

Treball de Fi de Grau

Grau en Enginyeria Informàtica

Quarta entrega: Document final

16 Març 2020

Autor: Albert Ortiz Guillem

Directora: Nuria Pelechano Gomez

Tutor GEP: Ferran Sabaté Garriga

Especialitat: Computació

2019 - 2020 Q2

Índex

1	Introducció i contextualització	4
1.1	Definicions importants	4
1.1.1	Animacions tradicionals i <i>procedurals</i>	4
1.1.2	Físiques de <i>ragdoll</i>	5
1.1.3	Cinemàtica inversa	6
1.2	El problema a resoldre	7
1.3	Actors implicats	8
2	Justificació de l'alternativa de resolució escollida	9
3	Abast del projecte	10
3.1	Objectius genèrics	10
3.1.1	Sub-objectius	10
3.1.2	Requeriments no funcionals	11
3.2	Obstacles i riscos	11
4	Metodologia i rigor	12
4.1	Desenvolupament iteratiu	12
4.2	Eines de desenvolupament	13
4.3	Mètode de validació	13
5	Planificació temporal	14
5.1	Desglossament de tasques	14
5.1.1	Gestió del projecte [T1-T8] i T19	14
5.1.2	Estudi algorismes d'animacions dinàmiques [T9]	15
5.1.3	Preparació de l'entorn de desenvolupament [T10]	15
5.1.4	Sistema de control de <i>ragdolls</i> [T11]	15
5.1.5	Sistema de cinemàtica inversa [T12]	15
5.1.6	Desenvolupament dels algorismes [T13-T16]	15
5.1.7	Resultats i defensa [T17-T18]	16
5.2	Recursos	16
5.3	Estimació temporal	16
5.4	Seqüència de desenvolupament: Gantt	18
5.5	Gestió del risc: Plans alternatius i obstacles	19
6	Pressupost	20
6.1	Identificació i estimació dels costos	20
6.1.1	Costos de personal i activitats	20
6.1.2	Costos genèrics	22
6.1.3	Costos associats al risc	23
6.1.4	Cost de contingència	23
6.1.5	Pressupost final	23
6.2	Control de gestió	24
7	Sostenibilitat	25
7.1	Autoavaluació	25
7.2	Dimensió econòmica	25
7.3	Dimensió ambiental	25

7.4 Dimensió social	25
8 Bibliografia	27

Índex de taules

1	Estimacions temporals per tasca.	17
2	Sou brut per hora treballada i anual.	20
3	Hores per tasca associada a cada treballador i cost final per tasca.	21
4	Costos genèrics.	22
5	Pressupost final.	23

1 Introducció i contextualització

L'objectiu d'aquesta document és definir d'una manera precisa i detallada tots els factors relacionats amb la gestió d'aquest Treball de Fi de Grau (TFG d'ara en endavant), dins la modalitat A. Aquests factors seran: el context i motivació del problema a resoldre, el temps i els costos associats al desenvolupament. En relació al temps, es proposa una planificació temporal i en relació als costos un pressupost amb un pla de control.

La indústria dels videojocs ha patit un ràpid creixement des del seu origen. Aquest creixement ha sigut degut, en gran part, al progrés tecnològic de les últimes dècades. Gràcies a aquest progrés s'ha fet possible la creació de tot tipus de plataformes, permetent una ràpida expansió del seu públic. Addicionalment, s'ha anat millorant el grau de realisme i interacció ofert als usuaris[1]. En la Figura 1 es pot apreciar amb més detall aquesta evolució en termes econòmics, així com l'efecte que ha tingut la incorporació d'aquests nous medis.

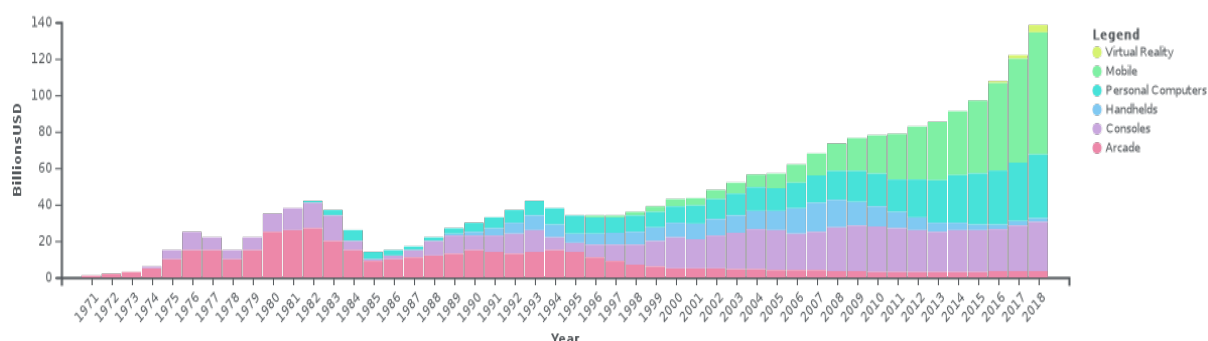


Figura 1: Evolució econòmica de la indústria dels videojocs

Font: Bloomberg

Degut al progrés mencionat anteriorment, també han anat augmentant les expectatives del seu públic. A mesura que la fidelitat visual és més elevada, s'espera també que els demés elements disposin d'una major complexitat. Això suposa nous reptes per als desenvolupadors. Un d'aquests reptes és la síntesi d'animacions per als personatges virtuals; camp en el que la informàtica té una implicació clau.

Les animacions dels personatges són un dels principals vincles entre el videojoc i l'usuari. Per a cada esdeveniment que té lloc a l'entorn virtual, s'espera que hi hagi una animació coherent, en resposta, per part dels personatges afectats. Aquesta relació de causalitat té un gran impacte en l'experiència de l'usuari i, per tant, en la posterior recepció del producte final.

1.1 Definicions importants

Abans de detallar amb més exactitud quin és el problema que es vol tractar en aquest TFG, convé definir alguns conceptes d'especial rellevància:

1.1.1 Animacions tradicionals i procedurals

Les animacions, en el camp de l'animació digital, són un conjunt de diverses postures d'un personatge, disposades en un ordre concret, sobre una línia temporal. La interpolació d'aques-

tes postures, en funció del temps i de forma seqüencial, és el que acaba generant la il·lusió d'un moviment complex[2]. En la Figura 2 es mostra un exemple d'animació; el personatge té 4 postures repartides en els fotogrames: 1, 9, 13 i 17 respectivament. Les corbes verdes i vermelles representen com actuaria la interpolació sobre la posició de la pelvis i el cap del personatge.

