



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Tecnologia BIM 5D: noves tècniques per a un nou model arquitectònic

Anna Baldrich Aragó

ADVERTIMENT La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del repositori institucional UPCommons (<http://upcommons.upc.edu/tesis>) i el repositori cooperatiu TDX (<http://www.tdx.cat/>) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual **únicament per a usos privats** emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei UPCommons o TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a UPCommons (*framing*). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

ADVERTENCIA La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del repositorio institucional UPCommons (<http://upcommons.upc.edu/tesis>) y el repositorio cooperativo TDR (<http://www.tdx.cat/?locale-attribute=es>) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual **únicamente para usos privados enmarcados** en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio UPCommons No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a UPCommons (*framing*). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

WARNING On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the institutional repository UPCommons (<http://upcommons.upc.edu/tesis>) and the cooperative repository TDX (<http://www.tdx.cat/?locale-attribute=en>) has been authorized by the titular of the intellectual property rights **only for private uses** placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading nor availability from a site foreign to the UPCommons service. Introducing its content in a window or frame foreign to the UPCommons service is not authorized (*framing*). These rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author.



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Programa de Doctorat en Administració i Direcció d'empreses

Tecnologia BIM 5D: noves tècniques per a un nou model arquitectònic

Tesi doctoral realitzada per:

Anna Baldrich Aragó

Dirigida per:

Dr. F. Javier Llovera Saez

Dr. Josep Coll Bertran

Departament d'Organització d'Empreses.
Programa de Doctorat en Administració i Direcció d'Empreses

Barcelona, gener 2022

Agraïments:

En primer lloc, vull agrair als meus tutors de tesi, el Dr. Javier Llovera Saez i el Dr. Josep Coll Bertran, catedràtics del departament d'Administració i Direcció d'Empreses, la seva dedicació i suport acadèmic per a la realització d'aquesta investigació. L'aportació de coneixements en el tema d'estudi, les recomanacions i la orientació en la metodologia i en les tècniques d'investigació a aplicar, han estat fonamentals per a l'assoliment d'aquesta fita acadèmica amb èxit.

En segon lloc, vull donar les gràcies a les quatre empreses que han participat en aquesta investigació, perquè sense elles no hagués estat possible realitzar-la. De forma especial vull esmentar als professionals líders en la gestió de costos dels projectes seleccionats, que van dedicar el seu temps per a la recopilació de la informació dels projectes, per la participació en les entrevistes i qüestionaris i per fer de pont entre l'empresa i la investigadora. Així, agraeixo la seva bona disposició en la col·laboració a Cristina Sitjà de l'estudi d'arquitectura Brufau Cusó, a Eduard Pérez del Grup Nadico, a Marc Torrella de l'empresa Batlle i Roig Arquitectes i a Salazar Santos del Grup Lobe.

De la mateixa manera, vull fer un reconeixement a totes aquelles persones del sector que han contribuït en aquesta recerca des dels inicis de la mateixa, i de forma especial a Josep Gassiot i Matas president del Gremi de Constructores d'Obres de Barcelona, sempre disposat a escoltar i a contribuir amb el seu coneixement i expertesa, a Maria Elena Pla Cuyàs responsable BIM de l'ITEC i a Ignasi Pérez Arnal CEO de BIM Academy per facilitar-me el contacte amb empreses que han participat en la investigació, a Marc Bach consultor Lean BIM i a Juan Luis de Madariaga director de projectes BIM a Seys per la seva aportació de coneixement i al Dr. Jaume Roig per la seva col·laboració en la redacció de l'article d'investigació vinculat a aquesta tesi.

A continuació, vull agrair als membres de l'equip de direcció de l'escola Elisava, al Dr. Javier Peña, al Dr. Albert Fuster, al Dr. Oscar Tomico i a Elisava Research, el suport i la confiança que han dipositat en mi durant aquests anys d'intens treball. Encara tinc presents les anotacions que vaig prendre a la sessió que el Director Acadèmic ens va fer a principis del 2017 per promoure els estudis de doctorat entre el professorat d'Elisava i ara, cinc anys després, em satisfà veure que la fita ha estat assolida. Sense aquell impuls no hagués començat mai aquesta travessa acadèmica i també personal.

Així mateix, vull donar les gràcies a les meves companyes i companys de departament i de vivències més enllà d'Elisava: a Esther Brosa per acompanyar-me en tantes hores de treball i per la seva contribució sempre pragmàtica, a Rosario Hernandez i a Lourdes Saez pel seu suport entusiasta, a Jonathan Chacón, Joan Gómez i Francesc Ribot per estar sempre disposats a respondre als meus dubtes de doctorand, i a Josep Novell i Àngels Mañez pel seu acompanyament en el tram final de la redacció. Vull agrair també al professor Jay Noden la seva col·laboració en la traducció de l'article d'investigació i a la resta de companyes i companys d'Elisava que s'han interessat per la meva dedicació.

Per finalitzar, vull fer una menció especial als meus fills, per la seva enorme paciència i admiració durant aquests anys de treball i d'absències, als meus pares i germans pel seu suport sempre fidel, i a la resta de família, tiets, tietes, i amistats més pròximes, per haver estat també al meu costat al llarg d'aquests anys.

“... serveix sempre per a la nostra vida futura i no tant pel tema que s'escull com per l'experiència d'aprenentatge que suposa, per l'ús del rigor i per la capacitat d'organització del material que requereix.”

(Eco, 2001)

Índex de continguts:

CAPÍTOL 1. INTRODUCCIÓ A LA TESI	0
1.1 Presentació	1
1.2 Plantejament i definició del problema	3
1.3 Objectiu de la investigació	4
1.3.1 Objectiu principal.....	4
1.3.2 Objectius específics.....	5
1.4 Importància de la tesi	6
1.5 Resultats i contribucions esperades	8
1.6 Estructura de la tesi	9
CAPÍTOL 2. ESTAT DE L'ART	11
2.1 Fonts de documentació	12
2.2 Investigació en metodologia BIM: eficiència en el projecte	12
2.3 Investigació en tecnologia 3D amb BIM: el model arquitectònic	15
2.4 Investigació en gestió de costos amb BIM	16
2.5 Usuaris de la tecnologia BIM 3D i 5D	22
2.6 Interoperabilitat	23
2.7 Models de contractació	24
CAPÍTOL 3. MARC TEÒRIC: TECNOLOGIA 5D	25
3.1 Introducció a la tecnologia 5D	26
3.2 Context BIM	26
3.2.1 Estratègies d'implementació de BIM en el món	26
3.2.2 Evolució de la obligatorietat de l'ús de BIM a Espanya	27
3.3 Les dimensions de BIM	30
3.4 El model arquitectònic 3D	31
3.4.1 Softwares 3D	31
3.4.2 Propietats del model 3D amb Revit	34

3.4.3	Propietats del model 3D amb Revit per a l'extracció d'amidaments.....	37
3.5	Eines 5D	38
3.5.1	Funcions i plug-in de Revit per quantificar	40
3.5.2	Arquímedes	41
3.5.3	TCQ	42
3.5.4	Presto.....	42
3.6	Implementació de la metodologia BIM 5D	43
3.6.1	Especificacions en la recerca i criteris de selecció	44
3.6.2	Informació a cercar	45
3.6.3	Resultats de la revisió de la literatura	45
3.6.4	Conclusions de la revisió de la literatura.....	52
CAPÍTOL 4. MARC TEÒRIC: GESTIÓ ECONÒMICA AMB BIM	53
4.1	Introducció a la gestió econòmica amb BIM	54
4.2	El projecte de construcció i les seves fases	54
4.2.1	Tipus de projectes.....	54
4.2.2	Cicle de vida dels projectes BIM.....	54
4.2.3	Documentació d'un projecte BIM.....	56
4.3	La gestió econòmica del projecte	57
4.4	Rols en projectes BIM	61
4.5	L'enginyer o gestor de costos	63
4.5.1	Evolució de les activitats i rols del gestor de costos	63
4.5.2	Evolució dels coneixements i habilitats del gestor de costos	64
CAPÍTOL 5. METODOLOGIA	67
5.1	Mètode d'investigació	68
5.2	Tècniques utilitzades	69
5.3	Estudi de cas	71
5.3.1	Proposicions de la investigació	72

5.3.2	Unitat d'anàlisi	73
5.3.3	Criteris de selecció dels estudis de cas	73
5.3.4	Ubicació de l'anàlisi dins del cicle de vida del projecte.....	75
5.3.5	Etaques del procés d'anàlisi.....	76
5.3.6	Criteris d'anàlisi de les dades.....	77
5.3.7	Selecció dels estudis de cas i recollida de dades	79
5.3.8	Codificació i categorització.....	80
5.3.9	Verificació dels resultats i validació de l'estudi	80
5.4	Fonts de documentació i material recopilat	81
5.5	Cronologia de la recerca.....	83
CAPÍTOL 6. ANÀLISI DELS ESTUDIS DE CAS.....		85
6.1	Introducció als estudis de cas	86
6.2	Recollida de dades	88
6.3	Dades a analitzar.....	90
6.4	Estudi de cas 1: habitatge unifamiliar a Molins de Rei.....	90
6.4.1	Justificació de la selecció d'aquest cas d'estudi	90
6.4.2	Descripció del projecte.....	91
6.4.3	Descripció de l'empresa	94
6.4.4	Procés de realització i gestió del projecte	94
6.4.5	Recollida de dades del qüestionari.....	96
6.4.6	Resultats dels codis.....	96
6.4.7	Conclusions del cas d'estudi	97
6.5	Estudi de cas 2: nau productiva a Tànger	98
6.5.1	Justificació de la selecció d'aquest cas d'estudi	98
6.5.2	Descripció del projecte.....	99
6.5.3	Descripció de l'empresa	102
6.5.4	Procés de realització i gestió del projecte	102

6.5.5	Recollida de dades qüestionari	104
6.5.6	Resultats dels codis	105
6.5.7	Conclusions del cas d'estudi	105
6.6	Estudi de cas 3: edificis d'habitatges plurifamiliars a Esplugues de Llobregat...	106
6.6.1	Justificació de la selecció d'aquest cas d'estudi	106
6.6.2	Descripció del projecte	107
6.6.3	Descripció de l'empresa	111
6.6.4	Procés de realització i gestió del projecte	112
6.6.5	Recollida de dades del qüestionari	113
6.6.6	Resultats dels codis	113
6.6.7	Conclusions del cas d'estudi	114
6.7	Estudi de cas 4: habitatge plurifamiliar del grup LOBE	116
6.7.1	Justificació de la selecció d'aquest cas d'estudi	116
6.7.2	Descripció de l'empresa	117
6.7.3	Descripció de la metodologia GLOBE i l'aplicació HUBE	117
6.7.4	Recollida de dades entrevista	122
6.7.5	Resultats dels codis	125
6.7.6	Conclusions del cas d'estudi	125
6.8	Resultats de l'anàlisi dels estudis de cas	126
CAPÍTOL 7. CONCLUSIONS		132
7.1	Introducció	133
7.2	Conclusions per temes	133
7.2.1	Dades del projecte	133
7.2.2	Visualització del projecte	134
7.2.3	Temps	134
7.2.4	Nivell de modelat	135
7.2.5	Softwares	135

7.2.6	Coneixements, habilitats i rols.....	135
7.3	Conclusions de la tesi.....	136
7.4	Disseny d'una tècnica	137
7.5	Futures línies d'investigació.....	138
7.5.1	Aplicació de la tècnica.....	139
7.5.2	Les plataformes de treball virtuals	139
7.5.3	Altres softwares de gestió de costos.....	139
7.5.4	La gestió en el sector de la prefabricació.....	139
7.5.5	La codificació i la estandardització dels elements arquitectònics	140
CAPÍTOL 8. BIBLIOGRAFIA.....		141

Llista de figures:

<i>Figura 1 Metodologia BIM i cicle de vida del projecte.</i>	2
<i>Figura 2 Mapa implementació BIM al 2016.</i>	7
<i>Figura 3 Nombre de publicacions anuals mundials en temes BIM.</i>	13
<i>Figura 4 Nombre de publicacions en temes BIM per països.</i>	13
<i>Figura 5 Corba esforç- temps.</i>	14
<i>Figura 6 Nombre de publicacions anuals mundials en temes BIM 5D.</i>	17
<i>Figura 7 Nombre de publicacions en temes BIM 5D per països.</i>	18
<i>Figura 8 Visualització en xarxa dels resultats dels documents més citats.</i>	18
<i>Figura 9 Visualització en superposició de les paraules clau.</i>	20
<i>Figura 10 Dimensions BIM (II).</i>	30
<i>Figura 11 Evolució de l'expressió gràfica arquitectònica.</i>	31
<i>Figura 12 Evolució interès Revit vs Archicad en cerques a nivell internacional.</i>	33
<i>Figura 13 Evolució interès Revit vs Archicad en cerques a nivell estatal.</i>	33
<i>Figura 14 Ús de softwares de modelat.</i>	34
<i>Figura 15 Classificació d'objectes BIM.</i>	35
<i>Figura 16 Especificacions de LOD per a sostres de fusta.</i>	36
<i>Figura 17 Ús de softwares de gestió de costos.</i>	39
<i>Figura 18 Processos eines 5D (Revit - Arquímedes).</i>	43
<i>Figura 19 Marc teòric desenvolupat.</i>	52
<i>Figura 20 Etapes de la investigació.</i>	69
<i>Figura 21 Fases de l'anàlisi de la gestió de costos.</i>	76
<i>Figura 22 Protocol Estudi de cas.</i>	78
<i>Figura 23 Categorització de codis.</i>	80
<i>Figura 24 Organització de carpetes al gestor bibliogràfic Mendeley.</i>	82
<i>Figura 25 Imatge de l'esquema dels fitxers de lectura d'articles.</i>	83
<i>Figura 26 Esquema gràfic dels casos d'estudi.</i>	86
<i>Figura 27 Esquema tècniques d'investigació dels casos d'estudi.</i>	90
<i>Figura 28 Imatge de la situació de l'habitatge.</i>	91
<i>Figura 29 Plànol emplaçament projecte habitatge unifamiliar.</i>	92
<i>Figura 30 Plànol planta baixa habitatge unifamiliar.</i>	92
<i>Figura 31 Plànol secció longitudinal habitatge unifamiliar.</i>	93
<i>Figura 32 Perspectiva habitatge unifamiliar.</i>	93
<i>Figura 33 Render habitatge unifamiliar.</i>	93
<i>Figura 34 Estructura del pressupost EC1.</i>	94
<i>Figura 35 Esquema del procés de gestió amb TCQ i arxiu IFC.</i>	95
<i>Figura 36 Plànol implantació projecte nau.</i>	99
<i>Figura 37 Perspectiva aèria projecte nau.</i>	99
<i>Figura 38 Quadre de superfícies útils projecte nau.</i>	100
<i>Figura 39 Estructura del pressupost EC2.</i>	101
<i>Figura 40 Esquema del procés de gestió amb EXCEL i PRESTO.</i>	103
<i>Figura 41 Plànol emplaçament projecte Finestrelles.</i>	107

<i>Figura 42 Plànol planta 1 bloc A</i>	108
<i>Figura 43 Plànol secció projecte Finestrelles</i>	108
<i>Figura 44 Render projecte Finestrelles</i>	109
<i>Figura 45 Pressupost fase 1 projecte Finestrelles</i>	110
<i>Figura 46 Pressupost fase 2 projecte Finestrelles</i>	111
<i>Figura 47 Relació entre els processos Lean, la eina HUBE i el model BIM</i>	118
<i>Figura 48 Esquema de l'estructura de dades</i>	120
<i>Figura 49 Processos Projecte Promoció</i>	120
<i>Figura 50 Imatge Projecte Promoció</i>	121
<i>Figura 51 Percentatge de categories citades</i>	131
<i>Figura 52 Tècnica d'implementació de la gestió econòmica amb BIM</i>	138

Llista de taules:

<i>Taula 1 Causes i efectes de la qüestió</i>	3
<i>Taula 2 Objectius i accions</i>	4
<i>Taula 3 Articles més citats</i>	19
<i>Taula 4 Paràmetres i valoració software 4D i 5D</i>	21
<i>Taula 5 Dimensions BIM (I)</i>	30
<i>Taula 6 Softwares 3D</i>	32
<i>Taula 7 Softwares i funcions per a la gestió de costos</i>	39
<i>Taula 8 Factors positius i negatius en la implementació de BIM 5D</i>	49
<i>Taula 9 Punts clau en la implementació de BIM 5D</i>	50
<i>Taula 10 Etapes del cicle de vida del projecte BIM</i>	55
<i>Taula 11 Fases del cicle de vida del projecte BIM en edificació</i>	56
<i>Taula 12 Documents per a la gestió de projectes BIM</i>	57
<i>Taula 13 Necessitats de rols segons la mida de l'empresa i del projecte</i>	62
<i>Taula 14 Fases del projecte, objectius BIM i LOD</i>	76
<i>Taula 15 Quadre tipus per a la recollida d'observacions i valoracions dels criteris d'anàlisi</i>	79
<i>Taula 16 Taula de dades dels casos d'estudi</i>	88
<i>Taula 17 Taula de dades metodològiques dels casos d'estudi</i>	89
<i>Taula 18 Taula de resultat de dades EC1</i>	96
<i>Taula 19 Taula de resultats de dades EC2</i>	104
<i>Taula 20 Taula de resultats de dades EC3</i>	114
<i>Taula 21 Resultats del qüestionari (part 1)</i>	127
<i>Taula 22 Resultats del qüestionari (part 2)</i>	128
<i>Taula 23 Resultats dels codis i categories</i>	130
<i>Taula 24 Percentatge d'aspectes citats</i>	131

CAPÍTOL 1. INTRODUCCIÓ A LA TESI

1.1 Presentació

És un fet evident que en el sector de l'arquitectura, enginyeria i construcció (AEC) a Espanya s'està començant a implementar la metodologia "Building Information Modelling" (BIM), que està canviant la manera de dissenyar i de gestionar el projecte arquitectònic en totes les seves fases.

La implementació de BIM en el projecte constructiu i en tot el cicle de vida de l'edifici, suposa un canvi de paradigma i una evolució cap a nous models de col·laboració, amb els que s'aconsegueix una "millora de la productivitat i competitivitat" (Fuentes Giner, 2014). Aquest fet ha de suposar un impuls a la inversió en innovació en el sector de la construcció, que es troba en percentatges molt baixos en relació a altres sectors¹.

L'interès per aquest tema resulta de la meua experiència professional com enginyera d'edificació especialitzada en la gestió econòmica de projectes d'arquitectura o urbanisme, sempre vinculat a estudis d'arquitectura i a enginyeries. A partir del moment en que es detecten les dificultats en l'aplicació de les eines de pressupostos i amidaments amb els nous projectes dissenyats amb BIM, em dispo a profunditzar en l'anàlisi del problema. La meua experiència docent a la universitat (UPC, UPF i UVic) esdevé determinant per decidir-me a redactar aquesta tesi doctoral i d'aquesta manera fer una aportació científica que serà interessant en l'entorn universitari i de recerca, i en l'àmbit de l'arquitectura i l'enginyeria.

"BIM és una representació digital de les característiques físiques i funcionals d'una instal·lació i un recurs de coneixement compartit per a obtenir informació sobre aquesta, constituint una base fiable per a la presa de decisions al llarg del seu cicle de vida, des de la seva concepció més inicial fins a la seva demolició"² (National Institute of Building Sciences, 2021). El BIM o modelat de la informació per a la construcció, és el procés que es duu a terme per generar i gestionar les dades de l'edifici durant el seu cicle de vida utilitzant eines digitals de modelat en tres dimensions (3D). Se'n va començar a parlar als anys 80, amb la creació les primeres eines informàtiques de representació gràfica en 3D paramètriques com el programa ArchiCAD de l'empresa búlgara Graphisoft, precursora de totes elles (Eastman, 2011).

La definició de BIM genera tres nivells de diversitat: uns el defineixen com una aplicació de software, altres com un procés de disseny i documentació de la informació del projecte i altres com un enfocament nou per avançar en la professió que requereix de noves polítiques, noves tipologies contractuals i noves relacions entre els agents implicats en el projecte (Aranda-Mena *et al.*, 2008). Quan es parla de BIM, s'ha d'entendre com un concepte global que inclou, per un costat, l'essència de BIM que és la nova manera de treballar integradora, la metodologia BIM, i per l'altre, la vessant més tecnològica, les noves eines digitals que faciliten la compartició i la obtenció d'informació. No es pot parlar de BIM si només s'utilitza la nova tecnologia de representació gràfica en 3D, sinó estariem parlant de "Building Modelling" sense la I de Informació, així que sense aquestes dades i sense el sistema integrat de treball no es pot parlar de BIM (Macleamy, 2018).

¹ Segons l'Institut Nacional d'Estadística (INE) el percentatge d'inversió en innovació en el sector de la construcció és d'un 1,1% al 2015, tenint en compte que aquest sector aporta el 10,4% del producte interior brut (PIB) (Instituto Nacional de Estadística, 2017). Amb dades del 2018, el percentatge s'ha reduït a un 1% i només un 6,2% de les empreses del sector AEC han realitzat una inversió en innovació tecnològica (Observatorio Inmobiliario, 2020).

² Definició que fa la BuildingSMART Alliance a través del National BIM Standard.

En aquest nou entorn de treball en col·laboració, el model arquitectònic o model 3D³ és únic, centralitza tota la informació del projecte i al seu voltant estan tots els agents que intervenen a cada fase del procés constructiu (Figura 1). Aquest model 3D porta incorporada la informació geomètrica del projecte i es va transformant en un model amb noves dimensions a mesura que va integrant més informació relativa al temps (4D), al cost (5D), a la sostenibilitat (6D) i al manteniment (7D).

Aquesta investigació es centra en la cinquena dimensió de BIM, la que inclou les dades econòmiques del projecte. L'objectiu d'aquesta tesi no és comparar les noves aplicacions per a la gestió de costos amb les anteriors, ni la nova metodologia de treball amb la tradicional. En aquesta tesi es planteja analitzar diferents eines de gestió econòmica vinculades a un model BIM 3D dissenyat amb una eina 3D concreta, tenint en compte les noves habilitats requerides i els processos que es segueixen en l'ús d'aquestes.

Per facilitar la comprensió dels següents termes, que s'esmenten al llarg d'aquest document, i evitar la confusió entre ells, es fa la següent anotació: quan es cita la metodologia BIM es fa menció a la nova metodologia de treball en col·laboració per crear i gestionar el projecte de construcció, quan es parla de tecnologia 3D i 5D es refereix a les eines digitals per a la representació gràfica i per a la gestió de costos i valoracions, respectivament i quan es cita BIM 3D i BIM 5D es fa al·lusió al nivell d'informació que conté el model.

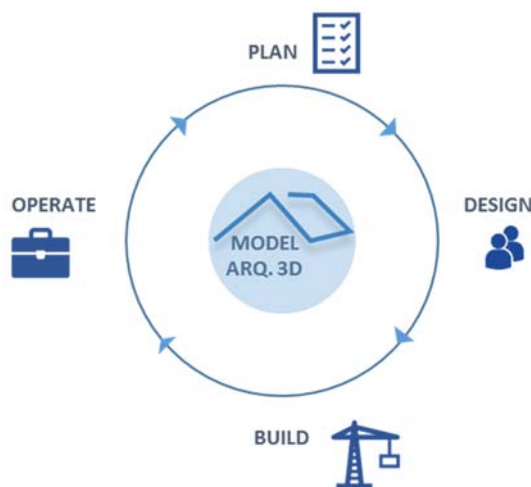


Figura 1 Metodologia BIM i cicle de vida del projecte.

Font: elaboració pròpia basat en (BuildingSMART Spanish Chapter, 2017)

³ En aquest document quan es parla de "model 3D", el terme fa referència al terme anglès "3D model" que es tradueix com maqueta o prototip del projecte arquitectònic en tres dimensions. El terme "model arquitectònic" fa referència a que el model o la maqueta virtual inclou les dades de la disciplina de l'arquitectura, quedant en segon terme les dades de les altres dues disciplines, l'estructura i les instal·lacions.

1.2 Plantejament i definició del problema

El tema objecte d'aquest estudi es centra en la dificultat que tenen els professionals de les empreses del sector de la construcció en implementar la gestió econòmica dels seus projectes amb la nova metodologia BIM.

El problema sorgeix quan es vol incloure, gestionar o extreure la informació econòmica del model BIM 3D, donant inconvenients de diferents tipus, uns de sistemàtics, com són la falta de definició i de qualitat del projecte (BuildingSMART Spanish Chapter, 2014a), altres de comunicació com són la falta d'un llenguatge comú, i altres d'actitud, com és la reticència a compartir la informació (Navarro Ástor, Gil Gil i Oliver Faubel, 2018).

Per arribar a identificar el problema amb més precisió i emmarcar-lo en un panorama clar, inicialment es va fer una recerca d'informació a través de la revisió de la literatura nacional existent i un posterior anàlisi que a continuació s'exposa.

Primer, es va compilar i estudiar la informació obtinguda de diferents fonts, des de la bibliogràfica fins a resultats d'una enquesta realitzada a 10 professionals amb el rol de gestor de costos o "quantity surveyor"⁴, passant per entrevistes a professionals experts en BIM i a presidents d'entitats, com són el president del Gremi de Contractistes i el Director General de l'Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya (ITeC).

A continuació es va utilitzar la eina d'anàlisi de la situació o arbre de problemes (Pastor *et al.*, 2016) a fi i efecte de concretar la problemàtica.

Conseqüentment, davant de la pregunta de: "Perquè els professionals del sector no aconsegueixen implementar al cent per cent la gestió econòmica dels projectes amb la metodologia BIM?" es van identificar les principals causes i efectes i es van recollir a la Taula 1. Com es pot observar, totes les causes, exposades de manera global, dificulten, en certa mesura, la implementació correcta de BIM, ja sigui a nivell 3D com a nivell 5D. En conseqüència, aquesta no-adaptació a BIM fa que l'empresa o el professional pugui quedar fora del mercat laboral.

ÀMBIT	CAUSES	EFFECTES
ECONÒMIC	Cal una elevada inversió en nou software i en formació.	No inversió.
SOFTWARE	Problemes de interoperabilitat entre diferents softwares.	Insatisfacció. Poc ús.
CONTRACTACIÓ	El tipus de contractació actual entre els diferents agents implicats.	Dificultat de treballar en equip.
PERSONES	Hi ha una resistència al canvi metodològic.	No innovació.

Taula 1 Causes i efectes de la qüestió

⁴ Al món anglosaxó s'utilitza el nom de "quantity surveyor" per designar al professional encarregat de realitzar els amidaments i pressupostos dels projectes de construcció (edificació) i el nom de "cost engineer" per al professional responsable de projectes d'obra civil (RICS, 2021).

A la Taula 2 es mostren els objectius i les accions a fer que se'n deriven de l'anàlisi del problema realitzat, destacant les tres primeres, de les quals se'n tornarà a parlar a l'Apartat 1.3 perquè són accions en les quals es pot contribuir en certa mesura amb la realització d'aquesta investigació. En canvi, les darreres tres accions no estan a l'abast de l'investigador i queden excloses, com són, per exemple, reduir el preu del software que hi ha actualment en el mercat o canviar la legislació vigent.

Aquesta tesi té l'objectiu de determinar quins nous processos, habilitats i coneixements fan que la implementació de la gestió econòmica dels models BIM 3D sigui més eficient, tot i les dificultats abans esmentades. D'altra banda, en aquesta tesi no es perdrà de vista el marc contractual i funcional dels professionals, aspectes molt associats a aquesta nova metodologia de treball BIM.

Així doncs, la definició del problema, o la pregunta de la investigació és la següent: Si es vol implementar la gestió de costos en el projecte constructiu mitjançant la metodologia BIM per obtenir un model BIM 5D, quins processos, coneixements i noves habilitats afavoreixen fer-ho de forma més eficient i satisfactòria?

OBJECTIUS	ACCIONS
Donar valor a les noves eines	Donar a conèixer les avantatges de les noves eines
Donar valor a la nova metodologia de treball en col·laboració	Donar a conèixer les avantatges de la nova metodologia de treball en col·laboració
Facilitar el trobar agents que treballin com un mateix	Estandarditzar les noves maneres de treballar i adaptar l'ús del software existent al projecte.
Augmentar el nombre de compradors de softwares	Reduir el cost dels softwares
Aconseguir més estudiants de les noves tecnologies	Promoure cursos de formació
Guanyar més clients i mantenir-se en el mercat	Canviar el tipus de contractació

Taula 2 Objectius i accions

1.3 Objectiu de la investigació

1.3.1 Objectiu principal

A partir de la problemàtica detectada i definida, es planteja l'objectiu principal de la investigació, que emmarca tant el contingut temàtic de la recerca com la finalitat de la mateixa.

L'objectiu principal d'aquesta tesi és dissenyar una tècnica d'implementació de la gestió econòmica dels projectes amb la nova metodologia BIM.

Aquesta tècnica ha de propiciar, en major o menor mesura, els següents punts:

- a. conèixer les propietats de les eines digitals.
- b. clarificar i estandarditzar els processos.

- c. identificar les aptituds requerides.
- d. donar satisfacció al gestor de costos.

1.3.2 Objectius específics

A partir de l'objectiu general, per limitar i precisar el tema que es vol investigar, es defineixen els objectius específics. En aquesta investigació els objectius específics es classifiquen en quatre àmbits d'interès: les eines, els processos, les aptituds i la satisfacció.

A continuació es descriuen els quatre objectius específics i les accions a realitzar per assolir-los:

- a. Eines: analitzar en profunditat els softwares de gestió econòmica. Per fer-ho serà necessari:
 - i. Definir les necessitats del gestor de costos.
 - ii. Experimentar amb la formació i la pràctica professional.
 - iii. Detectar avantatges i inconvenients dels softwares.
- b. Processos: identificar els beneficis i els factors limitadors en els processos d'implementació. Per determinar-los es procedirà a:
 - i. Definir indicadors de satisfacció i valorar amb els usuaris.
 - ii. Contrastar el que ofereix el software teòricament amb l'aplicació real.
 - iii. Fer seguiment de casos reals o projectes pilots.
 - iv. Destriar els processos que han funcionat i llistar els errors que es repeteixen i que cal evitar.
 - v. Fer comparativa dels diferents processos.
- c. Aptituds: identificar les aptituds que tenen més influència en l'èxit d'implementació de la gestió amb BIM. Per identificar-les s'actuarà per a:
 - i. Determinar les tipologies d'aptituds a observar.
 - ii. Identificar les aptituds requerides en els processos.
 - iii. Destriar les aptituds que fan millorar el procés.
 - iv. Proposar noves aptituds, si és necessari.
- d. Satisfacció: descriure les accions, els processos i les habilitats que fan que la implementació de la gestió econòmica amb BIM sigui més satisfactòria. Per descriure-les es procedirà a:
 - i. Definir indicadors de satisfacció i valorar amb els usuaris.
 - ii. Fer seguiment de casos reals o projectes pilots.

Aquesta investigació, centrada en la pràctica de la gestió econòmica dels projectes arquitectònics al nostre territori mitjançant les noves eines digitals, aplicarà una metodologia qualitativa, utilitzant principalment el mètode de l'estudi de cas descriptiu i múltiple, tal com s'exposa i justifica en el capítol 5. També s'aplica, en una primera fase de la investigació, la tècnica de la revisió de la literatura (a nivell internacional) sobre la metodologia BIM 5D, argumentada a l'apartat 3.6, amb la qual s'obtenen unes

conclusions que complementen el plantejament de partida per a l'aplicació de l'anàlisi dels estudis de cas.

Aquesta investigació analitza quatre estudis de cas escollits amb uns criteris de selecció prèviament establerts: les quatre empreses són projectistes, els professionals participants són líders de l'equip de gestió de costos del projecte i experts BIM a l'empresa, els projectes són d'edificació i d'obra nova i el software utilitzat per al seu modelat és l'Autodesk Revit (Autodesk, 2021b). Per a la gestió de costos es deixa lliure el programari a utilitzar, a fi de tenir diversitat de resultats.

La informació recollida de les diferents fonts (qüestionaris, entrevistes i revisió documental) es codifica per a la seva posterior anàlisi qualitativa i els resultats de la codificació de cada cas pràctic es revisen amb l'expert de cada empresa per comprovar els resultats obtinguts i validar l'estudi.

