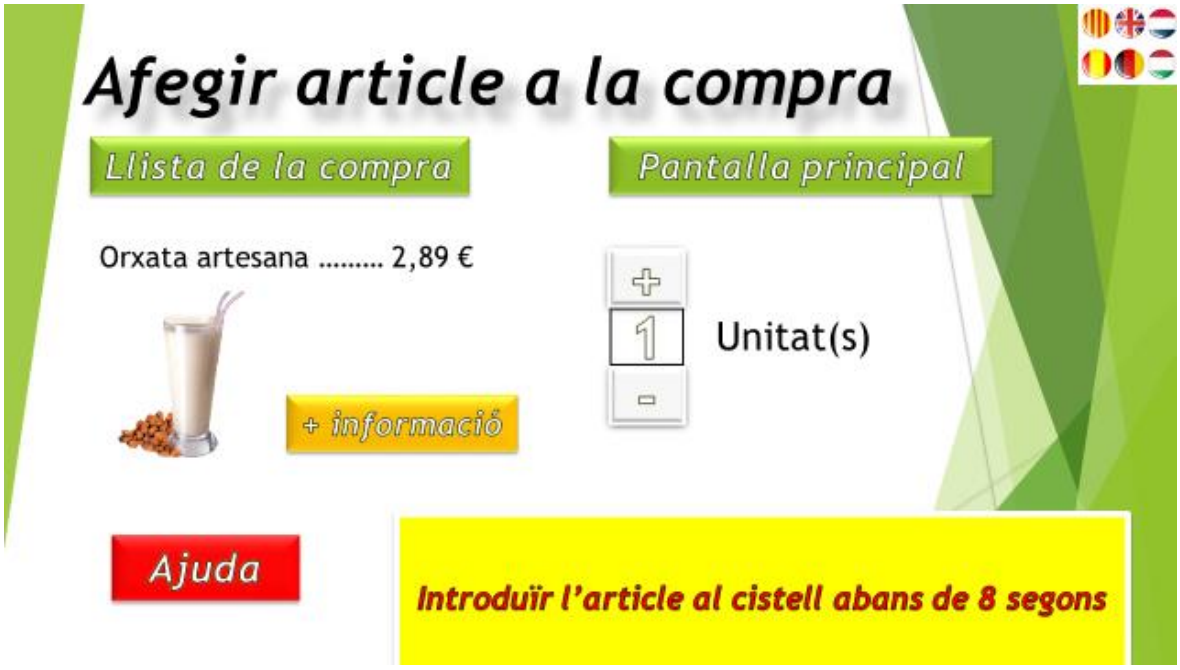


Figura 4.29. Pantalla d'article a l'hora d'afegir un article. *Font:* Disseny propi

En cas de que s'introdueixi un article sense haver-lo passat pel lector, o sense que coincideixi el pes es desplegarà un missatge que ens advertirà de la incidència i indicarà com procedir per solucionar-la.

El carret requerirà d'una pantalla tàctil que sigui resistent, fins a centenars de persones la tocaran cada dia i es susceptible a rebre cops. La pantalla més adient serà una pantalla tàctil resistiva, que ofereix una resistència als impactes majors i permet l'ús d'aquesta amb guants o altres elements amb els quals no es podria manipular una pantalla capacitiva. A la pantalla se li incorporarà el LED que indicarà si hi ha alguna incidència amb la compra.

La disponibilitat al mercat de dispositius amb pantalles tàctils que inclouen un processador, habitualment amb sistemes operatius programats, i altres accessoris com connexió Bluetooth, WiFi, USB, etcètera; ens porta a seleccionar un d'aquests dispositius com a pantalla, i que a la vegada funcioni com a processador de la informació que cal gestionar: els codis de barra llegits i les mesures de pes. A més les connexions tipus WiFi permetran que en tot moment els dispositius pugui establir connexió amb la base de dades del supermercat i tant preus, com pesos, com altres característiques o informació que es vulgui disposar es podran actualitzar de manera remota a través de la connexió inalàmbrica. Aquesta, també permetrà la comunicació amb les màquines de pagament automàtic de les caixes al moment de realitzar el pagament. Aquests dispositius tenen un preu aproximat d'uns 50 euros segons el fabricant i les prestacions que presenti.

4.3. El lector de codis de barra

El lector de codis de barra, també conegut com escàner, haurà d'estar dotat d'un sensor que detecti quan se li col·loca un producte al davant. D'aquesta manera el client no haurà de pitjar un botó cada cop que vulgui escanejar un producte, la compra serà més àgil, còmoda i fàcil.

Un lector de codis de barra que integra un sensor es el BP-513, del fabricant BaoPin Techonology. Aquest lector de codis de barra, tenen un preu de venda al públic al voltant d'uns 20-25 euros segons el distribuïdor. Comprant directament al fabricant una gran quantitat d'unitats, el preu podria oscil·lar entre els 15 i 20 euros.

Figura 4.30. Lector de codis de barra BP-513.

Font: http://www.bp-scan.com/en/Product_Show.asp?id=244

Seria convenient, adaptar la forma del escàner a la que més s'adeqüi per al carret. Caldria doncs plantejar al fabricant la possibilitat de fabricar un escàner amb les característiques desitjades. Si això fos possible, i assequible econòmicament, es disposaria d'un escàner a mesura, sinó caldria adaptar el que hi ha al carret.

4.4. El sistema de pesatge

Per a la implementació del sistema de pesatge cal tenir varies consideracions en compte:

La primera és que al tractar-se d'una introducció aleatòria de productes al carret, la posició del centre de masses de tots els productes introduïts serà diferent en cada cas. Això ens condiciona a l'ús de quatre cel·les de càrrega, ja que inclús utilitzant-ne tres, una posició descentrada del centre de masses de la càrrega podria donar mesures errònies.

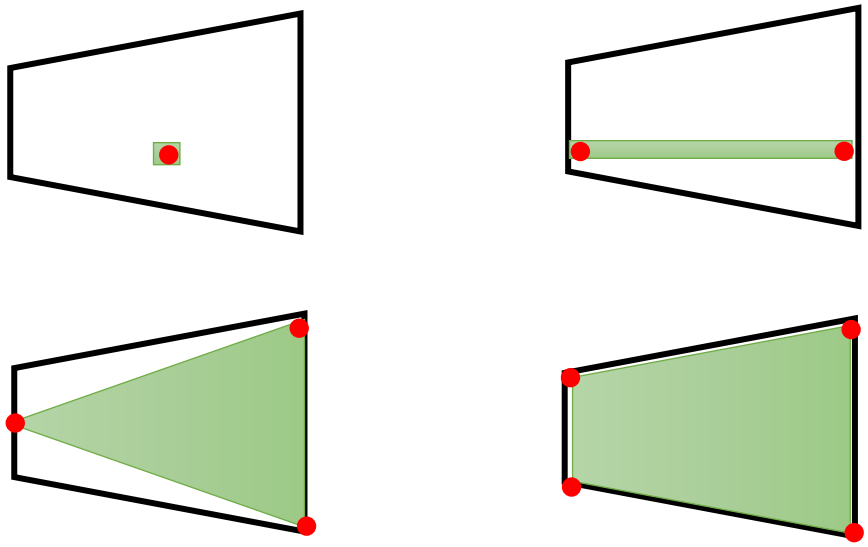


Figura 4.31. El contorn negre representa la superfície del cistell del carret. Els punts vermells, la posició de les cel·les de càrrega. La superfície verda és on pot caure el centre de masses per obtenir mesures fiables dels captadors.

Font: Pròpia

La segona, és que la força resultant aplicada a cadascun dels captadors s'ha d'exercir sobre aquests en la direcció perpendicular al terra. Tenint en compte que la superfície inferior del carret i el cistell no és paral·lela al terra, caldrà dissenyar tant el carret com el cistell de manera tal que la càrrega recaigui sobre les cel·les de càrrega en la direcció que pertoca. En l'esquema de la figura 4.32 es pot observar com estaran dissenyats carret i cistell per assegurar que les forces recauen perpendicularment sobre els captadors.

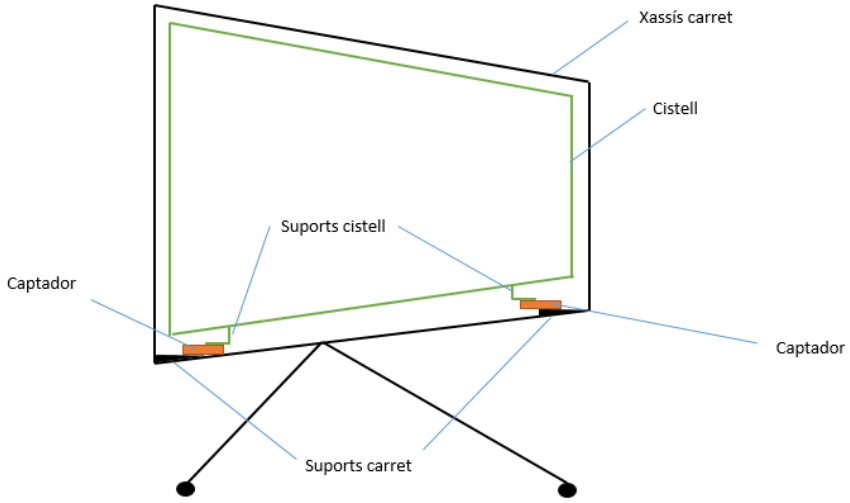


Figura 4.32. Esquema de disseny dels suports per adaptar els captadors al cistell i al carret.

Font: Pròpia

En la figura 4.33 es pot observar el detall de com serà la unió entre els captadors, el carret i el cistell. S'utilitza un cargol que no s'introdueix totalment dins la galga a fi de deixar espai suficient entre el suport del cistell i el captador per tal de poder ajustar l'alçada d'aquest un cop realitzat el muntatge. D'aquesta manera es podrà ajustar cada una de les galgues introduint volanderes de l'espessor d'un mil·límetre fins a assegurar que totes quatre treballen en un mateix pla. Per altre banda cal tenir en compte que el desplaçament del cargol que es donarà quan la cel·la de càrrega està flectada per l'efecte d'una càrrega, pot afectar a les mesures del pes si aquest desplaçament es troba restringit. Per permetre aquest moviment caldrà que el forat del cistell, per on passarà el cargol que uneix cistell i captador, sigui d'una mètrica major que la del cargol. A més, caldrà que s'utilitzin volanderes de goma per permetre la inclinació del cargol al flectar el captador.

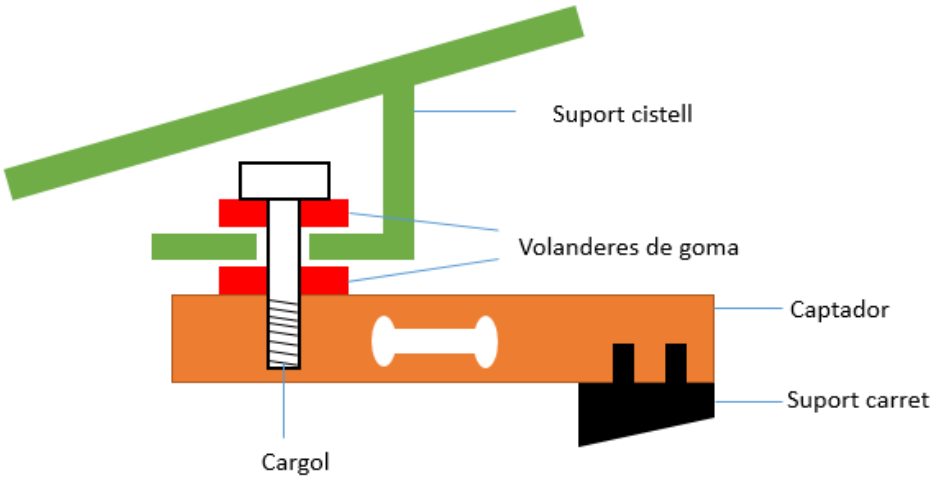


Figura 4.33. Esquema de la unió entre carret, captador i cistell.