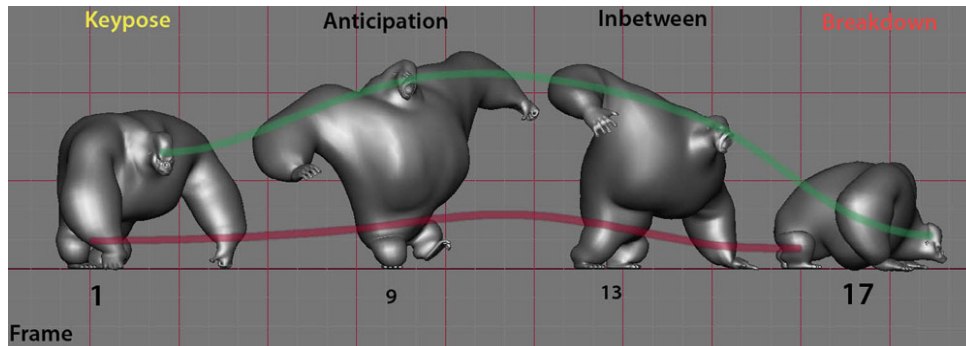


Figura 2: Exemple d'animació formada per quatre postures

Font: www.robert-kuczera.de

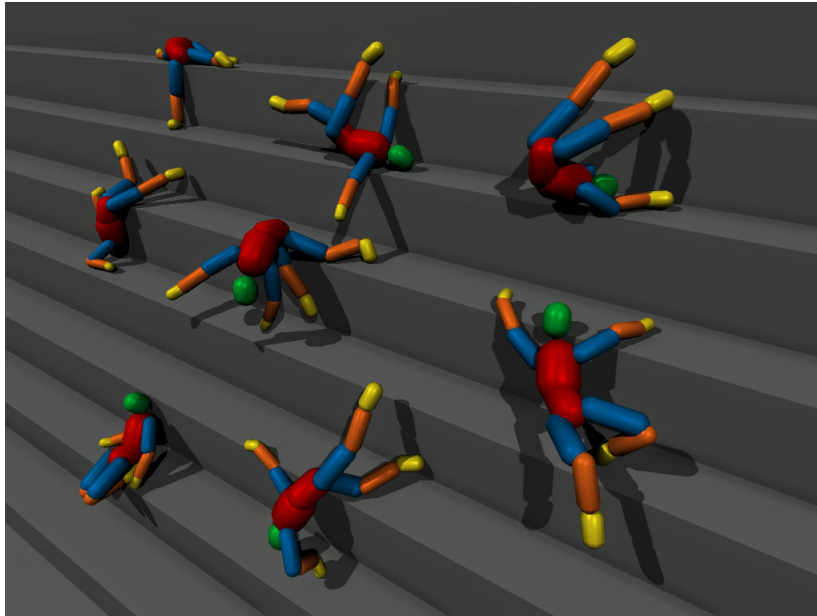
L'animador sempre ha estat la persona encarregada de crear manualment aquestes animacions; ja sigui del no rés o a partir de dades extretes per captura de moviment. Aquest tipus d'animacions, les generades a partir d'un animador, seran referides com animacions tradicionals en aquest document.

Amb els avenços de la informàtica, però, ha acabat essent possible generar animacions a partir d'algorismes. Aquestes animacions, generades de forma algorísmica, són el que es coneix com animacions *procedurals*. Per tant, en resum, les animacions *procedurals*, a diferència de les tradicionals, no requereixen necessàriament la intervenció manual d'una persona per a la seva elaboració.

1.1.2 Físiques de *ragdoll*

Els motors de físiques, dins de l'àmbit dels videojocs, són programes informàtics que intenten realitzar una simulació de les físiques *Newtonianes*. Les simulacions solen ser bastant aproximades i sempre fent ús de valors discrets. Un cas d'ús d'aquests programes són les físiques de *ragdoll*. Aquestes físiques tenen com a objectiu principal simular el comportament físic d'un sistema d'objectes articulats com, per exemple, un cos humà. Quan un personatge es troba sota aquestes simulacions, se li sol anomenar directament *ragdoll*.

A la Figura 3 es mostren diversos personatges on se'ls hi ha aplicat aquest tipus de simulacions. Com es pot veure, els seus cosos reaccionen de forma convincent envers el seu entorn. Degut a això, resulten especialment útils com a base per als sistemes que es volen desenvolupar en aquest projecte.

Figura 3: Exemple de físiques de *ragdoll*

Font: www.developer.unigine.com

1.1.3 Cinemàtica inversa

La cinemàtica inversa és un procés matemàtic amb el qual, donat un sistema articulat (com un braç, per exemple) i una posició objectiu, s'obté una configuració del sistema on una de les articulacions es troba a la posició objectiu. Originàriament, el camp que més va incentivar l'ús d'aquesta eina va ser la robòtica. Amb el temps, però, camps com l'animació per computador també han estat molt beneficiats [3]. La Figura 4 mostra un exemple amb un sistema articulat format per 4 articulacions i una posició objectiu T. L'esquema superior mostra el sistema amb una configuració inicial. L'esquema inferior mostra al mateix sistema amb la configuració resultant després d'haver aplicat cinemàtica inversa. Aquest procés és rellevant en aquest projecte ja que pot ser utilitzar per controlar directament personatges subjectes a simulacions físiques de tipus *ragdoll*.

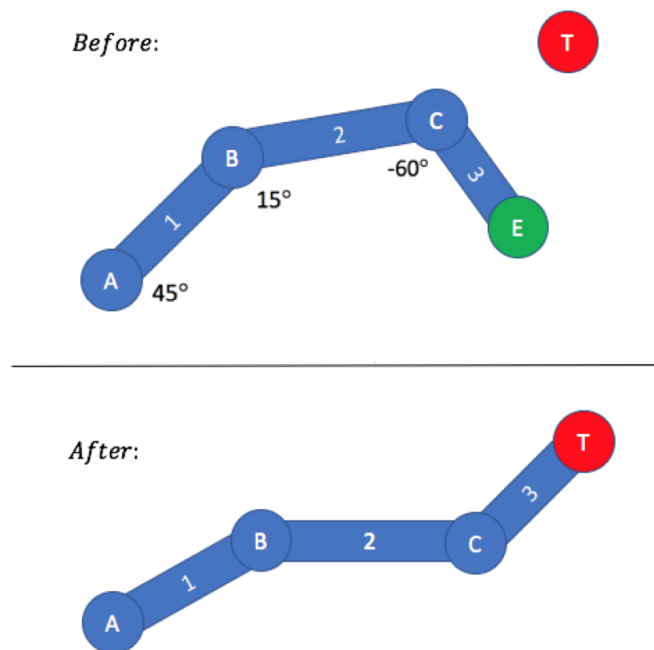


Figura 4: Exemple de cinemàtica inversa

Font: www.gamasutra.com

1.2 El problema a resoldre

Actualment les interaccions físiques amb els personatges de la majoria de títols no solen ser gaire convinents ja que, les animacions resultants, no solen adaptar-se de forma fidel als esdeveniments externs. Per tant, el grau d'interacció i dinamisme que poden oferir és bastant limitat.

Generar animacions tradicionals és un procés car, tediós i estàtic¹. No obstant, gràcies a la captura de moviment i a que l'animador té un control total del resultat final, aquestes animacions solen ser molt realistes. Tot i així, per cada possible situació que hagi d'expressar un personatge, cal una animació específica[4]. Això comporta que sigui inviable produir aquest tipus d'animacions per cobrir esdeveniments complexos.

Utilitzar animacions *procedurals* des de zero, tampoc resol el problema satisfactòriament. És cert que, al tractar-se d'una simulació, els resultats no sempre són els mateixos i això ofereix dinamisme. També cal tenir en compte que, al tractar-se d'animacions generades en temps real, és relativament fàcil parametritzar-les a fi de que s'adaptin a tot tipus de situacions. D'altra banda, però, els moviments resultants solen ser poc fidels a la realitat.

Aquest TFG busca trobar un sistema híbrid que sigui capaç de combinar la fidelitat de les animacions tradicionals amb la flexibilitat de les animacions *procedurals*. Finalment, s'estudiarà

¹Estàtic en el sentit que, un cop finalitzar el producte final, les animacions seran sempre les mateixes. L'usuari en molts casos acaba percebent aquesta regularitat, afectant en última instància a la qualitat del producte final.

com utilitzar aquest sistema per implementar moviments més complexos com l'acte reflex de recuperar l'equilibri.