1.4 Importància de la tesi

La obligatorietat de l'adjudicació d'obres públiques amb requeriments BIM⁵ a partir del desembre del 2018 al nostre país, va fer que els agents de la construcció ja estiguessin començant a implementar aquesta nova metodologia de treball BIM. Els professionals implicats saben que hauran d'adoptar-la, i quant abans, millor, perquè sinó poden quedar fora del mercat laboral del sector. Amb la Llei 9/2017 de 8 de novembre es van incorporar les Directrius del Parlament Europeu i finalment, amb el Reial Decret 1515/2018 de 28 de desembre es crea la Comissió Inter ministerial per a la incorporació de la metodologia BIM a la contractació pública. Aquest òrgan està treballant en la elaboració del "Plan de Incorporación de la Metodología BIM", on es determinaran les actuacions per a la incorporació gradual i progressiva de la mateixa i té una plataforma per a la seva difusió (Comisión Interministerial para la incorporación de la metodología BIM, 2021). Per tant, la preocupació sobre aquest pas o canvi a BIM, és tema de màxima actualitat en el sector de la construcció a Espanya aquests darrers anys. Tothom n'està parlant, de si s'ha adaptat ja o encara no ho ha fet.

A la Figura 2 es pot veure la implementació i la obligatorietat de l'ús de BIM en les obres públiques dels diferents països del món, amb dades del 2016.

Els agents de la construcció es posicionen davant d'aquest canvi metodològic de maneres diferents: hi ha els que fan el canvi sense dubtes, coneixedors de les avantatges que suposa i dels riscos i esforços que comporta i hi ha una part que es resisteix al canvi. Aquesta resistència al canvi tecnològic i metodològic és per factors com poden ser el desconeixement, el factor cultural o també per l'actitud. Aquests professionals no volen canviar perquè no coneixen del tot les avantatges, perquè cal una gran inversió econòmica o perquè es pensen que el canvi a BIM és una tendència temporal. Així doncs, un dels reptes més difícils d'afrontar quan es vol implementar la metodologia BIM és el relacionat amb les persones (Bryde, Broquetas i Volm, 2013), i normalment són els professionals més experts els que presenten una resistència inicial més forta vers els professionals més joves, que estan oberts a conèixer noves tecnologies (Sattineni i Macdonald, 2014).

⁵ La publicació de la directiva europea 2014/24/UE que instava als països de la UE a incloure requeriments BIM en els projectes públics va fer crear, per part del Ministeri de Foment al 2015, la Comissió es.BIM. Amb aquesta i el seu observatori de licitacions, es pot fer seguiment de les obres licitades amb requeriments BIM. Segons la darrera publicació en el portal es.BIM, ha crescut significativament el nombre de licitacions amb requeriments BIM, passant de 6 al 2016 a 67 al 2017. En quant a nombre de obres, Catalunya és la capdavantera, seguida per València i Andalusia. (Ministerio de Fomento, 2017)

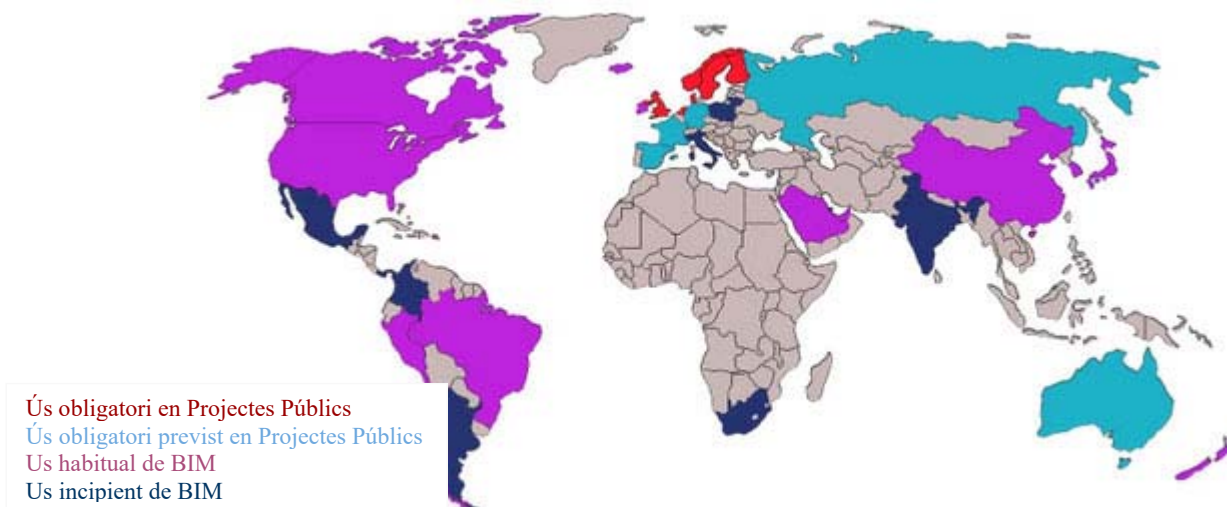


Figura 2 Mapa implementació BIM al 2016

Font: “Mapa de implantación BIM 2016” de la web de l’associació Building SMART (BuildingSMART Spanish Chapter, 2017)

“Lean Construction”, eficiència, treball en col·laboració, contractació en col·laboració, gestió d’emocions, economia circular, “win-win”, són termes que aquests darrers anys s’estan utilitzant en empreses de molts sectors, i, en aquest sentit, la metodologia BIM va vinculada a la nova manera de treballar que ofereix la filosofia “Lean Construction” (Pons Achell, 2014).

Tots els experts i usuaris entrevistats al llarg d’aquesta investigació, afirmen que la implementació de BIM en els projectes arquitectònics és un camí de no retorn i no una tendència temporal, és el futur del sector i suposa un impuls a la inversió en innovació en aquest. A més a més, adaptar-se a BIM posiciona a les empreses a nivell nacional i obre portes al mercat estranger.

Aquests darrers anys, des dels governs central i autonòmics i des d’institucions privades, s’han creat diferents comissions de treball per marcar un “road-map” amb objectius i accions a fer que facilitin el pas a BIM. L’existència d’aquestes Comissions i els treballs que realitzen, fan veure la importància que té la temàtica que aquesta tesi tracta i l’actualitat de la mateixa.

A nivell estatal, la Comissió es.BIM⁶, ha redactat, entre d’altres, un document on proposa nous rols que apareixen en el sector (Comisión es.BIM, 2017) propiciats per les noves relacions i els nous fluxos de treball que implica aquesta nova manera de treballar. D’aquests nous rols se’n parlarà a l’Apartat 4.5.

A Catalunya, el govern de la Generalitat de Catalunya va crear la Comissió Inter departamental per a la implementació de BIM⁷ a l’any 2016 per treballar els diferents aspectes de BIM i va publicar el Llibre blanc BIM al gener de 2019 (Generalitat de Catalunya; Institut de Tecnologia de la Construcció

⁶ Comissió de treball creada a l’any 2015 pel Ministeri de Foment, màxim responsable de la implementació de BIM a Espanya. Portal es.BIM (Ministerio de Fomento, 2017)

⁷ Comissió de treball creada a l’any 2016 pel Govern de la Generalitat amb acord signat el 24/05/2016 (Generalitat de Catalunya, 2016). En aquest acord es defineixen els objectius, les funcions i la composició de la Comissió.

de Catalunya, 2019). Per arribar a redactar aquest Llibre Blanc s'havia creat la Comissió Construïm Futur⁸, promoguda per institucions públiques i privades, que va elaborar uns documents que ajudaran als professionals del sector en aquest procés de canvi. Tres equips de treball van tractar tres àmbits diferenciats com són Normativa, Processos i Tecnologia, liderats per l'ITeC, el Col·legi d'Aparelladors, Arquitectes Tècnics i Enginyers d'Edificació de Barcelona (CAATEEB) i la Universitat Politècnica de Barcelona (UPC). Aquests grups de treball van definir 88 accions que duren a terme per assolir els objectius fixats per al pas a BIM del sector (Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya, 2017a). D'aquestes accions se n'han trobat algunes coincidents en temàtica amb les que aquesta tesi proposa. Aquest fet posa de manifest que hi ha una necessitat de fer investigació en aquest àmbit i fer-ho durant aquests anys.

Un altre indicador que posa en relleu la importància del tema en el sector és la creixent oferta de cursos de formació en metodologies BIM i eines 3D i 5D. Actualment es poden trobar des de cursos "on-line" i seminaris web de diferents softwares fins a estudis superiors com Màsters en BIM Manager⁹, per exemple.

També cal destacar el creixent nombre de plataformes web on es poden trobar objectes i famílies de productes BIM¹⁰, creats pels fabricants de productes i materials de la construcció que veuen en aquest espai una nova manera de fer publicitat i d'aconseguir nous clients (GuBIMCat, 2016)

1.5 Resultats i contribucions esperades

Aquesta investigació servirà per aportar més coneixement entorn a la gestió econòmica dels projectes amb la metodologia BIM i mostrarà un panorama de la situació actual de l'ús de les eines, dels processos i de les habilitats requerides, detectant i valorant els punts forts i febles i definint uns reptes de futur en les tasques de l'agent de la construcció responsable de la gestió de costos.

Aquest estudi permetrà:

a. Conèixer la tecnologia actual

El coneixement de les aplicacions de les eines i les seves avantatges i inconvenients fa donar valor a les mateixes, sigui en sentit positiu o negatiu, facilitant la selecció de la eina adequada en cada procés i definint unes valoracions de partida que poden servir per a futures investigacions.

b. Mostrar casos d'implementació reals

La visió de la implementació de la gestió econòmica dels projectes amb la nova metodologia BIM mitjançant casos d'estudi reals, permet detectar en aquests quins

⁸ Comissió de treball creada per l'ITEC i el CAATEEB a l'any 2015 per promoure la implementació de BIM, amb participació d'experts de diferents entitats i universitats (Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya, 2017b)

⁹ En una recerca feta a Google Trends amb el terme "Màster BIM" es detecta una tendència en augment del nombre de recerques fetes per possibles interessats en cursos d'aquest tipus, arribant a un punt màxim en aquestes darreres dates (abril 2018)

¹⁰ Segons l'enquesta realitzada a professionals del sector, el 73% utilitzen objectes BIM que troben a plataformes on-line, de les quals encapçalen BIM Object (47%) i Bimètrica (30%).

beneficis i dificultats s'han trobat i servir de referents tant en futures investigacions com en la gestió de projectes de característiques similars.

c. Interpretar els processos

La millora en la comprensió dels processos permetrà implementar la metodologia BIM amb més satisfacció.

d. Identificar les aptituds

El reconeixement de les aptituds necessàries per a la implementació de BIM 5D, faciliten la observació de possibles canvis en els rols dels professionals, de si hi ha tendències cap a una aptitud concreta o varies, i de quines cal reforçar o desenvolupar per fer la gestió amb més satisfacció i eficiència.

1.6 Estructura de la tesi

La tesi que es presenta consta de set capítols ordenats segons el procés de la investigació:

- Capítol 1: Introducció a la tesi

En el primer capítol es planteja el problema, es defineixen els objectius de la investigació, i es fa una breu descripció de la metodologia emprada. També s'exposen els resultats i la contribució que s'espera d'aquesta investigació.

- Capítol 2: Estat de l'art

En el segon capítol s'exposen les fonts consultades i es mostren les investigacions que s'han realitzat en aquesta matèria, tant a nivell nacional i com internacional, en l'àmbit del modelat 3D i en el de la gestió econòmica amb BIM.

- Capítol 3: Marc teòric en tecnologia 5D

El capítol 3 configura el primer bloc del marc teòric de la tesi, el que correspon al coneixement en l'àmbit de les tecnologies BIM.

En aquest capítol es mostren primerament conceptes generals de la metodologia BIM, a continuació es descriuen les característiques de les eines de modelat amb l'objectiu d'identificar com ha de ser el model 3D per a la seva gestió econòmica i en la darrera part s'introdueixen les eines de gestió de costos i es presenten els resultats de la revisió de la literatura internacional realitzada amb l'objectiu de detectar punts forts i dificultats en la implementació de la gestió econòmica amb BIM.

- Capítol 4: Marc teòric en gestió econòmica amb BIM

El capítol 4 constitueix el segon bloc del marc teòric de la tesi, en aquest cas el relacionat amb el coneixement en la gestió econòmica dels projectes.

En aquest capítol es mostren principalment dos grans aspectes, un és el projecte i la seva descripció, tipologia i documentació, i l'altre són els rols i habilitats dels agents implicats en la gestió econòmica del projecte.

- Capítol 5: Metodologia

En aquest capítol s'exposa i justifica la metodologia emprada en la investigació i es descriuen les tècniques utilitzades i els processos que s'han seguit. També s'indiquen les fonts de documentació consultades i el material recopilat, així com la cronologia de la tesi.

- Capítol 6: Anàlisi dels estudis de cas

En el sisè capítol es presenten, justifiquen i descriuen els quatre estudis de cas seleccionats. Per a cadascun d'ells es mostren els resultats que s'obtenen amb el seu anàlisi i les conclusions a les que s'arriba en cada cas.

- Capítol 7: Conclusions

En el darrer capítol es mostren els resultats de l'anàlisi dels estudis de cas, les conclusions a les que s'arriba i es presenta una tècnica d'implementació de la gestió econòmica amb BIM, basada en les conclusions obtingudes en aquesta investigació. També inclou la proposta de noves línies d'investigació.

- Capítol 8: Bibliografia

2.1 Fonts de documentació

La quantitat de documentació bibliogràfica i científica existent sobre metodologia BIM és baixa en relació a altres temes dins de l'àmbit de l'arquitectura i la construcció pel fet de ser un tema molt recent.

A part de la bibliografia de referència consultada, també s'ha utilitzat la base de dades internacional "Scopus" per trobar articles publicats per investigadors internacionals i per identificar quins són els experts en el tema en aquest moment i de quina institució i nacionalitat són, per tal de tenir una visió clara del mapa amb els països on més s'està investigant sobre el BIM i la seva dimensió 5D. Amb els resultats d'aquesta cerca s'han elaborat mapes de coneixement de les dades bibliogràfiques, utilitzant l'eina "VOSviewer", per corroborar resultats i trobar nova informació d'aquests. A l'apartat 2.4 es mostren alguns dels mapes de coneixement que s'han obtingut en aquesta fase de revisió de la literatura.

Paral·lelament, s'han fet entrevistes a representants d'institucions i d'empreses de reconegut prestigi, dins i fora de l'àmbit acadèmic, per contrastar i assentar informacions o referències que es comenten en aquest capítol i també s'ha realitzat una enquesta, a la fase inicial de la investigació, per poder quantificar l'ús i la valoració que fan els usuaris de les tecnologies 3D, 5D i de la metodologia BIM.

L'anàlisi de les fonts de documentació esmentades configuren l'estat de l'art de la tesi i aquest es mostra a continuació en sis blocs temàtics diferenciats: la metodologia BIM, la tecnologia 3D, la gestió de costos amb BIM, els usuaris de les eines, la interoperabilitat i els models de contractació.

2.2 Investigació en metodologia BIM: eficiència en el projecte

La metodologia BIM es va iniciar als anys 80 als Estats Units, i posteriorment es va estendre al Regne Unit i als països nòrdics. Per ser un tema bastant recent, hi ha una quantitat important, però no molt extensa, de bibliografia de referència publicada en aquests països.

Segons la base de dades "Scopus", en una cerca feta el 20 d'agost de 2020¹¹, hi ha 5.574 publicacions a tot el món que tracten el tema del BIM, de les quals 5.309 es van publicar durant la darrera dècada (entre els anys 2010 i 2020). A la Figura 3 es pot observar que el creixement del nombre de publicacions anuals sobre aquest tema ha anat creixent significativament a partir de l'any 2012.

De les publicacions localitzades, un 48,8% són "conference papers" i un 42,4% articles de revistes. La resta són capítols de llibres, llibres o altres tipus de documents.

Tal com es pot veure a la Figura 4, els països amb més publicacions sobre BIM són: Estats Units, Xina i Regne Unit. Les segueixen Alemanya, Austràlia, Corea del Sud i Itàlia. Les Universitats amb més nombre de publicacions, i per tant, més actives en investigació relatiu a BIM, són la Universitat de Curtin a Austràlia, la Universitat de Florida i l'Institut Tecnològic de Geòrgia a Estats Units i la Universitat Politècnica de Hong Kong. En aquesta data de la cerca feta, Espanya es posiciona en 12è lloc amb 110 publicacions entre els anys 2003 i 2019.

¹¹ Cerca número 1, realitzada a la base de dades "Scopus" el 20 d'agost de 2020 amb els següents termes i filtrant els resultats per les àrees de coneixement d'enginyeria, negoci, economia i ciències computacionals.

(TITLE-ABS-KEY ("BUILDING INFORMATION MODELLING"))

Els resultats no tenen en compte les publicacions del 2020 per no haver-se acabat l'any en aquell moment de consulta. Veure les figures 3 i 4.

En una cerca de tesis en xarxa a nivell nacional i autonòmic¹² s'ha trobat que s'han realitzat 13 tesis que tracten el BIM des de diferents aspectes i amb diferents objectius i metodologies. La majoria d'aquestes tesis han analitzat la tecnologia BIM 3D i la seva aplicació des de diferents perspectives: des d'una visió més tecnològica on s'han analitzat les avantatges i les noves aplicacions d'aquesta eina, fins a una visió més acadèmica, on la eina s'ha inclòs en un pla d'estudis, per exemple.

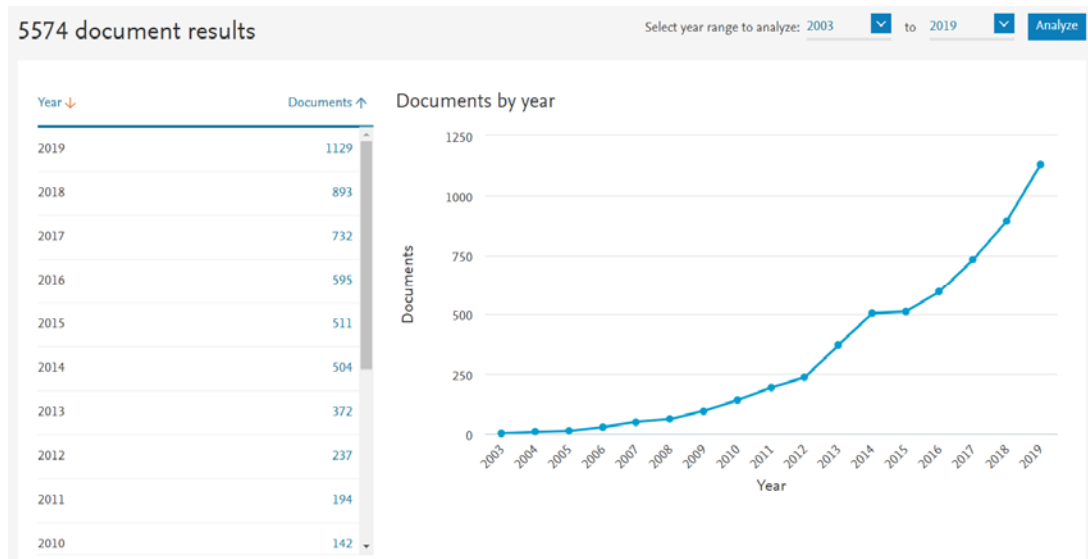


Figura 3 Nombre de publicacions anuals mundials en temes BIM

Font: imatge Scopus 20/08/20 (cerca núm.1)

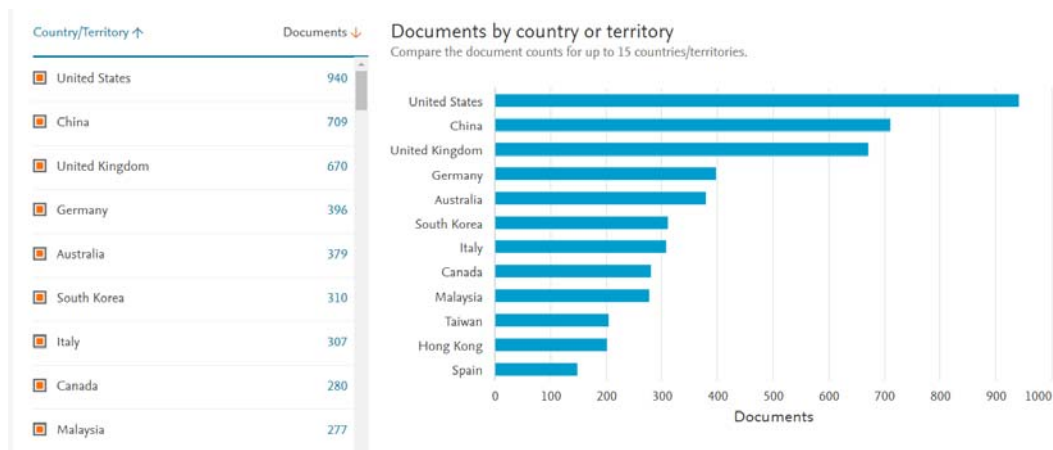


Figura 4 Nombre de publicacions en temes BIM per països

Font: imatge Scopus 20/08/20 (cerca núm.1)

¹² En una cerca feta a TDX (Tesis Doctorals en Xarxa) el 21/08/20 es troben 13 tesis que tracten el BIM des de diferents punts de vista: 6 tesis tracten la representació gràfica en 3D, 4 tesis tracten temes d'energia i sostenibilitat i la resta de tesis tracten aspectes educatius i de comunicació.

De totes elles, cal destacar la tesi i posterior publicació *Impacto de BIM en el proceso constructivo español* (Fuentes Giner, 2014) on s'ha verificat si l'aplicació d'aquesta nova metodologia BIM feia augmentar la eficiència del projecte. Aquesta pregunta és cabdal per a les empreses a l'hora de plantejar si fer o no el canvi a BIM. La conclusió de l'estudi que realitza l'autora és que sí, que la implementació de BIM en el procés constructiu millora la eficiència i la eficàcia del projecte per dos motius:

- a. perquè s'obté un resultat més optimitzat: hi ha menys grau d'incertesa, es generen menys despeses, es redueix la duració dels processos constructius.
- b. perquè afavoreix i permet assolir uns objectius marcats inicialment sense disputes internes, generant confiança i col·laboració necessària per assolir-los.

La conclusió d'aquesta tesi i els comentaris que s'han anat recollint d'usuaris i d'experts del sector de la construcció coincideixen: no hi ha dubte que la nova metodologia permet treballar de forma més eficient. Patrick MacLeamy, President de l'Associació Building Smart USA, en una entrevista el 8 de març de 2018 dins del European BIM Summit de Barcelona, declara: “*Our mission is change the way we work*” (BIM Community, 2018). Amb aquesta frase queda manifest que la importància del canvi a BIM és la manera de treballar, la manera de relacionar-se, la manera de comunicar-se. En aquesta mateixa línia, el Director General de l'ITeC en una entrevista del 12 de febrer del 2018, conclou de forma molt similar, dient que la importància en aquest procés és el canvi de mentalitat que cal fer per tal de poder treballar en col·laboració. La nova metodologia de treball en col·laboració té com a factor clau la inversió de temps i d'esforç que cal fer en la fase inicial del procés, tal com indica la corba de fluxos de treball de Patrick MacLeamy¹³ com es pot veure en el gràfic de la Figura 5.

A nivell estatal no s'ha trobat cap investigació que analitzi en profunditat aquesta fase inicial.

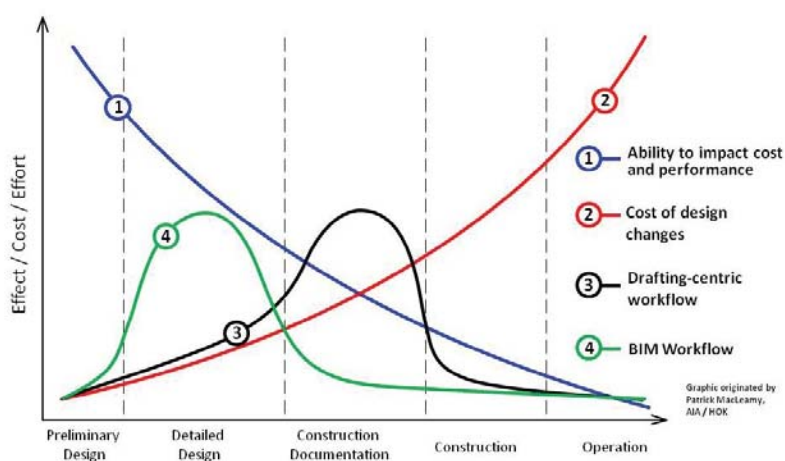


Figura 5 Corba esforç- temps

Font: "Effort-time curve" adaptat de la web The BIM Hub (Young, 2017)

¹³ Al 2004, Patrick MacLeamy va dibuixar una sèrie de corbes basades en l'observació de l'esforç que s'havia de fer al llarg del procés de disseny i construcció del projecte. El punt clau segons MacLeamy és fer més intensa la fase inicial on els canvis en el disseny del projecte són poc costosos en relació als canvis en el projecte en fases posteriors. A la figura 5 es pot observar la corba, de la font web The BIM Hub (Young, 2017)

2.3 Investigació en tecnologia 3D amb BIM: el model arquitectònic.

De les tesis publicades a Espanya, la majoria han investigat sobre la eina de modelat 3D. És coherent que sigui així perquè cal recordar que la gran novetat, a nivell gràfic, és que es passa d'un sistema de representació vectorial com el "Computer Aided Design" (CAD) a un sistema paramètric. En aquest àmbit, cal destacar la tesi *Tecnologia BIM per al disseny arquitectònic* (Coloma Picó, 2011) on l'autor fa una comparació entre dues eines de representació en 3D, i analitza casos d'aplicació en obres reals. De les futures línies d'investigació que proposa l'autor, se'n citen les següents:

- a. L'estudi de casos d'aplicació de la tecnologia BIM als despatxos d'arquitectura, entrevistant a tots els seus actors. Aquesta línia és imprescindible tant per conèixer amb detall el procés de la implementació i les millores a fer, com per analitzar els nous rols que sorgeixen amb la nova metodologia.
- b. L'anàlisi d'aplicacions o de nous softwares que donen informació de la gestió de costos del projecte i altres que donen suport al càlcul estructural. Aquesta línia suposa una entrada a l'àmbit del 5D de BIM, que és l'objecte d'aquest estudi.
- c. L'anàlisi de les eines de comunicació multi-disciplinar (eines i protocols de comunicació per posar en pràctica la pràctica integrada). Aquesta línia analitza la part comunicativa entre els agents. Pot incloure, a part de les eines, les tècniques i les tecnologies comunicatives, que és la part més important de la nova metodologia BIM: la nova manera de pensar i el canvi cultural que han de fer els agents (filosofia "LEAN construction").

Una altra tesi interessant és *BIM implementation in architectural practices* (Zaker, 2019) on l'autor analitza, a través de tres casos d'estudi, quins són els factors crucials per a una col·laboració efectiva en la pràctica de l'arquitectura amb metodologia BIM.

Una altra gran part dels estudis que s'han fet a nivell nacional sobre BIM 3D (5 tesis almenys) ho han fet analitzant la implementació de la tecnologia 3D en la docència universitària, ja sigui en la inclusió de la mateixa dins d'un nou pla d'estudis de grau, com en la generació de nous models o eines d'ensenyament.

Dins d'aquest àmbit, en una de les investigacions publicades recentment: *Integración de la metodología BIM en la programación curricular de los estudios de grado en AT / EE. Diseño de una propuesta* (Oliver Faubel, 2016) l'autora fa una proposta d'un nou Pla d'estudis que inclou aquesta metodologia i la eina 3D. Aquí es pot veure la importància de la implementació de BIM en el sector de la construcció: els estudis universitaris s'han d'anar adaptant també a les noves eines i metodologies que el mercat demandarà. D'altra banda, aquesta tesi proposa, entre d'altres, una nova línia d'investigació que és constatar si les competències BIM que s'han definit en els documents publicats pel Ministeri de Foment (Comisión es.BIM, 2017) responen a les necessitats del mercat. És important verificar si el que es planteja teòricament es correspon amb la realitat, amb el que necessita el mercat. S'ha de tenir en compte que el sector està en procés d'adaptació i canvi i cal que els futurs professionals rebin una formació adequada.

Tornant a l'àmbit del 3D, s'ha recollit la definició, per part dels professionals i experts del sector entrevistats, de com ha de ser el nou model arquitectònic per tal que puguin ser eficients els diferents processos de gestió de dades al llarg del cicle de vida del mateix. A continuació es comenten algunes

d'aquestes descripcions: el model 3D és una “maqueta numèrica”¹⁴, és una maqueta virtual, que conté tota o quasi tota la informació que es necessita per ser construïda. Ara, el model o projecte arquitectònic “no s’ha de dibuixar, s’ha de dissenyar”¹⁵ i “ha de ser construïble: s’ha de poder construir tal com es va modelar”¹⁶. És un fet evident que el nou projecte arquitectònic té una dimensió, unes propietats i una funció completament diferents a les que tenia anteriorment.

Un altre factor important a tenir en compte és que el model arquitectònic ha de poder ser competent en totes les fases del cicle de vida, per treure’n el màxim rendiment. Actualment, es donen casos en que aquest acaba morint: a l’inici es dissenya un model arquitectònic en 3D que a l’arribar certa fase del procés no aporta prou informació i queda obsolet i inutilitzable. Per això és essencial conservar la informació del model i actualitzar-lo, “*cal mantenir el model 3D viu*”¹⁷.

Entre d’altres aspectes, cal destacar una avantatge que ofereix aquesta nova eina 3D, i és que aquest nou sistema de representació en 3D, fa més entenedor el model arquitectònic per a totes les persones implicades, des de els tècnics als clients, des dels especialistes als operaris, en relació a la documentació que s’utilitzava amb les eines tradicionals en 2D. A més, aquesta nova tecnologia, associada a nous suports i accessoris com són les tauletes, les ulleres de realitat augmentada, etc. fan que les utilitats siguin molt més àmplies i sorgeixin noves aplicacions.

Tot i la importància d’aquesta nova eina 3D per a BIM, és important recordar que aquesta tecnologia és un medi, no és un fi (Reyes Rodríguez, Candelario Garrido i Cordero Torres, 2016): els tècnics han de seleccionar el que els convingui de la nova tecnologia i adaptar-la a les seves exigències que hauran estat prèviament definides sota uns objectius a assolir concrets.

A part d’utilitzar aquesta nova tecnologia, per canviar a BIM ha d’haver canvis en els processos i en els comportaments de les persones, i ser més oberts a aquest nou paradigma.

És important, doncs, que la eina no condicioni a l’usuari i que la gestió de les persones, l’empresa i la seva metodologia de treball estiguin per sobre de les noves tecnologies. L’usuari ha de tenir la capacitat de triar quina eina utilitzar en cada moment i d’adaptar-se a les noves. S’ha de tenir en compte que les noves tecnologies evolucionen, moren i se’n creen de noves ràpidament. És convenient no estar vinculat a cap software concret i tenir adaptabilitat a qualsevol nova aplicació.

2.4 Investigació en gestió de costos amb BIM

Per dimensionar la quantitat de publicacions que hi ha sobre la gestió de costos amb BIM o BIM 5D, a nivell mundial, es va fer una segona cerca (número 2) a la base de dades “Scopus”, i s’ha trobat que el nombre de documents publicats entre els anys 2007 i 2019 ha estat de 78, la majoria dels quals

¹⁴ Ferran Bermejo, Director Tècnic de la fundació ITEC, a la conferència “Herramientas para el control económico de proyectos en BIM y objetos para el modelado” del 7 de març de 2018 dins el BIM Experience a Barcelona.

¹⁵ Miquel Garcia, de l’estudi d’arquitectura Capella-Garcia, en una entrevista del 25 de gener de 2018 a Elisava Escola Universitària de Barcelona.

¹⁶ Jose Cosculluela, gerent de Construsoft Espanya en la conferència “Industrialización. El BIM más rentable” dins del European BIM Summit del 8 de març de 2018 a Barcelona.

¹⁷ Jordi Gatell, Gerent de Gatell Engineering Group, el 8 de març de 2018, en una entrevista dins del European BIM Summit a Barcelona .

són articles de congressos i articles de revistes¹⁸. Aquest nombre de publicacions és molt petit i representa un 1,4% del total de les publicacions en l'àmbit de BIM. A la Figura 6, s'observa que el nombre de publicacions va creixent al llarg dels anys, per exemple, s'ha passat de 2 publicacions anuals al 2010 a 10 publicacions anuals al 2017, fet que evidencia per un costat, que la tecnologia 5D i la seva utilització són molt recents i que l'interès pel tema està creixent.