Font: Pròpia

Es considera que la càrrega màxima a suportar pels captadors es de 120 kilograms. S'ha calculat aquesta força a partir de la capacitat del cistell que haurà de ser de almenys 120 litres per poder contenir una compra prou gran. Tot i que la densitat mitja de les compres realitzades al supermercats es molt menor que la de l'aigua, s'ha considerat aquesta per calcular la capacitat de càrrega màxima, així de ben segur els captadors no arribaran en cap cas a estar sotmesos a esforços més grans dels que puguin suportar.

Per tant, 120 kilograms a repartir entre quatre cel·les de càrrega resulta en una capacitat màxima de 30 kilograms per cel·la, que equival aproximadament a 300 N de força. Pel tipus de càrrega amb la que es treballa, i també pels pesos, el tipus de cel·la de càrrega més convenient, analitzades les característiques de cada una en la *taula 4.1* de la *pag. 31,* és la cel·la de càrrega d'un sol punt. Després d'analitzar les cel·les de càrrega de diferents proveïdors i de veure que totes estan dotades pràcticament del mateix nivell de precisió C3, que significa una precisió de 3000 divisions respecte la càrrega màxima, s'ha escollit la cel·la *L6N* del fabricant *Zemic Europe.* Aquestes cel·les estan disponibles en varies capacitats, entre elles la de 30 kilograms i tenen disponible models amb nivells de precisió C4, és a dir de 4000 divisions, que significa una precisió de 7,5 grams. Aquesta precisió serà suficient, doncs els productes del supermercat són en la majoria de casos de pesos majors, i els més lleugers acostumen a ser d' articles de preus baixos pels quals no val la pena buscar més precisió per el cost que això representaria.

Figura 4.34. Cel·la de càrrega *L6N* de *Zemic Europe.*

Font: http://www.zemiceurope.com/media/Documentation/L6N_Datasheet.pdf

Cada cel·la de càrrega *L6N* té un preu aproximat de 25 euros, per cada carret seran necessàries quatre, així doncs el preu de totes quatre serà de uns 100 euros.

Accuracy class		OIML R60 C3	OIML R60 C4
Output sensitivity (= FS)	mV/V	2.0 ± 0.2	
Maximum capacity (E_{max})	kg	3, 5, 8, 10, 15, 20, 30, 50, 75, 100	15, 20, 30, 50, 75
Max.number of load cell intervals	n_{LC}	3000	4000
Ratio of min. LC verification interval	$Y = E_{max} / v_{min}$	12000	20000
Combined Error	%FS	≤± 0.0230	≤± 0.0175
Minimum dead load	Of E_{max}	0%	
Safe overload	of E_{max}	150 %	
Ultimate overload	of E_{max}	300 %	
Zero balance	of FS	< ± 2.0 %	
Excitation, recommended voltage	V	5 ~ 12	
Excitation maximum	V	18	
Input resistance	Ω	409 ± 6	
Output resistance	Ω	350 ± 3	
Insulation resistance	MΩ	≥5000 (at 50VDC)	
Compensated temperature	°C	-10 ~+40	
Operating temperature	°C	-35 ~ +65	
Storage temperature	°C	-40 ~ +70	
Element material		Aluminium	
Ingress Protection (acc. to EN 60529)		IP65	
Recommended torque on fixation	Nm	M6: 10	

Figura 4.35. Fitxa tècnica de la cel·la de càrrega *L6N* de *Zemic Europe.*

Font: http://www.zemiceurope.com/media/Documentation/L6N_Datasheet.pdf

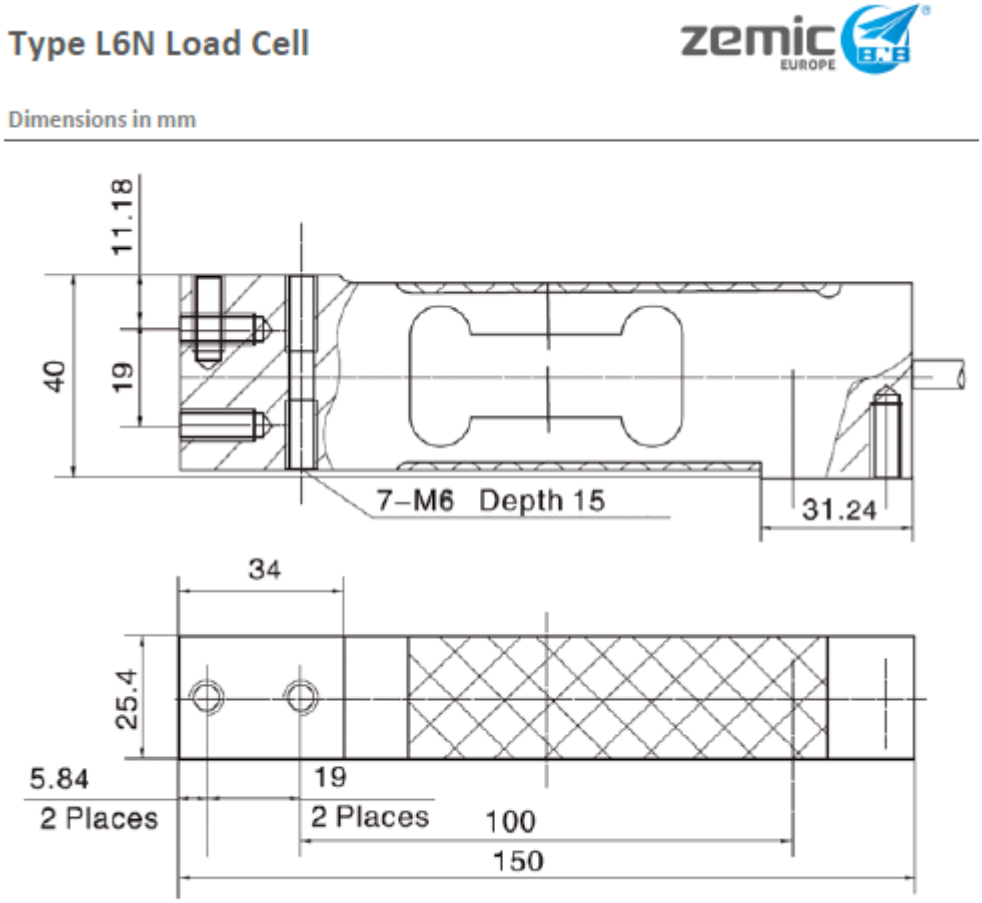


Figura 4.36. Dimensions de la cel·la de càrrega *L6N* de *Zemic Europe.* (cotes en mm).

Font: http://www.zemiceurope.com/media/Documentation/L6N_Datasheet.pdf

4.5. Estructura del carret

L'estructura del carret serà metàl·lica, com és habitual en la majoria de grans superfícies de compra i supermercats. Les bones propietats dels materials metàl·lics, com l'acer, la facilitat per manufacturar-los i el seu preu relativament econòmic els converteix en la millor opció per fabricar l'estructura del carret.

L'estructura del carret estarà formada per diferents tubs d'acer inoxidable. Utilitzar tubs en comptes de barres d'acer massís permetrà obtenir les mateixes propietats de resistència mecànica però utilitzant molt menys material.

Les mesures del carret han de ser tals com per permetré albergar un cistell amb almenys una capacitat de 120 litres, volum suficient per introduir una compra mitjana-gran.

Per a l'estudi de les propietats resistents del carret s'utilitzarà el programa SolidWorks amb els complements de Simulation. El Simulation de SolidWorks permet analitzar el sòlids prèviament dissenyats amb aquest mateix programa i conèixer el seu comportament sota determinats esforços i condicions de contorn. Per a l'estudi de l'estructura del carret s'utilitzarà un model de barres massisses per les dificultats trobades al mallar i estudiar un model creat per tubs. Per a que el model estudiat sigui vàlid per determinar el comportament de la estructura caldrà que els moments d'inèrcia i els moments resistents de la secció del model utilitzat i els de la secció tubular de l'estructura siguin iguals. Els esforços de flexió seran els més acusats en l'estructura del carret i per tant els moments d'inèrcia i resistents de la secció transversal dels tubs seran els més determinants a l'hora de calcular les tensions màximes.

A la figura 4.37 podem veure l' estructura proposada. Observem que per tal de que els carrets siguin apilables els uns dins dels altres cal que les diferents cares del carret estiguin inclinades. S'ha modelat només una meitat de l'estructura del carret ja que aquest té un pla de simetria vertical en la direcció longitudinal que permet estalviar cost computacional a l'hora de realitzar els càlculs. A la pràctica les càrregues que rebrà el carret no tindran una distribució simètrica, però en l'estudi realitzat s'han suposat d'aquesta manera ja que s'ha aplicat la càrrega màxima de 300 N sobre cada un dels captadors. Si l'estructura del carret és capaç de suportar les càrregues màximes de 300 N sobre cada captador (és a dir un total de 1200 N) serà capaç de suportar el pes d'una compra qualsevol, el centre de gravetat de la qual no estigui centrat respecte el pal de simetria del carret, ja que es gairebé impossible que s'arribi a pesos tan grans.

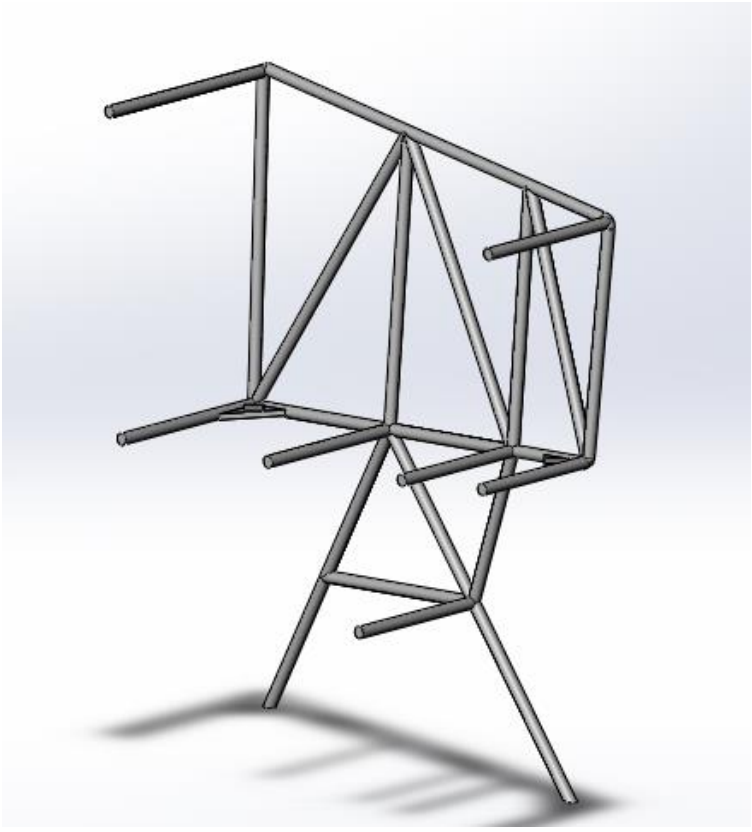
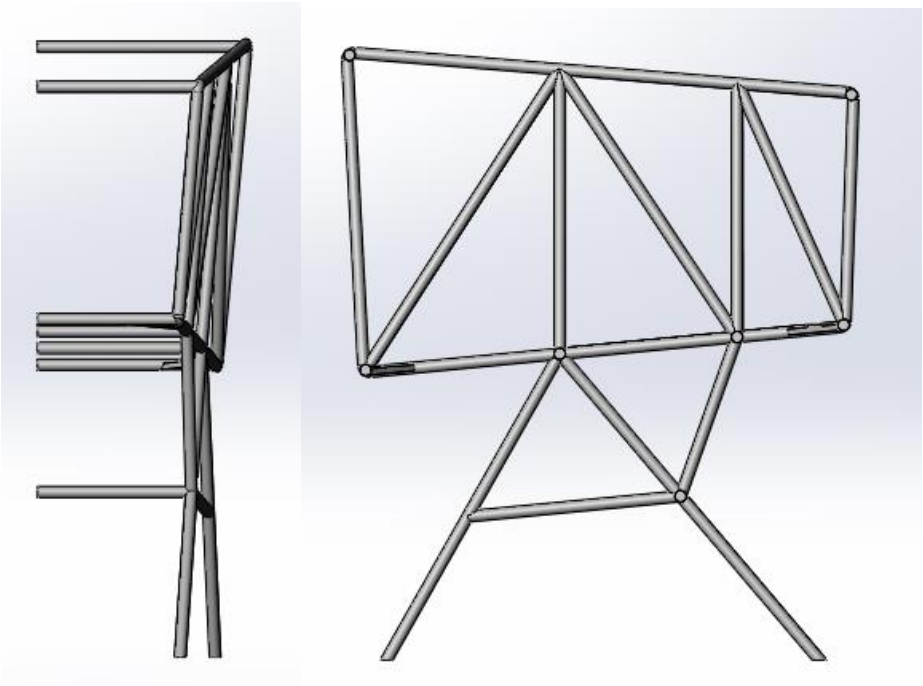


Figura 4.37. Model de SolidWorks de l'estructura del carret.