1.3 Actors implicats

Com s'ha exposat a l'anterior apartat, generar animacions per la via tradicional és car. Per a equips de desenvolupament amb una gran capacitat adquisitiva això no sol representar un gran problema; inclús poden centrar-se en potenciar altres aspectes de les seves produccions a fi de compensar aquestes mancances. Tot i així, amb un sistema com aquest, podrien augmentar la qualitat i flexibilitat dels seus productes amb un cost raonable.

En el cas del sector *indie*², els equips solen rondar les 5 persones; amb perfils polivalents i una capacitat adquisitiva molt reduïda. Generalment, per això no es poden permetre implementar sistemes com el que es vol estudiar en aquest projecte. A part de millorar notablement els seus productes, tindrien la possibilitat d'explorar nous conceptes de *gameplay*, més arriscats i que les grans companyies difícilment explorarien.

Fora de l'àmbit dels videojocs, el sistema de balanceig potser podria ser adaptat en altres camps com la robòtica. El control directe de *ragdolls* també podria tenir un bon us dins el camp de la realitat virtual.

²Sector format per equips amb una escàs o inexistent finançament.

2 Justificació de l'alternativa de resolució escollida

L'objectiu d'aquest projecte, com ja s'ha mencionat anteriorment, és crear un sistema que combini les animacions tradicionals amb les animacions *procedurals*. Es vol utilitzar com a base del sistema les físiques de tipus *ragdoll* per a obtenir uns moviments de base totalment adaptables a les diferents forces externes de l'entorn. El sistema estarà format per diversos mòduls, cadascun centrat en una resposta diferent. Per exemple, un mòdul es dedicarà a generar les animacions de recuperació de l'equilibri mentre que un altre es limitarà a controlar les extremitats del *ragdoll* per a que imiti les animacions tradicionals. La combinació d'aquests mòduls, permetent de forma dinàmica que uns tinguin més protagonisme que altres, serà el que en última instància permeti un sistema flexible i realista.

Anteriorment ja s'ha justificat per què aquesta solució és millor a l'alternativa d'utilitzar exclusivament animacions *procedurals* o tradicionals. El fet de que es segueixi una filosofia de disseny modular, a més a més, permetrà que el sistema resultant sigui fàcil d'escalar i d'adaptar a tot tipus de necessitats.

Actualment existeix un producte dins el mercat bastant famós anomenat *Euphoria* de l'empresa NaturalMotion[5]. Aquest producte es centra en oferir sistemes d'animacions dinàmics amb respostes complexes com les que es volen tractar en aquest projecte. Ofereix molts bons resultats i ha estat utilitzat en grans títols. El problema, però, és la seva inaccessibilitat per a petits estudis[6]. *Euphoria* és difícil d'integrar directament en un projecte i requereix que els propis enginyers de NaturalMotion modifiquin el codi base del client[7]. Per tant, a dia d'avui, no existeix una sol·lució al problema lo suficientment accessible. Aquest projecte, per tant, intentaria suplir aquesta necessitat, permetent que petits estudis de videojocs puguin optar a aquest tipus de tecnologies.

Dins l'àmbit acadèmic, la síntesi d'animacions *procedurals* ha sigut un tema molt estudiat durant les últimes dues dècades. S'ha trobat articles que poden ser un excel·lent punt de partida; ja que han abordat gran part del problema que es vol resoldre, obtenint uns bons resultats.

L'article [8] ofereix un sistema molt interessant i que representa actualment l'estat de l'art, per a controlar tot tipus de *ragdolls* (no només humans) fent ús de músculs artificials i una simulació de sistema nerviós així com un mètode per a generar animacions de caminar des de zero a partir d'una màquina d'estats finit.

Un altre article que pot ser de gran utilitat a l'hora d'implementar el sistema de recuperació de l'equilibri és [9] que fa ús d'un model físic abstracte anomenat pèndul invertit.

3 Abast del projecte

Un cop contextualitzat el problema que es vol tractar, és necessari definir l'abast real que implica resoldre'l. En aquest apartat es definiran, tant els objectius genèrics, com els sub-objectius corresponents. Per últim, s'analitzaran diversos obstacles i riscos que poden interferir en l'èxit del projecte.

3.1 Objectius genèrics

Com s'ha mencionat a l'apartat de contextualització, l'objectiu general d'aquest projecte és crear un sistema capaç de generar animacions dinàmiques, per a personatges digitals, que simulin respostes convinctes envers forces físiques externes. Les respostes que es volen tractar, en ordre creixent de dificultat i preferència són:

- **Moviment articulari en rebre impacte:** les articulacions dels personatges hauran de balancejar-se, de forma físicament convinct, en rebre un impacte directe.
- **Anticipació a un impacte:** els personatges hauran de ser capaços de moure les extremitats cap a un impacte imminent intentant protegir zones vitals: simul·lant el sentit de l'autoconservació.
- **Recuperació de l'equilibri:** envers forces majors, els personatges han de poder perdre l'equilibri i intentar recuperar-lo de forma dinàmica.

3.1.1 Sub-objectius

Derivat dels objectius anteriorment esmentats, sorgeix un seguit de sub-objectius a tenir en compte:

- **Control del *ragdoll*:** els *ragdolls* són simples simulacions físiques. Cal una sol·lució que permeti intervenir de forma directa en aquestes simulacions, a fi de generar un moviment articular propi.
- **Cinemàtica inversa:** un cop assolit l'anterior sub-objectiu, s'ha d'implementar suport per a cinemàtica inversa per permetre un control total de les extremitats.
- **Detecció pèrdua de l'equilibri:** cal trobar un mètode que permeti detectar quan l'agent es troba o no en un estat de desequilibri.
- **Recuperació de l'equilibri:** s'ha d'estudiar i implementar una sol·lució, viable en temps real, que permeti a un personatge en situació de desequilibri moure, de forma intel·ligent, les seves extremitats per a recuperar-lo de nou.
- **Detecció d'impactes imminents:** es busca un algorisme que permeti a l'agent detectar aproximadament el seu entorn imminent, analitzar els diferents objectes del seu voltant i determinar si suposen o no un risc.
- **Resposta d'autoconservació:** en línia amb el sub-objectiu anterior, es vol que l'agent, fent us de cinemàtica inversa, mogui les articulacions per protegir-se de l'impacte.

3.1.2 Requeriments no funcionals

D'altre banda, es tindran en compte els següents requeriments no funcionals per al sistema final:

- Ha de ser flexible, modular i fàcil d'adaptar a noves necessitats.
- Ha d'oferir respostes convincents en un 80% dels casos, essent aquest 20% restant situacions extremes difícils de resoldre.
- Ha de ser eficient i fàcil d'integrar en qualsevol videojoc.

3.2 Obstacles i riscos

Un dels principals obstacles que s'hauran d'afrontar és la limitació de recursos computacionals. Degut a la naturalesa dels videojocs, no es pot optar per qualsevol sol·lució ja que el rendiment és un factor clau. És necessari trobar un bon compromís entre el cost computacional i la qualitat del resultat final. Per aquest motiu, simulacions realistes es troben fora l'abast del projecte i caldrà buscar mètodes aproximats. Si una sol·lució no ofereix el rendiment desitjat, o bé es descartarà o bé s'intentarà simplificar. En cas que s'hagi de descartar, es dedicarà més temps a investigar possibles alternatives i/o abordar el problema des de noves perspectives.

Un altre obstacle a destacar és el fet de trobar un camí sense sortida en el desenvolupament dels algorismes. Els articles mencionats donen un bon indicatiu de com procedir però, potser, no s'acaben adaptant del tot a les necessitats del projecte. En concret, el tema més problemàtic és el de la recuperació de l'equilibri, ja que la informació que s'ha trobat actualment no és gaire abundant i es tracta del problema que té més rellevància en aquest projecte. En cas de trobar aquest obstacle, es prendrà la mateixa mesura que amb l'anterior: invertir més recursos en la investigació de possibles alternatives.