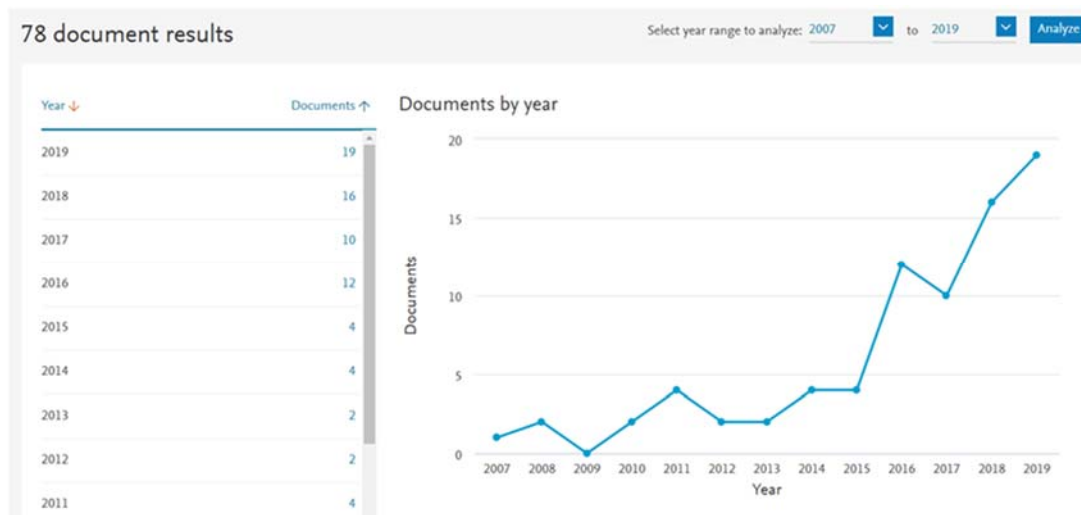


Figura 6 Nombre de publicacions anuals mundials en temes BIM 5D

Font: imatge Scopus 20/08/20 (cerca núm. 2)

Els països que han publicat més en BIM 5D han estat: Regne Unit, Estats Units, Corea del Sud, Austràlia, Xina i Alemanya, en aquest ordre, com es pot veure a la Figura 7. El rànquing de països amb més publicacions ha canviat respecte la cerca a “Scopus” número 1, on l'àmbit era genèric de BIM i el país amb més publicacions era Estats Units.

En quant als documents més citats, aquests es poden extreure del mapa de visualització en xarxa de les dades bibliogràfiques (Figura 8), obtingut amb l'aplicació “VOSviewer”¹⁹. En aquest mapa de visualització en xarxa²⁰ s'identifiquen 6 clústers o nuclis d'investigadors que estudien el tema des de

¹⁸ Cerca número 2, realitzada a la base de dades “Scopus” el 20 d'agost de 2020 amb els següents termes i filtrant els resultats per les àrees de coneixement d'enginyeria, economia i ciències computacionals.

(TITLE-ABS-KEY ("5D BIM") OR TITLE-ABS-KEY ("QUANTITY SURVEYOR") AND TITLE-ABS-KEY (bim) OR TITLE-ABS-KEY ("COST ESTIMATING") AND TITLE-ABS-KEY (bim) OR TITLE-ABS-KEY ("BIM 5D") OR TITLE-ABS-KEY ("BUILDING INFORMATION MODELLING"))

Els resultats no tenen en compte les publicacions del 2020 per no haver-se acabat l'any en aquell moment de consulta. El total de publicacions resultant era de 5.574 de les quals 78 eren de BIM 5D, representant així un 1,4%. Veure la Figura 6 i la Figura 7.

¹⁹ L'aplicació “VOSviewer” s'ha utilitzat per a la creació de mapes de visualització de dades bibliogràfiques a partir dels arxius amb format o extensió “.csv” (valors separats per comes) de les cerques realitzades a la base de dades “Scopus”.

²⁰ El mapa de visualització en xarxa o “network visualization” dels documents més citats s'ha realitzat amb un mínim de 3 citacions per document. A la figura 8 es pot observar la imatge de VOSviewer resultant de l'exportació de la cerca número 2 a Scopus el 20/08/20. Cal tenir en compte que les distàncies entre ítems o documents, en aquest cas, indiquen la relació més o menys intensa entre aquests, essent aquest vincle gran si la distància és curta i feble si la distància és llarga.

punts de vista diferents. Els tres documents més citats i els seus autors corresponents estan indicats a la Taula 3.

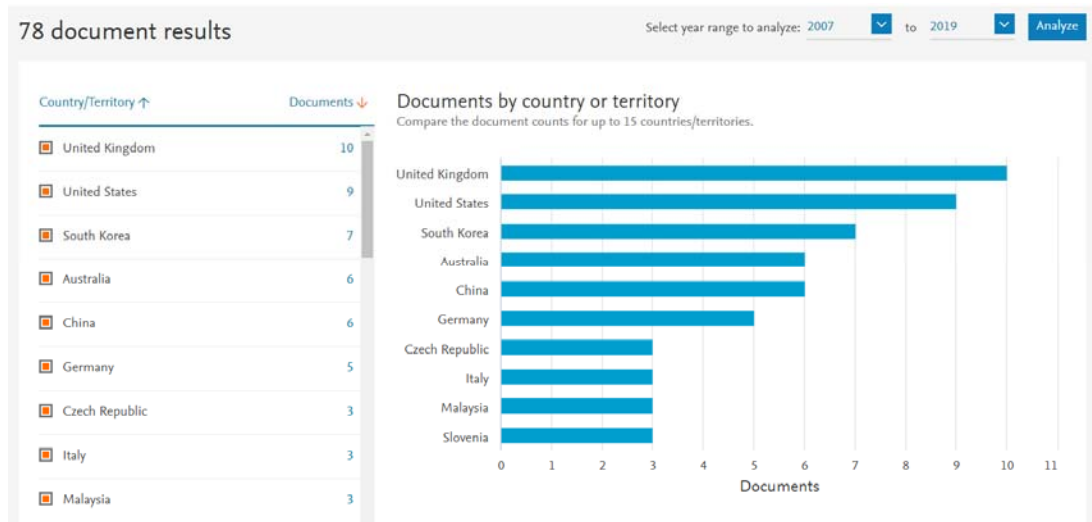


Figura 7 Nombre de publicacions en temes BIM 5D per països

Font: imatge Scopus 20/08/20 (cerca núm. 2)

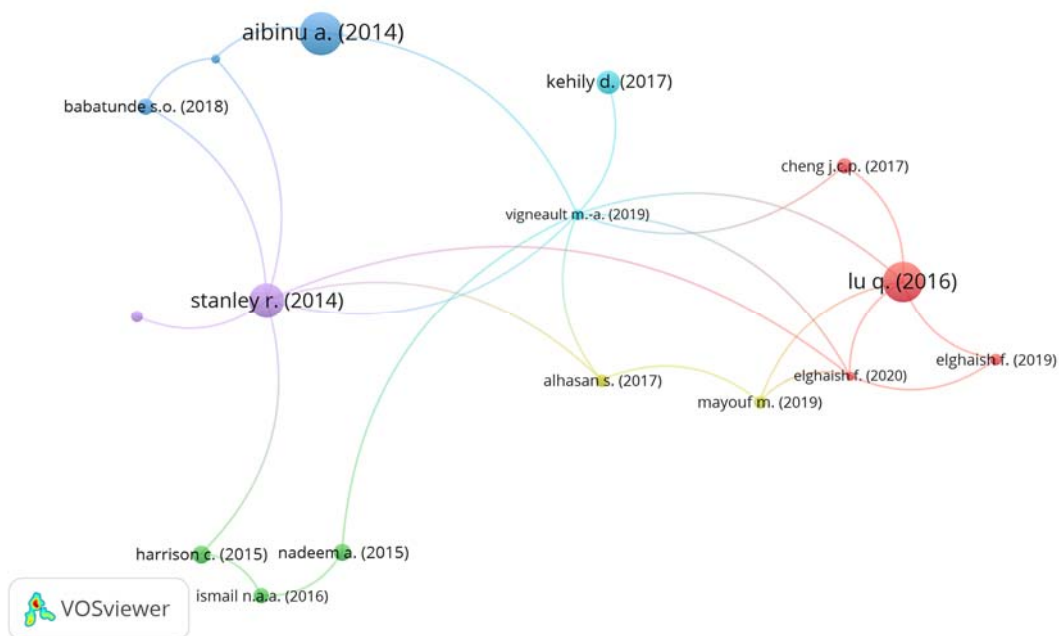


Figura 8 Visualització en xarxa dels resultats dels documents més citats

Font: imatge de VOSviewer amb arxiu exportat de Scopus 20/08/20 (cerca núm. 2)

Autor/s	Títol	Any	País	Nº citacions
Aibinu A.; Venkatesh S.	<i>Status of BIM adoption and the BIM experience of cost consultants in Australia</i>	2014	Austràlia	63
Lu Q.; Won J.; Cheng J.C.P.	<i>A financial decision making framework for construction projects based on 5D building information modeling (BIM)</i>	2016	Hong Kong	55
Stanley, R.; Thurnell, D.	<i>The benefits of, and barriers to, implementation of 5D BIM for quantity surveying in New Zealand</i>	2014	Nova Zelanda	42

Taula 3 Articles més citats

L'objectiu de l'article *Status of BIM adoption and the BIM experience of cost consultants in Australia* (Aibinu i Venkatesh, 2014) és valorar l'experiència del gestor de costos en BIM i mesurar el nivell de l'ús de BIM en el seu territori. Els autors arriben a les conclusions que l'ús és baix i que en la implementació de BIM 5D són clau els següents punts:

- La qualitat de la informació del model 3D.
- La correcta selecció del software.
- El treball del gestor de costos o “quantity surveyor”, amb el dissenyador, a les fases inicials per definir la informació del model 3D.

Aquest document és de gran interès per la temàtica propera al plantejament d'aquesta tesi i per això es cita diverses vegades al llarg d'aquesta tesi i es té en compte en la revisió de la literatura que es comentarà posteriorment a l'Apartat 3.6.

L'article *A financial decision making framework for construction projects based on 5D building information modeling (BIM)* (Lu, Won i Cheng, 2016) planteja definir un marc per a la presa de decisions en la gestió de flux de caixa dels projectes per part de contractistes amb la nova metodologia BIM 5D. El punt de vista d'aquest investigador s'allunya del que es vol analitzar en aquesta tesi, i per aquest motiu no s'ha tingut en compte com a referent.

L'objectiu de la publicació *The benefits of, and barriers to, implementation of 5D BIM for quantity surveying in New Zealand* (Stanley i Thurnell, 2014) és trobar avantatges i inconvenients de la implementació de 5D BIM, i ho fa mitjançant entrevistes a gestors de costos en el seu territori.

Els avantatges que cita són:

- Un augment de la eficiència.
- Una millora de la visualització dels detalls constructius.
- Una identificació de riscos més avançada.

Els inconvenients que detecta són:

- Una falta de compatibilitat entre softwares.
- Uns preus molt elevats.
- La no existència de protocols de codificació d'objectes.

- La necessitat de tenir un estàndard electrònic per codificar el software BIM.
- La falta de models integrats, requisit imprescindible per al treball en col·laboració.

Aquestes avantatges i inconvenients són molt similars als que hi ha al nostre país. Caldrà fer un seguiment de com aquests països van resoldre les dificultats identificades per trobar solucions que puguin ser aplicables aquí.

Aquesta publicació també ha servit com a referència a la tesi i s'han tingut en compte els avantatges i inconvenients detectats, tot i ser d'un altre país i continent.

L'augment de la investigació en aquest àmbit del 5D es pot observar també a la Figura 9 amb la visualització del mapa de co-ocurrència de paraules clau²¹ realitzat amb l'eina "VOSviewer". En aquest mapa en superposició, amb una línia de temps marcada per colors, destaquen les paraules clau: "Architectural design", "Construction industry" i "Building Information modeling".

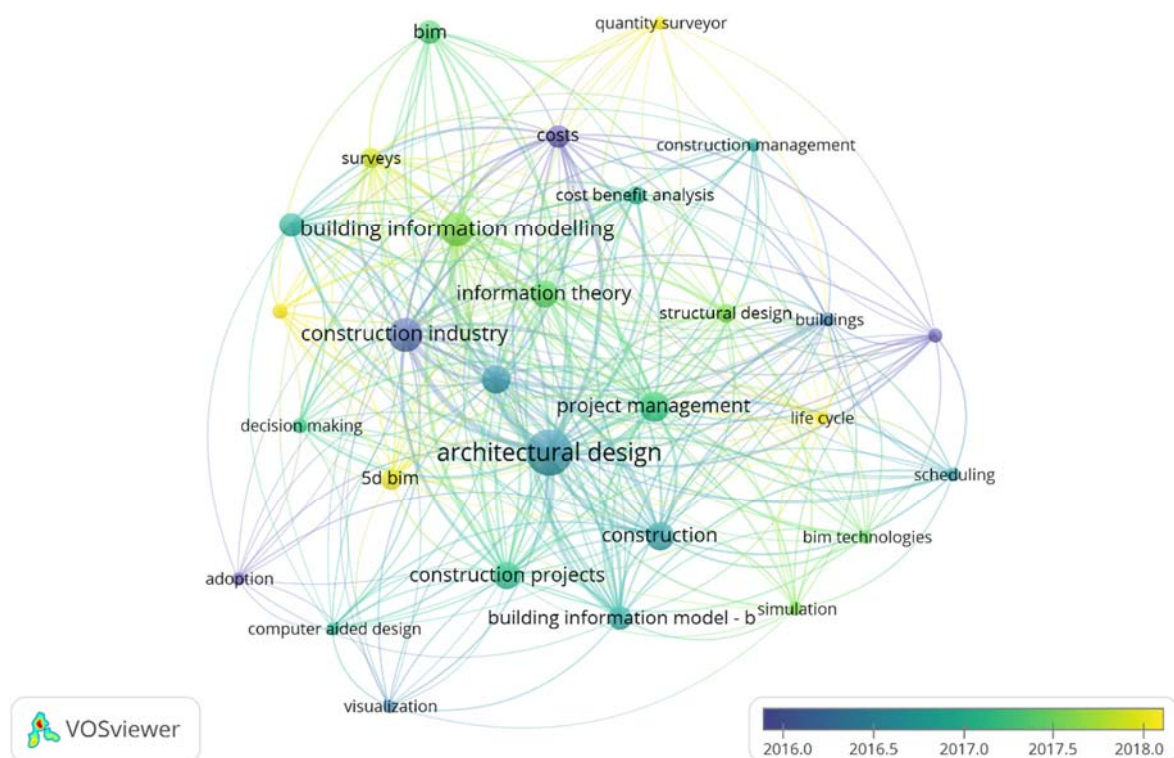


Figura 9 Visualització en superposició de les paraules clau

Font: imatge de VOSviewer amb arxiu exportat de Scopus 20/08/20 (cerca núm. 2)

En relació a la temporalitat cal destacar com apareixen, en el mapa de la Figura 9, els termes més emprats els darrers anys (indicats en color groc), així s'observen les paraules clau: "5D BIM", "quantity surveyor", "survey" i "life cycle". Això fa evident que la tendència de les temàtiques de les

²¹ El mapa es realitza amb la visualització de les paraules clau més nombroses pels documents seleccionats i amb un mínim de 5 vegades citades.

investigacions dins de l'entorn BIM van cap a aquest entorn del BIM 5D i no només en quant a tecnologies sinó també en relació a les persones (gestors de costos, en aquest cas) i els processos. Aquest mapa permet visualitzar l'estructura de la investigació i la seva semàntica a partir de les paraules clau que apareixen a les publicacions seleccionades. El conjunt de paraules reflexa el contingut central de la literatura d'investigació.

A nivell nacional, comentar que no s'ha fet cap tesi, a data d'avui, on s'analitzi exclusivament la dimensió 5D de BIM (gestió de costos i valoracions). No s'ha trobat cap estudi que parli de les noves eines per fer les valoracions, ni de com s'estan adaptant els agents a aquestes noves eines ni de com afecta l'ús d'aquestes en el procés de gestió del projecte.

En relació a bibliografia nacional s'ha trobat un llibre que parla exclusivament del BIM 5D i és un manual d'ús d'una eina: *Arquímedes 2016: Generador de preçios. Conexiones BIM* (Fuentes Ruiz, 2015).

Es poden trobar alguns capítols de llibres que parlin una mica del software 5D, com per exemple, el capítol 2 del llibre *Salto al BIM: estrategias BIM de calidad para empresas punteras del sector AEC* (Santamaría Gallardo i Hernández Guadalupe, 2017), on es presenten els resultats d'una anàlisi i valoració de 11 softwares BIM, dels quals només 6 tenen alguna aplicació en l'àmbit 4D (planificació temporal del procés constructiu) i 5D, com s'observa a la Taula 4. En aquesta, cal destacar els paràmetres que s'han tingut en compte a l'hora d'analitzar els softwares i quins d'aquests han estat més ben valorats en cadascun dels paràmetres (cal tenir en compte que els resultats que es presenten es basen en l'experiència personal dels autors).

Paràmetres a tenir en compte en l'anàlisi del software	SOFTWARES 4D I 5D					
	Autodesk Navisworks	Revit	Bentley ConstrucSim	CypeCAD	Nemetschek Allplan	Primtech
Estabilitat BIM	3	4	1	–	4	–
Capacitat de modelat complexa	4	4	1	–	2	–
Senzillesa de la interfície	4	4	3	–	1	–
Comunitat del BIM del software	1	3	4	2	3	–
Flexibilitat del software	3	4	3	–	2	1
Capacitat d'edició del software	3	3	4	–	2	3
Interoperabilitat	–	4	–	–	4	–

Taula 4 Paràmetres i valoració software 4D i 5D

Font: Elaboració pròpia en base als resultats de la valoració personal que fan els autors del llibre *Salto al BIM: estrategias BIM de calidad para empresas punteras del sector AEC* a l'apartat 2 (Santamaría Gallardo i Hernández Guadalupe, 2017)

En relació al software 5D exclusivament, a nivell estatal i llatinoamericà, cal destacar: Asta, Vico office, Cost-it i TCQ, quatre programes per a la gestió econòmica que es valoren com a solvents tècnicament i amb resultats satisfactoris (Bach, 2017).

2.5 Usuaris de la tecnologia BIM 3D i 5D

A nivell estatal, l'ús dels softwares de modelat en 3D es va iniciar als anys 80, per part d'una minoria de professionals, quan encara la resta treballaven amb software vectorial. L'ús de les eines 3D es van començar a generalitzar a partir del 2008, amb l'inici de la crisi immobiliària a Espanya. Aquest fet va fer que alguns professionals comencessin a aprofitar la situació per adaptar-se a una nova tecnologia i metodologia BIM. Però ho han anat fent de manera molt incipient.

Després de parlar amb diferents agents del sector, i realitzar una enquesta a 10 professionals²² al novembre de 2017, es va poder constatar que la implementació de BIM en el nostre territori era encara molt poc generalitzada. Els resultats de les enquestes i entrevistes constataren que hi havia aproximadament un 50% de professionals que estaven treballant amb software BIM 3D. Aquest fet no vol dir que tots ells estiguessin utilitzant la metodologia BIM. La majoria estaven utilitzant el software 3D per al disseny del projecte arquitectònic, però sense aplicar la metodologia de treball en col·laboració. La valoració general que aquests professionals van fer sobre la nova metodologia BIM i la eina BIM 3D és de 4 punts sobre 5, essent, per tant, un nivell de satisfacció elevat.

A nivell estatal és molt interessant el resultat de l'enquesta que el grup d'usuaris BIM de Catalunya (GuBIMCat) va realitzar a professionals del sector de la construcció a Espanya amb l'objectiu d'avaluar els coneixements que tenien sobre la interoperabilitat, la pràctica integrada i el BIM. Aquesta enquesta es va realitzar durant els mesos de gener i febrer de 2016 (GuBIMCat, 2016) i el 61% de les respostes tenien procedència de la província de Barcelona. Entre les conclusions a les que arriben, una és que hi ha certa contradicció entre el coneixement de BIM i l'experiència real: més de la meitat dels enquestats (un 54,6%) consideraven tenir coneixement de BIM amb nivell d'expert, però d'altra banda, la majoria d'usuaris (un 68,9%) només portava 3 anys utilitzant aquesta metodologia BIM. D'altra banda, el comentari positiu més comú que han fet aquests usuaris és que aquesta nova metodologia i aquestes eines BIM permeten al tècnic treballar de forma més eficient. Altres avantatges que es desprenen d'aquest anàlisi són el treball integrat en un sol model que facilita el control de canvis, la millora en la planificació i control de l'obra, la coordinació entre agents i un flux de treball més ordenat. Tot i això els reptes més difícils d'afrontar són la resistència al canvi per la falta de coneixement de les avantatges que ofereix BIM, la falta de interoperabilitat entre softwares que genera insatisfacció a l'usuari, la dificultat de la integració de les dades econòmiques i la falta de cultura de col·laboració i de compartició de la informació, aquesta última difícil de canviar, doncs la cessió de les dades encara no es fa sense restriccions i això no facilita el treball en equip (GuBIMCat, 2016).

Altres dades que donen una idea del procés i nivell d'implementació de BIM són les que aporta el ministeri de Foment, a través de l'observatori es.BIM. Aquesta Comissió publica trimestralment, entre d'altres, els informes de la inclusió de requisits o clàusules BIM en els plecs de condicions de les

²² El 26 de novembre del 2017 es realitza una enquesta a 10 professionals del sector AEC. L'enquesta consta de 26 preguntes, de les quals 14 són tancades i 12 obertes.

licitacions d'obra pública. D'aquests informes es treuen dades interessants, i entre d'altres, es citen les següents²³:

- a. La implementació en obra pública va creixent: del 2017 al 2020 van passar de 105 a 440 licitacions amb requeriments BIM.
- b. Durant el 2020, el 50% de licitacions BIM eren en edificació.
- c. Les comunitats autònomes amb més licitacions són Catalunya (239), València (29) i Andalusia (18).

En relació a la tecnologia 5D, actualment hi ha molt pocs estudis d'arquitectura i d'enginyeria i també poques promotores i constructores que l'estan utilitzant. De fet, segons els resultats de l'enquesta GuBIMCat, les dades més problemàtiques d'integrar en el BIM són les relacionades amb la gestió econòmica.

En obra pública, la finalitat o usos BIM per a la obtenció d'amidaments i pressupostos ha anat creixent aquests darrers anys arribant al 2021 a un nivell equiparable al de la obtenció de plànols, que era el més comú fins aquesta data, després de la integració de les disciplines 3D i de la visualització. Dels projectes que inclouen documentació BIM, els de infraestructures ja inclouen plànols, amidaments i pressupostos en el 100% dels casos en l'any 2021. En canvi, els percentatges d'inclusió d'aquesta documentació en els projectes d'edificació encara es troben molt per sota: un 75% plànols i un 63% pressupost i amidaments (Ministerio de transportes movilidad y agenda urbana, 2021).

En les obres privades, l'ús de BIM per a la obtenció d'amidaments i pressupostos encara estan molt per sota que a la obra pública. Es va contactar durant els anys 2017 i 2018 amb les empreses promotores, constructores, enginyeries i estudis d'arquitectura pioneres en la implementació de metodologia BIM, i algunes d'elles també en Lean, com són Sacyr, Via Celere i Gatell Group. En totes elles la part de gestió de costos amb BIM 5D la van començar a implementar a l'any 2018, en algun projecte pilot. Per tant, encara no tenen massa experiència en aquest àmbit i no hi ha gaires resultats a analitzar. És per tant, una part de BIM molt nova en quant a implementació i ús. Aquest fet justifica la necessitat de fer aquesta tesi.

Els usuaris entrevistats i enquestats en l'any 2017 utilitzaven els següents softwares per fer valoracions: TCQ, Cost-it (Presto) i Arquímedes (Cype). Són programes que ofereixen, alguns d'ells, un plug-in o complement per poder tenir l'aplicació dins del software paramètric. Dels usuaris entrevistats només un d'ells utilitza Medit, que és el programa que s'ha creat des del programa Revit perquè funcioni amb el software paramètric. Aquests resultats coincideixen amb els resultats de l'enquesta de GuBIMCat, com es pot veure a la Figura 17 de l'Apartat 3.5, on els softwares de gestió de costos més utilitzats en l'any 2016 són Excel, Presto i TCQ.

2.6 Interoperabilitat

En la part de interoperabilitat que requereix aquesta metodologia, hi ha una tesi interessant: *Integration of building product data with BIM modelling: a semantic-based product catalogue and rule checking system* (Costa Jutglar, 2017). En aquesta, l'autor va investigar les dificultats que acompanyen

²³ Dades de l'informe de l'any 2020: *Observatorio de Licitaciones - Análisis de la Inclusión de Requisitos BIM en la Licitación Pública Española 2020 Informe 13 - Cuarto Trimestre 2020* (Comisión es.BIM, 2021)

la interoperabilitat entre aplicacions i la integració d'informació de múltiples fonts i formats en els processos basats en tecnologies BIM i va proposar solucions per superar-les mitjançant web semàntica²⁴.

Aquest és un dels principals problemes que es donen en la implementació d'aquesta metodologia BIM (Stanley i Thurnell, 2014). Els usuaris de BIM estan descontents amb aquesta situació de falta de unificació d'aplicacions que es troben cada vegada que han de fer un nou projecte amb un nou equip, amb diferents softwares, diferents gestions d'arxius per compartir, etc. És un dels problemes a resoldre per implementar aquesta metodologia de forma eficient. Es comenta entre usuaris que si això no funciona, no es pot aplicar bé la metodologia. Aquest és un motiu més per donar importància a aquesta tesi.

2.7 Models de contractació

Per assolir el treball multidisciplinari, en equip, i amb una mateixa plataforma és convenient que les formes de contractació siguin diferents a les actuals. Experts en BIM consultats, entre ells, el Director de BIM Academy i el president del Gremi de Constructores d'Obres de Barcelona, coincideixen en que la clau en el procés d'implementació de BIM al país és canviar el model de contractació actual.

A Espanya són comuns els formats de contractació Disseny-licitació-construcció i Disseny-Construcció. Ara s'està començant, però molt incipientment, a fer alguna contractació diferent per poder fer projectes en col·laboració.

Els tres tipus de contractació en col·laboració més comuns són: "Integrated Project Delivery"²⁵ (IPD), "Openbook" i "Multi-alliance" ("Construction Management at Risk" i "Openbook"), enumerats amb ordre d'elevat nivell de col·laboració a màxim nivell de col·laboració. Aquests contractes ja s'apliquen a països com Estats Units (sobretot IPD), Regne Unit (sobretot "Openbook") i als països nòrdics ("Multi-alliance") i els resultats obtinguts són satisfactoris. Hi ha estudis que evidencien que aquests contractes afavoreixen la implementació d'aquesta nova manera de treballar (The American Institute of Architects, 2007).

En aquest àmbit, a nivell estatal, no s'han trobat investigacions publicades que en parlin.

²⁴ Web semàntica és el conjunt d'activitats que faciliten la creació de dades llegibles per aplicacions informàtiques. El seu precursor va ser l'anglès Tim Berners-Lee.

²⁵ La American Institute of Architects (AIA) defineix el IPD com un mètode de lliurament d'un projecte que integra les persones, els sistemes, les estructures de negoci i les practiques, en un procés que de forma conjunta posa a treballar els talents i visions de tots els participants per reduir les pèrdues i optimitzar la eficiència a través de totes les fases de disseny, fabricació i construcció (The American Institute of Architects, 2017).

CAPÍTOL 3. MARC TEÒRIC: TECNOLOGIA 5D

3.1 Introducció a la tecnologia 5D

La tecnologia 5D són aquelles eines informàtiques i processos associats a la seva aplicació que permeten definir les dades relatives a quantificacions i preus dels elements constructius del projecte arquitectònic generat amb eines de modelat BIM 3D, per tal de realitzar la gestió econòmica del mateix²⁶.

En aquest capítol es presenta primer una visió global del context BIM en quant a implementació i característiques, després es defineix què s'entén per model arquitectònic 3D i com ha de ser aquest model per poder aplicar les tecnologies 5D, a continuació es presenten alguns dels softwares més utilitzats al nostre territori i finalment es fa una revisió de la literatura on s'extreuen les dificultats més comuns a l'utilitzar aquestes tecnologies.

3.2 Context BIM

3.2.1 Estratègies d'implementació de BIM en el món

La implementació de BIM en els projectes constructius representa una millora en la eficiència i qualitat dels mateixos i un gran repte per a la indústria de la construcció, tot i les dificultats esmentades anteriorment per diferents autors. Per aquest motiu, la implementació està creixent en moltes parts del món, impulsades pels governs i per les empreses del sector. Tot i la importància d'aquest fet, el creixement en l'aplicació d'aquesta nova metodologia encara és lent i la inversió en innovació és baixa, si es compara amb altres sectors, com s'ha observat a l'Apartat 1.1.

Les estratègies d'implementació que segueixen els diferents països són diverses. Els primers països en liderar aquesta implementació van ser els Estats Units, el Regne Unit, Alemanya, França i Canadà. A aquests es van afegir Austràlia, Japó, Corea i Nova Zelanda, i ara són referents, com es pot veure en el creixent nombre de publicacions en revistes científiques sobre temes d'implementació i ús de BIM (Figura 4).

Les principals estratègies i bones pràctiques que els països han estat aplicant per aconseguir una màxima eficiència en la implementació de BIM són (Smith, 2014):

a. Lideratge del govern i entitats del sector:

Les entitats governamentals, ja siguin estatals o europees, i les empreses i institucions punteres en el sector són claus en la promoció i ús d'aquesta metodologia.

Les iniciatives globals van acompanyades de la creació de estàndards BIM i de protocols comuns que puguin ser aplicats als diferents països.

La obligatorietat de l'ús de BIM a diferents països per part dels governs és la eina més efectiva per a la implementació del mateix. Un exemple és el Regne Unit, on és obligatori l'ús de BIM en obra pública des de l'any 2017.

b. Avantatge competitiva i models de negoci:

Les empreses que inverteixen en aquesta nova tecnologia obtenen avantatges i beneficis, es posicionen en el mercat i fan que les altres empreses vulguin invertir també. D'altra

²⁶ Definició de l'autora, a partir de la bibliografia consultada en la realització d'aquesta investigació.

banda, cal comunicar bé als clients les avantatges i la recuperació de la inversió que té aquest model de negoci per tal que es vulgui fer el projecte amb BIM.

c. Estàndards globals i nacionals:

La estandardització és clau per fer efectiva la implementació de BIM. Un exemple va ser la creació de l'arxiu IFC²⁷ ("Industry Foundation Classes") que permet tenir el model 3D exportable a diferents softwares.

D'altra banda és també important la creació de bases de dades de productes de la construcció en formats estandarditzats, com es va fer al Regne Unit al 2012, el qual té accés obert (NBS National BIM Library, 2019).

d. Protocols BIM i Contractació IPD ("Integrated Project Delivery"):

Institucions com la "American Institute of Architects" (AIA) han establert uns protocols per regular els processos de disseny, ajudant a unificar criteris entre els diferents agents del projecte (The American Institute of Architects, 2007).

Com ja s'ha comentat en el capítol anterior, el model de contractació de tipus IPD fa que la implementació sigui més eficient.

e. Qualitat del model 3D:

Aquest factor relatiu al procés de disseny és crucial per a una eficient implementació de BIM.

f. Educació i recerca en BIM:

Són essencials les inversions en formació i recerca en BIM. Els casos d'estudi i projectes pilots que s'han fet a diferents països i que han estat publicats en articles d'investigació han servit per aportar nou coneixement en aquest àmbit.

3.2.2 Evolució de la obligatorietat de l'ús de BIM a Espanya

La Unió Europea va ser la institució que va començar a promoure la implementació de BIM als països membres amb la publicació de la Directiva 2014/24/UE del Parlament Europeu i del Consell de 26 de febrer de 2014, amb la que instava als països de la UE a incloure requeriments BIM en els projectes públics a partir de setembre de l'any 2018. Concretament, a l'article 22, parla de la utilització de sistemes electrònics (eines de modelat i gestió de la informació) en els processos de contractació d'obres i permet als estats membres de la UE exigir la obligatorietat de l'ús d'aquestes eines (Diario Oficial de la Union Europea, 2014).

²⁷ Al 1995 l'empresa Autodesk va promoure l'aliança de diverses empreses privades per treballar en la interoperabilitat entre diferents softwares. D'aquí va néixer la "International Alliance for Interoperability" (IAI) al 1996. Al 2008 el nom de l'aliança va canviar a "buildingSMART International" i aquesta va desenvolupar el formats d'arxius estandarditzats IFC per facilitar la transferència de dades BIM entre softwares diferents.

La Unió Europea va crear al 2016 el grup “EU BIM Task Group”²⁸ i anteriorment, al 2014, el portal “Digital Entrepreneurship Monitor”²⁹ per a la difusió i promoció de BIM.