Font: Pròpia.

A les figures 4.38, 4.39 i 4.40 veiem l'estructura del carret vista des de la part frontal, la part lateral i la superior, respectivament.

A les figures 4.41, 4.42 i 4.43 tenim uns croquis amb les dimensions del carret.



Figures 4.38 i 4.39. Vista frontal i lateral del model de SolidWorks de l'estructura del carret.

Font: SolidWorks

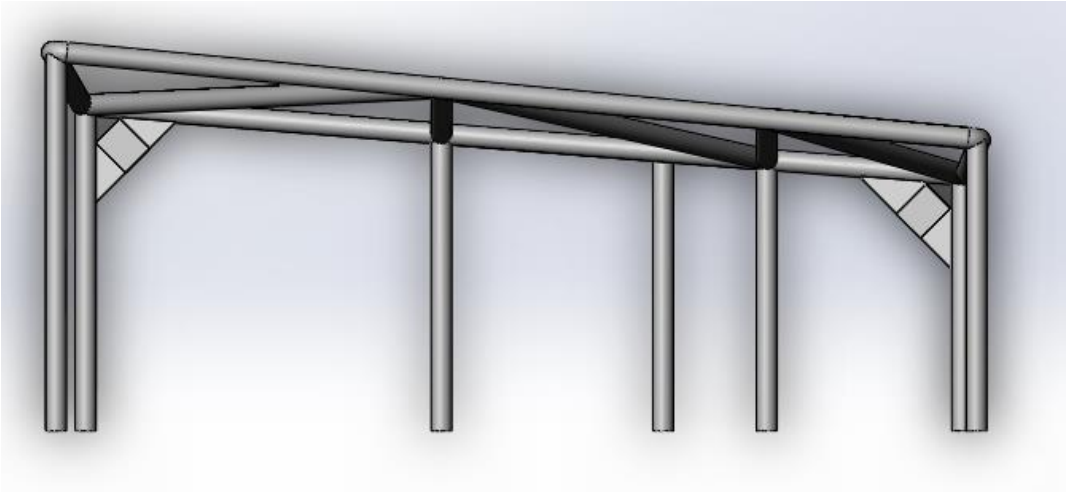


Figura 4.40. Vista superior del model de SolidWorks de l'estructura del carret.

Font: SolidWorks.

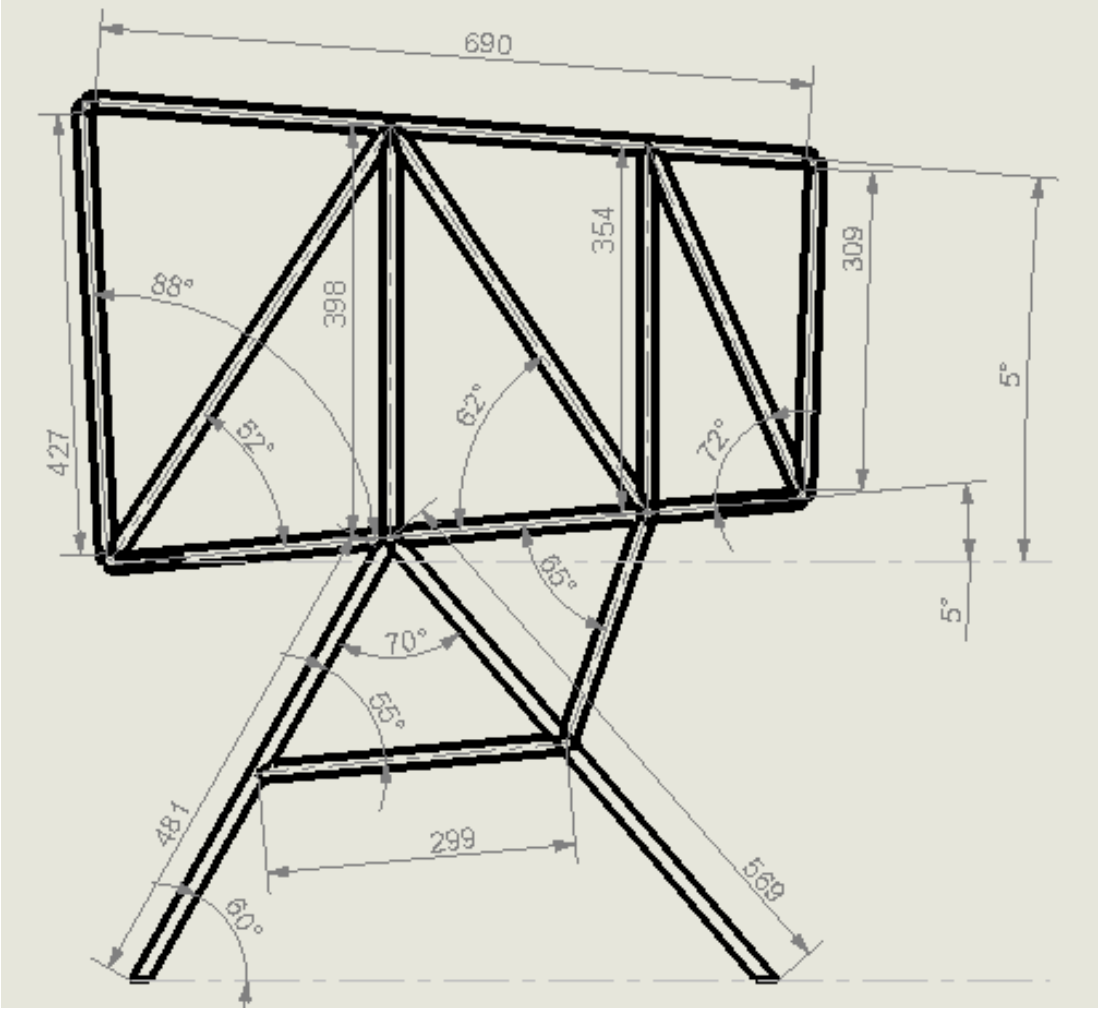


Figura 4.41. Croquis amb cotes de la vista lateral (cotes en mm).

Font: SolidWorks.

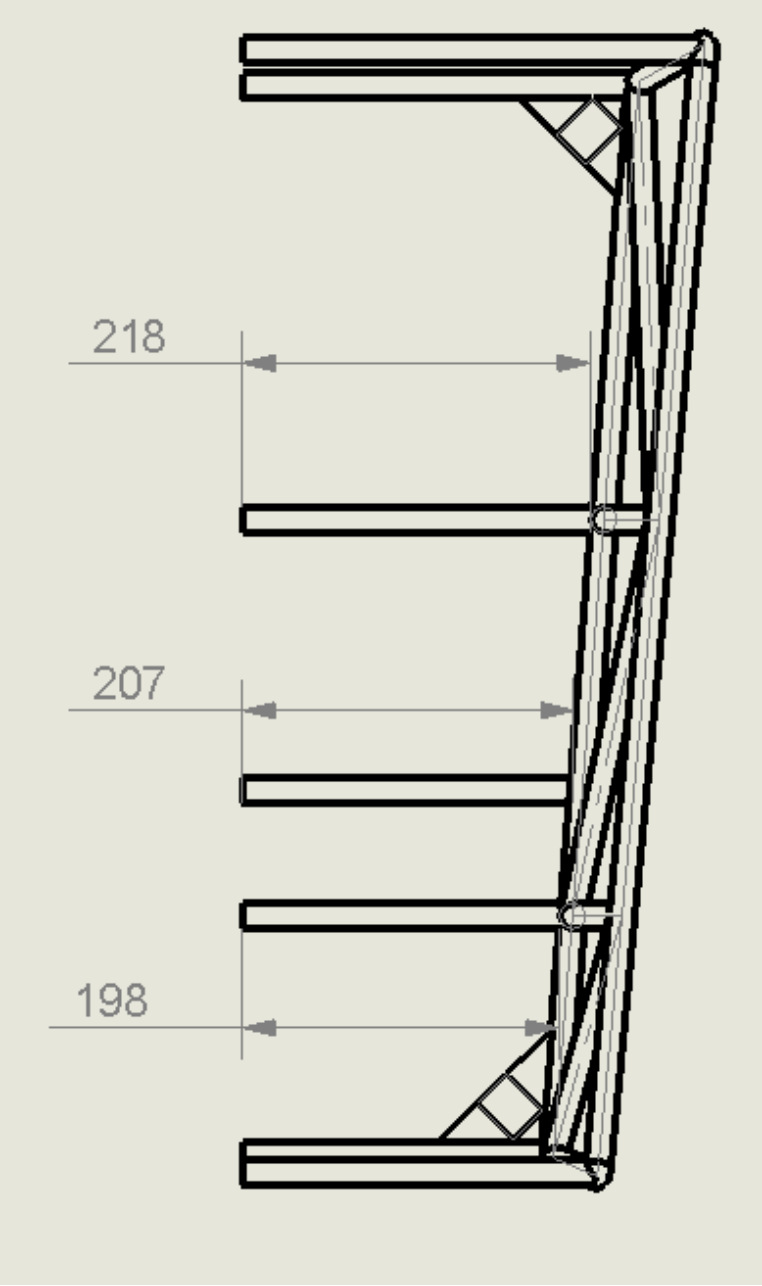


Figura 4.42. Croquis amb cotes de la vista superior (cotes en mm).

Font: SolidWorks.