També cal tenir en compte el risc de que es puguin perdre dades per qualsevol tipus de causa interna o externa al propi desenvolupament. S'utilitzarà l'eina *GitHub* a fi de preveure aquest escenari. D'aquesta manera, sempre hi haurà una versió emmagatzemada al núvol des de la qual es podrà recuperar el projecte.

Per últim, destacar el risc de no poder complir els terminis. Segurament no es puguin explorar totes les alternatives disponibles i, per tant, caldrà una bona planificació. Durant el desenvolupament es realitzarà un control seguit dels terminis per detectar el compliment d'aquest risc. En cas necessari, s'utilitzaran tres setmanes addicionals, que s'han deixat lliures com a marge d'error, per intentar acabar el desenvolupament.

4 Metodologia i rigor

Com s'ha expressat en la secció anterior, un dels principals riscos que s'afrontarà en aquest projecte és el temps limitat. A part, l'existència de diversos sub-objectius, alguns d'ells dependents d'altres, força encara més a determinar una correcta metodologia de treball.

En aquest apartat es justificarà quina metodologia ha sigut escollida i els motius de la decisió. Finalment, es descriuran les eines que es pretenen utilitzar per a desenvolupar el projecte i com es validaran els objectius.

4.1 Desenvolupament iteratiu

El mètode de desenvolupament escollit es troba basat en l'*Agile* [10]. La idea principal d'aquesta filosofia de desenvolupament consisteix a fraccionar el desenvolupament d'un gran projecte en iteracions o *sprints*. A la Figura 5 es pot apreciar gràficament com, per cada iteració, es realitzen les mateixes tasques que en un mètode cascada: planificació, disseny, desenvolupament, verificació, control i publicació. Aquestes iteracions tenen un objectiu de menor abast que el global, definit pel projecte, permetent que aquestes iteracions siguin flexibles i breus.

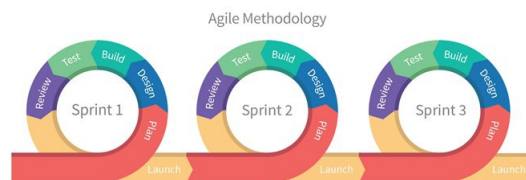


Figura 5: Esquema de la metodologia *Agile*

Font: medium.com

El principal motiu pel qual s'ha decidit escollir aquesta metodologia és degut a la naturalesa modular d'aquest projecte, que permetrà una fàcil fracció en iteracions. En segon lloc, les iteracions permeten una detecció ràpida de possibles riscos i/o dificultats, oferint molta flexibilitat. Per acabar, un altre aspecte molt important d'aquesta metodologia és el fet de contar, des de les primeres iteracions, amb una primera versió sòlida. Això facilita, que si es falla en assolir un dels objectius, poder contar amb un producte que compleix parcialment lo desitjat.

Aquesta metodologia s'integrarà en el desenvolupament del projecte de la següent forma: s'intentarà establir una base mínima del projecte, que sigui viable assolir en un marge de temps relativament breu. Un cop assolida, s'aniran incorporant els diferents sub-objectius, anteriorment mencionats, en terminis curts i tenint en compte les seves dependències. Durant el transcurs de cada iteració, es tindrà en compte que els canvis que s'incorporin siguin sòlids i funcionals. Al final de cada iteració, amb l'ajut de la directora del projecte, s'avaluarà l'èxit de la planificació inicial. Això permetrà establir eficaçment les millores de cara a la pròxima iteració.

A fi de supervisar l'èxit de les iteracions i, per tant, dels objectius, s'utilitzarà un indicador de compliment. Aquest indicador supervisarà que cada una de les tasques establertes en la planificació a priori de cada *sprint* es compleixi.

4.2 Eines de desenvolupament

Tot el desenvolupament es durà a terme mitjançant el motor gràfic Unity3D, fent ús de la versió 2019.3.2f1. En un principi també es va plantejar utilitzar Unreal Engine. Finalment es va descartar perquè, d'entre altres motius, Unity3D incorpora eines d'aprenentatge automàtic que poden resultar crucials per assolir els últims objectius.

GitHub s'utilitzarà per mantenir un seguiment de les diferents iteracions del projecte i poder recuperar una versió anterior; en cas de qualsevol tipus d'incident.

Finalment, Trello s'utilitzarà per a gestionar els diferents objectius de cada iteració.

4.3 Mètode de validació

Gràcies a la metodologia de desenvolupament escollida, es podran programar reunions amb la directora del projecte per avaluar l'assoliment de cada un dels objectius actuals i discutir les pròximes millores.

5 Planificació temporal

La carga acadèmica del TFG correspon a 18 crèdits. La normativa de la FIB indica que cada crèdit equival aproximadament a 30 hores[11]. Tenint en compte això, s'espera que la durada del projecte sigui de 540 hores. També cal tenir en compte que la majoria de projectes tenen moltes més tasques de les que a priori ens podem imaginar. Per tant, la finalitat d'aquesta secció és doble: identificar de forma realista quines són aquestes tasques i demostrar que la seva realització és factible en 540 hores. Per a demostrar-ho, s'utilitzarà una taula de Gantt juntament amb una estimació temporal i un pla d'acció.

L'inici del projecte va tenir lloc el 17/02/2020 i es preveu la seva finalització definitiva el 3/07/2020. S'intentarà treballar una mitja de 7 hores diàries de dilluns a diumenge.

En aquesta secció es descriuen totes les tasques que s'han considerat necessàries per a realitzar el TFG. També s'expliquen les diverses relacions de dependència. A cada tasca se li ha associat un codi per a facilitar la seva referència.

5.1 Desglossament de tasques

5.1.1 Gestió del projecte [T1-T8] i T19

Aquí es troben agrupades totes aquelles tasques relacionades amb la pròpia gestió del projecte. Primerament, la planificació general del projecte; per raons obvies, necessita ser completada primer. Dins de la planificació general cal destacar: la definició de l'abast, la planificació temporal i la creació del pressupost i l'anàlisi de sostenibilitat. En segon lloc, les tasques relacionades amb la metodologia *Agile* que es vol dur a terme. Això inclou: una planificació inicial de totes les iteracions, les reunions de control, els test de qualitat i les planificacions prèvies a cada iteració.

La planificació inicial de totes les iteracions té com a objectiu establir un nombre d'iteracions a priori i distribuir les diferents tasques entre elles. Aquesta distribució s'efectuarà tenint en compte les diferents relacions de dependència entre tasques i les diferents estimacions temporals en relació amb el temps disponible. Les reunions de control tindran com a objectiu supervisar l'èxit de cada una de les iteracions i realitzar possibles adaptacions en la planificació. Es realitzaran al final de cada iteració. El test de qualitat s'efectuarà en finalitzar la implementació d'una iteració i es basarà en verificar el correcte funcionament dels canvis introduïts. Per acabar, les planificacions prèvies tindran com a objectiu establir una gestió intel·ligent del temps disponible per a desenvolupar cada iteració i s'efectuarà a l'inici de cada una d'elles.

Per últim, en aquest apartat també s'incorpora la tasca de documentació, que es realitzarà de forma simultània amb qualsevol altre tasca de les mencionades en aquest document. Les hores de documentació, per tant, no es tindran en compte en el còmput total; ja que es troben de forma implícita a la resta de tasques.

En resum, les tasques a considerar dins d'aquest apartat són:

- Abast [T1].
- Planificació [T2].
- Pressupost [T3].