Ara encara segueix desenvolupant iniciatives i polítiques per promoure la digitalització del sector, com, per exemple, la plataforma “EU Digital Construction Platform”³⁰.

Així doncs, la indústria de la construcció està apostant per la innovació digital i aquesta ve encapçalada per la metodologia BIM.

A Europa el creixement va a ritmes diferents d’uns països a uns altres (European Commission, 2019). Als països nòrdics els requeriments BIM en obra pública van començar a demanar-se ja fa més d’una dècada, per exemple, a Dinamarca va ser al 2007. Aquest fet ha posicionat aquests països en punters en aquesta tecnologia: a l’any 2016, l’ús de BIM es troba en el 78% del total dels projectes, en la fase de disseny i en la visualització del model 3D, i en un 30% dels projectes inclús en la fase de gestió d’instal·lacions i as-built. Als països de l’oest d’Europa, els requeriments s’han començat a demanar més tard, com per exemple, a França, que van ser al 2015, i l’ús de BIM estava en el 38% de les obres a l’any 2017. I, finalment, en els països de l’est d’Europa són els que estan en els seus primers anys d’implementació, per exemple, a Polònia s’han introduït les polítiques de suport a BIM a l’any 2019.

A nivell estatal, a l’any 2015, el Ministeri de Foment va crear la Comissió es.BIM, per al seguiment de la implementació d’aquesta nova metodologia a Espanya. Aquesta Comissió ha anat publicant informes anuals de l’estat de la implementació i ús de requeriments BIM a les obres públiques (Comisión es.BIM, 2021). El Ministeri de Foment va posar com a dates per iniciar la obligatorietat de requeriments BIM el 17 de desembre de 2018 per obres d’edificació de pressupost superior a 2 milions d’euros i el 26 de juliol de 2019 per a obres de infraestructures.

A Catalunya, el 16 de febrer de 2015, diferents institucions com l’Agència per l’habitatge, Infraestructures de Catalunya, l’ Institut Cartogràfic de Catalunya, l’Ajuntament de Barcelona, el Col·legi d’Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Barcelona i BIM Academy, van signar un manifest (European BIM Summit, 2015) on es comprometien a la promoció i observació de la implementació de requeriments BIM en els projectes. Es van marcar l’objectiu per a l’any 2018, d’incloure requisits BIM a les licitacions de projectes públics (obra nova d’edificació i d’infraestructures) amb cost superior a 2 milions d’euros i en les fases de disseny i construcció.

Aquest acord es va signar després del primer Congrés BIM “European BIM Summit” que va reunir a empreses, institucions i experts del sector a Barcelona al 2015 i que a dia d’avui s’ha consolidat com a referent a Espanya (European BIM Summit, 2021).

²⁸ Grup de representants d’Administracions Públiques de la Unió Europea amb l’objectiu de generar un full de ruta comú en la introducció i ús de BIM en el sector de la construcció. La primera reunió del grup es va celebrar al febrer de 2016 a Brussel·les. (<http://www.eubim.eu/>)

²⁹ A l’any 2014 es promou la recerca d’una empresa per a la creació i gestió d’un portal digital on publicar un quadre de indicadors d’emprenedoria digital.

³⁰ Plataforma digital creada al 2019 amb l’objectiu de fer front als reptes generals de les noves eines digitals que s’utilitzen en el sector de la construcció. (<https://www.digiplaceproject.eu/>)

A l'any 2016 el govern de la Generalitat de Catalunya va crear la Comissió Inter departamental per a la implementació de BIM³¹ per treballar els diferents aspectes de BIM i fins data de febrer 2021 han realitzat 9 sessions plenàries.

A partir d'aleshores es va crear la Comissió Construïm Futur formada per les institucions abans esmentades i l'Institut de Tecnologia de la Construcció, el Ministeri de Foment, la Generalitat de Catalunya i Universitats i altres institucions del sector. Aquesta Comissió va publicar al 2017 un document de treball on es marcaven 88 passos a seguir per a la implementació de BIM (Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya, 2017a). La Comissió Inter departamental va publicar els documents la "Guia BIM. Gestió de projectes i obres" (Generalitat de Catalunya, 2017a) i el *Manual BIM. Gestió de projectes i obres* (Generalitat de Catalunya, 2017b) per facilitar unes directrius i especificacions per l'aplicació de la metodologia BIM en els projectes d'obra pública gestionats per Infraestructures.cat³².

El 11 de desembre de 2018 es signa, per part del Govern de la Generalitat, un Acord per aplicar la metodologia BIM en els contractes d'obra pública amb cost superior a 5,5 milions d'euros, a partir de l'11 de juny de 2019 (Generalitat de Catalunya, 2018). Aquest acord va marcar un abans i un després del treball de la Comissió Inter departamental.

El 28 de desembre de 2018 es publica al BOE la creació de la Comissió Inter ministerial per a la incorporació de BIM a la contractació pública (Boletín Oficial del Estado, 2018).

Al gener de l'any 2019, la Comissió Inter departamental (la Generalitat de Catalunya i l'ITeC) publiquen el *Llibre Blanc sobre la definició estratègica d'implementació del BIM a la Generalitat de Catalunya*, resultat del treball que es va iniciar a partir de la signatura del *Manifest BIM Catalunya* i que amb la Comissió Construïm Futur es va poder realitzar. En aquest document es donen unes accions a realitzar a 3 anys vista, planificades mensualment i organitzades per sectors, com la legislació, formació, difusió, processos, tècniques, entre d'altres (Generalitat de Catalunya; Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya, 2019). Actualment, en data de febrer de 2021, hi ha una nova composició de la Comissió, afegint-se el Comitè Tècnic BIM a part dels altres quatre equips ja existents. El següent pas que la Generalitat té planificat és donar el nom de Comissió Catalana de BIM³³ on definir estàndards i estratègies d'implementació.

Al 6è informe de la Comissió es.BIM, publicat al febrer de 2019, es parla d'un augment en la inversió en infraestructures però inferior en edificació (Comisión es.BIM, 2019). També cal destacar que les administracions autonòmiques són les que promouen més l'ús de BIM i que hi va haver un augment significatiu de les obres licitades amb requeriments BIM a l'any 2018. A Catalunya, a l'any 2020 es van licitar un 70% de les obres amb requeriments BIM, tot i que aquell any es van licitar un 5% menys d'obres donat a l'estat de pandèmia per la Covid-19. La intenció del govern és arribar al 80% de les obres licitades amb requeriments BIM a l'any 2022.

³¹ Comissió de treball creada a l'any 2016 pel Govern de la Generalitat amb acord signat el 24/05/2016 (Generalitat de Catalunya, 2016). En aquest acord es defineixen els objectius, les funcions i la composició de la Comissió.

³² Anteriorment anomenat "Infraestructures de la Generalitat de Catalunya" responsables de la gestió de les obres d'edificació i de les infraestructures públiques.

³³ Basat en comentaris del Sr. Ferran Falcó, Secretari de Territori i Sostenibilitat de la Generalitat de Catalunya, en la sessió EBS Day del 4 de febrer de 2021.

3.3 Les dimensions de BIM

La metodologia BIM té diferents nivells o dimensions, com es pot veure a la Taula 5. Aquests nivells van des del 3D, que és el que inclou tota la part de representació gràfica del model del projecte, fins al 7D on es gestiona el manteniment de l'edifici ja construït (Czmoch i Pekala, 2014).

Aquests són els nivells que més es coneixen, però en van apareixent de nous i ara ja s'està parlant inclús de 10 nivells de BIM, com es pot veure a la web de BIM Academy (BIM Academy, 2017).

Aquesta taula no representa com estan vinculats cadascun dels àmbits o dimensions, només els enumera l'un a continuació de l'altre, seguint un ordre més aviat de tipus temporal, l'ordre del cicle de vida del projecte arquitectònic i de l'edifici.

3D: MODEL TRIDIMENSIONAL	4D: GESTIÓ DEL TEMPS	5D: GESTIÓ DE COSTOS	6D: SOSTENIBILITAT	7D: GESTIÓ D'OPERACIONS
Documentació gràfica	Planificació	Pressupostos	Anàlisi energètic	Cicle de vida
Informació geomètrica	Control terminis	Amidaments	Eco eficiència	"As-Built"
Objectes amb paràmetres	Organització operacions	Control de despeses	Certificats energètics i de qualitat	Manteniment
Visualització projecte				Serveis

Taula 5 Dimensions BIM (I)

Font: adaptació del document "Dimensiones BIM" de la plataforma <http://www.entornobim.org> (Fundación Laboral de la Construcción, 2017)

A continuació, a la Figura 10, s'han representat d'una altra manera algunes de les dimensions BIM citades per tal de visualitzar millor quina relació hi ha entre elles. Així doncs, es pot veure com la dimensió 3D o el model arquitectònic 3D, passa a ocupar una posició central i al seu voltant i vinculades a ella estan la resta de dimensions. De la mateixa manera que la gestió de la informació en cada àmbit o dimensió es nodreix del model 3D, la relació dels diferents agents al llarg del cicle de vida del projecte també té aquest esquema circular al voltant d'aquest únic projecte 3D.

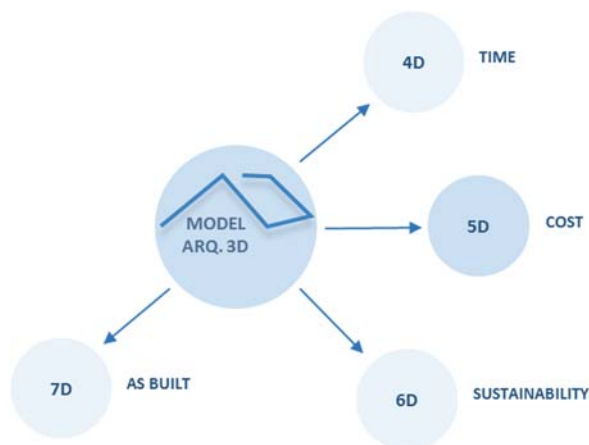


Figura 10 Dimensions BIM (II)

- La dimensió 3D és el model paramètric, és el dibuix arquitectònic que abans es realitzava en 2D. Són les dades del projecte arquitectònic necessaris per a la seva representació. A aquest model es podran afegir altres dades paramètriques segons el nivell de detall requerit.
- La dimensió 4D inclou el factor temps en el projecte arquitectònic. La planificació de la obra ara es pot realitzar a través del model 3D, dividint-lo en fases i permetent la visualització de la simulació de la construcció de cadascuna d'aquestes. Els elements constructius que estan definits en el projecte tenen assignat un ordre o seqüència de muntatge.
- La dimensió 5D afegeix el factor cost al model 3D, permetent la extracció de valoracions, amidaments i pressupostos. Aquesta és la dimensió on es centra aquesta investigació.
- La dimensió 6D aporta les dades de sostenibilitat i consum d'energia al projecte arquitectònic.
- La dimensió 7D inclou la informació detallada de tots els elements del projecte arquitectònic, com l'estructura, els acabats i les instal·lacions, per tal de tenir un "As-built" de l'edifici virtual amb el que posteriorment es pot fer el manteniment i la detecció ràpida d'elements a reparar en el cas d'una avaria o patologia.

3.4 El model arquitectònic 3D

L'evolució de la representació gràfica del projecte arquitectònic ha sofert dues revolucions destacades en els darrers anys, com es pot observar a la Figura 11. Aquests han estat, el pas del dibuix a mà al dibuix amb ordinador i el segon és el que s'està produint aquests últims anys, que és el pas del dibuix amb ordinador sense dades ("Building Modelling") al dibuix amb ordinador amb dades ("Building Information Modelling").



Figura 11 Evolució de l'expressió gràfica arquitectònica

Font: Elaboració pròpia, basat en l'article "Research on application 5D BIM tech in Central Grand Project" (Xu, 2017)

Amb aquestes noves circumstàncies, ara, el projecte arquitectònic és anomenat model 3D. El nom model fa referència a maqueta o prototip, no a exemple o a pauta a seguir. L'adjectiu arquitectònic que en aquesta tesi s'afegeix fa referència a que la informació principal que conté el projecte és la referent a l'arquitectura i no pas a les instal·lacions ni a l'estructura de l'edifici. D'ara en endavant quan es parla de model 3D es fa per designar un model arquitectònic dissenyat en 3D amb tecnologia de modelat BIM.

3.4.1 Softwares 3D

El software Archicad, de l'empresa Graphisoft, va ser el primer programa que oferia la possibilitat de dibuixar el projecte arquitectònic en tres dimensions, a l'any 1982 (Graphisoft, 2021). Aquella nova manera de dissenyar en volum no es va estendre massa perquè aleshores dominava la representació gràfica en dues dimensions i s'utilitzava més els softwares per representar el projecte en 2D, com per

exemple l'Autocad, de l'empresa Autodesk, que era el més utilitzat al nostre país en aquell moment (Autodesk, 2021a).

A partir de la incorporació d'altres dades de tipus no gràfic en el projecte modelat en 3D, les empreses de software van actualitzar els seus programes o en van crear de nous, per adaptar-se a les noves necessitats BIM.

Actualment hi ha molts softwares que s'utilitzen per a la representació gràfica del projecte en 3D BIM. A la Taula 6 es mostren alguns d'ells, on s'ha indicat l'empresa i el preu de mercat amb data 2019.

Tal com es pot veure a la Taula 6, els preus dels softwares BIM de pagament són elevats, però similars als preus dels softwares CAD. Aquest cost elevat és un dels factors negatius a l'hora d'implementar BIM als projectes, sobretot en empreses petites, acompanyat de la inversió en formació que cal fer als treballadors (Bryde, Broquetas i Volm, 2013).

Software	Empresa	Preu
AutoCAD Architecture	Autodesk	Free for Students / \$1,575
Revit	Autodesk	Free Educational Licenses available / \$2,200
ArchiCAD	Graphisoft	Free version available / \$300-\$6800
Vectorworks	Nemetschek Group	\$2945
MicroStation	Bentley	Free Educational Licenses available / \$5,234
Allplan	Nemetschek Group	Educational Licenses available / \$9,500
Rhinoceros	Rhinoceros	Educational \$230 / Commercial \$830
SketchUp	Trimble	Free / Commercial \$695
FreeCAD Arch	FreeCAD	Free
Dynamo	Dynamo	Free

Taula 6 Softwares 3D

Font: Elaboració pròpia, basat en la publicació "Best 3D Architecture / BIM software" (Von Übel, 2019)

En una cerca comparativa entre els softwares Revit i Archicad³⁴ a Google Trends es veu l'evolució del nombre de cerques fetes des de l'any 2004 (data d'inici del cercador Google) i s'aprecia un creixement en Revit i un descens en Archicad, tant a nivell estatal com mundial, com es pot apreciar al gràfic de la Figura 12 i de la Figura 13 respectivament.

³⁴ Cerca feta a Google Trends amb data 23/02/2019 i al link <https://trends.google.es/trends/explore?cat=5&date=all&q=REVIT,ARCHICAD>

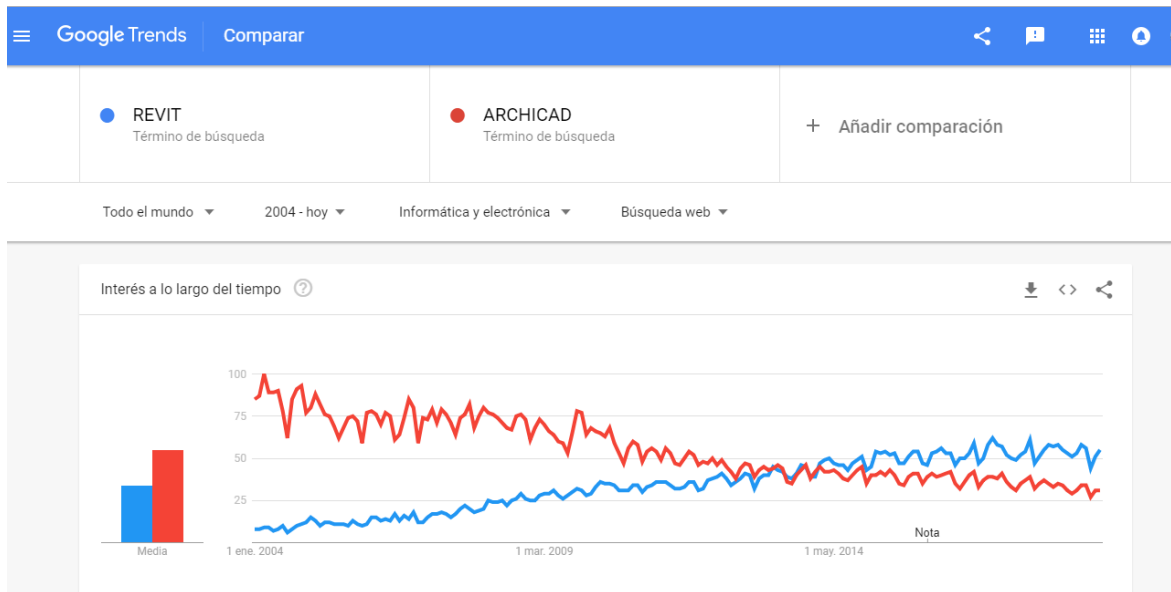


Figura 12 Evolució interès Revit vs Archicad en cerques a nivell internacional

Font: Imatge dels resultats obtinguts en la cerca a Google Trends el 12/03/2019

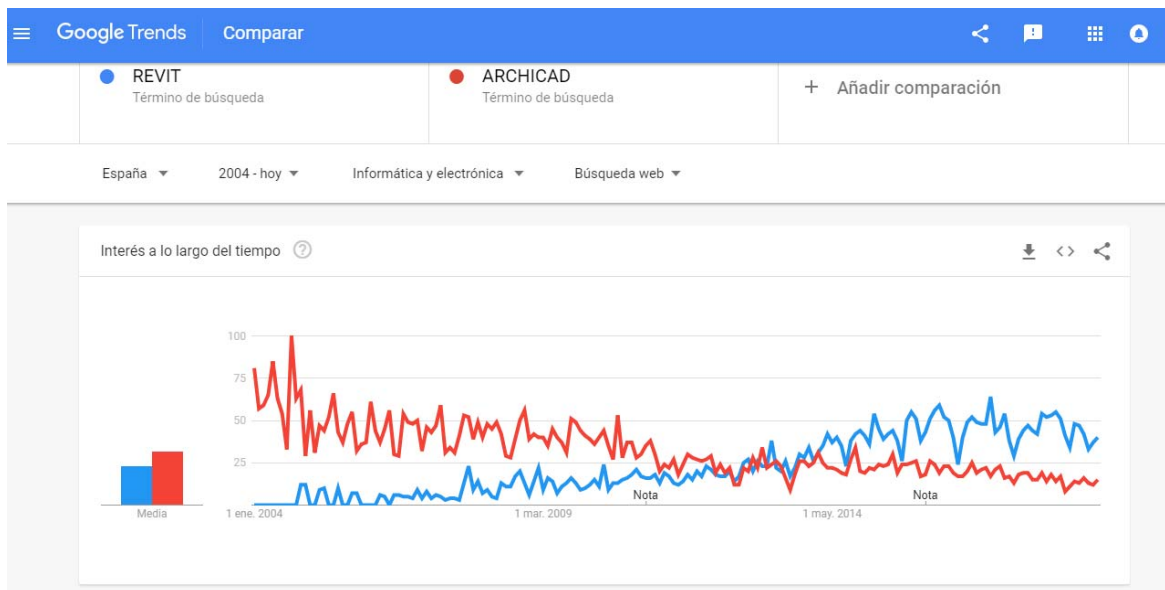


Figura 13 Evolució interès Revit vs Archicad en cerques a nivell estatal

Font: Imatge dels resultats obtinguts en la cerca a Google Trends el 12/03/2019

Al nostre país, i concretament a la província de Barcelona, els softwares de modelat més utilitzats són Autocad i Revit, com es pot observar al gràfic de la Figura 14. Els segueixen amb molts punts per darrere els softwares Sketchup i Archicad (sense tenir el compte els complements de modelat d'estructures i d'instal·lacions del software Revit).

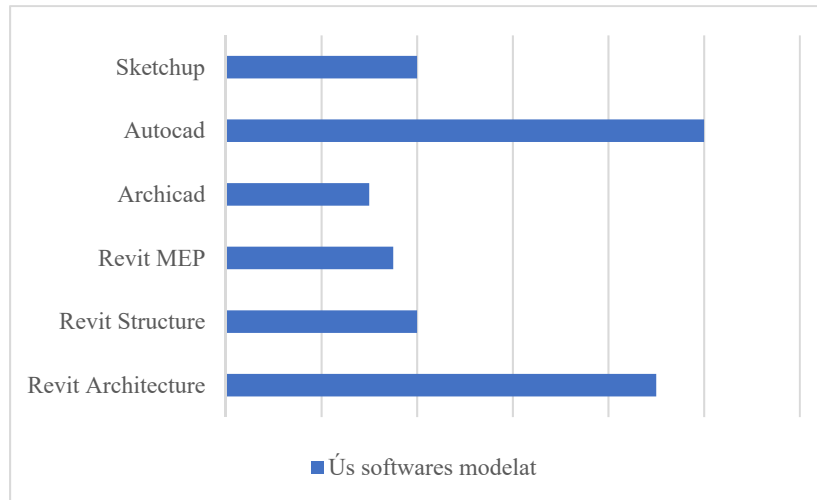


Figura 14 Ús de softwares de modelat

Font: elaboració pròpia basat en la gràfica de la publicació “Práctica Integrada, interoperabilidad y uso del BIM en el sector de la construcción” (GuBIMCat, 2016)

Aquesta tesi es centrarà en un projecte arquitectònic dissenyat amb el software Revit, per ser aquest el software de modelat en 3D més utilitzat en el nostre territori, tal com s’ha justificat en aquest apartat.

3.4.2 Propietats del model 3D amb Revit

Els objectes dissenyats amb eines BIM contenen les dades relatives a la geometria d’aquests, als paràmetres condicionals, textuais i numèrics i a les restriccions i relacions entre els objectes. Els objectes BIM dissenyats amb el software Revit són molt editables en relació a altres softwares (Santamaría Gallardo i Hernández Guadalupe, 2017).

En el model 3D hi ha diferents tipologies d’elements (Barco Moreno, 2018):

- Elements de model (murs, forjats, paviments, sostres, cobertes i altres components) dels quals obtindrem mesures en diferents unitats.
- Elements de referència (nivells, reixetes, plànols de referència) que faciliten el modelat i la situació del projecte.
- Elements espacials (habitacions, espais i zones) dels quals podem obtenir les superfícies o volums.
- Elements específics de vistes (notes, símbols, etiquetes, cotes i detalls) que complementen i ajuden en la interpretació del projecte.
- Elements de presentacions (plànols) per a la generació dels plànols del projecte.

A continuació es mostren quines són les propietats del model 3D, i dels seus elements, que cal tenir en compte, segons diferents autors, i que es tindran en consideració per a posteriors anàlisis en aquesta investigació:

a. Classificació dels objectes:

Els objectes paramètrics dissenyats amb Revit es classifiquen en: categories, famílies, tipus i elements o instàncies (Figura 15).

Les categories agrupen elements o sistemes constructius que tenen propietats comunes i les famílies són les diferents classes d'elements que trobem dins d'una mateixa categoria. Els elements o instàncies d'una mateixa família tenen uns paràmetres comuns, una representació gràfica similar i una mateixa funció o ús.

Els tipus són l'agrupació d'elements d'una mateixa família que tenen els valors dels paràmetres comuns. Els elements o instàncies, són els objectes paramètrics amb uns paràmetres amb valors concrets i que queden integrats en el projecte o model 3D.

La modificació d'aquests elements o instàncies no fa canviar els valors ni els paràmetres dels elements del mateix tipus ni família. Qualsevol canvi que es vulgui fer en tots els elements d'una mateixa família s'haurà de fer dins d'aquest nivell.

La creació d'un excessiu nombre de nivells de famílies dins d'altres pot generar molt desordre. Una bona organització de les famílies estalvia temps i costos i millora la coordinació dels diferents professionals d'una mateixa empresa (Santamaría Gallardo i Hernández Guadalupe, 2017).

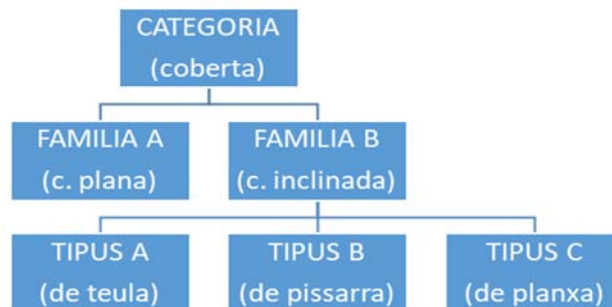


Figura 15 Classificació d'objectes BIM

Font: elaboració pròpia basat en la gràfica "Jerarquia de comparació de nomenclatura de famílies" (Barco Moreno, 2018)

b. Estandardització:

Es imprescindible la estandardització de les famílies, perquè els objectes BIM ben estandarditzats permeten un millor control del model (Santamaría Gallardo i Hernández Guadalupe, 2017).

Cal prioritzar les famílies desenvolupades per la mateixa empresa perquè faciliten un control de les mateixes. En relació als objectes BIM que han estat descarregats de internet cal que siguin de fonts fiables, i sinó, caldrà fer una revisió completa (Barco Moreno, 2018).

c. Definició dels paràmetres:

La definició dels paràmetres dels objectes BIM ha de ser l'adequada per tal que compleixi els objectius BIM establerts. Crear més paràmetres dels necessaris pot generar confusió.

d. Nivell de desenvolupament ("Level of Development"):

A l'hora de realitzar el disseny del projecte amb les eines de modelat 3D, aquest es fa tenint en compte el nivell de desenvolupament al que es vol arribar, el "Level of Development"

³⁵ (LOD). Els agents implicats en el projecte acorden el LOD al que s'arribarà, en el Pla d'Execució BIM o "BIM Execution Plan" (BEP). Aquests nivells van des del 100 al 500, depenent de la informació que es vulgui obtenir, com s'especifica a continuació i com s'observa en un exemple a la Figura 16.

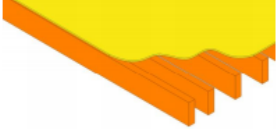

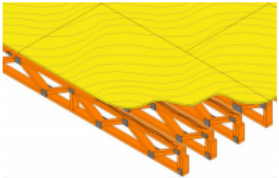
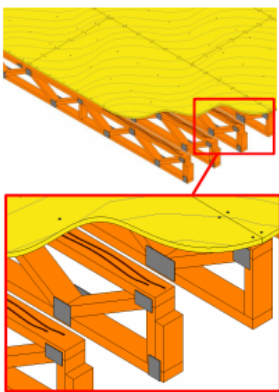
200	<p>Element modeling to include:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Top chord or bottom chord bearing • Truss orientation • Approximate depth • Approximate width • Truss orientation • Approximate centerline location of individual trusses 	 <p>42 B1010.10-LOD-200 Floor Structural Frame (Wood Floor Trusses)</p>
300	<p>Element modeling to include:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Truss size, depth, and material with sloping geometry • Spacing and end elevations • Support locations 	 <p>43 B1010.10-LOD-300 Floor Structural Frame (Wood Floor Trusses)</p>
350	<p>Element modeling to include:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Actual final truss profile with accurate panel points • Bridging and lateral bracing • Fire protection coating • Any miscellaneous framing pertaining the truss • Erection details for installation • Chord and web member section profiles are accurately defined • Truss layout in coordination with deck fasteners would be confirmed • Hold down locations for large bolts. 	 <p>44 B1010.10-LOD-350 Floor Structural Frame (Wood Floor Trusses)</p>
400	<p>Element modeling to include:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fasteners • Sealant • Truss plates and connection material • Nails and fasteners • Truss plates. • Deck patterns and joints 	 <p>45 B1010.10-LOD-400 Floor Structural Frame (Wood Floor Trusses)</p>

Figura 16 Especificacions de LOD per a sostres de fusta

Font: Especificacions dels Level of Development de BIMForum part I (BIMForum, 2019)

³⁵ Els Level of Development (LOD) van ser definits per l'Associació d'arquitectes dels Estats Units, la American Institute of Architects (AIA), per mirar de sistematitzar i unificar el grau de fiabilitat d'un model BIM. A dia d'avui aquests LOD estan molt estesos a nivell mundial. El primer document on es va parlar d'aquests nivells va ser al 2009 en uns protocols BIM, que després es van ampliar amb representacions gràfiques dels elements per cada nivell al 2013 i a partir d'aquest, s'han fet actualitzacions anuals. La darrera publicació és de l'any 2018 (BIMForum, 2019).

- LOD 100: conté la informació gràfica de l'element representat de la forma més simple. Es poden obtenir dades dels volums edificables, i amb aquests, fer una valoració de l'Avantprojecte (AP).
- LOD 200: conté dades relatives als usos de cada part de l'edifici i les volumetries exteriors i interiors ja estan definides. S'obtenen superfícies útils i construïdes i es pot fer una estimació econòmica a nivell del Projecte Bàsic (PB).
- LOD 300: conté tota informació de l'arquitectura de l'edifici, en principi suficient per poder extreure l'estat d'amidaments del projecte de forma precisa.
- LOD 350: en aquest nivell s'afegeix la visualització d'interferències entre elements, com la d'estructura amb instal·lacions, per exemple.
- LOD 400: conté la resta d'informació que faltava per completar el model, com l'estructura i les instal·lacions, per exemple, permetent d'aquesta manera tenir el model a nivell de Projecte Executiu.
- LOD 500: els elements contenen tota la informació del projecte un cop ha finalitzat la obra i s'hi han anat fet les modificacions pertinents. És l'As Built de l'edifici i servirà per fer la gestió del manteniment al llarg de la seva vida útil.

3.4.3 Propietats del model 3D amb Revit per a l'extracció d'amidaments

Segons la Guia d'usuaris BIM de Building Smart (BuildingSMART Spanish Chapter, 2014b), basades en el "Common BIM requirements" (COBIM) finlandès ³⁶ (BuildingSMART Finland, 2012), els models d'informació utilitzats en l'extracció d'amidaments han de complir els següents requisits:

- a. Consistència del modelat: tots els elements constructius s'han de modelar amb els requisits BIM i estar descrit en les especificacions BIM del projecte.
- b. LOD definit: cal tenir definit el nivell del LOD del projecte des del moment de fer-se l'encàrrec, i aquest LOD determinarà el detall dels amidaments que s'obtindran
- c. Eines BIM per modelar: utilitzar les eines BIM per modelar els elements durant l'extracció de les dades per als amidaments, en el cas de necessitar-ho.
- d. Identificació d'elements constructius i espais: els elements i els espais s'han de poder identificar individualment i han de ser classificats amb una tipologia concreta que estarà vinculada amb els amidaments.
- e. Informació de les mesures: s'utilitzaran mesures simples com: número d'elements, superfícies netes i brutes, volums nets i bruts, pesos nets i bruts i mesures de longituds com alçades, longituds i perímetres. Les unitats d'amidament usades a Revit s'han de correspondre amb les unitats que es generaran en el programa de gestió, és a dir, s'han de correspondre amb el pressupost.

³⁶ Requeriments BIM que van redactar-se a Finlàndia al 2012 i que han servit de referent per a elaborar les guies uBIM a Espanya, per facilitar l'ús i la implementació de BIM al país.

- f. Transferència de dades: es preferible fer la extracció de dades a partir de l'arxiu Revit original, que no fer-ho a partir de l'arxiu IFC, perquè l'original estarà més complert. Segons els autors, si es fa l'extracció de dades des de l'arxiu IFC, el tècnic ha de verificar que els elements constructius s'han exportat correctament des de l'original al IFC. Treballar amb l'arxiu original directament assegura que contingui tota la informació i com aquest va acompanyat de les especificacions BIM, amb la consulta d'aquestes es pot saber en qualsevol moment quins criteris de disseny s'han utilitzat i per a quin fi.

A part d'aquests requisits, una consideració important a tenir en compte és que si el model ha de servir per extreure amidaments, per exemple, cal modelar a tal efecte. Així doncs, es modelarà tal i com es mesurarà (Comisión es.BIM, 2018). El que no s'ha modelat no es podrà extreure directe del model i s'haurà d'afegir posteriorment. Sempre hi haurà algun element que no estarà modelat i requerirà ser identificat, definit i mesurat, vinculant-lo a algun element modelat si és possible (per exemple els m2 d'encofrat de murs). D'altra banda també hi haurà elements del model que poden necessitar de vincular-se a una o més partides del pressupost i així s'haurà de fer. Així doncs, cal tenir identificats molt clarament als elements del model, per evitar possibles duplicitats en el programa de gestió.