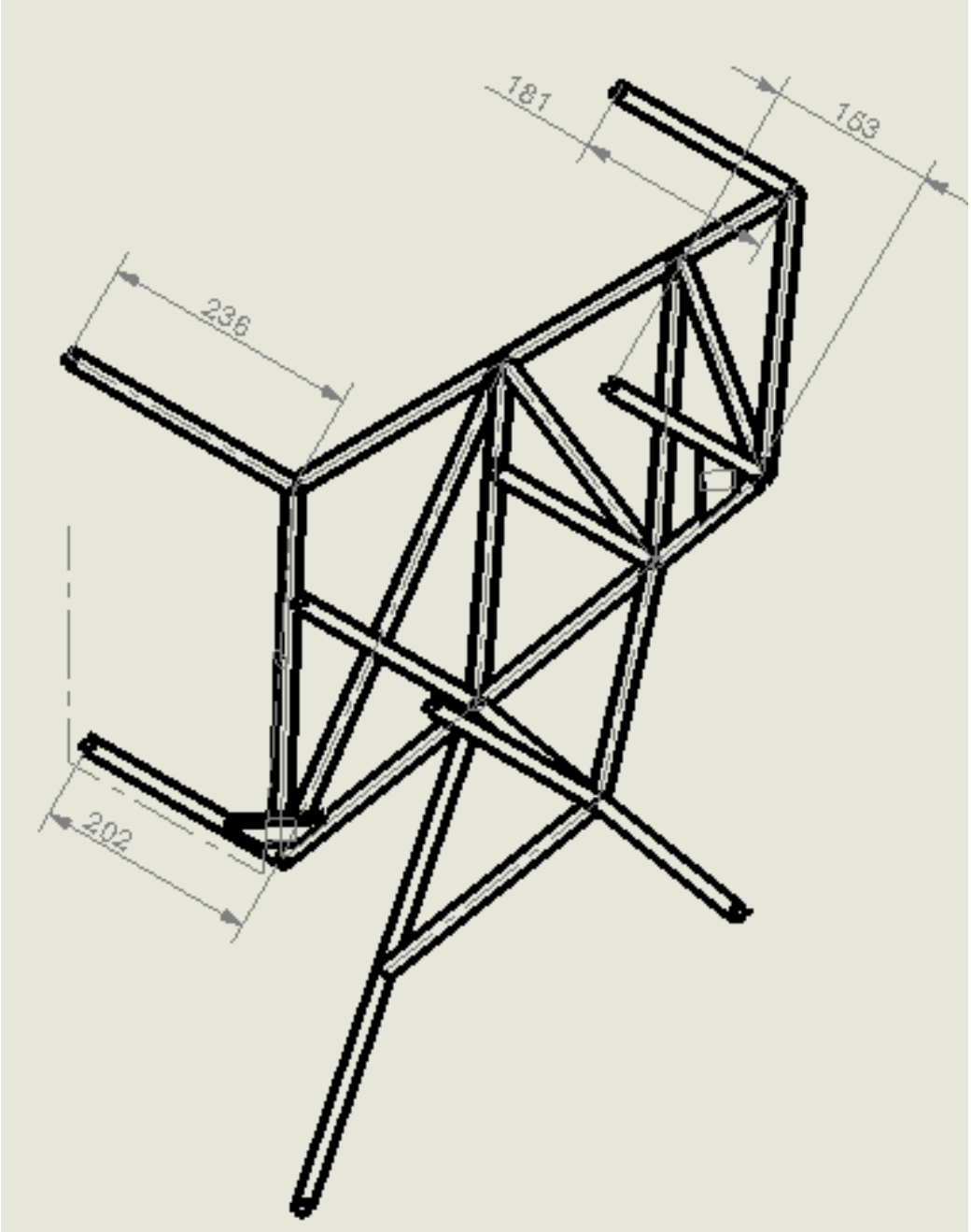


Figura 4.43. Croquis amb cotes de la vista isomètrica (cotes en mm).

Font: SolidWorks.

El material de fabricació de l'estructura del carret serà acer al carboni sense aliatges, amb un acabat cromat per protegir l'acer de la corrosió.

Les propietats de l'acer que s'ha utilitzat per al model ha estudiar són les que es detallen a la figura 4.44 i que ens proporciona el mateix programa de SolidWorks.

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	210000	N/mm^2
Coeficiente de Poisson	0.28	N/D
Módulo cortante	79000	N/mm^2
Densidad de masa	7800	kg/m^3
Límite de tracción	399.83	N/mm^2
Límite de compresión		N/mm^2
Límite elástico	220.59	N/mm^2

Figura 4.44. Propietats de l'acer utilitzat per simular el comportament de l'estructura.

Font: SolidWorks.

A continuació es detallen les condicions de contorn utilitzades per realitzar la simulació:

Simetria: S'ha aplicat la condició de simetria a totes les cares que es troben en el pla de simetria.

Forces: S'ha aplicat 300 N de pes a cada un dels dos suports dels captadors presents en el model.

Subjeccions: el carret es podrà moure en el pla, ja que es recolza sobre les rodes, però per realitzar la simulació s'han fixat els desplaçaments d'una roda i s'ha restringit el moviment en l'eix *z* de l'altre perquè sinó el carret es podria moure lliurement en qualsevol direcció del pla del terra.

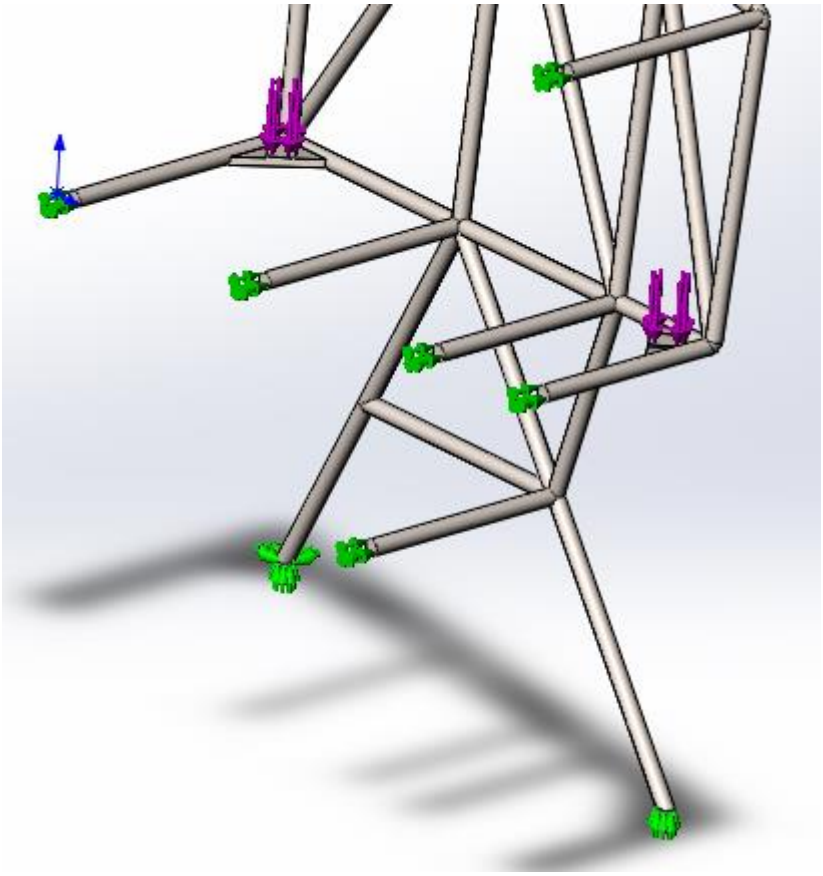


Figura 4.45. Condicions de contorn aplicades al model de l'estructura del carret.

Font: SolidWorks.

En quan al mallat s'ha utilitzat una densitat de malla mitjana, suficient pel model que tenim. S'ha aplicat malla basada en curvatura per a que de manera automàtica es creïn més elements en les zones de major curvatura.

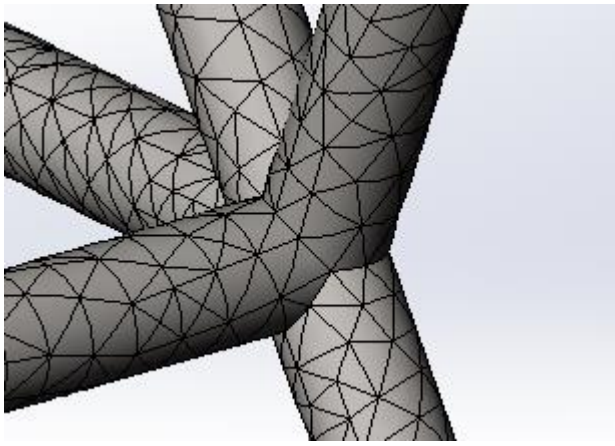


Figura 4.46. Detall de la malla aplicada.

Font: SolidWorks.

Un cop executat l'estudi s'obtenen els resultats de les tensions i les deformacions presents a l'estructura. Després de varis anàlisis modificant els grossors de les barres i afegint diversos elements de reforç estructural s'ha arribat a l'estructura que ja em vist a les figures 4.36 a 4.39 amb un diàmetre de 16 mm.

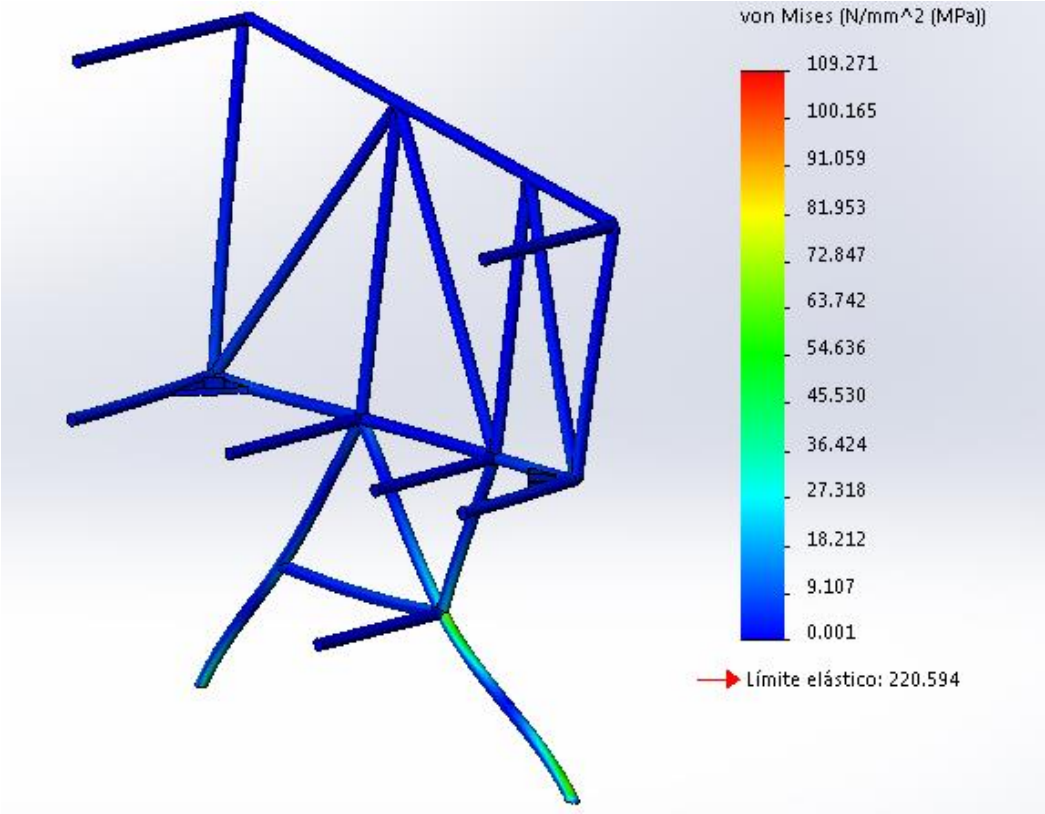


Figura 4.47. Tensions de Von Mises de l'estructura del carret.

Font: SolidWorks.

Observem que la tensió de Von Mises màxima, que es dona a la pota davantera sobre la que recau una bona part del pes, es més de 2 vegades menor que la tensió del límit elàstic. Tenim petant un marge de seguretat suficient per assegurar que l'estructura del carret serà prou resistent, inclús sense haver tingut en compte altres carregues, menys significatives però que hi son a l'hora de la veritat, com veurem més endavant.

En quant a les deformacions, podem observar a la figura 4.47, la deformació màxima (de 1,054 mm) es dona a la part frontal superior del carret, en el punt marcat a la figura, ja que es el punt més extrem on més es nota la flexió de tot el carret. La deformada representada a la figura te un elevat factor d'escala per que s'aprecii com deforma l'estructura. A la pràctica les deformacions seran difícilment apreciables a l'ull humà ja que la màxima amb prou feines arriba a un mil·límetre.