- **Sostenibilitat [T4].**
- **Agile: Planificació general [T5].**
- **Agile: Planificació prèvia [T6].**
- **Agile: Test de qualitat [T7].**
- **Agile: Reunió de control [T8].**
- **Documentació [T19].**

5.1.2 Estudi algorismes d'animacions dinàmiques [T9]

Degut a que aquest projecte té un gran component de recerca, per al desenvolupament d'alguns dels algorismes caldrà una bona inversió de temps en estudiar possibles solucions. Aquesta recerca es pot dur a terme paral·lelament amb el propi desenvolupament iteratiu. En cas que una solució no s'adapti als objectius, el temps dedicat a aquesta tasca es veurà incrementat.

5.1.3 Preparació de l'entorn de desenvolupament [T10]

Aquesta secció especifica la tasca que es realitzarà abans de començar el desenvolupament. En particular, es crearà el projecte amb *Unity3D* i es recopilaran les animacions i models 3d necessaris.

5.1.4 Sistema de control de *ragdolls* [T11]

A fi de poder implementar els algorismes que generin animacions de forma dinàmica, caldrà tenir un control directe sobre el *ragdoll* dels personatges. En aquesta tasca es busca desenvolupar un sistema que cobreixi aquesta necessitat.

S'ha trobat diverses maneres de dur-ho a terme: des-de un control articuladori directe i independent fins a la simulació d'un sistema muscular amb estímuls nerviosos. S'haurà estudiar quin és el sistema més adequat per aquest projecte; lo qual pot incrementar el temps real de la tasca.

5.1.5 Sistema de cinemàtica inversa [T12]

Un cop finalitzat l'anterior sistema, es donarà suport a la cinemàtica inversa per a tenir un control més complex dels cosos. En particular es vol que, donades una articulació i una posició objectiu, el *ragdoll* sigui capaç de reorientar les seves articulacions fins assolir la posició desitjada. Aquest sistema, conjuntament amb l'anterior, serviran com a base per al desenvolupament dels algorismes.

5.1.6 Desenvolupament dels algorismes [T13-T16]

Caldrà desenvolupar un seguit d'algorismes que facin possible: la detecció de pèrdua d'equilibri, la recuperació de l'equilibri, la detecció d'impactes imminents i una resposta d'auto-conservació. Tot i que aquests algorismes estan pensats per treballar de forma conjunta, poden ésser desenvolupats en qualsevol ordre, ja que no hi ha cap tipus de dependència tècnica, a part de les comunes, mencionades a l'anterior apartat.

L'algorisme que té major rellevància en aquest projecte, com ja s'ha comentat, és el de recuperació de l'equilibri. Donada la seva importància i complexitat, tindrà una major dedicació d'hores.

Tenint en compte això, les tasques són:

- Alg. detecció pèrdua equilibri [T13].
- Alg. recuperació de l'equilibri [T14].
- Alg. detecció impactes [T15].
- Alg. resposta impactes [T16].

5.1.7 Resultats i defensa [T17-T18]

Aquestes tasques són les últimes i consistiran a extreure les conclusions pertinents del projecte i preparar la defensa davant el tribunal.

Les tasques concretament són:

- Conclusió [T17].
- Defensa [T18].

5.2 Recursos

Un cop identificades totes les tasques, cal tenir en compte els recursos que faran falta per a dur-les a terme. La finalitat d'aquesta secció és descriure quins seran aquests recursos.

S'utilitzarà un ordinador de sobretaula amb un processador Intel Core i7-4790k (4.00GHz), 32GB de RAM, una GPU Nvidia GTX 970 amb 4GB de RAM i el sistema operatiu Windows 10. A nivell de programari, com s'ha mencionat anteriorment, es farà us del motor gràfic Unity3D amb la versió 2019.3.2f1 com a eina principal. També s'utilitzarà *LaTeX* per a la documentació, el llenguatge de programació *Python* per a les eines d'aprenentatge automàtic i *Trello* per a la gestió de tasques.

Serà necessari un model 3d humà i animacions tradicionals de caminar, córrer, estar quiet i aixecar-se del terra.

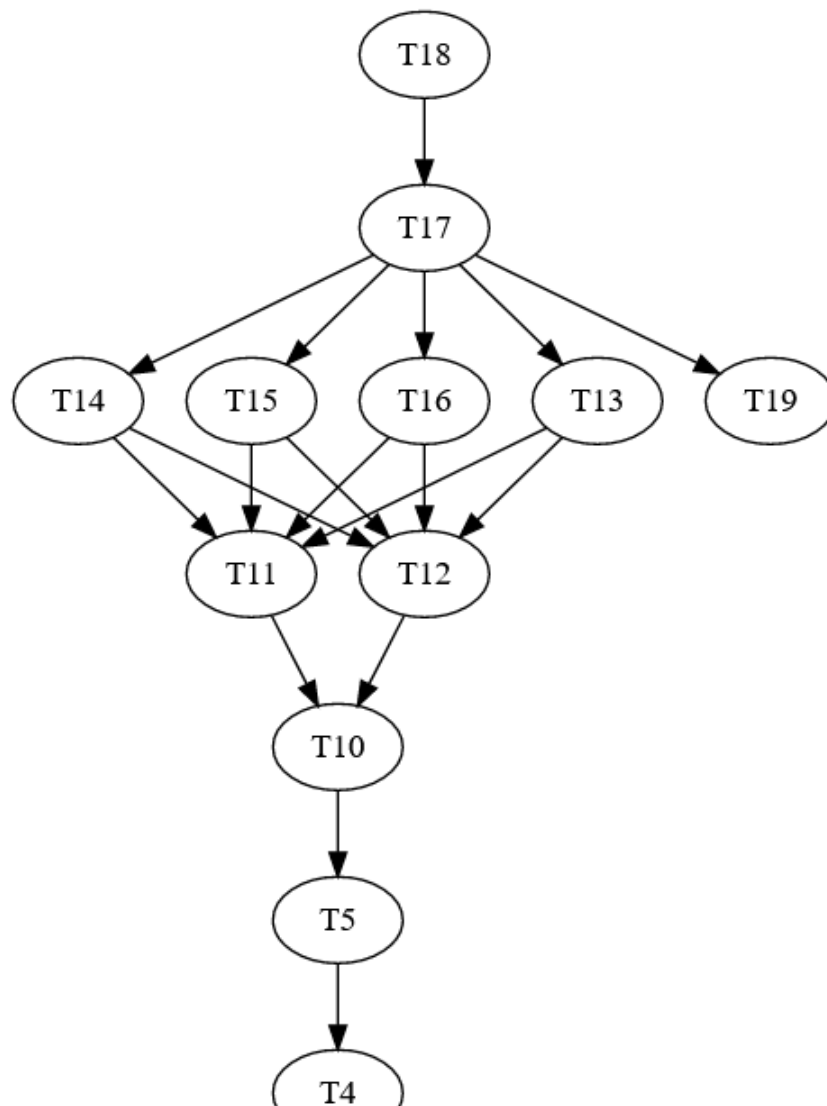
A nivell de recursos humans, caldrà un cap de projecte que pugui dur a terme totes les tasques de gestió i un enginyer informàtic capaç d'afrontar els aspectes tècnics del projecte. Per últim, caldrà un reclutador que pugui seleccionar aquests perfils.

5.3 Estimació temporal

En aquesta secció es mostra una taula amb les tasques anteriorment mencionades i les hores que es preveu invertir així com les dependències entre tasques. La Figura 6 mostra de forma gràfica les dependències.