En relació a la transferència de dades hi ha diferents opinions respecte a la que dona la Guia d'usuaris BIM de Building Smart Chapter. Per exemple, per a la comissió esBIM (Comisión es.BIM, 2018) el format IFC és el més recomanable per a realitzar l'exportació de les dades del model 3D perquè afavoreix l'ús de softwares no vinculats a la eina de modelat, facilita, per tant, la interoperabilitat entre diferents plataformes.

3.5 Eines 5D

Un dels elements d'estudi d'aquesta investigació són les eines (softwares, "plug-in" o mòduls de softwares) per a la realització i gestió de costos del projecte arquitectònic.

Aquests softwares especialitzats generen, a partir d'uns capítols, partides i amidaments, tota la documentació de gestió econòmica segons la normativa: quadres de preus, amidaments, resum del pressupost, descomposició de les unitats d'obra, etc. Aquests programes solen incloure també la possibilitat de generar taules de planificació temporal.

Els programes nacionals inclouen les descripcions de les partides a través d'uns bancs de preus diferents segons les comunitats autònomes.

Per treballar amb diferents programes de pressupostos s'utilitza el format d'intercanvi estàndard de bases de dades per a la construcció FIE-BDC³⁷ o arxius amb extensió BC3 que és el mateix.

A la Taula 7 es mostren algunes de les eines 5D usades al nostre territori i les seves principals característiques. En general, per utilitzar aquest programes, l'usuari no sempre necessita tenir instal·lat el software Revit, pot treballar amb un visor del model 3D, el Revit Viewer, on podrà visualitzar els elements i extreure informació però no editar o afegir elements en el model. Per a fer modificacions en

³⁷ L'associació FIE-BDC es va crear al juliol del 1996 per definir el format d'intercanvi estàndard de bases de dades per a la construcció. Les versions dels formats vigents són el FIE-BDC-3/2012 i el FIE-BDC-3/2016. <http://www.fiebdc.es/>

el model 3D, cal tenir la llicència de Revit. En els següents apartats s'especifica com funcionen cadascun dels softwares.

Software (versió utilitzada a l'estudi)	Presto 2020	TCQ 5.5	No	Revit 2018 i 2019
Software (versió 2021)	Presto 21	TCQ 5.7	Arquímedes 2021	Revit 2020
Desenvolupadors	RIB Spain	ITeC	CYPE Engineers	Autodesk
Complement a Revit	Cost-it	No disposa	CYPE	Medit
Funció a Revit	-	-	-	Taules de planificació i quantificació
Visualitzador del model 3D amb Revit Viewer	Si, a través Cost-it	Si, a través d'arxiu IFC	No	-
Informació bidireccional	Si	No	Si	-
Exporta a IFC	Si	Si	No	-
Exporta amidaments a	EXCEL, FIEBDC-3, ACCESS	EXCEL, FIEBDC-3	EXCEL, FIEBDC-3, TCQi	EXCEL, TXT
Bases de preus	Base-centre	BEDEC	Generador de preus i Base de preus CCAA	-

Taula 7 Softwares i funcions per a la gestió de costos

A la gràfica de la Figura 17 es poden observar els softwares més utilitzats al nostre territori per a la gestió de costos segons la publicació dels resultats de l'enquesta a nivell estatal de l'ús de BIM al 2016 (GuBIMCat, 2016). El software més utilitzat segueix essent el Excel, cosa que mostra el poc ús del BIM 5D, donat que aquest no és un software específic per a la gestió econòmica del projecte.

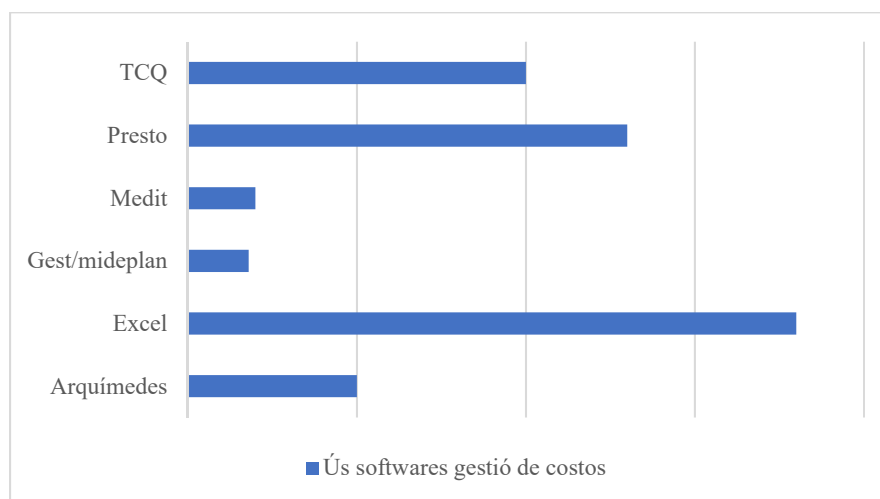


Figura 17 Ús de softwares de gestió de costos

Font: Elaboració pròpia basat en la gràfica de la publicació "Práctica Integrada, interoperabilidad y uso del BIM en el sector de la construcción"(GuBIMCat, 2016)

De tots els softwares específics per gestió de costos, aquesta investigació selecciona i utilitza els següents, per ser els més utilitzats: TCQ i Presto. Paral·lelament a aquests softwares s'ha tingut en compte la funció "Taules de planificació" i el plug-in "Quantificació" del programa Revit, perquè també pot ser utilitzat per a la gestió de costos i el software Excel per la seva utilització junt amb el software Presto.

Els softwares seleccionats s'analitzen posteriorment tenint com a model 3D de referència un model dissenyat amb el programa Revit d'Autodesk. Es va triar un únic software 3D per tal de facilitar la comparativa entre les diferents eines 5D i es va escollir aquest concretament, per ser el més utilitzat avui dia a Catalunya, tal com s'ha comentat al subapartat 3.4.1.

3.5.1 Funcions i plug-in de Revit per quantificar

El software Revit té una sèrie d'ordres i complements o plug-in que permeten extreure informació de les mesures dels elements dissenyats. L'usuari ho pot fer a través de la consulta de:

a. Taula de propietats de l'element seleccionat:

Seleccionat un element constructiu, a la seva finestra de propietats es poden trobar tant la descripció com les seves mides (dins de l'apartat "Cotes" es pot consultar la longitud, l'àrea i el volum, per exemple).

b. Taules de planificació:

Aquesta funció es troba dins de la opció "Vista" del menú principal i genera taules amb dades que després es poden descarregar i exportar en diferents formats. Es poden obtenir:

- i. Taules de planificació per quantitats: permet visualitzar la llista de mesures dels elements classificats per categories i tipus d'elements.
- ii. Taules de planificació per materials: aquesta funció és com l'anterior però organitza la taula en funció del material.

c. Quantificació:

Aquesta funció és un plug-in de Revit que un cop instal·lada es troba al menú principal i té varies funcionalitats que permeten fer un repàs global dels amidaments (QTO) i servir de guia per fer els esquelets dels pressupostos que després vincularem a Revit des dels softwares 5D.

Dins d'aquesta funció hi ha les eines:

- i. "Roombook": calcula el valor de les àrees interiors de les habitacions. Pot servir per mesurar superfícies de materials d'acabats. Cal que estiguin les habitacions modelades.
- ii. "Areabook": calcula el valor de les superfícies construïdes de l'edifici. Pot servir per fer valoracions inicials (AP i PB).
- iii. "Buildingbook": calcula el valor de les mesures de materials constructius de l'edifici. Cal que estiguin revisats els elements constructius dissenyats en el model.

Per a fer un QTO amb les taules de planificació cal generar una taula per a cada categoria i al tenir el model 3D moltes categories d'objectes BIM, es generen moltes taules i la seva gestió es fa molt complexa.

La eina “Quantificació” permet extreure les dades en un únic arxiu en format Excel amb tota la informació integrada. Això facilita la revisió de les dades i la detecció d'elements no modelats que posteriorment s'hauran d'afegir a les taules per completar la valoració.

Aquesta eina pot ser un bon complement als softwares de gestió de costos, per fer la comesa de revisió del que està modelat, prèviament a traspasar la informació des de Revit al software de gestió seleccionat.

En aquesta investigació s'han utilitzat les eines de planificació i quantificació per a la obtenció dels amidaments del projecte.

3.5.2 Arquímedes

El software Arquímedes (CYPE Ingenieros, 2021) està desenvolupat per CYPE Enginyers i disposa de diferents mòduls per a diferents accions: generació de pressupostos, control de l'obra (orientat a empreses constructores i comptabilitat), seguretat i salut i detalls constructius.

L'empresa CYPE Enginyers S.A. és una empresa espanyola desenvolupadora de software per a enginyeria des de l'any 1983 en els àmbits del disseny i càlcul d'estructures i d'instal·lacions i en la gestió de projectes i obres, que és l'àmbit on es troba el software Arquímedes.

L'empresa ofereix bancs de preus de diferents comunitats autònomes per a la seva utilització en el programa i també una aplicació que permet generar nous bancs de preus actualitzats. Si les partides provenen d'aquests bancs, es podrà treure més documentació per al projecte: Plec de Condicions, Gestió de Residus, Llibre de l'edifici i Cicle de Vida (petjada de Carboni i energia consumida).

El software ofereix el mòdul “Pressupost i amidaments de models BIM” que permeten la vinculació entre el model 3D dissenyat amb Revit i el programa Arquímedes. Aquest mòdul instal·la un plug-in del software Arquímedes a Revit i des d'aquest treballar simultàniament en els dos programes, permetent un traspàs de dades bidireccional. Des del plug-in es pot fer l'extracció d'amidaments i aquests utilitzar-los només amb Arquímedes, en el cas de no tenir la llicència de Revit.

En aquesta investigació finalment no s'ha fet l'anàlisi d'aquest software perquè cap dels quatre estudis de cas l'utilitzaven. Serà interessant fer-ho en una investigació posterior.

A la Figura 18 es mostren els procediments a seguir per a l'extracció de la informació d'un model 3D dissenyat amb Revit. S'han enumerat del 0 al 8, des de el 0 que és una tasca prèvia a tot el procés, on es revisa a fons el model dissenyat amb Revit (a l'Apartat 3.4 s'ha comentat que aquest punt és clau per l'èxit del procés) fins al número 8 on les tasques són d'actualització de dades per les modificacions del projecte, posteriors al lliurament de la documentació.

En altres softwares 5D aquests procediments són similars a aquest, per això, cadascun dels passos enumerats serviran com a base per estructurar les fases en el procés d'anàlisi dels estudis de cas en aquesta investigació (Subapartat 5.3.5).

3.5.3 TCQ

El software TCQ està desenvolupat per l'ITeC (Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya, 2021b). Disposa de diferents mòduls: pressupost, planificació temporal, seguiment econòmic, licitació, seguretat i salut i gestió mediambiental. Aquest software disposa del Banc de preus BEDEC³⁸, que permet generar documentació amb dades com el Plec de Condicions, la Gestió de Residus i el Cicle de Vida.

El traspàs de dades dels amidaments del model 3D al software TCQ es fa a través d'un arxiu amb extensió TXT o a través de la lectura de l'arxiu IFC exportat (des de la versió 5.1 que es pot fer d'aquesta manera). Aquesta darrera opció és un gran avenç però cal fer bé l'exportació d'aquest arxiu IFC. Aquest software no pot fer la vinculació amb el model 3D amb plug-in perquè no en disposa. Actualment, en la data de redacció d'aquest document, setembre 2021, la darrera versió del software és el TCQ 5.5, on presenta millores en la lectura de dades de l'arxiu IFC, entre d'altres. En aquesta investigació es va utilitzar la versió TCQ 5.2. i el traspàs d'informació es va realitzar amb un arxiu IFC.

3.5.4 Presto

El software Presto està desenvolupat per RibSpain (RIB Spain, 2021), que és la seu espanyola de RIB Software SE³⁹, fundada el 1961 a Alemanya.

El software Presto permet realitzar la gestió econòmica i la planificació temporal dels projectes i disposa d'un banc de preus intern. Actualment ofereix diferents mòduls: Pressupost, Planificació, Execució i connexió BIM. La versió del software en la data de redacció d'aquest document, en l'any 2021, és el Presto 21, tot i que en aquesta investigació s'ha treballat amb una versió anterior, la del 2018.

L'empresa RIB Software ofereix actualment la plataforma de treball en núvol iTWO basat en BIM 5D amb la integració de la intel·ligència artificial (IA), amb la que es pot treballar en col·laboració utilitzant una única base de dades i els mateixos softwares, permetent realitzar models virtuals i gestionar el projecte en tot el seu cicle de vida. En aquesta investigació no s'ha analitzat aquesta plataforma, per no ser utilitzada encara pels casos d'estudi seleccionats. El treball en col·laboració mitjançant plataformes virtuals és un aspecte interessant a tenir en compte en futures investigacions.

El vincle amb el model 3D de Revit per a la generació dels amidaments es fa a través del plug-in de Presto Cost-it, dins del programa Revit, si es disposa de la llicència Revit, o mitjançant el visor de Revit, Revit-Viewer instal·lat al programa Presto. En el primer cas es podran fer modificacions del model i en el segon cas només es visualitza el model. Amb aquest complement Cost-it es poden generar els amidaments, es poden seleccionar i acolorir els elements ja sigui des de el model o des de el pressupost per a la seva visualització i també traspasar informació dels paràmetres dels elements d'un software a l'altre, del model al pressupost i a la inversa.

³⁸ La base de dades BEDEC es va iniciar al 1983 com a base de preus de construcció per als projectes d'edificació de l'Ajuntament de Barcelona, formalitzant-se en un llibre de dades de preus a l'any 1984 amb el nom de BEDEC. La base de dades es va anar ampliant a altres àmbits de la construcció i de l'enginyeria, i canviant de format, transformant-se en una eina digital al 2001, com a base de dades consultable mitjançant una web (Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya, 2021a).

³⁹ L'empresa RIB Software completa a l'any 2017 la seva transformació com a Societat Europea (RIB Software SE, 2021).

El software Presto també permet treballar amb arxius tipus IFC des de 2017 i amb arxius tipus XLS que han estat exportats de les taules de quantificació de Revit. En aquesta investigació els dos estudis de cas que han utilitzat el software Presto ho han fet amb l'exportació de dades de les taules de quantificació de Revit, a partir de l'arxiu tipus XLS.

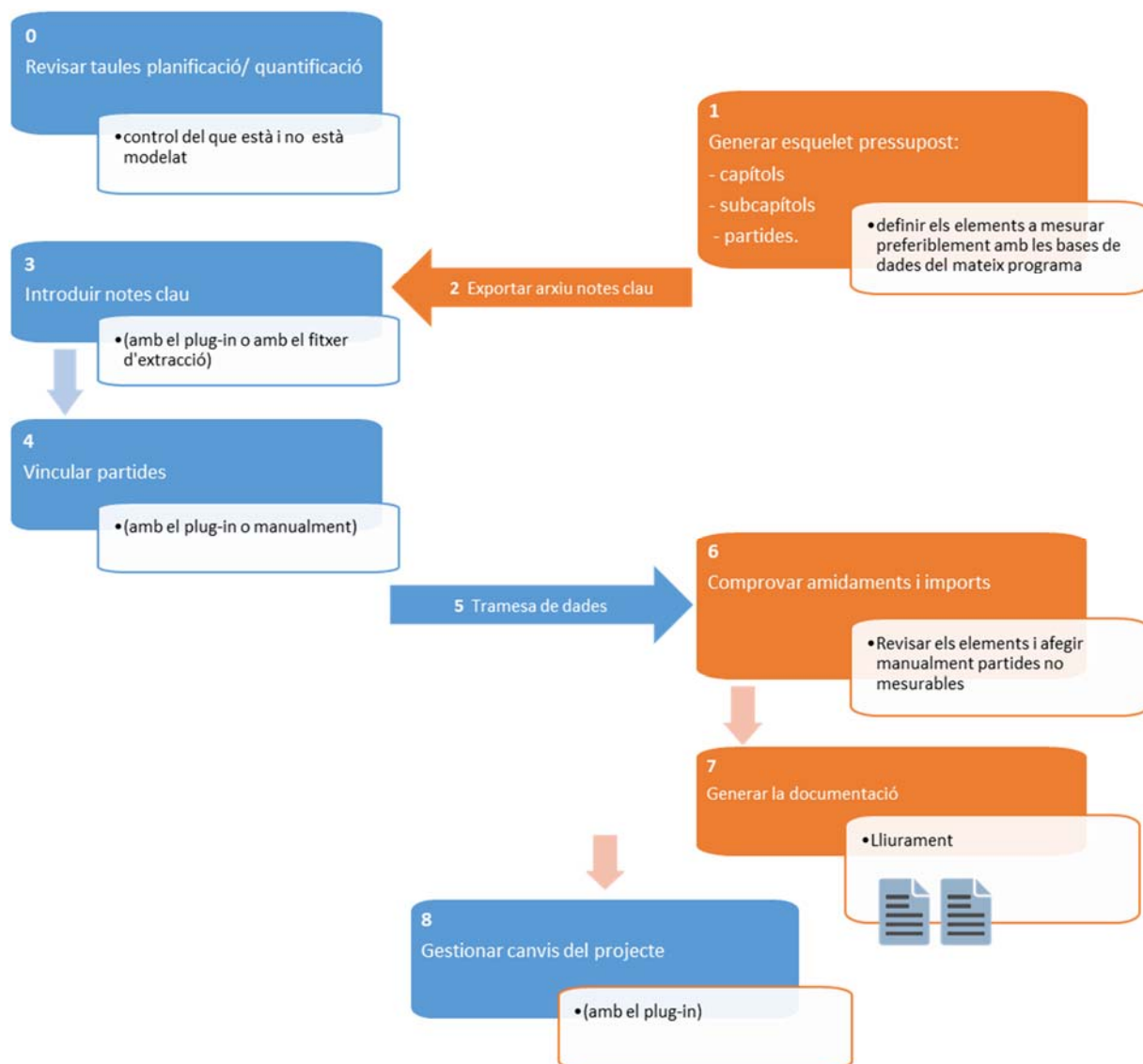


Figura 18 Processos eines 5D (Revit - Arquímedes)

3.6 Implementació de la metodologia BIM 5D

S'ha realitzat una revisió de la literatura científica existent entorn a la metodologia BIM i més concretament sobre la metodologia BIM 5D per profunditzar en el coneixement de l'estat de la qüestió en aquest àmbit en aquests darrers anys i a altres països del món.

Amb aquesta revisió s'aconsegueix tenir una visió holística de quina és la situació actual del tema d'investigació, detectant quins són els temes que més interessin i preocupen, quines són les principals barreres que es troben en la implementació i quins són els factors clau a tenir en compte. Arribar a tenir

aquesta visió permet comparar la situació general en altres països amb la situació en el nostre territori i verificar coincidències que es podien intuir que ja hi havia. Així doncs, aquestes aportacions donen maduresa al punt de partida de la tesi, i amplien i assenten la seva base teòrica.

Aquesta revisió permet també localitzar els països que més han investigat en aquest tema i les tècniques d'investigació més comunament utilitzades segons l'objectiu plantejat.

Els resultats que s'han trobat de la revisió s'han agrupat en cinc factors, com es veurà a l'Apartat 3.6.3, i en alguns d'aquests, s'han afegit comentaris de la literatura nacional, per contrastar i/o complementar el contingut teòric mostrant d'aquesta manera que el coneixement al voltant d'aquest tema és similar a diferents països.

3.6.1 Especificacions en la recerca i criteris de selecció

La cerca d'articles s'ha fet al mes de març de l'any 2019, a la base de dades bibliogràfiques "Scopus". Qualsevol publicació posterior a aquesta data no pot haver entrat en aquesta selecció i posterior anàlisi.

La selecció de les publicacions s'ha realitzat seguint els següents criteris d'inclusió i exclusió i en aquest ordre:

1. "Keywords" comunes. Les publicacions han de contenir com a "keywords" alguna de les següents: BIM, BIM 5D, "Quantity Surveyor", "Quantity Take Off" (QTO), "Cost Estimation" (CE).
2. Data de publicació. Els articles seleccionats han estat publicats en anys posteriors al 2010. Tal com s'ha comentat en el capítol 2 i segons s'observa a la gràfica de la Figura 4, el nombre de publicacions en BIM 5D comença a ser significatiu a partir d'aquest any 2010, per això es tria aquest període de temps.
3. Contingut adequat. Es té molt en compte que el tema que tracta l'article es correspongui amb el de la present tesi.
4. Qualitat de l'article o autor. El nombre de citacions de "Scopus" s'ha tingut en compte com una dada més qualitativa de l'article que no pas per descartar o acceptar la selecció d'aquest. Cal tenir en compte que el tema és de màxima actualitat i els articles poden ser de publicació recent i el nombre de citacions encara baix.
5. Territori o nacionalitat. Aquest requisit o criteri no s'ha tingut en compte per descartar o seleccionar cap publicació. S'han inclòs totes les nacionalitats. Aquesta dada servirà per tenir un petit mapa de publicacions internacionals.

El resultat de la primera selecció ha estat de 20 publicacions, de les quals s'han descartat 8 (4 per la data i 4 per la temàtica). Han quedat 12 publicacions per a fer la revisió.

La procedència de les publicacions és molt diversa, fet que mostra un interès global en la matèria. Els països amb més publicacions, incloent les publicacions amb doble nacionalitat, són Austràlia (4), seguit per Nova Zelanda (2), Estats Units (2), Malàisia (2) i Regne Unit (2). La resta de països són Corea del Sud, Polònia, Espanya i Alemanya.

3.6.2 Informació a cercar

Abans de començar el procés de revisió o lectura dels articles seleccionats, s'ha definit quina és la informació que es vol trobar en aquestes:

- a. Factors positius, factors negatius i punts clau en la implementació de BIM 5D:

Es vol obtenir informació de quins són els factors positius, factors negatius i factors clau en la implementació de la metodologia BIM 5D que més es repeteixen en els articles. Això permetrà identificar quin és el factor més comú a tots els territoris i a quin nivell.

- b. Valoració dels usuaris i nivell d'ús de les eines:

En segon terme, interessa extreure la valoració de l'usuari i el nivell d'ús de les eines de gestió de costos amb BIM. Això donarà idea de la utilització als diferents països i del nivell de satisfacció global.

- c. Objectius i tècniques d'investigació:

L'anàlisi dels objectius en les diferents publicacions permet veure quins són els temes de més interès i preocupació en aquest moment. En quant a les tècniques d'investigació utilitzades per assolir aquests objectius es fa una simple anotació de correspondència amb els mateixos.

3.6.3 Resultats de la revisió de la literatura

3.6.3.1 Factors positius, factors negatius i punts clau

El factor cost és el criteri d'èxit més influent positivament a la hora d'implementar BIM. Després el segueixen el temps, la comunicació, la coordinació i en darrer lloc la qualitat (Bryde, Broquetas i Volm, 2013). Aquests són els factors resultants de la investigació citada mitjançant l'anàlisi de 35 projectes arquitectònics publicats en revistes i webs del sector, provinents de diverses nacionalitats. Aquests cinc factors serviran per classificar els punts positius, punts negatius i punts clau, que es considerin rellevants en les publicacions analitzades en el present document.

A la Taula 8 pot veure el resum dels avantatges i inconvenients de la implementació de BIM 5D, i a la Taula 9 els punts clau que s'han extret de l'anàlisi de la revisió de la literatura.

A continuació es comenten els cinc factors de classificació i els punts més interessants en cadascun d'ells, extrets de les publicacions analitzades:

- i. Cost:

La reducció de costos en la gestió del Projecte Arquitectònic (PA) és el principal avantatge al que conclouen els articles d'investigació analitzats. Vinculada a aquesta es troben la reducció de temps emprat en la gestió i la millora de la visualització del PA.

Tot i això, el factor cost és la segona barrera més citada. Aquest cost fa referència a la inversió que cal fer per a la implementació de BIM, tant per a l'adquisició de nou software com per a la formació del personal (Sattineni i Macdonald, 2014). La inversió que es fa a l'inici pot compensar si després es desenvolupen projectes grans, per tant, pot ser una bona inversió per a empreses de mida mitjana o gran, que són les que normalment dirigeixen aquests projectes. Però no succeeix el mateix amb les petites

empreses⁴⁰, que son la majoria del sector AEC. Quan el cost econòmic per a dur a terme la implementació sigui inferior a l'actual, les empreses més petites tindran més facilitat per fer-ho (Czmoch i Pekala, 2014).

ii. Temps:

En relació al factor temps, aquest és considerat una de les principals avantatges, després de la reducció de cost, a l'hora de gestionar el PA, tal i com resulta d'una comparativa realitzada entre el sistema de disseny tradicional CAD i el sistema de disseny basat en BIM en un projecte d'un edifici com a cas d'estudi a Polònia (Czmoch i Pekala, 2014), on el temps emprat en la generació del model 3D del projecte es reduïa en un 30%. Aquest estalvi de temps s'aconsegueix principalment per treballar amb un únic arxiu i per la detecció d'errors a la fase de disseny. La rapidesa que s'aconsegueix amb aquesta metodologia també és una de les dues grans avantatges a les que conclou la investigació dels americans Darren Olsen i Mark Taylor (Olsen i Taylor, 2017) on quantifiquen la reducció de temps en la extracció dels amidaments del model 3D en un 50% en relació al sistema tradicional.

Tot i això, és destacable la quantitat de temps que cal invertir per gestionar, revisar i corregir, en cas necessari, l'arxiu del model 3D (Olsen i Taylor, 2017) a l'hora de realitzar la gestió de costos. Els autors conclouen en la seva investigació a través d'enquestes i entrevistes a professionals, que els models 3D només contenen el 50% de la informació necessària i això implica revisar, actualitzar i afegir informació a posteriori. Aquest factor temps millorarà quan el model 3D estigui complet i tingui dades fiables. Aquest és un dels punts clau més anomenats, que tot i parlar de la qualitat de l'arxiu, afecten directament al factor temps.

iii. Comunicació:

La interoperabilitat⁴¹ és un aspecte necessari en el desenvolupament del projecte per donar la informació precisa en el format adequat i en el temps just (Eastman, 2011). El resultat de la revisió de la literatura mostra que és la tercera dificultat més esmentada. Actualment la interoperabilitat entre els diferents softwares és baixa i el traspàs d'informació de l'arxiu d'un programa a un altre és complex perquè és necessari canviar de formats amb la conseqüent pèrdua de dades, segons l'estudi basat en entrevistes a 8 gestors de costos o "quantity surveyors" de Nova Zelanda (Stanley i Thurnell, 2014). Amb una planificació detallada de l'intercanvi de dades que es durà a terme al gestionar un projecte, es poden reduir els problemes d'aquest tipus, segons conclou la investigació catalana sobre tecnologies web semàntica (Costa Jutglar, 2017).

⁴⁰ Segons la web del Ministeri d'Economia, Indústria i Competitivitat, una microempresa és aquella formada per menys de 10 treballadors. En el sector de la construcció aquestes representen un 35% del total i els autònoms un 61%. Per tant ambdós representen el 96% de les empreses del sector (Ministerio de Economía, 2021)

⁴¹ Interoperabilitat és la capacitat de fer que la informació generada en un sistema d'informació sigui comprensible per un altre. Això implica un intercanvi d'informació sense pèrdues i una interpretació correcta de la informació (Costa Jutglar, 2017)

Un altre punt igualment citat i vinculat amb l'anterior és la falta de protocols per a la codificació dels objectes BIM⁴². Aquest serà un punt clau per aconseguir una millora en la gestió de la informació segons la conclusió de l'estudi realitzat a Nova Zelanda, amb entrevistes a gestors de costos de grans empreses del sector (Boon i Prigg, 2012). Aquesta codificació i la estandardització d'objectes en el model BIM és també anomenada com a punt clau en varies publicacions nacionals (Santamaría Gallardo i Hernández Guadalupe, 2017) verificant una correspondència entre el que es requereix internacionalment i el que es requereix en el nostre territori.

La comunicació en quant a promoció de l'ús de BIM es veu amb dificultats com la manca de regulació legal i la falta de suport governamental per a la implementació de BIM, a diferents nivells i a diferents països. Tot i això, any rere any, s'estan prenent accions a diferents estats, per facilitar-ho. Les estratègies que s'estan utilitzant i les recomanacions que es fan són variades, tal com es mostra en la investigació de l'australià Peter Smith sobre tendències claus globals en diferents països del món (Smith, 2014). A nivell nacional, una investigació basada en entrevistes a 9 enginyers d'edificació especialitzats en gestió de costos, conclou que les principals barreres en la implementació de BIM són dues: la falta de llenguatge comú entre els diferents agents de la construcció al llarg dels diferents processos donat a la falta de coneixement i la oposició a la compartició de la informació, aspecte heretat de la cultura espanyola (Navarro Ástor, Gil Gil i Oliver Faubel, 2018).

iv. Coordinació:

En relació a la coordinació entre persones, al treball en equip entre els diferents agents implicats en el PA, és determinant des de les fases inicials de disseny del mateix, segons conclou l'estudi realitzat al Regne Unit mitjançant 20 entrevistes semiestructurades a gestors de costos o "quantity surveyors" on es detecta una falta de coneixement de quina és la situació del "quantity surveyor" en el flux de treball de BIM (Mayouf, Gerges i Cox, 2019). En la mateixa línia conclouen els estudis anteriors a Austràlia i Corea del Sud, on ja dibuixaven en les conclusions que el treball del gestor de costos o "quantity surveyor" (QS) amb el dissenyador en les fases inicials ajuda a definir correctament la informació que ha de contenir el model 3D i això és primordial per a la eficiència de la gestió del projecte (Aibinu i Venkatesh, 2014; Choi, Kim i Kim, 2015). A nivell estatal es comenta com a punt clau, la necessitat d'una ordenació i planificació del treball des de l'inici per facilitar el procés de gestió, on les tasques i rols estan ben definits (Morea Núñez i Zaragoza Angulo, 2015).

v. Qualitat:

⁴² Diferents institucions internacionals treballen en la estandardització i codificació d'objectes BIM i en la interoperabilitat de softwares, com la International Alliance for Interoperability (IAI) <http://www.iai-na.org/>, el National Institute of Standards and Technology (NIST) (US Department of Commerce, 2019) i el comitè National Building Information Model Standard (NBIMS) <http://www.facilityinformationcouncil.org/>.

La falta d'informació en el model 3D és la dificultat més nombrosa en la revisió de la literatura realitzada, per tant, una de les màximes preocupacions a l'hora d'implementar BIM en la gestió de costos. És molt freqüent, a la pràctica, que els models BIM no estiguin complerts, els faltin dades i això implica una inversió extra de temps, com s'ha comentat abans, per revisar i corregir l'arxiu abans de procedir a l'extracció de dades, o, haver d'afegir dades de forma manual posteriorment a l'extracció de dades del model. Segons l'estudi realitzat a Malàisia, el punt clau és treballar amb dades fiables des del principi, tenir el model 3D complet i tenir una bona visualització d'aquestes dades (Ismail *et al.*, 2016).

També en aquest àmbit de la qualitat cal destacar que l'avantatge o els valors positius més anomenats són: la millora de la visualització dels detalls del projecte, la detecció de col·lisions dels elements constructius, la identificació de riscos més aviat que amb els sistemes tradicionals (Stanley i Thurnell, 2014) i que les dades que estan en el model són molt precises. Aquestes millores ofereixen avantatges també per al client: una investigació que analitza la usabilitat de BIM 5D en un projecte pilot conclou que la visualització del model 3D per part del client fa augmentar el seu nivell de satisfacció i disminuir el grau d'incertesa en quant a variació de costos durant l'execució de l'obra (Lee, Tsong i Khamidi, 2016).

En relació a la valoració dels softwares 5D es conclou que no és gaire positiva, s'ha trobat almenys en dues ocasions, que aquests softwares són complexos per a l'usuari.

A nivell estatal, segons la Building Smart Spanish Chapter, destacava com a principals problemes en el procés de realització dels amidaments amb BIM la falta de definició i de qualitat del model 3D que genera errors sistemàtics i per altra banda, el solapament dels elements de diferents disciplines i els errors en les mesures de superfícies i d'elements com escales i murs (BuildingSMART Spanish Chapter, 2014b).

vi. Persones:

Un factor que ha sorgit de l'anàlisi de les publicacions i que no es trobava en els cinc aspectes destacats de l'estudi de Bryde, és el de les persones o usuaris. En aquest àmbit es mostren unes dificultats ja esmentades en altres apartats d'aquesta tesi, com són la falta de coneixement de les eines i de la metodologia BIM, i l'actitud de resistència al canvi de paradigma. En qualsevol cas, el punt clau a destacar en aquest aspecte és l'actitud de l'usuari. A nivell estatal, per contrastar amb el que s'ha analitzat a nivell internacional, també és present la preocupació per l'actitud dels agents ja sigui per la objecció a la compartició de la informació o per la resistència al canvi de metodologia. (Navarro Ástor, Gil Gil i Oliver Faubel, 2018).