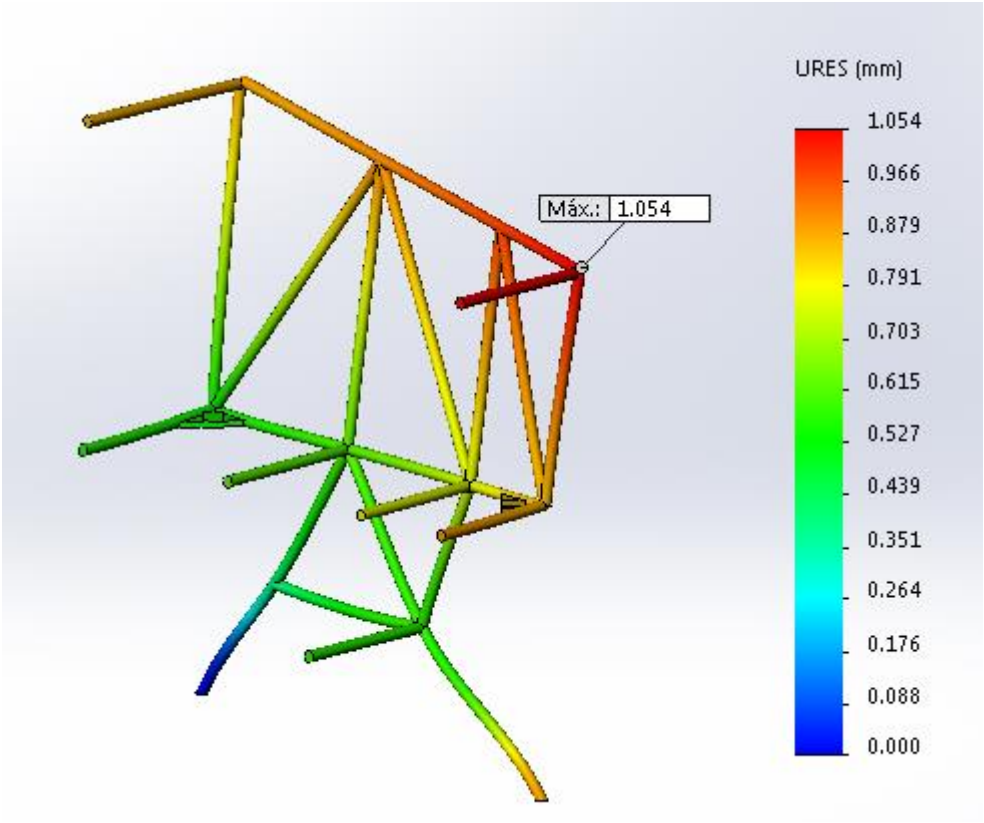


Figura 4.48. Deformacions de l'estructura del carret.

Font: SolidWorks.

El model utilitzat per a l'estudi, de barres massisses de 16 mil·límetres de diàmetre, tindrà un pes excessiu. Per a la construcció de l'estructura s'utilitzaran barres tubulars que requereixen de molt menys material i aporten propietats resistents similars. Per trobar l'equivalent tubular de les barres massisses haurem d'assegurar que les seccions de totes dues tinguin iguals moments d'inèrcia i resistents.

Per una secció circular massissa de diàmetre *d* tenim:

$$Iz = Iy = \frac{\pi d^4}{64} \quad \text{i} \quad Wz = Wy = \frac{\pi d^3}{32}$$

Per una secció circular tubular de diàmetre exterior *D* i diàmetre interior *d* tenim:

$$Iz = Iy = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{64} \quad \text{i} \quad Wz = Wy = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{32 \cdot D}$$

De les expressions anteriors veiem que si en comptes d'una barra massissa de 16 mm de diàmetre utilitzem una tubular de 16 mm de diàmetre interior i 20 exterior, és a dir 2 mm

d'espessor, els moments resistents de la segona secció seran majors i per tant utilitzant menys material tindrem millors propietats resistents.

Moments d'inèrcia (Iz, Iy) i resistents (Wz, Wy)secció massissa 16 mm de diàmetre:

$$Iz = Iy = 3217\ mm^4$$

$$Wz = Wy = 402{,}12\ mm^3$$

Moments d'inèrcia (Iz, Iy) i resistents (Wz, Wy)secció tubular de 16 mm de diàmetre interior i 20 mm de diàmetre exterior:

$$Iz = Iy = 4637\ mm^4$$

$$Wz = Wy = 463{,}7\ mm^3$$

En l'estudi realitzat no s'han tingut en compte el pes propi de l'estructura, ni dels elements que hi falten: el mànec, la pantalla, el lector i els seus suports, la bateria, el cistell, ni tampoc el pes propi de l'estructura, ni la força que pot exercir el client sobre aquesta. Es convenient doncs, per assegurar la resistència a llarg termini de l'estructura, que aquesta sigui més resistent del que s'havia previst en l'estudi. Utilitzant barres tubulars de diàmetres interior i exterior de 16 i 20 mil·límetres respectivament em pogut veure que seran augmentades les propietats resistents del carret i per tant serà correcte utilitzar-les per a manufacturar l'estructura del carret.

El cistell s'ha dissenyat de manera que aquest entri dins l'estructura del carret i es recolzi sobre els captadors a través del suports prèviament ideats. A les figures que es mostren a continuació es pot veure com serà el cistell (al igual que el carret, serà simètric i per aquest motiu s'ha simplificat el modelat a mitja peça), com queda muntat a dins del carret i un detall dels suports que es recolzaran sobre els captadors i que seran el punt de contacte del cistell amb el carret. Al igual que l'estructura del carret estarà fabricat d'acer i acabat amb crom. Les barres però si que seran massisses tot i que molt més primes, de 6 mil·límetres de diàmetre les més gruixudes i de 4 mil·límetres totes les demés. Observis que s'ha dotat d'una articulació a la cara posterior per permetre l'apilabilitat dels carrets.

Figura 4.49. Cistell dissenyat amb SolidWorks.

Font: SolidWorks.

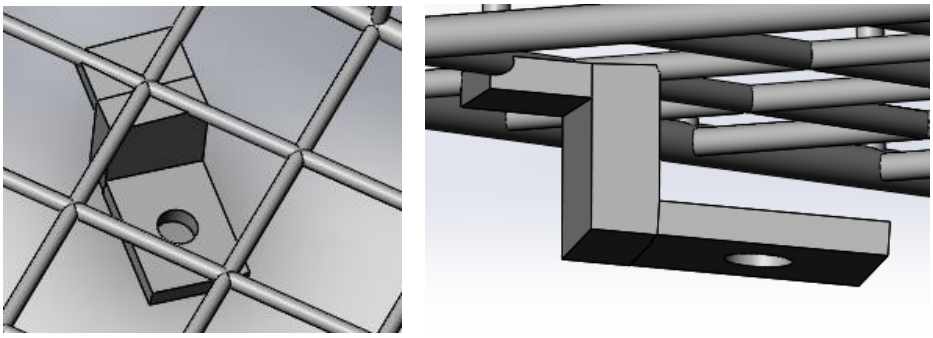


Figura 4.50. Detall dels suports que recolzaran sobre els captadors.

Font: SolidWorks.

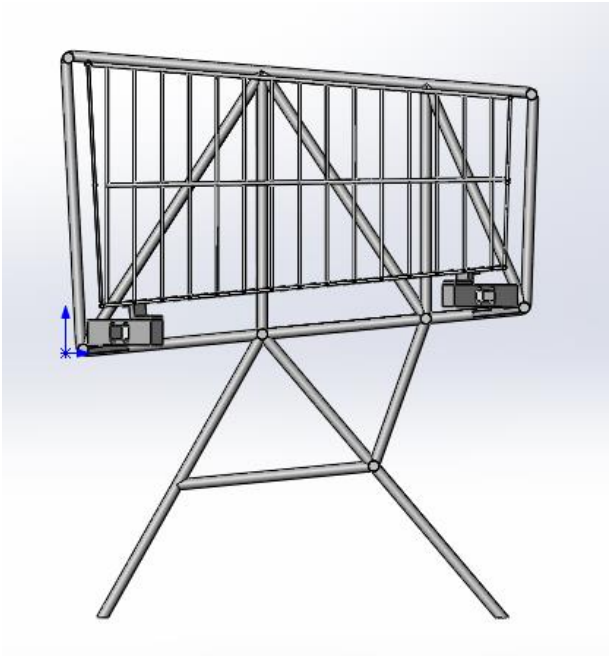


Figura 4.51. Vista de l'estructura del carret amb el cistell a dins i els captadors.

Font: SolidWorks.

Figura 4.52. Vista de l'estructura del carret amb el cistell a dins i els captadors.

Font: SolidWorks.

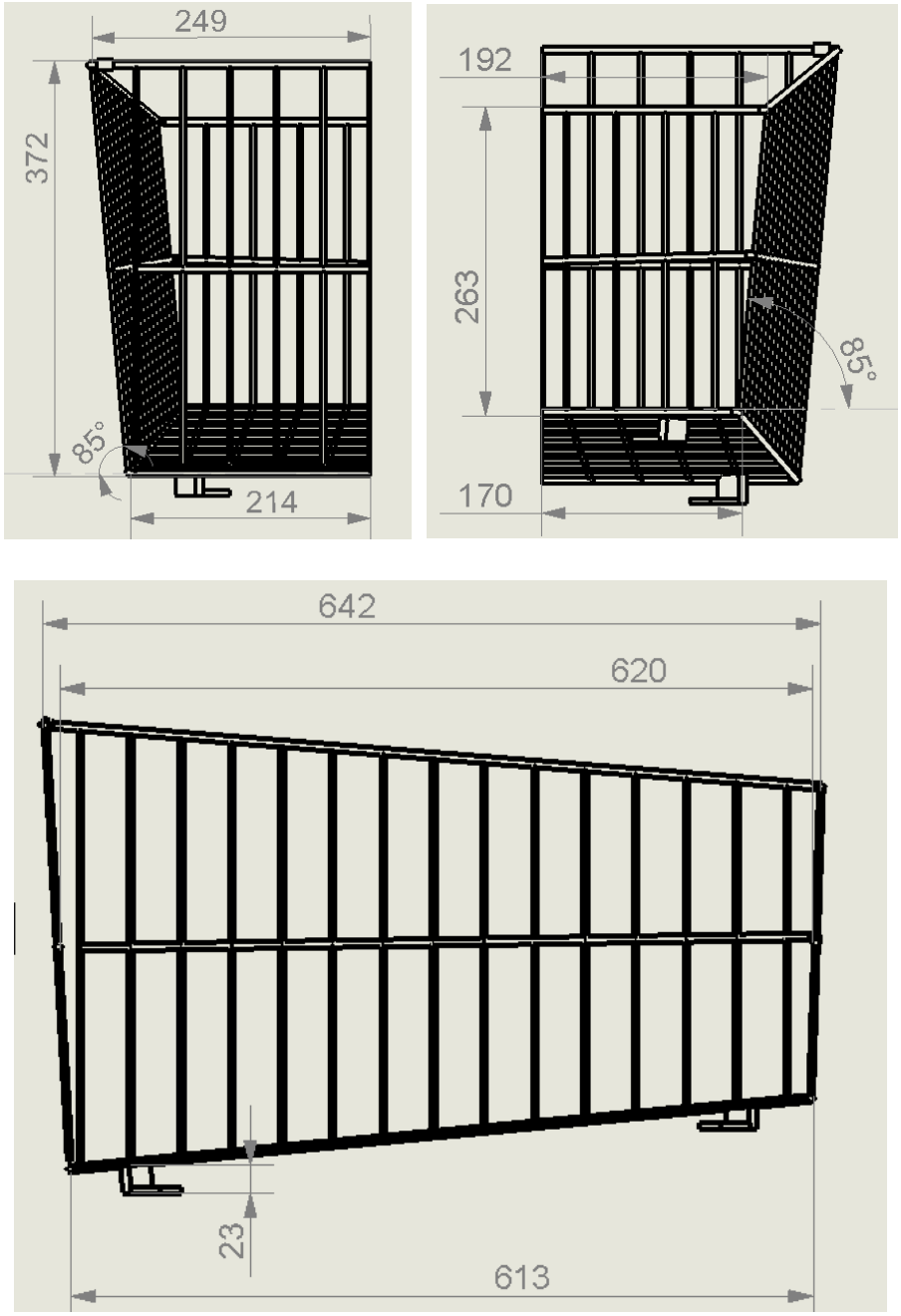


Figura 4.53. Cotes que defineixen les dimensions del cistell. Vista posterior i frontal a dalt i vista lateral a baix (cotes en mm).