Tasca	Temps estimat en hores	Dependències
Abast[T1]	30	{}
Planificació[T2]	30	{T1}
Pressupost[T3]	30	{T2}
Sostenibilitat[T4]	8	{T3}
Agile: Planificació general[T5]	20	{T4}
Agile: Planificació prèvia[T6]	6	{}
Agile: Test de qualitat[T7]	20	{}
Agile: Reunió de control[T8]	6	{}
Estudi algorismes d'animacions dinàmiques[T9]	60	{}
Preparació entorn de desenvolupament[T10]	5	{T5}
Sistema control de <i>ragdolls</i> [T11]	50	{T10}
Sistema cinemàtica inversa[T12]	49	{T10}
Alg. detecció pèrdua equilibri[T13]	30	{T11, T12}
Alg. recuperació de l'equilibri[T14]	100	{T11, T12}
Alg. detecció impactes[T15]	30	{T11, T12}
Alg. resposta impactes[T16]	20	{T11, T12}
Conclusió[T17]	23	{[T13-T16], T19}
Defensa[T18]	23	T17
Documentació[T19]	70	{}
Total	540	[T1-T19]

Taula 1: Estimacions temporals per tasca.



5.4 Seqüència de desenvolupament: Gantt

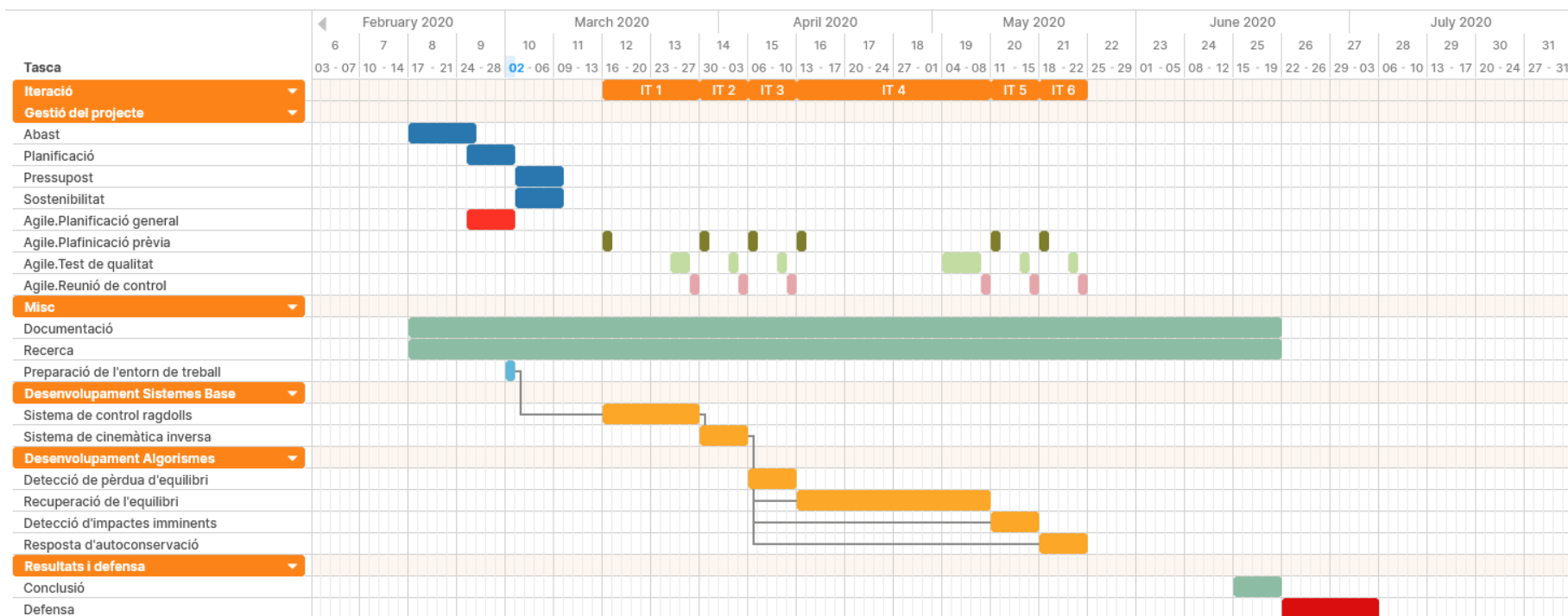


Figura 7: Taula de Gantt

5.5 Gestió del risc: Plans alternatius i obstacles

Com es pot apreciar a la Figura 7, la idea és realitzar un total de 6 iteracions; cadascuna dedicada a implementar un sistema en concret. També es pot observar que hi haurà reunions amb la directora entre les iteracions, a fi de controlar l'èxit dels diferents objectius. La tasca de documentació apareix constantment ja que la idea és documentar de forma extensiva, inclòs durant el propi desenvolupament. Els caps de setmana no apareixen en la taula per simplificar la lectura, però es tenen en compte en el còmput d'hores.

En referència a la primera entrega, un dels principals obstacles que es van tenir en compte va ser el del temps. Degut a això, com que una de les tasques clau del projecte és l'algorisme de recuperació de l'equilibri, s'ha decidit sobreestimar-la per evitar a tota costa el seu incompliment. El sistema de control de *ragdolls* també ha sigut sobreestimat, en relació al risc que es va comentar de no saber quina solució en concret s'utilitzarà.

Un altre tasca que s'ha tingut en compte dur a terme, de forma extensiva, durant el decurs d'aquest TFG, és la de recerca. Això és degut a que existeix el risc de trobar un camí sense sortida desenvolupant els diferents algorismes i, per tant, caldrà investigar noves alternatives.

Per últim, s'han deixat tres setmanes lliures entre el final de la iteració 6 i la conclusió del projecte. Aquestes tres setmanes serveixen com a marge de maniobra, en cas que alguna de les iteracions fracassi o s'hagi de realitzar alguna rectificació en la planificació general. Aquest pla alternatiu suposaria, aproximadament, un total de 60 hores.

6 Pressupost

En aquest apartat s'analitzen quins són els factors econòmics implicats en la realització del projecte. S'estimen els preus en forma de pressupost i s'ofereix un pla d'acció en funció dels possibles riscos que puguin alterar aquesta estimació, a fi d'adaptar-la eficaçment.

6.1 Identificació i estimació dels costos

6.1.1 Costos de personal i activitats

Abans d'entrar en detall amb els costos d'activitats, cal tenir en compte quin personal hi estarà al càrrec; ja que el seu sou tindrà una relació directa amb el cost final de cada activitat.

En primer lloc, serà necessària una persona de recursos humans capaç de reclutar el personal requerit.

En segon lloc, caldrà un cap de projecte capaç de realitzar totes aquelles tasques relacionades amb la gestió i presentació del projecte.

En tercer lloc, caldrà un enginyer informàtic amb un perfil apte per a desenvolupar amb èxit els diversos aspectes tècnics del projecte.

Per últim, les figures d'un artista 3d i un animador serien necessàries ja que caldran un seguit d'animacions i un model 3d humà. Tot i així, aquestes figures són prescindibles; l'objectiu d'aquest projecte és desenvolupar uns algorismes en concret, els models i les animacions³ no més serveixen a efecte del testeig. Per aquest motiu i per estalviar recursos, es prescindirà de la contractació d'aquests dos treballadors.

La Taula 1 mostra els sous per hora bruts corresponents a cada empleat[12, 13, 14].

Posició	Sou brut hora	Sou brut anual
Recursos humans	10.55€	21,934€
Cap de projecte	68€	48,794€
Enginyer informàtic	15€	32,968€

Taula 2: Sou brut per hora treballada i anual.