Els factors positius i negatius que s'han obtingut són similars als que es troben en el nostre territori, tal com s'ha anat comentant amb la bibliografia nacional i les enquestes i entrevistes realitzades en els inicis d'aquesta investigació.

Així doncs es tornen a repetir, com a factors positius més anomenats, la millora de la visualització del projecte (per part de dissenyadors, clients, enginyers, etc) i la transparència de dades que això permet. l'estalvi de costos i de temps i la millora en la eficiència de la gestió del projecte. Cal comentar que la

detecció de solapaments ajuda a l'estalvi de temps i costos. En quant als factors negatius que més es repeteixen són l'elevat cost dels softwares i la falta de dades en el model 3D per a fer la QTO.

ÀMBIT	DIFICULTATS	nº	AVANTATGES	nº
COST	Cost elevat software	4	Reducció de costos en la gestió del PA	3
	Inversió en formació	2		
	Cost elevat implementació general	1		
TEMPS	Temps elevat per formació	1	Reducció de temps en la gestió del PA	2
	Temps elevat per revisió i correcció model 3D	2	Increment eficiència	1
	Temps elevat per usar el software	1		
COMUNICACIÓ	Terminologia BIM	1	Increment eficiència	1
	Falta suport govern	1		
	Falta coneixement	1		
COORDINACIÓ	Baixa interoperabilitat softwares, molts softwares i variats	3	Millora en el control del PA	1
	No protocols codificació objectes	3	Detecció de col·lisions	1
	No compartició informació	1		
QUALITAT	Falta d'informació en el model 3D	5	Millora en la visualització del PA	2
	Complexitat software 5D	2	Detecció de col·lisions i de riscos més aviat	2
	Dades poc fiables per fer CE o QTO	1	Exactitud del QTO	1
			Millora en el control del PA	1

Taula 8 Factors positius i negatius en la implementació de BIM 5D

Aquesta tesi es centrarà en als àmbits de la Qualitat i la Coordinació, que són els que més preocupació i dificultats presenten i les que més impulsors donen per aconseguir que la tecnologia faci més eficient la gestió del PA.

De tota la informació obtinguda i recollida a la Taula 9 cal destacar els punts clau referents a la informació que ha de contenir el model arquitectònic, que cal que sigui completa i de qualitat i també el treball a realitzar durant les fases inicials del Projecte, amb la participació del gestor de costos, per tal de treure'n el màxim rendiment i evitar correccions posteriors.

En general, a partir de l'anàlisi de les publicacions realitzat, i sobretot d'aquelles on s'ha partit d'un objectiu clar de detecció de barreres i impulsors de BIM, s'observa que la valoració que fan és que la implementació de BIM desprèn més aspectes positius que negatius i que BIM és una eina clau per millorar aspectes del projecte (Bryde, Broquetas i Volm, 2013) i que pot canviar el procés de disseny,

tot i que el seu ús és encara incipient. Tot i aquesta visió positiva de la metodologia BIM, es fa evident que el resultat de l'anàlisi de la revisió de la literatura ha detectat més punts negatius que positius i que serà l'aplicació o la millora dels aspectes claus detectats els que afavoriran el creixement del nombre d'aspectes positius d'aquesta nova metodologia i tecnologia.

ÀMBIT	PUNTS CLAU	nº
COST	Preu softwares	1
TEMPS	Temps gestió dades	1
COMUNICACIÓ	Màrqueting	1
	Regulació legal	1
COORDINACIÓ	Treball gestor de costos en fases inicials amb Equip Disseny	2
	Habilitats Equip Disseny	1
	Gestió informació	1
QUALITAT	Model 3D complet	2
	Fiabilitat i visualització dades	2
	Selecció software	1

Taula 9 Punts clau en la implementació de BIM 5D

3.6.3.2 Valoració dels usuaris i nivell d'ús de les eines

La valoració global de la metodologia i tecnologia BIM és positiva, com s'ha comentat en l'anterior apartat. Un exemple és que al 2017, als Estats Units, hi ha un 70% dels professionals del sector enquestats que prefereixen la manera de treballar de BIM que la tradicional (Olsen i Taylor, 2017).

Tot i una bona valoració global, la utilització de les eines de gestió amb BIM 3D és molt baixa o quasi nul·la a molts països, segons es pot extreure de les publicacions consultades. Per exemple, al 2012, a Nova Zelanda, hi havia un percentatge de ús molt baix, fet que s'extreu de l'estudi realitzat en aquest territori, on només es troba una empresa del sector de la construcció que utilitzi el 3D BIM per fer l'extracció de dades per al QTO (Boon i Prigg, 2012). També s'ha observat que al 2013, a Austràlia, el 94% dels professionals encara utilitza dibuixos CAD, i no el model 3D de BIM, per fer el QTO (Aibinu i Venkatesh, 2014). Al mateix estudi, on es van fer enquestes a 180 gestors de costos "quantity surveyor", es constata que cap d'ells ha treballat encara amb 4D BIM o 5D BIM i que molts d'ells encara fan servir mètodes manuals per fer el QTO: el 50% dels enquestats utilitza eines digitals combinades amb eines manuals, un 35% només usa eines digitals i un 15% només eines manuals. Uns anys després,

al 2017, i als Estats Units, s'observa que només el 1% dels treballadors d'empreses de la construcció utilitzen el 5D BIM per a la gestió de costos del projecte arquitectònic (Olsen i Taylor, 2017).

Encara falta molta pràctica per part dels professionals i moltes millores a fer en els softwares per poder fer la extracció de dades del model 3D d'una manera fiable i sistemàtica.

3.6.3.3 Objectius i tècniques d'investigació

Tots els articles seleccionats tenen, en certa manera, una voluntat de trobar, definir i valorar quins aspectes de la nova tecnologia són beneficiosos, són un avantatge (respecte metodologies o eines tradicionals) i quins factors són una dificultat, per a fer la gestió econòmica del projecte amb aquesta nova tecnologia.

Els diferents objectius es poden agrupar en quatre grups molt clars que indiquen quins són els temes que més preocupen als investigadors, i en el següent ordre:

i. Beneficis i dificultats en la implementació:

És l'objectiu que més es repeteix. Ha estat present com a objectiu principal en el 46% de les publicacions. En aquest cas els objectius han estat alguns dels següents: explorar els beneficis i detectar les dificultats que aporta la BIM, comparar el sistema tradicional i el nou i analitzar la usabilitat de 5D BIM.

ii. Rol del "quantity surveyor":

Aquest tipus d'objectiu ha aparegut en un 38% dels articles analitzats, acompanyats en algun cas d'objectius relatius a Eines. Alguns dels objectius són: valorar l'experiència del "quantity surveyor" amb BIM, analitzar l'evolució de la seva practica i analitzar el canvi de rols del "quantity surveyor".

iii. Implementació en països:

La preocupació per aquest aspecte és menor que en els anteriors. Ha estat present en un 23% de les publicacions on els objectius han estat analitzar el progrés en l'ús de la tecnologia en el territori i valorar les iniciatives que realitzen els països per implementar BIM.

iv. Eina:

Aquest aspecte que posa el focus en l'anàlisi de la nova tecnologia 5D, apareix només en el 23% de les publicacions, on els objectius han estat: Analitzar algun software per a la gestió econòmica, determinar factors limitant de la capacitat d'extracció de dades, dissenyar d'un sistema per fer QTO que millori la fiabilitat del CE.

Les tècniques d'investigació que s'han utilitzat en els documents seleccionats són l'estudi de cas (3), les entrevistes (3), les revisions de la literatura (3), l'anàlisi de prototip processal (1) i les enquestes (2). Algunes d'aquestes tècniques s'han combinat entre elles, en alguns casos, per poder completar l'anàlisi amb èxit.

Les investigacions que han utilitzat la tècnica d'estudi de casos s'han fet principalment prenent com a cas un projecte constructiu, ja sigui un projecte pilot o un projecte real. Només en una publicació l'objecte d'estudi ha estat l'empresa constructora, i hi analitza el procés d'implementació de la metodologia BIM 5D a l'empresa (Sattineni i Macdonald, 2014).

En el cas de les publicacions que han usat les enquestes, aquestes, les han fet “on-line” a “quantity surveyor” en un cas i a altres professionals de l’empresa constructora en l’altre cas. En totes dues investigacions les enquestes han anat acompanyades d’entrevistes en profunditat a experts. Un dels casos d’estudi també han estat complementades per entrevistes.

En tres publicacions apareix la revisió de literatura. Fan referència a publicacions de casos d’estudi (projectes realitzats amb BIM) en revistes d’arquitectura, a bibliografia amb temàtica centrada en la pràctica del “quantity surveyor” o a publicacions sobre implementació, promoció i ús de BIM en un o varis territoris.

Així doncs, la conclusió que es fa d’aquest anàlisi és que les tècniques més utilitzades són l’estudi de casos i les revisions de literatura, i les entrevistes per complementar una altra tècnica.

3.6.4 Conclusions de la revisió de la literatura

Els aspectes més importants a tenir en compte i més anomenats com a punts clau en el procés d’implementació, són, en primer lloc, la necessitat de tenir la informació del model arquitectònic complet per permetre una extracció de dades precisa, i en segon lloc la importància del treball del gestor de costos o “quantity surveyor” a les fases inicials del projecte. Aquests dos aspectes marquen els punts de partida per a l’anàlisi de casos en aquesta investigació.

Tots els usuaris, agents i experts consultats i citats en aquest i en anteriors capítols, coincideixen que en aquestes fases primerenques és cabdal el treball que s’ha de fer per tal que el model 3D pugui contenir tota la informació necessària per assolir els objectius BIM que hagi marcat el projectista.

El punt clau en la gestió econòmica amb BIM és treballar amb dades fiables des de l’inici, tenir un model complet i tenir una bona visualització d’aquestes (Ismail *et al.*, 2016). Aquest autor estableix un marc on vincula la pràctica de la estimació de costos i la implementació de BIM. La conclusió d’aquest estudi és interessant doncs la implementació de BIM en l’estimació de costos fa millorar la informació d’entrada i la comprensió i coneixement del model 3D, fet que conduirà a fer estimacions de costos més fiables (Figura 19).



Figura 19 Marc teòric desenvolupat

Font: Elaboració pròpia basada en la figura “Marco teórico desarrollado” de l’article *A Review of BIM Capabilities for Quantity Surveying Practice* (Ismail *et al.*, 2016)

CAPÍTOL 4. MARC TEÒRIC: GESTIÓ ECONÒMICA AMB BIM

4.1 Introducció a la gestió econòmica amb BIM

La nova metodologia BIM en el sector de la construcció implica canvis en la manera de treballar i en les eines a utilitzar per realitzar els pressupostos, certificacions, control de costos i amidaments dels projectes i de les obres.

El projecte de construcció que es realitza amb la metodologia BIM és un projecte de col·laboració, on participen diferents agents al llarg del procés i on és cabdal la gestió eficient de la informació a cadascuna de les fases del seu cicle de vida.

En aquest capítol es mostra el marc teòric relatiu a quina és la informació econòmica del projecte, quins són als agents implicats en la gestió d'aquesta i en quines fases participen.

L'objectiu d'aquest capítol és determinar quines característiques ha de tenir el projecte per a una gestió econòmica determinada, quines de les tasques del gestor de costos seran objecte d'estudi i en quina de les fases del cicle de vida del projecte es realitzarà l'anàlisi.

4.2 El projecte de construcció i les seves fases

4.2.1 Tipus de projectes

Els projectes de construcció es poden classificar en projectes d'edificació⁴³ i projectes d'infraestructures. Aquesta tesi es centra en projectes d'edificació per l'experiència professional en aquest sector i dins d'aquest, en els aspectes arquitectònics⁴⁴ del mateix. Dins d'aquest sector d'edificació, es poden distingir les següents tipologies (Comisión es.BIM, 2017):

- Obra nova.
- Reforma.
- Rehabilitació.
- Ampliació.
- Canvi d'ús.
- Demolició.

Aquest estudi s'emmarca en projectes d'obra nova per tal de donar la possibilitat d'incloure més diversitat de sistemes constructius i d'elements arquitectònics.

4.2.2 Cicle de vida dels projectes BIM

Segons la llei 38/1999, del 5 de novembre, d'Ordenació de la Edificació, el cicle de vida del projecte s'inicia quan comencen a haver responsabilitats davant tercers, normalment amb un PB amb el

⁴³ La llei 38/1999, del 5 de novembre, d'Ordenació de la Edificació, defineix el projecte d'edificació a l'article 4 i fa una classificació d'aquests en funció del tipus d'obra i de l'ús de l'edificació a l'article 2.

⁴⁴ Dins del projecte d'edificació es distingeixen tres àmbits o disciplines: arquitectura, estructura i instal·lacions. La documentació gràfica i no gràfica digital generada en cadascun dels àmbits es fusiona en un únic arxiu, el model 3D.

que s'inicien els tràmits administratius i de finançament i després de contractació amb el projecte d'execució. El projecte finalitza quan es fa el lliurament de la documentació de l'obra acabada.

El cicle de vida dels projectes BIM és més extens i consta de varies etapes, des del seu inici fins a la seva desactivació, tal com s'indica a la Taula 10, on els autors, membres de la Comissió es.BIM, les vinculen amb la terminologia més utilitzada i de forma alineada amb la Norma ISO 21500⁴⁵.

Terminologia comunament usada	Etales BIM
Projecte	Pre-construcció
Construcció	Construcció
Ús / Manteniment	Post-construcció
Demolició	De-construcció

Taula 10 Etales del cicle de vida del projecte BIM

Font: adaptació de la llista de l'apartat 2.2 "Ciclo de vida de los proyectos" de la publicació "Definición de roles en procesos BIM" (Comisión es.BIM, 2017)

Les fases que es succeeixen al llarg de les quatre etapes del cicle de vida amb la metodologia BIM, segons els mateixos autors són:

- Viabilitat.
- Disseny conceptual.
- Planificació del disseny.
- Control del disseny.
- Planificació de la construcció.
- Control de la construcció.
- Inspecció, lliurament i recepció de l'obra.
- Garantia, vida útil i canvi d'ús.
- Demolició, recuperació i reciclat.

Aquestes fases no difereixen respecte les que té el projecte gestionat tradicionalment, on potser queden agrupades de diferent manera. Tradicionalment, la majoria de projectes tenen 5 fases: Viabilitat, Projecte Tècnic, Execució, Desactivació i Garantia (González Fernández, 2002). La diferència més gran serà la situació del màxim de la corba del nivell d'esforç de l'equip d'enginyeria, on tradicionalment es troba en la fase d'execució, i amb BIM quedarà compensada per l'increment de la participació de l'enginyeria en la fase inicial.

⁴⁵ La norma internacional ISO21500 dona una orientació a la direcció i la gestió de projectes a nivell global, amb l'objectiu de fer més eficients els processos i aconseguir que els paràmetres de cost, temps i qualitat dels projectes s'assoleixin amb èxit (ISO, 2021).

En un document posterior, la comissió es.BIM (Comisión es.BIM, 2018), reordena, enumera i posa noms a les fases del cicle de vida en projectes de diferents tipus. A la Taula 11 es poden veure les fases per als projectes d'edificació. Aquestes són molt similars a les llistades anteriorment, tenint en compte que algunes de les anteriors han quedat agrupades en la nova classificació que fa la comissió.

S'utilitzarà aquesta taula per a posteriors consideracions, doncs és aquesta comissió la màxima responsable de la implementació de BIM a Espanya, i la que dona les directrius a seguir, des del Ministeri de Foment del Govern d'Espanya.

F0	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Estratègia	Estudis previs	Avantprojecte	Projecte Bàsic	Projecte Execució	Construcció	Posada en marxa	Operació i manteniment

Taula 11 Fases del cicle de vida del projecte BIM en edificació

Font: adaptació de la taula de l'apartat 9.1.1. "Fases de los proyectos de edificación" de la publicació "Guia de Usos de modelos para la gestión de costes" (Comisión es.BIM, 2018)

Aquesta investigació es centra en la etapa BIM de Pre-Construcció, segons la Taula 10 i dins d'aquesta etapa, es realitzarà l'anàlisi de la intervenció del gestor de costos en les fases de Avantprojecte, de Projecte Bàsic i de Projecte Executiu (fases 2, 3 i 4, segons la Taula 11) .

4.2.3 Documentació d'un projecte BIM

La redacció del projecte BIM comença amb l'aprovació de l'Acta de Constitució del Projecte i posteriorment es desenvolupa el Pla per a la Direcció del projecte BIM, que inclou: el Pla d'Execució BIM o "BIM Execution Plan" (BEP), on es defineixen els rols, les funcions i les responsabilitats de cadascun dels agents participants, i la gestió de l'Entorn Comú de Dades o "Common Data Environment" (CDE) (Comisión es.BIM, 2017). A partir dels requeriments que feia la norma ISO 19650 del 2019, al maig del 2021 la buildingSmart Spain elabora el document de introducció a la ISO 19650, amb una revisió al 2021, per facilitar l'aplicació de la mateixa en quant a definició dels CDE en els projectes (BuildingSMART Spanish Chapter, 2021).

La documentació tècnica del projecte BIM és la que tradicionalment es venia realitzant: memòria, plànols, plec de condicions, càlculs d'estructures, amidaments i pressupostos. A aquesta documentació se li poden afegir, com a novetat, vídeos de simulació del projecte o arxius virtuals amb dades de l'estat actual del solar o de l'edifici, entre d'altres aplicacions.

En relació als documents de qualitat i d'organització del projecte BIM hi haurà manuals, processos, estàndards, llibres d'estil i formats, a tenir en consideració per tots els agents participants en el projecte. Aquesta documentació de suport per a la gestió de projectes BIM pot arribar a ser molt extensa, tal com es pot veure a la Taula 12, on l'autor fa una classificació d'aquesta documentació per la seva tipologia (Barco Moreno, 2018).

Tota la documentació del projecte BIM hauria de tenir una única ubicació, uns responsables d'edició i validació i uns permisos d'accés i publicació.

Aquesta investigació recollirà la documentació BIM que inclouen els projectes dels estudis de cas que s'analitzaran i es verificarà la seva correspondència amb el que descriu la Taula 12. Es podrà observar que no tots els projectes disposen del document BEP, per exemple. També s'observarà quina nomenclatura s'ha utilitzat per als elements del model 3D i com s'ha realitzat l'estat d'amidaments, si per elements, per espais, etc.

TIPUS	DOCUMENT
REQUISITS	Requisits client EIR (Employers Information Requirements) Plec i annexes (en licitacions o concursos)
GESTIÓ	BEP (BIM Execution Plan) MET (Model Element Table) RFI (Request for Information)
QUALITAT	Manual BIM (procediments per a la realització dels projectes) Llibre d'estil Estructura de carpetes Notes de model
PLANTILLES	D'empresa De client De bases de preus De fabricants
LLIBRERÍES	De desenvolupadors D'empresa De bases de preus De fabricants
ECOSISTEMA	Usos BIM Estàndards Qualitat Xarxes / Networking

Taula 12 Documents per a la gestió de projectes BIM

Font: adaptació de la taula 18 de l'apartat 1.7.1. "Listat de documents de suport per a la gestió de projectes BIM" de la publicació "Guía para implementar y gestionar proyectos BIM" (Barco Moreno, 2018)

4.3 La gestió econòmica del projecte

El cinquè nivell de BIM inclou tota la gestió econòmica del projecte arquitectònic, des de la estimació inicial de costos quan s'està elaborant l'AP, fins a les futures operacions immobiliàries que es poden realitzar, un cop l'edifici s'ha construït, i la gestió del manteniment d'aquest durant tot el seu cicle de vida.

A continuació s'exposa, segons la Comissió es.BIM, la documentació econòmica que es genera a cadascuna de les fases del projecte d'edificació i quines dades o informació ha de tenir el projecte per obtenir la informació econòmica en cada cas.

a) Fase 0: Definició estratègica:

La fase de definició estratègica serveix per a que el client conegui quin és l'abast del projecte. En aquesta fase la dimensió del projecte, el termini i els requeriments del projecte donaran una idea del cost total del projecte. El document a generar serà:

- Estimació inicial de costos d'inversió.

b) Fase 1: Estudis previs:

La fase d'estudis previs afegeix més detall a la informació de la fase anterior i se'n desprenen els següents documents:

- Estimació del pressupost.
- Estudi de viabilitat econòmica i social.
- Flux de caixa del projecte.
- Previsió de despeses per fases posteriors.

La precisió de l'estimació del pressupost és de €/m² construït, sobre una estimació de la superfície en funció del programa de necessitats.

c) Fase 2: Avantprojecte (AP):

En aquesta fase ja es treballa amb el model 3D, amb una arquitectura bàsica per fer l'extracció d'amidaments de volumetria, superfícies construïdes i superfícies d'envolupant. Assignant preus de construcció per m² o per m³ i tenint en compte els usos de cada espai, es pot obtenir:

- Cost de construcció.

d) Fase 3: Projecte Bàsic (PB):

En aquesta fase els continguts venen definits pel Reial Decret 314/2006 de 17 de març⁴⁶ (BOE 28 març 2006). Així, la Part I del Codi Tècnic de l'Edificació (CTE) exposa que el PB definirà les característiques generals de l'obra i les seves prestacions mitjançant solucions concretes. El contingut del PB permetrà obtenir la llicència municipal d'obres, o altres autoritzacions administratives, però no serà suficient per iniciar les obres.

En quant a la part econòmica, el PB ha de contenir:

- Pressupost aproximat:

Aquest pressupost és la valoració aproximada de l'execució material de la obra projectada, per capítols.

⁴⁶ El Reial Decret 314/2006, del 17 de març (BOE 28-marzo-2006) ha estat modificat per disposicions posteriors i de la darrera ha resultat el Reial Decret 732/2019, de 20 de desembre (BOE 27-diciembre-2019).

En quant a la part gràfica o numèrica que ha d'estar continguda en el model 3D, el CTE obliga a incorporar:

- Plantes amb distribucions.
- Quadres de superfícies útils i construïdes.
- Composició arquitectònica de la façana.
- Volumetria general de l'edifici.
- Descripció del solar, topografia i entorn.
- Serveis urbans existents.

En quant a la part no gràfica que ha d'estar continguda en la memòria del PB, el CTE obliga a incorporar:

- Descripció de la solució arquitectònica.
- Programa d'espais i usos.
- Descripció dels sistemes constructius (estructura, fonaments, divisòries, envolupant i acabats).
- Descripció de les instal·lacions.

En aquesta fase, es farà una extracció d'amidaments del model 3D: façana, obertures, buits, sòls, envans, cobertes, etc. per poder calcular cadascun dels capítols del pressupost.

També caldrà tenir el model 3D de l'estat actual per poder valorar el capítol de treballs previs.

e) Fase 4: Projecte Execució (PE):

En aquesta fase els continguts també els marca el mateix Reial Decret. Així, el CTE exposa que "el projecte descriurà a l'edifici i definirà les obres d'execució d'aquest amb el suficient detall per tal que es puguin valorar i interpretar de forma inequívoca durant al seva execució".

La documentació generada en aquesta fase inclou:

- Amidaments.
- Pressupost detallat.
- Quadre de preus.
- Resum per capítols.

- Valor final d'Execució⁴⁷ i Contracte⁴⁸.
- Pressupost de Control de Qualitat.
- Pressupost de Seguretat i Salut.

En relació a la documentació vinculada a la gestió econòmica del projecte, en l'annex I, el CTE parla de com s'han de realitzar els amidaments: “desenvolupats per partides i agrupats en capítols, contenint totes les descripcions tècniques necessàries per a la seva especificació i valoració”

Per a fer l'extracció dels amidaments del model 3D, és molt important tenir en compte els següents factors (Comisión es.BIM, 2018):

- i. Nomenclatura dels elements: la nomenclatura dels diferents elements constructius ha d'estar clara i definida als “estàndards BIM” del BEP des de l'inici, per tal d'aconseguir un ordre en la gran quantitat de dades que es generen. L'ordre de les dades és clau per a la eficient gestió del projecte.
- ii. Amidaments per elements: a cada fase ha d'estar clar què es modela gràficament i en quin nivell de detall i què s'introdueix com a dada. En aquest cas és clau la manera en que s'han modelat els elements, per a fer una correcta extracció de dades.
- iii. Amidaments per espais: l'element habitació BIM pot donar informació d'àrea, perímetre, alçada i volum, i aquestes permetre extreure dades sobre acabats de superfícies, per exemple.
- iv. Amidaments per sub-elements: alguns elements estan formats per capes o sub-elements, permetent ser comptabilitzats.

f) Fase 5: Projecte de Construcció (PC):

En aquesta fase el model s'estarà actualitzant al llarg de l'obra de construcció i cadascuna de les parts implicades l'editarà segons la informació que necessiti. Totes les modificacions quedaran registrades fins al final de l'obra quan aquest model servirà per obtenir el “As built” de l'edifici.

En aquesta fase la Direcció Facultativa o el Projectista haurà de fer el seguiment de l'estat d'amidaments i del pressupost. D'altra banda, el contractista haurà de gestionar les certificacions i la programació de l'obra, entre d'altres tasques. En aquesta fase apareixen Preus Contradictoris i hauran de quedar reflectits en el model.

Així, els documents de gestió econòmica a generar i controlar seran:

- Estat d'amidaments.
- Certificacions.

⁴⁷ Segons l'article 131 del Reglament general de la Llei de Contractes de les Administracions Públiques (RD 1098/2001 de 12 d'octubre, BOE 257), el pressupost d'execució material (PEM) és “el resultat obtingut de la suma dels productes del nombre de cada partida d'obra pel seu preu unitari i de les partides alçades”.

⁴⁸ Segons l'article 131 del Reglament general de la Llei de Contractes de les Administracions Públiques, el Pressupost Base de Licitació (PBL), o Pressupost de Contracte, s'obté incrementant el d'execució material en les despeses generals, benefici industrial i IVA.

- Preus contradictoris.
- Pressupost.

g) Fase 6: Posada en marxa:

Aquesta fase de Recepció de l'edifici i Posada en marxa de les instal·lacions s'inicia un cop s'ha emès el Certificat Final de l'Obra per part de la Direcció Facultativa. El lliurament de l'As built, ara anomenat "Asset Model Information" (AMI), no només és documentació gràfica i no gràfica sinó que ara es un model amb tota la documentació vinculada a aquest. En aquesta fase es fa el tancament econòmic de la fase de construcció, i la última certificació de l'obra ha de coincidir amb la Liquidació de l'obra.

- Liquidació de l'obra.

h) Fase 7: Operació i manteniment:

Aquesta fase inclou tasques de gestió, energia, manteniment, neteja, seguretat de l'edifici al llarg de la seva vida útil. El fet de tenir un model BIM amb tota la informació dels elements i sistemes del mateix, facilita la gestió d'aquestes tasques. Algun exemple:

- Valoració neteja de l'edifici.
- Valoració reducció despesa energètica.

En aquesta investigació, a través dels estudis de cas, es demanaran i analitzaran els documents finals que s'obtenen a la fase 4: els amidaments, el pressupost detallat, el resum per capítols i el valor final d'execució. De les fases 2 i 3 s'incidirà més en la observació de la participació del gestor de costos, que no en l'anàlisi de la documentació generada, com podria ser el cost de construcció (inclòs en l'Avantprojecte) i el Pressupost Aproximat (inclòs en el Projecte Bàsic).

4.4 Rols en projectes BIM

Els principals rols que poden participar en un projecte BIM, definits per la Comissió es.BIM a l'any 2017, són els següents:

- BIM manager: redacta el "BIM Execution Plan"⁴⁹ (BEP). Director tècnic del projecte BIM.
- Coordinador BIM: Organitza el model, marcant directrius en relació a solucions i terminis. Algunes funcions coincideixen amb el Project Manager.
- Gestor BIM: Organitza la informació que s'introdueix i extrau del model. Defineix criteris de nomenclatura, crea plantilles i fa valoracions.
- Modelador BIM: Modela elements BIM del projecte. No només com a delineant sinó també introdueix la informació necessària per ser construït i gestionat.

En funció de l'envergadura del projecte i de la dimensió de l'empresa en nombre de treballadors, la quantitat i l'assignació de rols als agents variarà. Segons la publicació "Guia para implementar y gestionar proyectos BIM" no apareixen les figures específiques de Coordinador ni Manager BIM en

⁴⁹ El BEP es el document redactat pel BIM manager a l'inici del projecte BIM on queden definits els objectius, els rols, els equips i els temps en els processos de cadascuna de les fases del projecte BIM.

obres de superfícies inferiors a 1000m² i tampoc en empreses amb menys de 10 treballadors, com es pot observar a la Taula 13. En aquesta tesi les empreses dels estudis de cas seleccionades son una microempresa i tres empreses mitjanes. En quant a la mida dels projectes de cada estudi de cas, un d'ells té una superfície construïda inferior a 1.000 m² i els altres tres estan per sobre dels 10.000 m². Segons aquestes dades es poden extreure de la Taula 13 els rols que ha de disposar l'empresa per dur a terme aquell projecte.

DIMENSIÓ PROJECTE/ EMPRESA		NECESSITATS DE ROLS							
		Coordinador BIM	BIM Manager	Projectista BIM	Modelador	Gestor continguts	Operador	Calculista	Auditor BIM
Projecte	<1.000 m ²			1					
	1.000- 10.000 m ²	1	1	>1	>1			>1	
	10.000- 50.000 m ²	1	>1	>1	>1	1	1	>1	1
Empresa	1 a 10 treballadors			1	2				
	10 a 50 treballadors	1	1	>1	>1		1	>1	
	50 a 100 treballadors	1	>1	>1	>1	1	1	>1	1

Taula 13 Necessitats de rols segons la mida de l'empresa i del projecte

Font: adaptació de part de la taula 15 de l'apartat 1.5. "Necesidades de roles en función del tamaño de la empresa y de los proyectos" de la publicació "Guia para implementar y gestionar proyectos BIM" (Barco Moreno, 2018)

Segons els autors del llibre *Salto al BIM: estrategias BIM de calidad para empresas punteras del sector AEC* els principals rols en un projecte BIM són els següents (Santamaría Gallardo i Hernández Guadalupe, 2017):

- BIM manager: responsable de la redacció del BEP i de la coordinació de les diferents disciplines de BIM dins del projecte.
- Suport tècnic BIM.
- BIM líder: responsable de dirigir la disciplina i que el model 3D d'aquesta compleixi els estàndards marcats en el BEP.
- Expert en objectes paramètrics o expert en famílies.
- Programador BIM: responsable d'automatitzar processos.

Segons la dimensió dels equips de treball, els rols queden repartits en una o varies persones. En equips de tres persones es recomana, segons els mateixos autors, assignar una persona experta en famílies, una en modelat i una tercera en taules de planificació i plantilles de vista. Aquest darrer treball de gestió de taules de planificació és un tipus de tasca vinculada a la gestió econòmica del projecte.

Quan l'equip és més gran, d'entre 3 i 7 persones, els rols assignats es poden agrupar tenint com a figura clau la del Coordinador BIM o BIM manager, que també fa de suport tècnic BIM, després un líder BIM per cada disciplina que domini les taules de planificació, un responsable de famílies i un responsable en visualització i plànols.

En equips més nombrosos, es distribueixen els rols de Coordinador, Manager i Suport tècnic BIM en diverses persones i també n'apareixen d'altres més específics, com l'expert en amidaments i planificació de costos BIM: "BIM Quantity Surveyor" o "Cost Planner". La responsabilitat del BIM "Quantity Surveyor" és assegurar que el model BIM té definida correctament l'estructura de costos i que les quantificacions i els preus estan alineats.

En aquesta investigació, per a cada estudi de cas s'obindrà la informació relativa als rols dels diferents agents implicats en el projecte i s'observarà si hi ha correspondència o no amb el quadre de la Taula 13.

4.5 L'enginyer o gestor de costos

El gestor de costos és l'expert en costos a la indústria de la construcció. Les seves responsabilitats inclouen assessorar als clients sobre el cost que impliquen les decisions en el disseny i el control del cost de la construcció. El gestor de costos és el responsable de la elaboració dels documents de gestió econòmica esmentats a l'apartat 4.3, dels quals cal destacar: l'estat d'amidaments o "Quantity Take Off" (QTO), el pressupost aproximat o "Cost Estimating" (CE) i el pressupost del projecte BIM.