Font: SolidWorks.

Un dels elements que es veurà modificat en aquest carret respecte els que hi ha habitualment són les rodes. Aquestes acostumen a ser de poliuretà o goma. Per que els captadors puguin oferir les mesures de pes més fiables possible caldrà que aquestes no es vegin afectades per les vibracions del carret en moviment. La idea de fer mesures de pes amb el carret quiet es descarta per dos motius: Primer, obligaria als clients a parar-se més del compte, perdent-se el temps que es pretén guanyar. I segon, cada cop que no es fes una mesura correctament per culpa del moviment del carret implicaria una compra amb incidència que s'hauria de cobrar manualment. I tot això sense tenir en compte el sistema de control necessari per saber si el carret està en moviment en el moment en que es pren la mesura.

Perquè les rodes puguin absorbir les vibracions del moviment del carret el més ideal seria fabricar-les de goma o cautxú. El fabricant *Qingdao Kinghood Tools* disposa en el seu catàleg de multitud de rodes de cautxú per carrets que es podrien adaptar per eliminar dites vibracions.

Per completar el carret caldrà adaptar a l'estructura el mànec i ells suports necessaris per instal·lar-hi la pantalla i el lector de codis de barra. A més hauran de disposar de suports per una bateria, de prou durabilitat com per aguantar un dia sencer operant, que alimenti tot el sistema electrònic: cel·les de càrrega, lector de codis de barra, pantalla i processador. A més caldrà adaptar un terminal per a poder endollar les bateries quan cessi la activitat al supermercat.

4.6. Cost

El cost del carret inclou:

Un carret nou equipat amb tots els suports necessaris, el cistell i les rodes de cautxú. El preu d'un carret ronda els 40 euros, afegint-li les rodes, el cistell i els suports, el seu preu per unitat pot assolir sense dificultats els 60 euros.

Els quatre captadors, que tindrien un preu de 100 euros.

La pantalla amb el processador de dades incorporat i els ports de connexió necessaris, tant els ports de connexió amb els captadors i el lector de codis de barra com les connexions inalàmbriques que serviran per comunicar-se amb caixa i el servidor. El cost d'un d'aquests dispositius es de 50 euros, el considerarem de 70 per incloure el cost de la bateria recarregable.

El lector de codis de barra es considerarà que te un preu de 20 euros.

Element	Preu (€)
Carret amb suports i cistell	60
4 captadors	100
Lector de codis de barra	20
Pantalla equipada	70
Total	**250**

Taula 4.2. Taula resum del cost total del carret.

En definitiva el cost del carret adaptat amb tots els elements necessaris per al seu funcionament és de 250 euros. Aquest cost no inclou l'assemblatge dels components, ni la instal·lació elèctrica requerida, ni la programació dels carrets.

5. Adaptació del supermercat

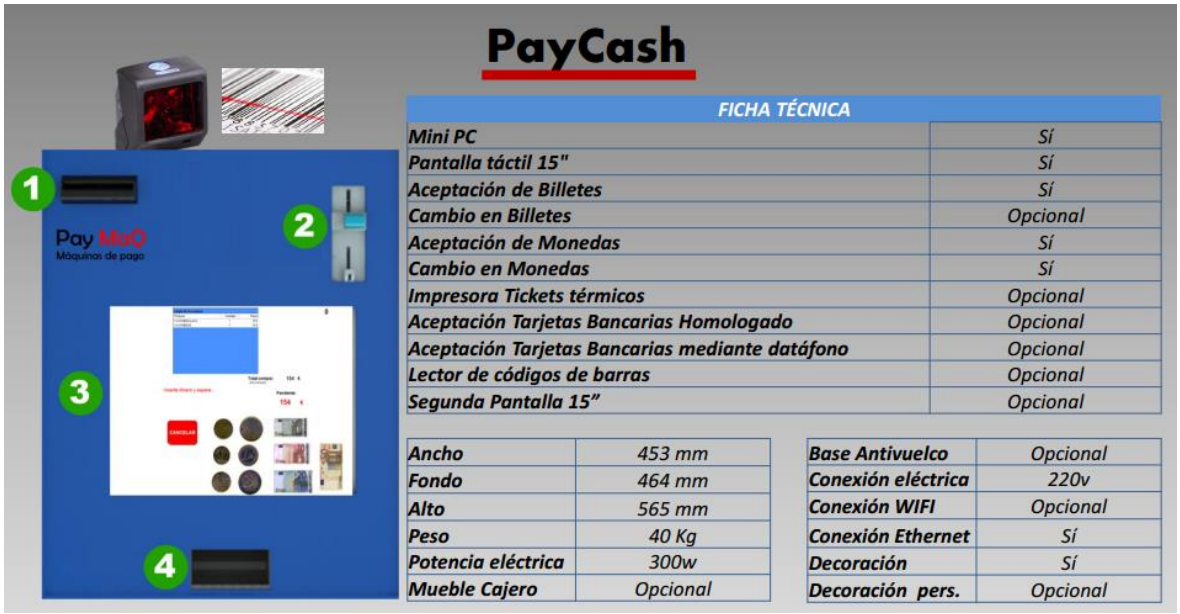
Un cop es disposa dels carrets intel·ligents amb les funcionalitats necessàries per poder operar amb el sistema de compra desitjat, li arriba el torn al supermercat d'adaptar-se a per a poder començar a funcionar. De les necessitats analitzades en apartats anteriors se sap que s'haurà de dotar al supermercat de màquines automàtiques per a realitzar els cobraments i d'una xarxa connectada via WiFi que permeti el control i l'actualització de dades tant dels carrets com de les màquines de cobrament. També caldrà adaptar una zona d'apilament de carrets on aquests puguin recarregar-se.

5.1. Maquines de cobrament automàtic

Les màquines de cobrament automàtic presents en els supermercats es comunicaran via WiFi amb els carrets intel·ligents. En el moment d'arribar a caixa, el client haurà de seleccionar l'opció que apareix per pantalla i diu *Finalitzar Compra,* aleshores es demanarà que s'introdueixi el número de caixa en el qual s'ha situat el client. El carret establirà connexió amb la màquina i aquesta tindrà accés a la informació de la compra i demanarà al client que s'aboni l'import total d'aquesta. Per abonar l'import la màquina estarà dotada de ranures per introduir monedes bitllets i targetes bancaries. La màquina retornarà el canvi en bitllets i monedes segons s'escaigui i acte seguit imprimirà el tiquet de la compra.

Hi ha varies màquines de cobrament automàtic de diferents proveïdors com són la *Cash3* de *Comersell & Products,S.L.* la *Tecnoticket* de *Siteco* o la *PayCash* de *PayMaQ.* Habitualment, dites màquines es comercialitzen via *renting*, és a dir són de lloguer. Les màquines pertanyen als fabricants i per un cost mensual determinat les instal·len als establiments on ofereixen el servei de cobrament. La gestió d'incidències referents a les màquines i el seu manteniment corre a càrrec del proveïdor, cosa que permet que els establiments, en aquest cas els supermercats, es puguin desentendre d'aquestes tasques.

De les màquines citades anteriorment s'ha escollit la *PayCash*, ja que és la que més versatilitat i flexibilitat ofereix. Permet la connexió WiFi, el pagament amb efectiu i targeta, la devolució de canvi en bitllets i monedes (també el pagament com és lògic) i la impressió de tickets.



FICHA TÉCNICA	
Mini PC	Sí
Pantalla táctil 15"	Sí
Aceptación de Billetes	Sí
Cambio en Billetes	Opcional
Aceptación de Monedas	Sí
Cambio en Monedas	Sí
Impresora Tickets térmicos	Opcional
Aceptación Tarjetas Bancarias Homologado	Opcional
Aceptación Tarjetas Bancarias mediante datáfono	Opcional
Lector de códigos de barras	Opcional
Segunda Pantalla 15"	Opcional

Ancho	453 mm	Base Antivuelco	Opcional
Fondo	464 mm	Conexión eléctrica	220v
Alto	565 mm	Conexión WIFI	Opcional
Peso	40 Kg	Conexión Ethernet	Sí
Potencia eléctrica	300w	Decoración	Sí
Mueble Cajero	Opcional	Decoración pers.	Opcional

Figura 5.1. Fitxa tècnica de la màquina *PayCash* de *PayMaQ*.

Font: http://www.paymaq.com/img/paycash_ficha.pdf

5.2. Instal·lació xarxa WiFi

La instal·lació d'una xarxa WiFi que permeti tenir interconnectats en tot moment els carrets i les màquines de cobrament automàtic amb el servidor permetrà una gestió més eficient de la operativa. Es podran conèixer en temps real els estats de les màquines i els carrets, tenint la possibilitat d'anticipar les accions correctives pertinents. Es podrà dur a terme una recol·lecció de dades dels paràmetres de compra dels clients: els temps, els articles, el recorregut de compra, etcètera, que permetrà conèixer en detall les preferències dels clients i molts detalls sobre el procés de compra que serviran per dur a terme accions per millorar les experiències de compra.

5.3. Zona de càrrega de carrets

Serà necessari disposar d'una zona de càrrega de carrets, on un cop finalitzada la jornada es portin a carregar els carrets per garantir que al dia següent estaran tots operatius a plena càrrega. Dita zona podrà ser la mateixa zona que disposi el supermercat per apilar els carrets. Aquesta s'haurà d'adaptar amb els endolls i cables necessaris per permetre la càrrega dels carrets.

5.4. Mesures antifrau

Es corrent pensar que amb aquest sistema de compra augmenta la facilitat per cometre accions fraudulentes vers el supermercat, petits furts o trampes que abarateixin el llistat de la compra.

En quant als petits furts, que ja estan presents en el supermercats avui en dia, arriba una petita millora amb aquest sistema de funcionament dels supermercats. El cobrament automàtic permetrà retirar personal de les caixes que podrà redirigir la seva feina a oferir un servei d'atenció al client, augmentat la presencia de personal pels passadissos. Això permetrà tenir més ulls sobre els clients, es podran veure les seves necessitats i oferir un servei d'atenció i informació excel·lent, i es podrà veure també si n'hi ha algun amb actituds o moviments sospitosos de cometre furt.

En quant a les trampes, és fàcil enganyar al carret si hi ha dos productes iguals, del mateix pes, però de diferents marques una més cara que l'altre. Si es passa un producte pel lector, el més barat, però s'introdueix el que és més car el carret no serà capaç de diferenciar l'un i l'altre ja que pesen el mateix. Per evitar aquestes situacions es proposa que per aquells productes on sigui més habitual cometre aquest tipus de trampa, el seu empaquetatge sigui de tal manera que tingui un pes característic diferent al dels altres productes de la mateixa categoria però menor qualitat. Així aquest pes característic permetrà al carret diferenciar un producte dels altres, impedint que es duguin a terme aquests tipus de fraus.

Es pot pensar també que el fet de passar per caixes on hi ha màquines i no persones pot portar a algú a no sentir-se observat i no pagar la seva compra i emportar-se-la com si res. Habitualment totes les grans superfícies ja tenen personal de seguretat, tant al voltant de les caixes com observant les càmeres de videovigilància. Es tractaria doncs de tenir una persona de seguretat encarregada de vigilar les caixes automàtiques assegurant que els clients efectuen el pagament fefaentment. Una altre opció es col·locar barreres en les caixes automàtiques que s'obrin un cop realitzat el pagament. Aquesta opció però, no permetria prescindir d'un vigilant a les caixes, doncs algú podria intentar colar-se amb la seva compra darrera d'algun client que tot just a pagat.