La relació tasques-treballador-hores i cost final ve donada per la Taula 2. Com es pot apreciar, la majoria de tasques poden realitzar-se amb un sol empleat. Les excepcions, aquelles tasques relacionades amb el seguiment del projecte, on cal una coordinació entre el cap de projecte i l'enginyer. També cal destacar que s'ha creat una nova tasca per fer constar el procés de selecció i que s'han eliminat les tasques de documentació i recerca ja que es realitzaran conjuntament amb la resta (un dels motius per les quals es van sobreestimar temporalment).

Remarcar que s'ha augmentat en un 30% el cost de les diferents activitats per considerar els costos associats amb la contractació dels empleats.

³A l'apartat de costos generals és donen més detalls del cost real dels models i animacions

Tasca	Cap de projecte	Recursos humans	Enginyer	Cost final (€)
Selecció personal	0	10	0	137.15
Abast	30	0	0	2652
Planificació	30	0	0	2652
Pressupost	30	0	0	2652
Sostenibilitat	8	0	0	312
Agile: Planificació general	20	0	20	156
Agile: Planificació prèvia	0	0	6	117
Agile: Test de qualitat	0	0	20	390
Agile: Reunió de control	6	0	6	647.4
Preparació entorn de treball	0	0	5	97.5
Sistema control <i>ragdolls</i>	0	0	50	975
Sistema cinemàtica inversa	0	0	25	487.5
Algorisme detecció pèrdua equilibri	0	0	30	585
Algorisme recuperació equilibri	0	0	100	1950
Algorisme detecció impactes imminents	0	0	30	585
Algorisme resposta autoconservació	0	0	20	390
Conclusió	23	0	0	2033.2
Defensa	23	0	0	2033.2
Total (CPA)	170	10	312	18851.95

Taula 3: Hores per tasca associada a cada treballador i cost final per tasca.

6.1.2 Costos genèrics

A continuació es descriuen tots aquells costos independents a les tasques del projecte:

- **Espai físic:** per a realitzar presencialment les diverses tasques del projecte. Es llogarà un espai en una oficina de *Coworking* per a una sola persona. El motiu per el qual no cal espai per a més persones és degut a que les tasques no es poden fer de forma simultània. El procés de selecció de personal serà anterior a l'arribada de qualsevol altre membre, per raons obvies; els processos de gestió prèvia (Planificació, Abast, Pressupost, Sostenibilitat) s'han de realitzar abans les iteracions *Agile*; només coincidiran dos empleats durant les reunions de control que poden inclòs no ser presencials.
- **Ordinador:** degut al mateix motiu, mencionat a l'anterior apartat, només en caldrà un. S'haurà de tenir en compte que hi haurà tasques exigents, a nivell computacional, que requeriran un *hardware* per sobre de la mitja. Com que els perifèrics tenen un cost molt baix en comparació, el seu cost serà afegit directament al de l'ordinador.
- **Software:** s'utilitzarà el mateix que s'ha mencionat en anteriors apartats. Això inclou: Unity3D, LaTeX, Python i Trello. Totes aquestes eines tenen un pla d'ús gratuït que s'adapta a les necessitats del projecte[15, 16, 17, 18].
- **Model 3D i animacions:** caldrà un model humà i unes animacions per a realitzar els experiments. Les animacions s'obtidran de forma gratuïta de Mixamo[19]. El model també serà obtingut gratuïtament de la *asset store* de Unity3D[20].

La Taula 3 mostra els costos genèrics identificats anteriorment[21], la seva amortització⁴ i vida útil en mesos.

Element	Cost	Vida útil	Cost amortitzat
Espai <i>Coworking</i>	135€/mes	-	-
Ordinador	2100€	96	20.93€
Model 3d	0€	0	0€
Animacions	0€	0	0€
Unity3D	0€	0	0€
LaTeX	0€	0	0€
Python	0€	0	0€
Trello	0€	0	0€
Total (CG)	2640€	-	20.93€

Taula 4: Costos genèrics.

⁴En el cas de l'espai de *Coworking*, no es té en compte el cost d'amortització ja que es un actiu llogat. La resta d'actius, a excepció de l'ordinador, al tenir un cost inicial 0, la seva corresponent amortització acaba valorant-se en 0€.

6.1.3 Costos associats al risc

Alguns riscos, en línia amb el mencionat a la planificació temporal, ja es troben assumits de forma implícita en el propi còmput d'hores de les activitats. Igualment, existeixen tres setmanes com a marge de maniobra en cas que no es puguin complir els terminis, risc que definirem com a I1. Aquestes setmanes implicarien un altre més de lloguer de l'espai de *Coworking*, més hores de treball per part de l'enginyer i poques hores més per part del director (a fi de supervisar l'última iteració). Es considerarà un risc del 40%.

En resum, es considerarà un total de 60 hores repartides entre les tres setmanes addicionals. D'aquestes 60 hores, s'estima que un 100% les realitzarà l'enginyer i un 20% el cap de projecte.

6.1.4 Cost de contingència

S'ha decidit escollir un cost de contingència del 20% respecte al total de costos genèrics i activitats. Un motiu és, al no tenir una clara solució a alguns dels problemes, la possible afectació dels terminis. Es cert que hi ha una sobreestimació dels temps amb les tasques més incertes i crítiques. Tot i així, es prefereix tenir un recolzament per cobrir el cost de risc anteriorment mencionat. L'altre motiu és la simplificació del cost que es farà del personal, el qual pot portar a una possible subestimació del cost total real.

6.1.5 Pressupost final

Reunint la informació de les Taules 1, 2 i 3 s'ha arribat al pressupost mostrat a la Taula 4. Remarcar que s'ha augmentat en un 30% el cost de les diferents activitats per considerar els costos associats amb la contractació dels empleats.

Concepte	Import (€)
Total CPA	18851.95
Total CG	2640
Total Costos (CG + CPA)	21491.95
Contingència	4298.39
CG + CPA + Contingència	25790.34
I1 (Cost=709.74; risc=40%)	283.896
Total imprevistos	283.896
Total	26074.236

Taula 5: Pressupost final.

6.2 Control de gestió

La presencia de diferents obstacles, definits anteriorment, amenacen la fiabilitat d'aquest pressupost.

Un dels principals problemes que s'han mencionat és el fet de que una o més de les iteracions fracassin. El cost de contingència i la partida de risc estan pensats per cobrir aquest cost en la mesura de lo possible. Si el període de tres setmanes no fos suficient, caldria llogar un mes adicional l'espai de *Coworking* i remunerar les hores extres als empleats; d'una manera semblant a l'expressada en el cost de risc II.

Respecte als costos de hardware, trobar una alternativa gratuïta és impossible en cas de fallada. En aquest cas, s'intentaria reparar el hardware actual. Només en cas que fos fallada total es reemplaçaria per un nou hardware,

En el cas del software, el model i les animacions, és difícil que hi hagi un canvi que pugui alterar el cost. Hipotèticament podria passar que una o més de les llicències canviessin, inutilitzant les actuals i forçant a pagar una determinada quantitat. En aquest escenari hipotètic (i molt improbable) s'optaria per trobar alguna alternativa gratuïta. En el cas de Python i LaTeX és impossible que això succeeixi (les organitzacions responsables són sense ànim de lucre). En el cas de Unity3D, es podria escollir un altre motor gràfic com Unreal Engine o Godot. Respecte a les animacions i el model, a internet abunden moltes altres alternatives gratuïtes amb llicències d'ús molt obertes.