4.5.1 Evolució de les activitats i rols del gestor de costos

Tradicionalment, el gestor de costos treballava (i encara alguns ho fan ara) sobre plànols impresos del projecte o sobre arxius de dibuix. Amb la informació gràfica del projecte en 2D i utilitzant softwares específics, elaborava l'estat d'amidaments i el pressupost, entre d'altres documents. Segons un estudi d'Autodesk (Autodesk, 2012) el gestor de costos destina entre un 50 i un 80% del seu temps per a fer la extracció d'amidaments. Aquesta extracció manual, a part de requerir de molta inversió de temps és un treball laboriós i que pot tenir errors, com per exemple: la falta de mesura de certs elements per omissió, el duplicat d'elements i els errors de càlcul.

Ara, amb la metodologia BIM, es treballa sobre el model 3D, del qual es pot treure la majoria de la informació necessària. Com no hi ha una relació directa entre la base de dades del model 3D i el pressupost i els amidaments, el gestor de costos en BIM serà l'encarregat d'extreure les quantificacions del model 3D i vincular-les a unes partides d'un pressupost.

Les principals tasques a realitzar pel gestor de costos seran:

- validar les dades que conté el model 3D.
- revisar les actualitzacions dels canvis que es produeixen en el model 3D.
- analitzar els resultats de la extracció de amidaments.
- afegir informació en els amidaments i/o pressupost.
- proposar solucions alternatives.

Es necessari que el gestor de costos (o responsable d'amidaments i pressupostos en un procés BIM) tingui:

- Experiència en projectes de construcció. Ha de conèixer els processos i sistemes constructius per definir correctament les unitats d'obra. Per poder mesurar primer s'ha de construir.
- Habilitat suficient en l'ús d'eines digitals de modelat BIM i de visors IFC, per poder visualitzar el que s'ha de mesurar, per obtenir les taules de paràmetres, per editar les taules de paràmetres, completar la informació no gràfica, per exemple i per exportar les taules a altres formats.
- Habilitat específica en l'ús d'eines digitals d'amidaments.

Exposades aquestes tasques i habilitats, moltes d'elles conseqüència del fet que el model BIM no conté tota la informació necessària, és prou evident que no només és important tenir habilitats en l'ús de les eines BIM per a l'automatització de l'extracció d'informació, sinó que també en cal tenir d'altres.

4.5.2 Evolució dels coneixements i habilitats del gestor de costos

La publicació de la Royal Institution of Chartered Surveyors⁵⁰ (RICS) del 1992 va identificar els coneixements i les habilitats bàsiques que havia de tenir el gestor de costos per mantenir el seu rol en el sector de la construcció:

- Coneixements bàsics:
 - Tecnologia de la construcció.
 - Normes i usos en les mesures.
 - Economia de la construcció.
 - Gestió financera.
 - Administració de negocis.
 - Legislació de la construcció.
- Habilitats bàsiques:
 - Gestió.
 - Documentació.
 - Anàlisi.
 - Valoració.
 - Quantificació.
 - Síntesi.
 - Comunicació.

⁵⁰ La Royal Institution of Chartered Surveyors és un organisme professional del Regne Unit que promou i fa complir estàndards internacionals en la valoració, gestió i desenvolupament de terrenys, béns immobles, construccions i infraestructures. També gestiona les acreditacions i competències del Quantity Surveyor, persona encarregada dels amidaments i costos dels projectes de construcció. <https://www.rics.org/es/>

Posteriorment, en altres publicacions s'observa una evolució de les habilitats. Una d'elles, *The Skills Plus Project* (William, 2003), les agrupa en tres tipus: les qualitats personals, les habilitats principals i les habilitats de procés. A continuació s'esmenen algunes d'elles:

- Qualitats personals:
 - Independència.
 - Adaptabilitat.
 - Iniciativa.
 - Interès en aprendre.
 - Reflexió sobre el que s'ha aconseguit i el que no s'ha aconseguit.
- Habilitats principals:
 - Habilitat per presentar informació amb claredat.
 - Auto gestió.
 - Anàlisi crític.
 - Habilitat d'escoltar als altres.
- Habilitats de procés:
 - Coneixements informàtics.
 - Coneixement comercial.
 - Prioritzar.
 - Actuar de manera ètica i moral.
 - Afrontar reptes.
 - Negociar.

Cal destacar l'aparició, al llarg dels anys, d'unes habilitats de tipus més personals, que abans no es consideraven. De totes elles, l'habilitat d'escoltar als altres és molt important per entendre bé el que es demana i les necessitats del client, per exemple, si és aquest el nostre interlocutor. També cal nombrar l'adaptabilitat, com a habilitat necessària a molts sectors, per trobar-nos en un entorn tecnològic que canvia molt sovint i amb molta rapidesa.

El rol del gestor de costos està evolucionant i les seves comeses estaran influenciades pels següents factors (Ashworth, Hogg i Higgs, 2013):

- Client en el focus o centre del procés.
- Desenvolupament i aplicació de les tecnologies d'informació i comunicació (TIC).
- Recerca i difusió de les noves pràctiques professionals.
- Criteris de sostenibilitat.

És interessant observar que el client pren més importància i com aquest, gràcies a les noves tecnologies, pot entendre millor el projecte i fer-ne un millor seguiment.

Actualment, i davant dels canvis que s'estan produint en el sector, el RICS planteja tres àrees clau on focalitzar l'exercici de la professió per adaptar-se a aquest (RICS, 2019):

- Sostenibilitat.
- Adopció de les noves tecnologies.
- Desenvolupar noves habilitats i reforma educativa.

Els impulsors del canvi són:

- Dades. Qui és propietari de les dades. Qualitat de les dades.
- Intel·ligència Artificial (IA) i Internet de les coses (IoT). Aspectes de privacitat.
- Connectivitat.
- Models tradicionals de negoci.
- Cicle de vida complet del producte o actiu.
- Oficina tradicional.
- Destresa en l'ús de les tecnologies.
- Habilitats no tècniques i intel·ligència emocional.

De tots aquests punts, es destaquen tres per a la present investigació: les dades com a element que s'han de conèixer i gestionar a la perfecció, la destresa en l'ús de les tecnologies que permetran gestionar aquests dades, i les habilitats no tècniques i la intel·ligència emocional, com a factors personals clau per ser més competitius. També és interessant observar com en l'actualitat pren importància la gestió del cost al llarg de la vida útil del projecte.

5.1 Mètode d'investigació

Un projecte d'investigació es realitza seguint un procediment general que el guia cap a un coneixement de la realitat. Aquest camí a seguir és el mètode d'investigació i ha de ser adequat a la pregunta i proposta de la recerca. El mètode pot ser de diferents tipus, com el mètode quantitatiu, que es basa en termes numèrics i utilitza tècniques estadístiques per explicar la realitat, utilitzant una lògica deductiva, i el mètode qualitatiu que es basa en termes verbals i analitza continguts per comprendre la realitat, utilitzant una lògica deductiva (Amat Salas, Rodrigo de Larrucea i Rocafort Nicolau, 2017). També hi ha altres mètodes, com el comparatiu, el mètode històric, el mètode positiu i el mètode crític racional.

Per desenvolupar aquesta tesi es tria el mètode qualitatiu perquè és el més adient al tipus de recerca que es vol fer. Aquesta tesi requereix de la observació de la realitat i posterior descripció i interpretació de resultats, i és aquesta la base del mètode qualitatiu. L'aplicació sistemàtica i la percepció subjectiva d'aquest mètode permet descriure experiències i donar-les un sentit, permet descriure i comprendre un fenomen. La realitat s'observa, després es descriu i finalment s'interpreta, amb les dades recollides. Aquest mètode, on el llenguatge és primordial, opta per primer observar la realitat i després crear la teoria, així el coneixement es va construir (Icart Isern *et al.*, 2012). S'ha pogut verificar que la majoria de publicacions científiques i tesis doctorals sobre BIM han utilitzat el mètode qualitatiu i tècniques qualitatives. Aquest fet referma que la utilització d'aquest mètode és apropiada al tema d'estudi.

Aquesta investigació es basa en l'aplicació del mètode d'anàlisi de casos d'estudi, un mètode qualitatiu que és adient per analitzar un fenomen social per un costat i els beneficis d'una nova tecnologia de la informació per l'altre. El mètode de l'estudi de cas que s'aplicarà és de tipus descriptiu, com s'exposarà més endavant, i aquest tipus de mètode ha estat clau en investigacions de gestió empresarial i desenvolupament tecnològic. Aquest fet i que el mètode permet observar els processos que es realitzen al desenvolupar una acció concreta mitjançant eines digitals i arribar a conclusions lògiques (Yin, 2009) fa que estigui alineat amb investigacions de l'entorn de les noves tecnologies i processos, com el cas de BIM en aquesta tesi, donat el seu aspecte tècnic i social.

El mètode de l'estudi de cas utilitza diferents tècniques per a la recollida de dades qualitatives (Dawson, 1997), com són les entrevistes, els qüestionaris, la revisió documental, la observació directa, la col·laboració de persones expertes, entre d'altres. En aquest cas, les dades, que es recolliran principalment de qüestionaris, entrevistes semiestructurades i revisió documental, aportaran informació sobre comportaments, necessitats i experiències dels agents de la construcció que intervenen en la investigació realitzada.

A part dels motius exposats, que fan relació a com és la investigació i a les tècniques que s'aplicaran, n'hi ha un altre que fa referència a com ha de ser l'investigador. En el llibre *Cómo elaborar y presentar un proyecto de investigación* (Icart Isern *et al.*, 2012), l'autora exposa que l'investigador qualitatiu ha de ser pacient, creatiu, intuïtiu, constant, original i hàbil en la comunicació. En tots aquests aspectes un mateix s'identifica i, per tant, són un factor més a tenir en compte a l'hora de triar aquest mètode.

En quant a la posició epistemològica de l'investigador, aquest s'identifica en el paradigma constructivista o interpretatiu més que no en el paradigma positivista, i les estratègies que utilitzarà són les qualitatives per explorar la realitat, tal com s'ha comentat abans.

La investigació qualitativa s'ha realitzat en varies etapes, com es pot observar a la Figura 20. Una primera etapa teòrica, amb una fase inicial preparatòria i reflexiva, on es planteja i justifica la selecció del problema, s'elabora la pregunta de la investigació i es fa la revisió de la literatura i una segona fase teòrica de disseny on es decideix quin és l'escenari de la investigació, quin serà el mètode i les tècniques a utilitzar, i quins seran els participants. A continuació hi ha la etapa de treball de camp que és la que permet accedir a l'escenari i recollir les dades i finalment una etapa analítica on, mitjançant la codificació i categorització, en aquest cas, s'arriba a la verificació, al descobriment i a la interpretació de la realitat.

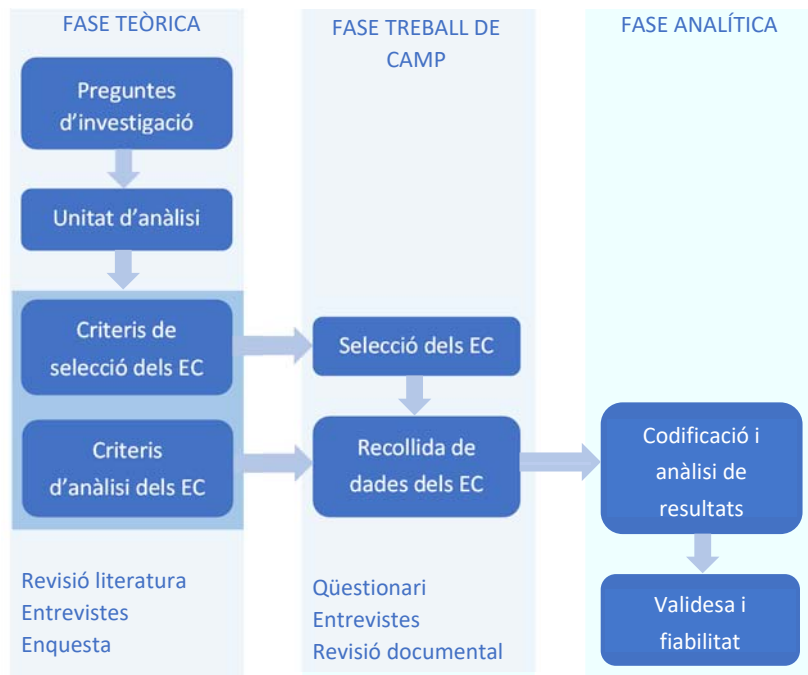


Figura 20 Etapes de la investigació

5.2 Tècniques utilitzades

La investigació utilitza el mètode de l'estudi de cas en la que es combinen adequadament diferents tècniques, com l'entrevista en profunditat, l'enquesta i la revisió documental. S'analitzaran quatre estudis de cas convenientment seleccionats, que seran quatre empreses projectistes i els seus projectes arquitectònics (PA) corresponents, dissenyats amb el software Revit, dels quals es realitzarà l'extracció de dades per a l'estimació de costos utilitzant softwares específics de gestió econòmica. Es valoraran les dades obtingudes, el temps i les habilitats requerides en el procés, per part de l'agent expert en gestió de costos de l'empresa. Paral·lelament es realitzaran entrevistes en profunditat als mateixos agents i usuaris de les eines, que complementaran els resultats de la investigació.

A continuació es mostren les tècniques utilitzades, no només per a l'aplicació del mètode de l'estudi de cas, sinó que també s'exposen la totalitat de tècniques aplicades al llarg d'aquesta investigació. Per a cadascuna d'elles, es comentaran els objectius per als quals es van utilitzar i en quin moment de la investigació es van posar en pràctica.

a. Enquesta:

A l'etapa prèvia a la investigació, a la fase d'elaboració del pla de recerca, es va utilitzar aquesta tècnica amb els següents objectius: mesurar el nivell d'ús de la tecnologia BIM, identificar els inconvenients i avantatges detectats, i valorar la metodologia BIM.

L'enquesta estava formada per 21 preguntes, de les quals 14 eren de resposta tancada (resposta SI o NO) i 7 de resposta oberta, permetent combinar uns resultats quantitius per al nivell d'ús i uns resultats qualitius per als avantatges i inconvenients detectats.

La selecció de la mostra es va fer tenint en compte que els participants havien de ser del mateix perfil professional, tenir el mateix rol en el procés del projecte d'edificació i ser coneixedors de la tecnologia BIM. Així es van seleccionar 10 professionals del sector de la construcció amb un rol de "Quantity Surveyor" amb més de 10 anys d'experiència en el sector i coneixedors de la metodologia BIM, alguns d'ells usuaris.

L'enquesta es va fer "on-line" amb un programari obert i el resultat de l'anàlisi s'ha comentat a l'apartat 2.5.

b. Revisió de la literatura:

En una fase posterior, i amb l'objectiu de profunditzar en el coneixement sobre la implementació de BIM i l'ús de la tecnologia 5D a nivell mundial, es va fer una revisió de la literatura científica existent. Així, es van seleccionar 12 articles internacionals que tractaven el tema a través del cercador de publicacions "Scopus" i posteriorment es van analitzar obtenint informació d'interès per a la investigació.

A l'apartat 3.6 s'han exposat els criteris de selecció, l'anàlisi, els resultats de la tècnica utilitzada i les conclusions a les que s'arriba.

c. Entrevistes:

Aquesta tècnica s'ha utilitzat tant en la etapa inicial de la investigació com en les fases més avançades on s'aplica el mètode de l'estudi de cas. L'objectiu de la utilització d'aquesta tècnica és obtenir informació rellevant d'experts sobre el tema en qüestió.

Hi ha tres tipus d'entrevistes: les entrevistes estructurades, les entrevistes semi-estructurades i les entrevistes no estructurades o entrevistes en profunditat (Martin i Hanington, 2012). Les primeres utilitzen una sèrie de preguntes definides prèviament i l'entrevistador realitza les preguntes i anota o grava les respostes a les qüestions fetes. Aquest tipus d'entrevistes solen utilitzar-se per recollir dades quantificables, per tant, és una tècnica de recerca quantitativa. Aquest tipus d'entrevistes no s'ha emprat per realitzar aquesta investigació.

Les entrevistes no estructurades són les entrevistes en profunditat, són converses informals on l'entrevistador no ha fet prèviament una llista de preguntes però sí que segueix un tema a tractar i deixa a l'entrevistat respondre amb llibertat. Aquest tipus d'entrevistes s'han emprat en la fase més inicials d'aquesta recerca, amb l'objectiu de conèixer la opinió personal de l'entrevistat entorn la metodologia BIM i el sector AEC, en aquell moment concret.

Les entrevistes semi-estructurades estan en un terme entremig entre les entrevistes estructurades i les entrevistes en profunditat. En aquest cas l'entrevistador té una llista de temes i preguntes preparades, tot i que l'ordre d'aquestes pot ser diferent i algunes preguntes poden no utilitzar-se i en poden aparèixer de noves. Aquesta tipologia d'entrevistes s'ha utilitzat en la fase central de la investigació, en la fase d'aplicació del mètode de l'estudi de cas, on l'entrevistat escollit ha estat el gestor de costos responsable de la gestió econòmica del projecte del cas d'estudi seleccionat i també expert en costos a l'empresa. L'objectiu d'aquesta entrevista era obtenir més informació sobre l'experiència professional del gestor de costos en els processos i per complementar els resultats de les altres tècniques emprades en l'estudi de cas. Les entrevistes es van realitzar on-line i van ser gravades, per fer la posterior transcripció i anàlisi temàtic mitjançant la generació de codis que després s'ordenen en categories o temes.

d. Qüestionari per l'estudi de cas:

Per aplicar el mètode de l'estudi de cas es va realitzar un qüestionari amb una primera part amb 50 preguntes de resposta oberta relatives a les dades descriptives de l'empresa, relatives al perfil i experiència del participant en la investigació i relatives a les dades descriptives del projecte. La segona part del qüestionari consta de 36 preguntes de resposta de valoració dels criteris d'anàlisi de l'estudi de cas, sis preguntes per cadascuna de les accions, com es pot veure a la Taula 15.

Abans de la realització del qüestionari en l'estudi de cas, es van fer els següents procediments de prova prèvia:

- Informar a l'empresa de l'objectiu de la tesi, de les característiques i requisits que havia de complir el projecte, l'empresa i el gestor de costos i líder BIM, per obtenir la primera informació de l'empresa i projecte i poder validar el compliment dels criteris de selecció.
- Comunicar a l'empresa les consideracions ètiques en quant a confidencialitat i consentiment de utilització de les dades i de publicació de contingut. Petició de l'autorització de la cessió de la informació del projecte.
- Demanar a l'empresa la revisió del qüestionari enviat per verificar amb el participant que s'entenen les preguntes i que estan clars els criteris de valoració, abans de respondre el qüestionari.

e. Revisió documental per l'estudi de cas:

La revisió de la documentació del projecte de l'estudi de cas s'ha realitzat com a tècnica per complementar els resultats dels qüestionaris i les entrevistes.

5.3 Estudi de cas

El mètode d'investigació basat en estudi de cas pot ser de diferents tipus: descriptiu, explicatiu i d'investigació o exploració. L'estudi de cas descriptiu s'utilitza per descriure fenòmens o processos, com succeeix un fenomen, què succeeix amb un nou producte, per exemple. L'estudi de cas explicatiu es basa en la teoria i s'usa per desenvolupar hipòtesis per revelar causes i processos d'un fenomen concret. Aquests faciliten la interpretació d'estratègies i processos de treball que utilitza una companyia

en particular. I el cas d'estudi d'exploració permet provar hipòtesis per arribar a conclusions lògiques, busca familiaritzar-se amb un fenomen o situació que no està ben definida (Yin, 2009).

En aquesta tesi s'aplica el mètode d'estudi de cas de tipus descriptiu, on l'objecte d'anàlisi seran els processos a seguir en una acció concreta mitjançant eines digitals. S'observaran els processos que s'han de dur a terme per a la obtenció d'unes dades concretes del projecte i es valoraran amb uns criteris prèviament definits. Els casos d'estudi descriptius s'han utilitzat i han estat claus en investigacions de gestió empresarial i desenvolupament tecnològic (Yin, 2009) fet que el fa adient per aquesta investigació. També s'ha observat en la revisió de la literatura, que aquest mètode de l'estudi de cas ha estat utilitzat en nombroses publicacions internacionals que analitzen l'entorn BIM 5D (Aranda-Mena *et al.*, 2008; Forgues *et al.*, 2012; Czmocho i Pekala, 2014; Sattineni i Macdonald, 2014; Choi, Kim i Kim, 2015; Lee, Tsong i Khamidi, 2016; Xu, 2017).

Segons el nombre de casos, els estudis de cas poden ser únics, únics amb subunitats, casos múltiples amb una unitat principal d'anàlisi i casos múltiples amb subunitats (Yin, 2009). En aquesta investigació el cas d'estudi és múltiple amb una unitat d'anàlisi que posteriorment es descriurà.

Aquesta investigació analitza quatre casos d'estudi de projectes arquitectònics reals, que han estat seleccionats amb uns criteris que s'especifiquen en el subapartat 5.3.3. La metodologia de recerca emprada farà una observació i recollida de les dades gestionades per un gestor de costos en el procés de valoració del projecte (pressupost per al Projecte Bàsic i Executiu) i un anàlisi dels resultats obtinguts posant el focus en els criteris de temps emprat, qualitat de les dades i habilitats requerides.

En els següents subapartats es defineixen i justifiquen cadascun dels aspectes que requereix l'aplicació del mètode de l'estudi de cas, en l'ordre d'aplicació, des de la fase teòrica a la fase analítica, passant per la fase de treball de camp, tal com s'ha mostrat a la Figura 20 i que a continuació es llisten:

- proposicions de la investigació.
- unitat d'anàlisi.
- criteris de selecció dels estudis de cas.
- ubicació de l'anàlisi dins el cicle de vida del projecte.
- etapes del procés.
- criteris d'anàlisi de les dades.
- selecció dels estudis de cas i recollida de dades.
- codificació i categorització.
- verificació dels resultats i validació de l'estudi.

5.3.1 Proposicions de la investigació

Tal com s'ha comentat a l'apartat 1.2, el problema de la tesi es centra en les dificultats que tenen els professionals experts en la gestió de costos a l'hora de implementar la dimensió 5D en el projecte arquitectònic realitzat amb metodologia i eines BIM. L'objectiu de la tesi, definit a l'apartat 1.3, és determinar, en la implementació de la gestió econòmica del projecte amb la metodologia BIM, els processos, coneixements i les habilitats requerides que milloren l'eficiència d'aquesta.

De la revisió de la literatura realitzada i comentada a l'apartat 3.6, es conclou que els punts clau a tenir en compte en el procés són:

- La intervenció del gestor de costos a les fases inicials del projecte arquitectònic és imprescindible.
- El model 3D ha de contenir la màxima informació possible.

Tenint en consideració la revisió de la literatura existent, i observant una falta en l'anàlisi de les noves eines 5D i de les noves habilitats dels usuaris d'aquestes en el nostre territori, és un repte interessant desenvolupar aquests aspectes en la investigació. Així, aquesta investigació es situa a les fases inicials del projecte i es centra en els aspectes de la gestió i la qualitat de les dades del model 3D.

Les proposicions de la investigació són les següents:

- Proposició 1: la participació del gestor de costos a la fase inicial del PA, aportant dades al model 3D, afavoreix l'extracció de dades fiable, ben definida i estructurada.
- Proposició 2: les noves habilitats requerides pel gestor de costos fan augmentar la implicació dels diferents agents en el projecte i la qualitat de les dades resultants del mateix.
- Proposició 3: el nivell de satisfacció del gestor de costos augmenta pel factor qualitat més que pel factor temps invertit.

5.3.2 Unitat d'anàlisi

Basat en les preguntes de la recerca, la unitat d'anàlisi per a l'estudi de cas, és el procés d'extracció de dades necessàries per a l'estimació de costos del projecte a partir del model 3D. D'aquesta unitat és d'on es trauran les dades per ser analitzades en cada estudi de cas.

5.3.3 Criteris de selecció dels estudis de cas

Els criteris de selecció dels estudis de cas que s'han tingut en compte s'han dividit en dos blocs, un fa referència a com ha de ser el projecte i l'altre en com ha de ser l'empresa. A la hora de fer la selecció s'ha tingut en compte triar aquells que ofereixen la millor oportunitat d'aprenentatge (Stake, 1994). A continuació s'exposen els criteris:

a) Tipus de projecte.

Aquesta tesi seleccionarà un projecte que es basarà en les següents característiques:

- Projecte d'edificació:

El projecte serà d'edificació i dins d'aquesta tipologia, serà d'obra nova. Aquesta selecció es fa per tal de tenir un projecte, un model 3D, on es poden veure representats la més gran varietat d'elements constructius, cosa que en altres tipologies no succeeix, com per exemple, en obres de rehabilitació.

En aquesta tesi, l'estudi o l'anàlisi del projecte tindrà el focus posat en la disciplina de l'arquitectura del projecte, i no en la d'estructures ni en la d'instal·lacions. S'ha de tenir en compte que cadascuna d'aquestes disciplines tenen una casuística, unes especificacions i uns professionals amb especialitzacions molt diferents. Voler tenir en compte les tres, resultaria molt complex.

- Superfície construïda i PEM variable:

La superfície construïda del projecte a seleccionar pot ser diferent per a cada cas d'estudi. Aquest fet permetrà tenir un ventall de resultats més ampli i podran ser d'utilitat per ser referenciats o/i comparats per altres projectes de la mateixa entitat.

En relació al Preu d'execució material (PEM) del projecte, aquest serà també variat. No serà determinant per fer la selecció tenir ni un PEM mínim ni un PEM màxim, sí una varietat entre els quatre casos. Com es veurà al capítol 6, l'estudi de cas número 4 no disposa d'un projecte concret, però entra dintre dels seleccionats perquè l'empresa realitza projectes d'aquesta tipologia i perquè el seu sistema de gestió és singular.

- Modelat amb software Revit:

Es seleccionarà un projecte que hagi estat modelat amb el software Revit, per ser el software de modelat més utilitzat al nostre territori (GuBIMCat, 2016). Aquest requisit és imprescindible per poder partir d'un mateix entorn digital de representació gràfica.

En l'anàlisi de casos es tindrà en compte quina és l'experiència professional en BIM de l'equip de disseny que ha realitzat el modelat i es recollirà informació de les relacions laborals d'aquests amb l'equip de gestió de costos.

b) Tipus d'empresa i professional de gestió de costos.

Aquesta tesi seleccionarà una empresa que tindrà les següents característiques:

- Experiència mínima en el sector AEC i en la metodologia BIM:

Es seleccionarà una empresa que tingui una experiència en el sector mínima de 20 anys i de 4 anys mínim en projectes realitzats en entorn BIM. En quant a la gestió de costos amb BIM es requereix haver gestionat almenys un projecte i en quant al modelat amb Revit almenys 10 projectes. D'aquesta manera s'assegura una experiència mínima, per tal de tenir una valoració de l'experiència vàlida. No s'ha plantejat demanar una experiència en BIM gaire elevada perquè no s'haguessin trobat empreses que ho complirien, per ser una metodologia recent.

- Varietat en software de costos:

Es seleccionarà una empresa que hagi utilitzat per a la gestió de costos del projecte algun dels següents softwares específics: TCQ, Arquímedes, Presto o altres softwares propis.

La varietat en softwares permet fer un anàlisi dels mateixos, dins de cada cas d'estudi.

- Varietat en el tipus d'empresa:

En relació al tipus d'empresa que realitzarà la gestió econòmica del projecte seleccionat, aquesta serà variada en quant a dimensió: autònoms, microempresa (entre 1 i 10 treballadors), petita empresa (de 11 a 49 treballadors), mitjana empresa (entre 50 i 250 treballadors) i gran empresa (més de 250 treballadors). En una fase

molt inicial de la investigació es volia seleccionar només empreses de tipus microempresa o autònoms, perquè representen a la gran majoria d'empreses del sector, un 36% del total (Ministerio de Economía, 2021), com ja s'ha comentat a l'apartat 3.6, però la dificultat en trobar empreses d'aquesta mida que treballin amb software Revit i que utilitzin la metodologia BIM va fer ampliar el criteri mínim de cerca. En aquest sentit, el fet que hagi varietat en la tipologia d'empresa permet tenir un resultat representatiu a la varietat d'empreses que trobem al sector AEC.

Les empreses seleccionades han de ser empreses projectistes, dissenyadores i gestores del PA. A part poden ser també promotores i constructores, si es dona el cas. Però es requereix que siguin les responsables de la redacció i gestió dels projectes, per tal de poder investigar en aquest àmbit.

La localització de l'empresa es demana que sigui del territori català i, si es requereix, ampliar al territori espanyol.

- Professionals líders d'equip:

Els professionals seleccionats per aquest estudi han de ser líders d'equip responsable de la gestió econòmica del projecte i també experts en BIM de l'empresa.

Els perfils professionals poden ser diferents i el seu nivell d'experiència en BIM mínim d'un projecte en gestió econòmica.

Observant la Taula 13, els rols que correspondrien amb aquestes especificacions de dimensió de projecte i d'empresa, són variats, des de Projectista BIM i de Modelador BIM en les microempreses, a afegir-ne d'altres, com el BIM manager i el coordinador BIM, entre d'altres.

Tenint en compte els criteris establerts i les oportunitats d'aprenentatge que les possibles empreses localitzades oferien, es van seleccionar quatre projectes d'empreses representatives, que ofereixen informació sobre nivells d'implementació de BIM 5D i el seu ús al territori espanyol. En el següent capítol es descriuen els projectes i les empreses dels quatre casos d'estudi seleccionats.

5.3.4 Ubicació de l'anàlisi dins del cicle de vida del projecte

En un principi aquesta tesi es volia centrar exclusivament en dues de les set fases que conformen el cicle de vida del projecte (Taula 14): la fase de projecte d'execució i la fase de projecte de contracte o construcció, però donada la importància que té la comunicació entre els diferents agents i el treball a realitzar a les fases de disseny de l'Avantprojecte (AP) i el Projecte Bàsic (PB), la tesi amplia el seu anàlisi en aquest moment també.

Aquesta tesi no incidirà en les fases prèvies a l'avantprojecte, com les d'estratègia i d'estudis previs, perquè la informació econòmica que es pot extreure en aquestes fases no té encara vinculació amb cap model 3D, perquè aquest no existeix, per tant, no serveix. Tampoc ho farà en les etapes posteriors del Projecte d'Execució, com seria la gestió de les certificacions d'obra, el projecte As Built i el Manteniment de l'edifici.

Les tasques del gestor de costos que seran objecte d'aquest estudi seran les que el condueixen a elaborar els documents de les fases d'AP, PB, PE: el Cost de Construcció, el Pressupost Aproximat i l'Estat d'Amidaments i Pressupost d'Execució Material. En tots ells, utilitzaran el model 3D per extreure

la informació necessària. Aquest model, tal com es pot veure a la Taula 14, estarà en un nivell de desenvolupament o LOD de 100, de 200 i de 350 en cada cas.

AVANTPROJECTE	PROJECTE BÀSIC	PROJECTE D'EXECUCIÓ	PROJECTE CONTRACTE	PROJECTE AS BUILT
Estimació de costos	Estimació de costos	Amidaments i pressupost	Amidaments i pressupost	Despeses manteniment
LOD 100	LOD 200	LOD 350	LOD 400	LOD 500

Taula 14 Fases del projecte, objectius BIM i LOD

Font: adaptació de la taula "Objetivos BIM" del llibre *Guía práctica para la implantación de entornos BIM en despachos de arquitectura e ingeniería* (Morea Núñez i Zaragoza Angulo, 2015)

5.3.5 Etapes del procés d'anàlisi

L'anàlisi de la gestió de costos es farà en tres fases o etapes, com es pot observar a la Figura 21: una primera fase d'anàlisi de dades del model 3D, una segona fase de introducció de les dades econòmiques al model 3D i una tercera i darrera fase, on es realitza la extracció de les dades econòmiques del projecte.