5.5. Adaptació del llocs de treball

Com s'ha comentat en pàgines anteriors, les màquines de cobrament automàtic no eliminaran llocs de feina, sinó que els redirigiran cap a altres tipus de feina. Cal dir que haurà de seguir havent-hi caixes manuals, i per tant caixers, per a realitzar el cobrament d'aquelles compres

on s'hi hagi produït alguna incidència. El personal que surti de caixa s'haurà de formar en donar servei atenció al públic, una feina que serà molt necessària amb aquest model de supermercat, sobretot en la seva etapa inicial on aquest sistema operatiu representi una novetat.

A més del servei d'atenció al públic, hi haurà d'haver un servei d'atenció als carrets, ja que ara aquests podran donar lloc a incidències i problemes de compra si els falla algun dels elements. Haurà d'haver-hi per tant personal encarregat a gestionar les incidències amb els carrets i que s'ocupi de que sempre estiguin donant servei aquells que tenen més hores d'autonomia segons l'estat de càrrega de la seva bateria, el qual es podrà conèixer a través dels mateixos carrets o de la informació que aquest comparteixen a través de la xarxa WiFi.

Tenir personal disponible permetrà també portar un millor control de l'inventari i reposar amb més agilitat els productes que s'esgoten. Si es produeix un augment de la capacitat d'absorció de clients en el supermercat es produirà també un augment amb les vendes i en la freqüència de rotació dels productes, que faran que les reposicions d'estoc siguin una necessitat manifesta.

En definitiva, el personal que surti de les caixes serà redirigit a altres feines pel supermercat. El millor seria formar a tots els empleats en les diferents feines que s'hauran de dur a terme amb la nova operativa per tal de dotar-los d'una polivalència que permeti la màxima flexibilitat a l'hora de gestionar el repartiment de tasques. A més, la realització de tasques variades augmentarà la qualitat dels llocs de treball del supermercats.

6. Implementació del nou sistema operatiu

6.1. Substitució gradual de carrets i caixes

Per començar a operar amb el nou sistema es proposa fer-ho de manera gradual, començar instal·lant una màquina de cobrament automàtic i entre 6 i 12 carrets segons el número de caixes automàtiques operatives. D'aquesta manera es podrà veure com va funcionant el nou sistema, quins problemes es generen, quines dificultats presenta per als clients sense afectar al actual sistema. Es podran dur a terme les accions correctives pertinents així com els ajustos necessaris per tal de que a mesura que s'introdueixin més màquines i carrets ho puguin fer operant sense dificultats i a ple rendiment.

El canvi progressiu de la manera de funcionar del supermercat es farà més fàcil de pair pels clients els quals s'aniran adaptant poc a poc, al mateix ritme que el supermercat, a la nova manera de fer. A més, permetrà al supermercat anar formant progressivament als seus empleats en les noves tasques que s'hauran de dur a terme

Si es considera un supermercat amb un total de 10 caixes operatives, cada quinze dies es substituirà una de les caixes per una màquina de cobrament automàtic i s'adaptaran 6 carrets, o s'incorporaran de nous, adaptats per controlar el contingut de la compra. Durant la primera setmana s'extrauran dades de com funciona tant el carret, com el servei en global, demanant l'opinió del clients l'utilitzin. La segona setmana serà per implementar i dur a terme les accions correctives pertinents fruit de l'anàlisi del funcionament de la primera setmana. Així cada quinze dies s'incorporaran noves màquines i carrets, que començaran a donar servei, sempre sota control aconseguint així un canvi d'operativa sense risc d'afectar al correcte funcionament del supermercat. Si es cregués convenient, es podria accelerar el ritme d'instal·lació de màquines i carrets, o desaccelerar-lo segons si tot va sobre rodes o es presenten greus dificultats.

Seguint aquest *modus operandi* en 4 mesos es tindrà treballant a ple rendiment a 8 màquines de cobrament automàtiques i uns 80 carrets. En aquest punt, s'analitzaran les necessitats del supermercat per veure si es convenient dotar al supermercat de més caixes de les que tenia avanç o si ja pot absorbir tota la clientela. Les dues últimes caixes es mantindran manuals per tenir-les operatives en cas d'incidència i necessitat de cobrament manual. Tot i així també es podran instal·lar les caixes automàtiques, sense enretirar del tot les manuals. El número de carrets adaptats haurà de seguir creixent, haurà d'haver-hi carrets suficients per quan el supermercat estigui operant a plena capacitat, més alguns de reforç per possibles avaries o incidències que puguin donar-se.

La instal·lació de la xarxa WiFi, la zona de càrrega de carrets, etcètera, s'haurà d'haver fet

avanç de començar a instal·lar les màquines a caixa i els carrets. Dites instal·lacions es podran realitzar sense que la operativa vigent del supermercat se'n vegi afectada de manera significativa, sempre i quan aquelles operacions que la poguessin destorbar es facin en horari no comercial.

A continuació es presenta un diagrama de Gantt en el qual es defineix el temps de cada fase d'implementació del projecte. Les fases prèvies de estudi i disseny corresponen a una anàlisi de l'operativa i les característiques del supermercat en qüestió. Aquesta estudi previ es realitzarà per conèixer les necessitats concretes del supermercat i poder desenvolupar tots els elements que es requereixen a mesura. Per exemple, si es tractes d'un establiment on el tipus de producte que s'ofereix està en uns rangs concrets de pes, caldria adaptar els captadors utilitzats al rang de pesos que es tracti. L'estudi previ també permetrà realitzar una comparativa a posteriori per avaluar d'una forma objectiva els resultats del canvi implementat. L'estudi previ dura dues setmanes, mentre que el temps de disseny es considera de dos mesos. El disseny inclou l'elecció del elements necessaris, el temps de negociacions amb proveïdors i els temps de transport.

La segona fase és la de l'adaptació del supermercat, constarà de dues subfases: la primera és la instal·lació de la xarxa WiFi i la segona la creació de la zona de càrrega dels carrets. Aquestes fases es duran a terme fóra del horari comercial quan les accions pertinents impliquin molèsties a la clientela. El temps per instal·lar la xarxa serà de dues setmanes mentre que l'adaptació de la zona de recàrrega serà de tres dies. Aquesta fase podrà començar quan s'estigui finalitzant la fase del disseny.

La tercera fase es el canvi gradual de màquines i carrets. Per aquest cas concret s'ha suposat que a partir de la tercera màquina que s'instal·la no es produeixen incidències i s'accelera la instal·lació de les següents màquines a un ritme setmanal en contes de quinzenal.

Si es compleixen els temps establerts, el temps del procés d'implementació del model de funcionament objectiu serà de gairebé 5 mesos tal i com pot observar-se en el diagrama de Gantt.

FASE	Descripció de la fase
1	1.1. Estudi previ
	1.2. Disseny particular
2	2.1. Instal·lació xarxa WiFi
	2.2. Instal·lació zona recàrrega carrets
3	3.1. Instal·lació primera màquina i primers 6 carrets
	3.2. Instal·lació segona màquina i 8 carrets més
	3.3. Instal·lació tercera màquina i 10 carrets més
	3.4. Instal·lació quarta màquina i 10 carrets més
	3.5. Instal·lació cinquena màquina i 10 carrets més
	3.6. Instal·lació sisena màquina i 12 carrets més
	3.7. Instal·lació setena màquina i 12 carrets més
	3.8. Instal·lació vuitena màquina i 12 carrets més
	3.9. Instal·lació màquines i carrets restants

Figura 6.1. Fases i subfases del diagrama de Gantt.

Font: Pròpia

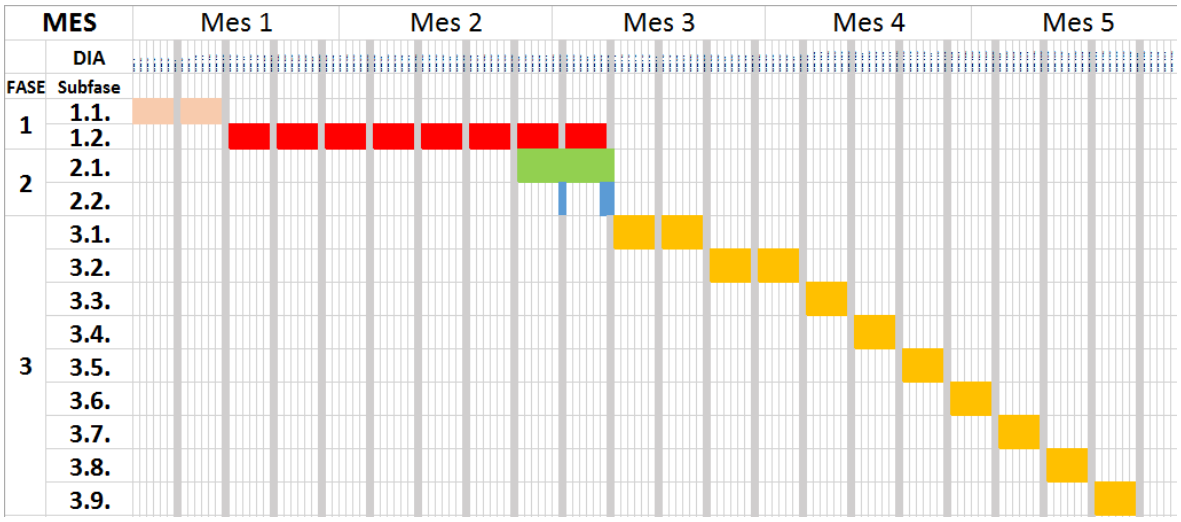


Figura 6.2. Diagrama de Gantt.

Font: Pròpia

6.2. Costos d'implementació

D'una manera aproximada és calcularan els costos d'implementació del nou sistema operatiu de funcionament per a les compres del supermercat.

D'una banda hi ha els carrets, per un supermercat de 10 caixes, 100 carrets permeten tenir a cada caixa 1 persona pagant i 4 en cua, més 40 persones seleccionant articles i 10 carrets de reforç. 100 carrets són, per tant, suficients per un supermercat de 10 caixes operant a plena capacitat. El cost de 100 carrets és de 250 euros per carret, si afegim el cost de la programació i l'assemblatge dels components, que considerarem de 30 euros per cada carret, resulta en 28.000 euros els 100 carrets.

La instal·lació de la xarxa WiFi tindrà un cost que serà funció de la grandària del supermercat i de les modificacions que s'hagin de dur a terme per instal·lar-la. Fàcilment pot rondar els 20.000 euros, per aproximar el cost de dita instal·lació es considerarà aquesta xifra.

Cada màquina automàtica de cobrament tindrà un cost aproximat de lloguer de 100 euros mensuals. Si s'instal·len 10, sortiran per un cost de 1.000 euros al mes.

El cost d'adaptar una zona hàbil per a recarregar les bateries dels carrets dependrà de les modificacions i obres que s'hagin de dur a terme a tals efectes. Es prendrà la xifrà de 1.500 euros de cost per a aquesta instal·lació.

A grans trets, un cost orientatiu de dur a terme aquest canvi d'operativa resulta de la suma dels costos anteriorment mencionats, que és de 61.500 euros (considerant 12 mesos de lloguer de les màquines de cobrament automàtic). Aquests costos no tenen en compte les formacions del personal en les noves tasques, ni costos derivats de reparacions o altres tipus d'imprevistos.

Concepte	Cost (€)
Carrets adaptats (100 unitats)	28.000
Instal·lació xarxa WiFi	20.000
Màquines de cobrament automàtic (durant 12 mesos)	12.000
Zona de recàrrega de les bateries dels carrets	1.500
Total	**61.500**

Taula 6.1. Taula resum del cost d'implementació del sistema operatiu de cobrament automàtic

6.3. Estudi econòmic

Per veure la viabilitat econòmica d'aquest projecte es realitza un estudi econòmic on es pretén aproximar el temps de retorn de la inversió inicial. Per tal de realitzar-lo es suposaran i consideraran certs costos i beneficis.