En conclusió, sembla que el pressupost és prou robust, ja que ha estat dissenyat al voltant del major risc que es pot trobar: l'incompliment dels terminis. Altres riscos analitzats, com una fallada de hardware, no suposen un increment considerable del pressupost en el pitjor dels casos. Tot i així, a fi de realitzar un seguiment més concret de les possibles desviacions, s'utilitzarà un indicador de desviació en el preu de la mà d'obra i un altre per a la diferencia de consum on: d_p i d_e fan referència a aquestes desviacions respectivament, c_r i c_e als costos reals i estimats i h_r i h_e a les hores reals i estimades.

$$d_p = (c_r - c_e) * h_r$$

$$d_e = (h_e - h_r) * c_e$$

Aquestes estimacions es realitzaran de manera rigorosa entre iteracions *Agile* a fi de poder readaptar el desenvolupament de les iteracions posteriors. En aquest projecte, els conceptes de matèria prima i ventes no tenen cap rellevància, per tant no es contemplarà cap tipus de desviació en aquests àmbits.

7 Sostenibilitat

7.1 Autoavaluació

Després de realitzar l'enquesta de sostenibilitat he vist que els meus coneixements relacionats amb la matèria són molt escassos. Algunes preguntes m'han fet adonar que mai tinc en compte els efectes col·laterals que una sol·lució TIC pot tenir, tot i ser en molts casos dràstics.

Un altre cosa a destacar és el fet que, durant la confecció d'aquesta pràctica, en cap moment la sostenibilitat ha tingut cap mena d'importància. El criteri imperatiu en tot moment ha sigut obtenir el menor cost econòmic possible sense tenir en compte quin impacte podien tenir les diferents decisions preses en les diferents dimensions sostenibles.

En resum, considero que en molts casos només es veu el benefici a curt termini però es negligeixen les conseqüències futures. Cada cop és més evident l'impacte d'un estil de vida insostenible, de forma generalitzada, respecte al planeta, l'economia i la societat.

7.2 Dimensió econòmica

Respecte a la dimensió econòmica de la matriu de sostenibilitat, opino que he estimat el cost intentant ser lo més realista possible. No obstant, és cert que potser he sobreestimat excessivament alguns costos per preveure els possibles riscos.

Actualment els costos derivats de la sol·lució més utilitzada al mercat són molt excessius. Sobretot a nivell de personal; degut a lo difícil que és integrar-lo. Una sol·lució oberta, com la que es proposa en aquest projecte, permetria un estalvi considerable de personal i la viabilitat de nous projectes.

7.3 Dimensió ambiental

En cap moment s'ha tingut en compte l'impacte ambiental d'aquest projecte durant la presa de decisions. Ara bé, això no implica que aquestes decisions siguin perjudicials. Tot lo contrari.

En primer lloc, al ser conscient de que la gran majoria de tasques no es podien realitzar simultàniament, he aconseguit elaborar un pla de desenvolupament en el que només cal un ordinador per a tot el projecte. Aquest petit canvi ja pot generar una millor sostenibilitat.

Un altre aspecte a destacar és el fet d'utilitzar un espai de Coworking. Utilitzant aquest espai, redueixo la despesa elèctrica ja que aquesta no estaria destinada únicament al nostre projecte sinó que seria compartida.

7.4 Dimensió social

Considero que la realització d'aquest projecte m'aportarà una major determinació i rigor com a persona. M'ajudarà a ser més metòdic amb futurs projectes i a analitzar gran part de les dimensions presents en un problema. En definitiva, no crec que l'únic impacte sigui estrictament acadèmic o laboral, opino que moltes de les coses apreses em podran ser útils en altres aspectes de la vida.

No crec que la sol·lució al meu problema millori considerablement la vida de ningú. La meua sol·lució segurament sigui útil en la indústria de l'entreteniment però crec que hi ha sectors

que poden ser més prioritaris en la felicitat de les persones. Per tant, no considero que aquest projecte suposi una necessitat real a nivell social.

8 Bibliografia

Referències

- [1] T. Donovan, *Replay: The History of Video Games*. Yellow Ant, Abril 2010.
- [2] A. Beane, *3D Animation Essentials*. Sybex, Març 2012.
- [3] A. Aristidou, J. Lasenby, Y. Chrysanthou, and A. Shamir, "Inverse kinematics techniques in computer graphics: A survey," *Computer Graphics Forum*, vol. 37, no. 6, pp. 35–58, 2018.
- [4] J. Cooper, *Game Anim: Video Game Animation Explained*. A K Peters/CRC Press, Gener 2019.
- [5] [Online]. Disponible: <https://en.wikipedia.org/wiki/NaturalMotion>.
- [6] D. Rosen, "Why we are not using euphoria," 2009. [Online]. Disponible: <http://blog.wolfire.com/2009/11/why-we-are-not-using-euphoria/>.
- [7] NaturalMotion, "Why isn't the euphoria engine used in more games?," Gener 2013. [Online]. Disponible: https://www.reddit.com/r/Games/comments/15wvoq/why_isnt_the_euphoria_engine_used_in_more_games/.
- [8] T. Geijtenbeek, M. van de Panne, and A. F. van der Stappen, "Flexible muscle-based locomotion for bipedal creatures," *ACM Trans. Graph.*, vol. 32, Nov. 2013.
- [9] B. Kenwright, R. Davison, and G. Morgan, "Dynamic balancing and walking for real-time 3d characters," pp. 63–73, 11 2011.
- [10] K. Beck, M. Beedle, A. v. Bennekum, A. Cockburn, W. Cunningham, M. Fowler, J. Grenning, J. Highsmith, A. Hunt, R. Jeffries, J. Kern, B. Marick, R. C. Martin, S. Mellor, K. Schwaber, J. Sutherland, and D. Thomas, "The agile manifesto," 2001. [Online]. Disponible: <https://agilemanifesto.org/principles.html>.
- [11] FIB-UPC, "Normativa del treball final de grau del grau en enginyeria informàtica de la FIB," 2012. [Online]. Disponible: <https://www.fib.upc.edu/sites/fib/files/documents/actes/normativatfg-gei-2012-09-26.pdf>.
- [12] Payscale, "Average Recruit Salary in Spain," 2020. [Online]. Available: <https://www.payscale.com/research/ES/Job=Recruiter/Salary>.
- [13] Payscale, "Average Software Engineer Salary in Spain," 2020. [Online]. Available: https://www.payscale.com/research/ES/Job=Software_Engineer/Salary.
- [14] Payscale, "Average Project Manager, Information Technology (IT) Salary in Spain," 2020. [Online]. Available: [https://www.payscale.com/research/ES/Job=Information_Technology_\(IT\)_Manager/Salary](https://www.payscale.com/research/ES/Job=Information_Technology_(IT)_Manager/Salary).
- [15] Latex Project, "The latex project public license," 2008. [Online]. Disponible: <https://www.latex-project.org/lppl.txt>.
- [16] Atlassian, "Trello plans," 2020. [Online]. Disponible: <https://trello.com/en/pricing/>.

- [17] Unity Technologies, "Unity3d plans," 2020. [Online]. Disponible: <https://store.unity.com/compare-plans?currency=EUR>.
- [18] The Python Software Foundation, "Python: History and license," 2020. [Online]. Disponible: <https://docs.python.org/3/license.html>.
- [19] Adobe, "Mixamo faq," 2020. [Online]. Disponible: <https://helpx.adobe.com/creative-cloud/faq/mixamo-faq.html>.
- [20] Unity Technologies, "Asset store terms of service and eula," 2020. [Online]. Disponible: <https://helpx.adobe.com/creative-cloud/faq/mixamo-faq.html>.
- [21] 021BCN, "Pressupost espai co-working a poblenou FIB," 2012. [Online]. Disponible: <http://www.021espai.com/tarifas-coworking-barcelona-poblenou/>.