Es considerarà com a inversió la compra dels carrets i adaptació de les instal·lacions del supermercat. No es té en compte el cost del estudi previ ni del disseny, ni transport, ni emmagatzematge dels carrets.

A part de la inversió, hi haurà un cost fix mensual derivat del lloguer de les màquines i del manteniment dels carrets que serà del 1% del cost del número de carrets que es tingui, es considera doncs que cada carret tindrà un cost de manteniment mensual d'uns 30 €.

No es tenen en compte costos de manteniment de la xarxa WiFi ni de la zona de recàrrega ja que es considera que aquest entren dintre dels costos de manteniment de les instal·lacions del supermercat.

Es considerarà com a beneficis l'augment de la facturació, la qual serà proporcional al número de màquines de cobrament automàtic disponibles al supermercat. L'augment de la facturació vindrà de l'augment de la capacitat d'absorció de clients que experimentarà el supermercat al funcionar amb un sistema de compra més ràpid i eficaç. Segons s'ha pogut saber gràcies a un treballador d'un supermercat, el mateix que es comenta a l'inici de l'apartat 2 d'aquesta

memòria, la facturació mensuals és aproximadament de 60.000 €. Suposant que l'òptim resultat de la implementació de la nova operativa deriva en un augment de la facturació del 1% per cada màquina automàtica operativa tindrem que el supermercat es capaç de facturar 600 euros més per cada màquina.

	ANY 1											
	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10	MES 11	MES 12
INVERSIÓ	0	0	49500	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COSTOS	0	0	392	1176	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800
BENEFICIS	0	0	1200	3600	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
SALDO NET	0	0	-48692	2424	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200
SALDO ACUMULAT	0	0	-48692	-46268	-43068	-39868	-36668	-33468	-30268	-27068	-23868	-20668

ANY 2											
MES 13	MES 14	MES 15	MES 16	MES 17	MES 18	MES 19	MES 20	MES 21	MES 22	MES 23	MES 24
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800
6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200
-17468	-14268	-11068	-7868	-4668	-1468	1732	4932	8132	11332	14532	17732

	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10	MES 11	MES 12
Carrets	0	0	14	42	100	100	100	100	100	100	100	100
Màquines	0	0	2	6	10	10	10	10	10	10	10	10

MES 13	MES 14	MES 15	MES 16	MES 17	MES 18	MES 19	MES 20	MES 21	MES 22	MES 23	MES 24
100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Manteniment menusal per carret	28
Lloguer mensual per màquina	100
Facturació mensual per màquina	600

Taula 6.2. Flux de caixa i dades utilitzades per a la seva realització. Xifres en euros (€).

A continuació es presenta el diagrama del saldo acumulat resultant del estudi de flux de caixa basat en les consideracions i suposicions anteriorment esmentades.

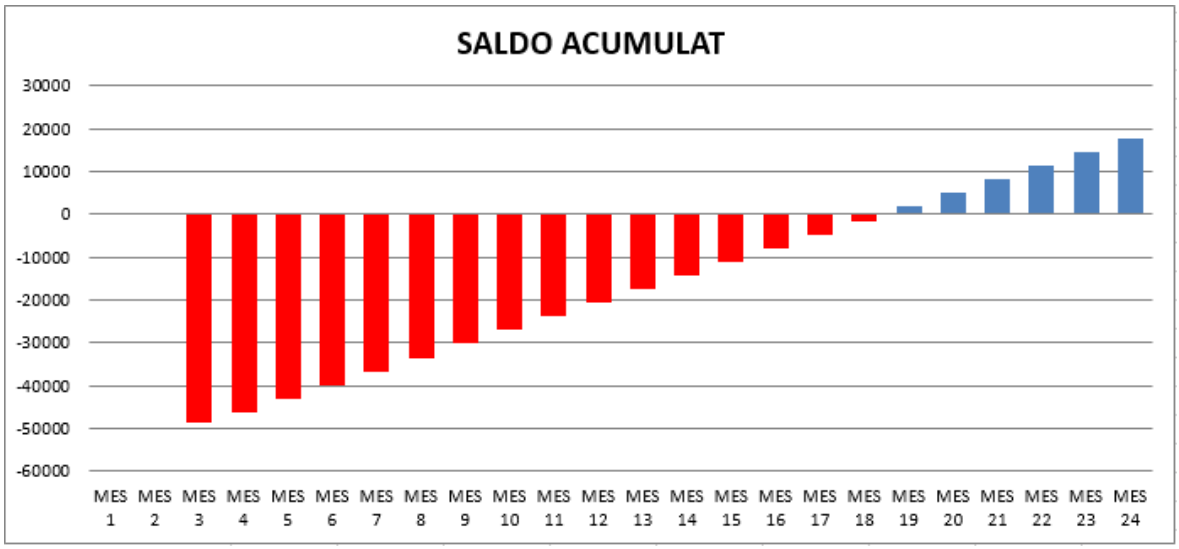


Figura 6.3. Diagrama de l'evolució del saldo acumulat.

Font: Pròpia

El temps de retorn de la inversió inicial és de 18 mesos. Si ens fixem en que els dos primers mesos no hi ha inversió ni facturació extra, el temps de retorn es de 16 mesos. Si es tingues en compte a la inversió el cost de l'estudi i el disseny, el temps de retorn es veuria augmentat. Tot i així, es pot observar un tendència creixent del saldo acumulat derivada de l'augment de la facturació. Aquesta tendència creixent ens garanteix el retorn de la inversió en un termini de entre un any i mig i dos anys, pel que el supermercat sortiria beneficiat de realitzar l'esforç de millorar el procés de compra.

Conclusions

L'elaboració d'aquest projecte estava encaminada en un inici al disseny d'un carret intel·ligent, però finalment ha estat dirigit a la descripció, anàlisi i definició de la problemàtica general que inclou l'ús del carret intel·ligent. El disseny i estudi d'un nou format de compra i de funcionament de la operativa d'un supermercat ha estat l'objectiu perseguit i a resultat difícil degut al gran abast que comporta un projecte d'aquestes magnituds. S'ha volgut donar cabuda a tots els elements que s'han de tenir en compte per a dur a terme un projecte d'aquestes característiques. S'ha cregut oportú enfocar primer el problema d'una manera més global, per a que a posteriori es puguin desenvolupar d'una forma concreta, i totalment contextualitzada, tots aquells elements necessaris.

Hi ha varis punts al llarg d'aquesta memòria, on es tracten elements i conceptes clau per al desenvolupament d'un sistema de compra com el descrit sobre els quals no s'ha pogut aprofundir més ja que requereixen de per si d'un projecte particular que els defineixi completament. Un exemple n'és la instal·lació d'una xarxa WiFi en supermercat o el disseny concret i totalment definit d'un carret de la compra intel·ligent com el proposat, el qual era la idea inicial del projecte.

Aquesta definició concreta dels elements, que permetria la implementació i execució real del projecte, són les accions futures que caldria dur a terme. Inclús dins de la definició concreta del carret intel·ligent apareixen diferents subprojectes a desenvolupar com la programació del processador que controlaria la pantalla, el lector de codi de barres, els captadors i les interaccions amb els usuaris. Aquests projectes derivats, no es poden dur a terme sense que prèviament s'analitzi l'entorn i la problemàtica en el que estan envolts, que es el que s'ha buscat amb aquest projecte.

El estudi dels temps i els costos, tant del material com de la implementació, es poc acurat pel fet que es desconeixen els costos reals, però tot i així permet donar una idea aproximada dels costos de realitzar un canvi en el sistema de funcionament de la compra en un supermercat amb tots els canvis en la operativa i les inversions que això comporta. Es busca amb aquest estudi, donar una idea orientativa de com calcular els costos reals en cas que es pretengués dur a terme un projecte d'aquestes magnituds. Cal dir que degut a la naturalesa aproximativa dels costos i els beneficis no s'ha tingut en compte l'efecte de la inflació econòmica per considerar-se aquesta poc significativa. La realització d'aquetes tasques, encara que les dades siguin a la pràctica irreals, permet la familiarització amb eines de treball com els diagrames de Gantt o els fluxos de caixa, coneguts també com a *Cashflow*.

Els procediments seguits en aquest projecte, han estat el plantejament d'un canvi en busca d'una millora a fi d'assolir una major productivitat. El plantejament real d'un projecte ha d'anar

acompanyat d'un estudi previ per determinar si es pot assolir allò que es busca i de quina manera es pot assolir. En aquest projecte s'ha simulat aquest procés realitzant un anàlisis de les necessitats per dur a terme la millora, una definició de la solució que s'adeqüi a les necessitats analitzades i un estudi posterior de la solució proposta per determinar si aquesta és adient, si val la pena realitzar el canvi i si s'assoleix l'objectiu buscat.

Agraïments

M'agradaria aprofitar la ben entesa per agrair breument la possibilitat de realitzar aquest projecte al tutor del mateix, Francesc Roure, i a les ajudes rebudes per part de qui a col·laborat de manera directa aportant dades i coneixements, i de manera indirecta recolzant-me i animant-me a seguir tirant endavant a pesar de les dificultats que s'han hagut d'afrontar per motius personals i professionals.

Bibliografia

Referències bibliogràfiques

[1] Marta Jurado, *Campaá de Volskwagen para El carrito inteligente,* 2015 [Document en línea] [http://carritointeligente.blogspot.com.es/, consulta març 2016]

[2] GEEK WIRE, *Kinect Grocery Cart,* 2012. [Vídeo en línia] [https://www.youtube.com/watch?v=16GiO8EEVpE, consulta març 2016]

[3] InformaticaModerna, *La pantalla LCD.* [Document en línia] [http://www.informaticamoderna.com/Pantalla_LCD.htm, consulta maig 2016]

[4] ANDROIDSIS, *Android es capacitivo o resistivo,* 2009. [Document en línia] [http://www.androidsis.com/android-es-capacitivo-o-resistivo/, consulta maig 2016]

[5] LABSEN, Blasquez-Viale, *Tutorial de Sensores, Unidad 2,* 1995. [PDF en línia] [http://www.investigacion.frc.utn.edu.ar/sensores/Tutorial/TECNO2.pdf, consulta maig 2016]

[6] RICE LAKE WIGHING SYSTEMS, *Guía de selección de Celdas de Carga y módulos de pesaje,* 2010. [PDF en línia] [https://www.ricelake.com/docs/prodinfo/sales_lit/loadcells-weighmodules/43740_selection_guide_Spanish.pdf, consulta maig 2016]

[7] 5HERTZ ELECTRONICA, *Celdas de Carga,* 2014. [Document en línea] [http://5hertz.com/tutoriales/?p=690, consulta maig 2016]

Bibliografia complementària

Pàgines web de carrets consultades:

- http://www.csyirunda.com
- http://www.todocontenedores.com/productos/-supermercados.html
- http://www.avedol.pt/
- http://www.polycartgroup.com/modelos.htm#p130
- http://www.avedol.pt/subfamilia.aspx?id=68
- http://www.shoppingbaskets.net/cat/productos/cestas-con-ruedas/

Pàgina web de lectors de codis de barres:

- http://www.bp-scan.com/en/

Pàgina web rodes de cautxú:

- http://www.qd-kinghood.com/products/pneumatic-wheel/

Pàgina web dispositius amb pantalles tàctils i processadors:

- http://www.qd-kinghood.com/products/pneumatic-wheel/

Pàgines web de cel·les de càrrega:

- http://www.basculaspoise.com/Soporte/Celdas_de_Carga.html
- http://es.omega.com/prodinfo/celulas-de-carga.html
- http://www.hbm.com/es/0013/celulas-de-carga-y-sensores-de-carga/
- https://www.transducertechniques.com/
- http://www.scalemarket.com.co/celdas-de-carga/
- http://www.ipc.com.mx/pi-celdas-de-carga-sensores-de-peso.html