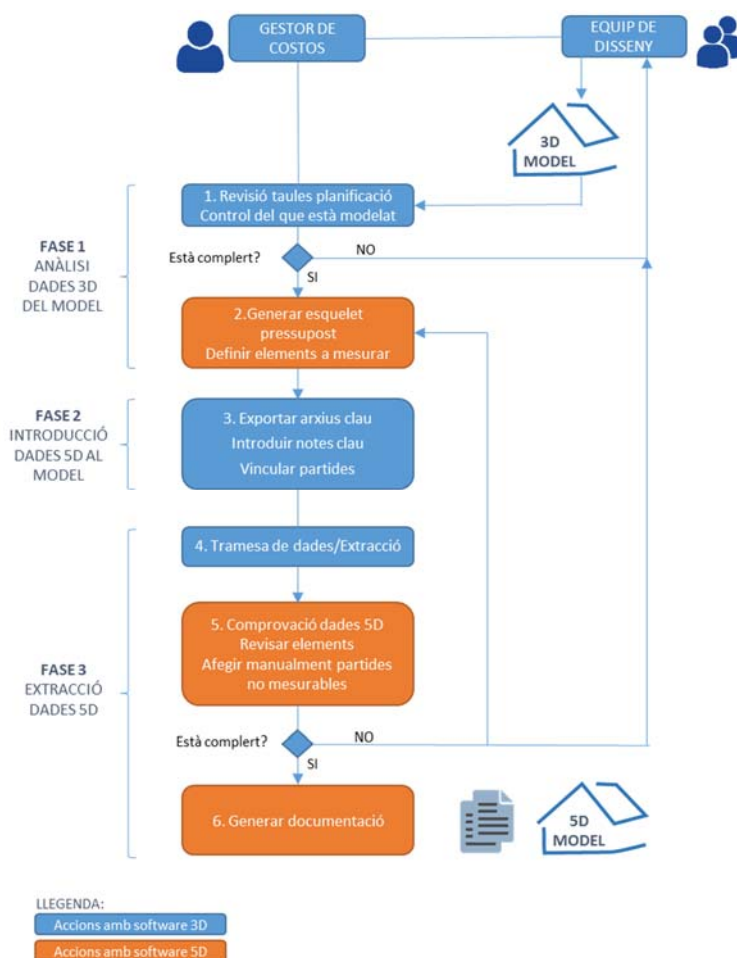


Figura 21 Fases de l'anàlisi de la gestió de costos

A cadascuna de les tres etapes, les accions realitzades es valoraran per experts en una escala de valoració del 1 al 5 per a cadascun dels criteris d'anàlisi (temps emprat i qualitat de les dades) i també s'apuntaran les habilitats i coneixements requerides en cadascun d'aquests processos i els punts forts i les dificultats observades en els mateixos. Aquests criteris s'exposen al següent subapartat.

5.3.6 Criteris d'anàlisi de les dades

Per analitzar les accions indicades a la Figura 21 i per categoritzar posteriorment els codis resultants de la informació obtinguda de les diferents fonts, aquesta investigació ha utilitzat els següents criteris d'anàlisi de dades:

a) Qualitat de les dades del model 3D:

El model 3D, com s'ha comentat anteriorment, ha d'estar complert al nivell que marca el "BIM Execution Plan" (BEP), amb les especificacions BIM del projecte, i les dades que ha de contenir han de ser fiables. Per això cal observar com ha de ser el model abans de l'extracció, tenir en compte quines dades ha de contenir i quines dades conté el model 3D arquitectònic (tant per la fase d'AP com per al PB i PE) i revisar quins són els elements no mesurables que s'han d'afegir posteriorment, tenint de referència l'esquelet del pressupost generat amb el software de gestió.

Així doncs es valorarà la qualitat de la visualització gràfica dels elements i la qualitat de la descripció dels mateixos en una escala de l'1 al 5, on 1 és una valoració de qualitat pobre o molt baixa i 5 és una valoració de qualitat excel·lent.

b) Qualitat de les dades de gestió 5D:

S'observaran les dades relatives a la gestió de costos: la descripció, la mesura i la valoració econòmica de les partides o elements. Es valorarà la qualitat de la descripció d'aquestes dades en una escala de l'1 al 5, on 1 és una valoració de qualitat pobre o molt baixa i 5 és una valoració de qualitat excel·lent.

c) Temps:

Es valorarà de l'1 al 5 la rapidesa en la realització de cadascuna de les accions a cada fase del procés, on 1 és una valoració de procés molt lent i 5 és una valoració de procés molt àgil.

d) Punts forts i dificultats:

Es descriuran els punts forts i les dificultats que s'han observat a cadascuna de les accions de cada fase del procés.

e) Habilitats i coneixements:

Per a la realització de les accions, es dedicarà especial atenció a observar i descriure els coneixements i les habilitats requerides pel gestor de costos en cada fase de treball. Es prendrà especial atenció a les següents habilitats que s'han agrupat en tres blocs diferenciats:

Bloc 1: les noves tecnologies, ja siguin de treball en col·laboració com en eines de gestió econòmica, és interessant tenir-les en compte per fer-ne una valoració del nivell d'ús i coneixement de les mateixes. Les habilitats a observar són:

- Adaptabilitat a les noves tecnologies.
- Destresa en l'ús de les tecnologies.

Bloc 2: les dades són la informació cabdal del projecte i convé que estiguin clares i ordenades, per això aquesta destresa és cabdal.

- Gestió de les dades.

Bloc 3: la comunicació és també primordial per a una comprensió de les dades. Les habilitats a considerar són:

- Habilitat per presentar documentació/informació amb claredat.
- Habilitat d'escoltar als altres.

Els responsables de la gestió de costos del projecte de cada estudi de cas ha de respondre al qüestionari amb els criteris d'anàlisi ben definits. Tota la informació s'apuntarà en un quadre de recollida de dades tipus, com el de la Taula 15. Les observacions recollides es mostren en cadascun dels apartats de l'estudi de cas corresponent, al capítol 6.

A la Figura 22 es mostra el protocol de recerca amb el resum dels aspectes investigats en cada cas d'estudi. Aquest protocol garanteix que es produeix un nivell acceptable de rigor en la recopilació de dades dels casos d'estudi.

A la figura es poden veure les quatre proposicions de la investigació: Intervenció, Satisfacció, Softwares i Habilitats, i els criteris d'anàlisi corresponents: qualitat de les dades (Q3D, Q5D), el temps (T), els punts forts i les dificultats (P+/-) i les habilitats (H). Es poden observar els diferents nivells a l'hora de fer la recollida de dades. Aquests nivells estan relacionats amb les diferents fases del procés.

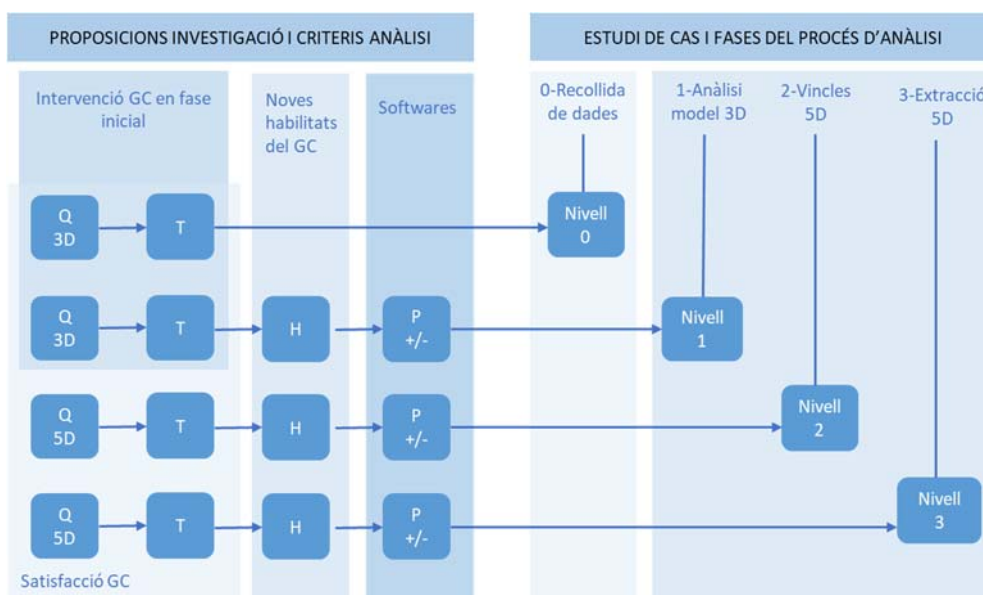


Figura 22 Protocol Estudi de cas

Font: Elaboració pròpia basat en (Aranda-Mena *et al.*, 2008)

5.3.7 Selecció dels estudis de cas i recollida de dades

La selecció dels estudis de cas i la posterior recollida de dades, una vegada es disposa dels projectes, de les empreses i dels agents participants en la investigació, son el que conformen la etapa de treball de camp de la investigació.

Aquesta etapa és la més duradora de la investigació, donat que la cerca d'empreses amb les característiques necessàries requereix de molts dies per contactar i entrevistar als responsables per explicar els objectius de la investigació i les necessitats i requeriments per a la possible participació en la mateixa.

FASE	ACCIÓ / PROCÉS	CRITERIS	VALORACIÓ / OBSERVACIÓ
1. ANÀLISI DADES MODEL 3D	1. Revisar taules planificació Control del que està modelat	Qualitat	(Valor numèric de l'1 al 5)
		Temps	(“)
		Punts forts	(Text obert, descripció)
		Dificultats	(“)
		Habilitats i coneixements	(“)
	2. Generar esquelet pressupost Definir elements a mesurar	Qualitat	(Valor numèric de l'1 al 5)
		Temps	(“)
		Punts forts	(Text obert, descripció)
		Dificultats	(“)
		Habilitats i coneixements	(“)
2. INTRODUCCIÓ DADES 5D AL MODEL	3. Exportar arxius Introduir notes clau Vincular partides	Qualitat	(Valor numèric de l'1 al 5)
		Temps	(“)
		Punts forts	(Text obert, descripció)
		Dificultats	(“)
		Habilitats i coneixements	(“)
3. EXTRACCIÓ DADES 5D	4. Extreure dades 5D	Qualitat	(Valor numèric de l'1 al 5)
		Temps	(“)
		Punts forts	(Text obert, descripció)
		Dificultats	(“)
		Habilitats i coneixements	(“)
	5. Revisar elements Incorporar partides no mesurables (i visualitzar les dades)	Qualitat	(Valor numèric de l'1 al 5)
		Temps	(“)
		Punts forts	(Text obert, descripció)
		Dificultats	(“)
		Habilitats i coneixements	(“)
	6. Generar documentació (i visualitzar les dades)	Qualitat	(Valor numèric de l'1 al 5)
		Temps	(“)
		Punts forts	(Text obert, descripció)
		Dificultats	(“)
		Habilitats i coneixements	(“)

Taula 15 Quadre tipus per a la recollida d'observacions i valoracions dels criteris d'anàlisi

Una vegada l'empresa compleix amb tots els requisits i s'acorda la seva participació, es procedeix a la recollida de dades mitjançant les diferents tècniques explicades a l'apartat 5.2. Aquesta etapa és també dilatada en el temps, per això en paral·lel a aquesta activitat es continuava amb la cerca i localització de la resta d'estudis de cas.

5.3.8 Codificació i categorització

La informació que es recollirà de les diferents fonts i tècniques utilitzades en aquesta investigació (entrevistes, qüestionaris i revisió documental, com es pot veure a la Figura 27, al capítol 6), serà codificada per al seu anàlisi qualitatiu permetent així mostrar els factors influents de tota la informació recollida (Dawson, 1997).

A continuació els codis s'agruparan per categories o blocs temàtics, com es pot veure a la Figura 23, aconseguint d'aquesta manera, partir d'un cas particular a un cas general, o d'un cas real fer-ne una abstracció.

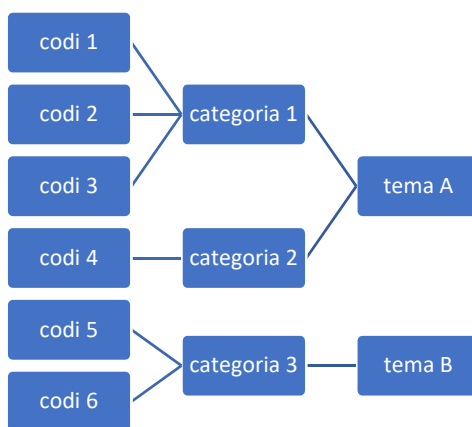


Figura 23 Categorització de codis

En aquesta investigació les categories es van predeterminar i van ser les següents:

- Visualització.
- Qualitat de les dades.
- Temps.
- Nivell de modelat 3D.
- Software.
- Coneixements, habilitats i rols.

Al capítol 6 es mostren els resultats de les codificacions i de les agrupacions per a cada cas d'estudi.

5.3.9 Verificació dels resultats i validació de l'estudi

Al finalitzar l'aplicació del mètode del cas d'estudi cal verificar els resultats obtinguts i assegurar la validesa interna de l'estudi (Yin, 2009).

Per establir la qualitat de la investigació realitzada amb estudis de cas hi ha 4 aspectes rellevants segons l'autor (Yin, 1994) i que s'han tingut en compte en aquesta investigació:

- a. Per donar validesa al constructe o model, i així establir les variables que han de ser estudiades, es recomana:
 - Utilitzar múltiples fonts d'evidència (triangulació) en la fase de recollida de dades.
 - La descripció de l'estudi de cas ha de contenir referències a la base de dades on es troba tota la informació, aconseguint així establir una cadena d'evidències.
 - Fer revisar pels experts les descripcions dels estudis de cas una vegada s'obtenen els primers resultats.
- b. Per donar validesa interna, i veure les relacions causals, es proposa:
 - Anotar observacions de canvis d'opinió, negacions o afirmacions de certs aspectes quan s'han realitzat segones entrevistes o converses.
 - Construir l'explicació del fenomen, quan es fa l'anàlisi de dades.
- c. Per donar validesa externa, per fer que els resultats obtinguts podran ser generalitzats:
 - Tenir capacitat de generalitzar les conclusions i fer que l'estudi pugui ser replicat.
 - Intentar descobrir en els casos concrets aquelles causes generals que permeten explicar i predir un fenomen (Bonache Pérez, 1999).
- d. Per a la fiabilitat de la investigació:
 - Verificar que hi ha una consistència dels resultats, demostrant que les operacions d'un estudi de cas i els procediments de recopilació de dades poden repetir-se amb els mateixos resultats.
 - Utilitzar protocols i bases de dades per a l'estudi de cas a la fase de recollida de dades.

En aquesta investigació s'aplicarà en varies ocasions el principi de triangulació, en la recollida d'informació fent-ho utilitzant diferents fonts, i en les segones entrevistes o converses, on s'observarà si hi ha noves opinions o contradiccions respecte a temes recollits anteriorment. També es farà una revisió dels resultats de la codificació de cada cas d'estudi, per part de l'expert de l'equip del projecte de cada empresa per poder verificar els resultats obtinguts. S'anotarà a quins termes dona més importància, quins aspectes nega, quines opinions canvien, etc. Amb aquests procediments es donarà la validesa de l'estudi.

5.4 Fonts de documentació i material recopilat

Les fonts documentals que s'han consultat per a la realització d'aquesta tesi han estat llibres, articles d'investigació, pàgines web d'empreses i institucions, documentació audiovisual i documentació dels projectes dels estudis de cas.

Els llibres i articles que s'han consultat i existeixen en format digital s'han desat en format PDF i classificat en carpetes segons la procedència i contingut: publicacions nacionals BIM, publicacions internacionals BIM i bibliografia de recerca.

Totes les fonts consultades, en format digital o en paper, s’han compilat amb l’eina de gestió de recursos bibliogràfics Mendeley. Al fer-ho s’han anotat totes les dades bibliogràfiques i la data de consulta, en el cas de les plataformes web. Dins del gestor Mendeley s’ha fet una classificació en set carpetes, una per cadascuna de les set tipologies de documents: Administracions públiques i Comissions, Articles internacionals, Articles nacionals, Llibres internacionals, Llibres nacionals, Plataformes web i Bibliografia de recerca (Figura 24).

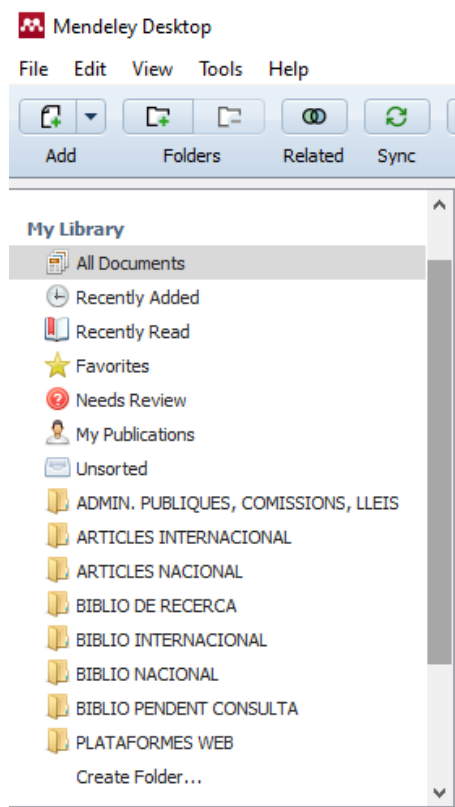


Figura 24 Organització de carpetes al gestor bibliogràfic Mendeley

Abans d’iniciar la lectura de qualsevol llibre o article, s’ha reflexionat en la necessitat de fer-ho o no en profunditat, per aquest motiu s’ha realitzat un escaneig del document i un posterior “*skimming*” on s’han buscat paraules concretes, dades, títols o altres termes que podien ser d’interès.

Una vegada realitzada la lectura de la font, s’han registrat les paraules clau (“keywords”), s’han fet anotacions dels aspectes més rellevants amb una aportació personal, s’han elaborat resums de contingut d’alguna part o de la totalitat del document, s’han dibuixat esquemes conceptuals i s’ha realitzat la valoració personal del document consultat mitjançant una figura d’un vector en diferents posicions per indicar si la valoració que es fa es molt bona, bona, mitja o fluixa. Amb aquesta informació s’han elaborat les fitxes de lectures (Eco, 2001), utilitzant eines informàtiques com Powerpoint i KeyNote, com es poden observar a la Figura 25. Aquestes fitxes es disposen per ordre alfabètic segons el cognom de l’autor.

Per tenir més control i una visió més global de tota la bibliografia, s'ha fet una taula amb el programa Excel on s'han llistat totes les referències bibliogràfiques. En aquesta taula s'han posat les dades bàsiques de cadascuna d'elles i les observacions i valoracions personals que una mateixa ha fet.

Com s'ha comentat a l'apartat 2.1 s'han utilitzat les eines "Scopus" (Scopus, 2021) i "Web of Science", anteriorment anomenada "Web of knowledge" (Clarivate, 2021) per a la cerca de documentació i l'eina "VOSviewer" (VOSviewer, 2021) per a la creació de mapes de coneixement.

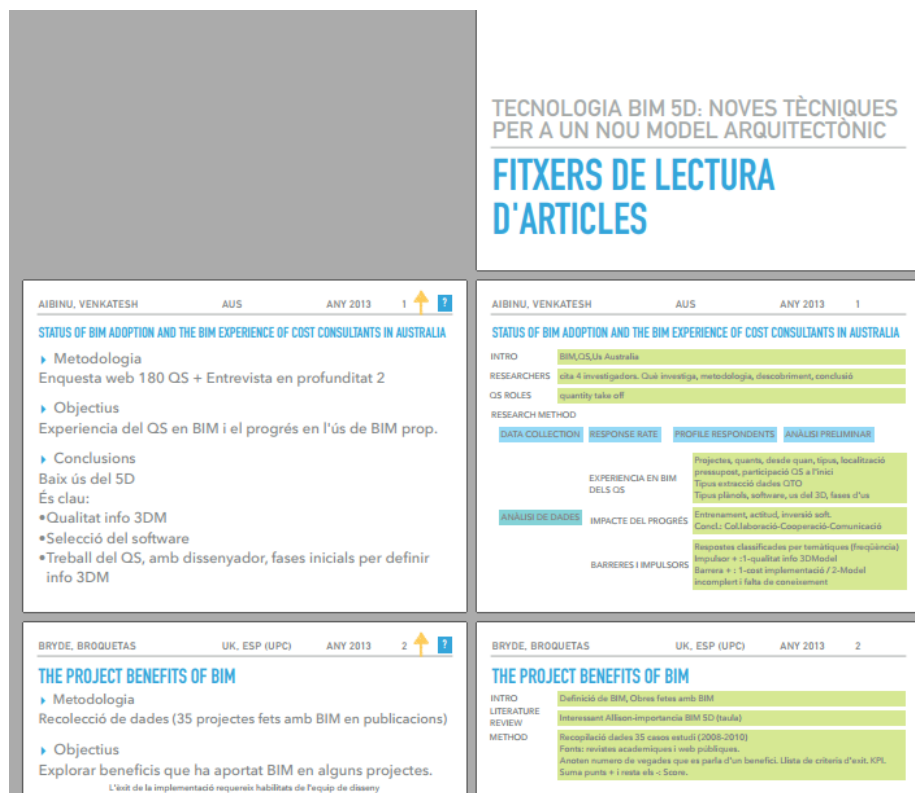


Figura 25 Imatge de l'esquema dels fitxers de lectura d'articles

5.5 Cronologia de la recerca

La primera etapa de la recerca va tenir com a objectiu la redacció del Pla de recerca. Aquest període va des del setembre de 2017 fins al setembre del 2018, quan es va presentar el Pla de recerca i va ser aprovat pel tribunal.

Durant aquest mateix període, la realització de cursos i l'assistència a congressos van ser les principals activitats que van complementar la redacció del pla i que van ajudar a assolir nous coneixements sobre recerca i sobre la tecnologia BIM. Així, durant el curs acadèmic 2017-18 es van realitzar diferents cursos sobre eines de recerca i tecnologia BIM que a continuació es llisten:

- *Gestors de referències bibliogràfiques: Scopus* (a la UPC el 2018).
- *Com fer un bon treball acadèmic* (a la UPC el 2018).
- *Base de dades en enginyeria: Inspec, Compendex, Ieexplore* (a la UPC el 2018).

- *BIM-REVIT Architecture- nivell bàsic* (a PIXEL51 el 2018).
- *BIM-REVIT Architecture- nivell mig* (a PIXEL51 el 2018).

En quant a congressos i conferències, cal destacar l'assistència al Congrés *European BIM Summit* (8 i 9 de març de 2018).

L'activitat que s'ha fet en tots els períodes de la tesi és la lectura de bibliografia, que, en aquella etapa va ser principalment de llibres del tema d'estudi, d'articles internacionals i de tesis nacionals. D'altra banda es van aplicar algunes tècniques d'investigació, com les enquestes i les entrevistes a experts del sector. Totes aquestes activitats i tècniques aplicades van donar suport a la redacció del Pla de recerca.

Durant el curs acadèmic 2018-19 la lectura de bibliografia internacional, sobretot de les publicacions de revistes i congressos internacionals, van permetre realitzar la revisió de la literatura del tema objecte d'estudi.

En quant a formació durant aquell període, es va realitzar entre d'altres, el curs de tècniques clau en la recerca:

- *Tècniques clau de recerca en disseny i introducció a la filosofia de la tecnologia* (a la UPF el 2019).

Durant el curs acadèmic 2019-20 es va completar la definició de la metodologia a aplicar i es va iniciar la cerca d'empreses i professionals per a col·laborar amb la investigació, com a casos d'estudi.

En paral·lel es va elaborar la ponència *Tecnología BIM 5D: nuevas técnicas para un nuevo modelo arquitectónico* que es va llegir al XXIV Congrés d'Enginyeria de Organització (CIO) el 9 de juliol del 2020 dins de la *14ª Conferencia Internacional de Ingeniería Industrial y Organización de Empresas*.

El confinament i les posteriors mesures de seguretat per la pandèmia de la Covid-19 van fer que tant les entrevistes i converses amb les empreses i els professionals, esdevinguessin a format virtual, així com la participació en el Congrés CIO 2020, que havia de celebrar-se a Madrid i va passar a realitzar-se en format virtual.

Durant el curs acadèmic 2020-21 es va confirmar la darrera empresa participant en la investigació i es van aplicar les tècniques per al seu anàlisi, al llarg dels mesos de setembre a març. En paral·lel, es va redactar un article que es va presentar a la revista *Building Engineering* (Elsevier, 2021) per a la seva publicació. Durant els mesos de juliol i agost es van realitzar les modificacions sol·licitades per la revista i al setembre es va publicar l'article amb el títol: *Quantity surveying and BIM 5D. Its implementation and analysis based on a case study approach in Spain* (Baldrich Aragó *et al.*, 2021).

CAPÍTOL 6. ANÀLISI DELS ESTUDIS DE CAS

6.1 Introducció als estudis de cas

En aquest capítol es mostren els diferents estudis de cas seleccionats i el seu anàlisi qualitatiu, dels quals es fa a continuació una breu introducció i representació gràfica (Figura 26). En els següents apartats s'explica com es realitza la recollida de dades i quin tipus de dades s'analitzen, i a continuació hi ha un apartat per a cadascun dels estudis de cas on es detalla la justificació de la seva tria, es fa una descripció del projecte, de l'empresa i dels processos de gestió econòmica, i es mostren els resultats i les conclusions de l'anàlisi de les dades recollides d'aquell estudi de cas. En el darrer apartat es presenten els resultats de l'anàlisi comparatiu dels diferents casos i en el següent capítol les conclusions de la investigació.

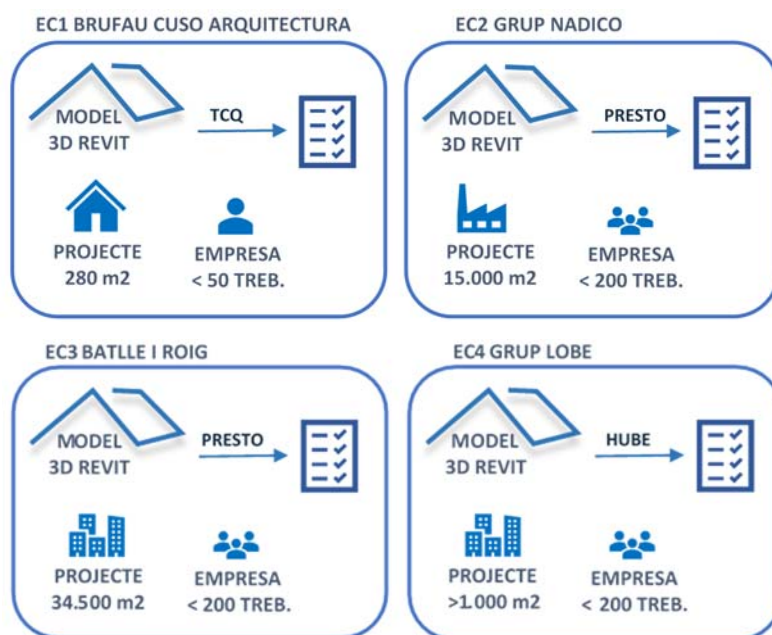


Figura 26 Esquema gràfic dels casos d'estudi

Els estudi de cas seleccionats i analitzats en aquesta investigació són els següents:

a) Estudi de Cas 1: habitatge unifamiliar de l'estudi d'arquitectura Brufau Cusó

L'objectiu en aquest cas d'estudi és recollir les valoracions de les diferents accions del procés d'extracció de dades econòmiques del model 3D, segons els criteris de temps, qualitat i habilitats establerts en el capítol anterior. En aquest cas el projecte té una superfície de 280 m² i s'extreuen les dades econòmiques amb el software TCQ. Aquesta valoració la realitza una de les responsables de la gestió de costos de l'empresa, amb perfil professional d'enginyera d'edificació. Complementant aquestes valoracions que es realitzen a través de qüestionaris, també es realitzen entrevistes a professionals de l'empresa i s'analitza la informació de la documentació aportada relativa al projecte.

b) Estudi de Cas 2: nau productiva de l'empresa d'enginyeria i arquitectura Grup Nadico

L'objectiu en aquest cas d'estudi és recollir les valoracions de les diferents accions del procés d'extracció de dades econòmiques del model 3D, igual que en el cas anterior, per part dels professional de gestió de costos, que en aquest cas té el perfil professional d'arquitecte. Les dades s'extreuen seguint diferents processos i diferents eines i aplicacions, començant per les taules de quantificació de Revit,

després exportant al software Excel i finalment utilitzant Presto. Altres diferències amb el cas anterior, són la mida i tipus d'empresa, en aquest cas és una empresa d'enginyeria i arquitectura de mida mitjana i, d'altra banda la mida i tipus de projecte, sent aquest de superfície molt superior, 15.000m² i de tipologia industrial. La valoració dels processos es realitza amb els mateixos qüestionaris i l'anàlisi es complementa amb entrevistes i revisió de la documentació aportada.

c) Estudi de Cas 3: edificis d'habitatges plurifamiliars de l'estudi d'arquitectura Batlle i Roig

L'objectiu en aquest cas d'estudi és el mateix que en els anteriors casos, amb la singularitat que l'empresa és un dels estudis d'arquitectura amb més experiència en BIM en el nostre territori. Les dades s'extreuen seguint diferents processos i diferents eines i aplicacions, començant per les taules de quantificació de Revit, després exportant al software Excel i finalment utilitzant Presto. A diferència amb el primer cas d'estudi, aquesta empresa és de mida molt superior, tot i que sigui del mateix tipus, i el projecte també, tot i que siguin del mateix àmbit, de l'edificació d'habitatge. Una diferència del segon cas d'estudi, és la tipologia del projecte. La valoració dels processos es realitza amb els mateixos qüestionaris i l'anàlisi es complementa amb entrevistes i revisió de la documentació aportada.

d) Estudi de Cas 4: edifici d'habitatges de l'empresa LOBE

L'objectiu d'aquest cas d'estudi es veure quins factors són clau en la gestió dels processos per a una empresa promotora-constructora i projectista que utilitza un sistema propi de gestió econòmica i realitza principalment projectes d'habitatge plurifamiliars. Aquest cas és d'especial interès per l'anàlisi dels processos amb la utilització d'una aplicació pròpia, creada per l'empresa, i de les relacions entre diferents departaments, que permeten generar producte de forma molt eficient. En aquest estudi de cas les entrevistes són les tècniques emprades per a l'obtenció de dades, i es realitzen al responsable de processos Lean-BIM, el qual té el perfil professional d'enginyer de camins. L'anàlisi de l'estudi utilitza també la revisió de documentació escrita i audiovisual aportada per l'empresa, que fa referència a la seva metodologia de treball.

Tenint en compte els criteris de selecció dels estudis de cas exposats a l'apartat 5.3.3, a la Taula 16 es mostra el resum de les dades descriptives de cada cas d'estudi.

Es pot observar a la Taula 16 la varietat en la dimensió dels diferents projectes, sobretot entre el primer cas i la resta, i també en la tipologia d'aquests projectes, essent diferent la del segon cas, on l'edificació és de tipus industrial.

S'observa també que es compleix en tots els casos el requisit indispensable per ser seleccionats, el de modelar el projecte amb el software Revit. En relació als softwares per a la gestió de costos hi ha varietat en tres dels quatre casos, repetint-se només l'ús de Presto en dos d'ells. En quant al software Arquímedes, que s'havia plantejat com a possible software, no s'ha pogut tenir en cap projecte. Serà interessant tenir-lo en compte en futures investigacions.

En quant a la tipologia d'empresa cal destacar que n'hi ha dues de projectistes, una d'elles microempresa i l'altra empresa mitjana, i les altres dues són diferents, una és consultoria dels àmbits de l'enginyeria i arquitectura i la quarta és un cas especial perquè inclou la part de projectista, promotora i constructora, fet que l'afavorirà en certs processos, com es veurà més endavant en el seu anàlisi.

L'experiència de les empreses en el sector AEC és la mínima que s'havia plantejat en els criteris de selecció exposats en el subapartat 5.3.3, essent Batlle i Roig l'empresa amb més anys d'experiència en el sector i també en projectes BIM.

En quant a la localització de les empreses, la majoria d'elles són de la província de Barcelona, excepte la quarta, que s'ubica a Saragossa. En un inici de la investigació es va plantejar seleccionar empreses de l'àrea metropolitana de Barcelona, però la dificultat en la localització d'empreses col·laboradores que complissin amb els requisits de la selecció d'aquesta investigació, van fer ampliar a altres localitzacions.

		EC1	EC2	EC3	EC4
Dades del projecte	Tipologia constructiva	Habitatge unifamiliar	Nau productiva	Habitatge plurifamiliar	Habitatge plurifamiliar
	Superfície construïda	280 m ²	15.000 m ²	34.553 m ²	ND
	Preu d'execució material (PEM)	0.5M€	11M€	28M€	ND
	Localització	Molins de Rei, Barcelona	Tànger (Marroc)	Esplugues de Llobregat, Barcelona	ND
	Software BIM 3D (modelat i detecció col·lisions)	Autodesk Revit i Navisworks	Autodesk Revit i Navisworks	Autodesk Revit i Navisworks	Autodesk Revit i Navisworks
	Software BIM 5D (gestió econòmica)	TCQ	Presto / Excel	Presto / Excel	HUBE
Dades de l'empresa	Tipus	Estudi d'arquitectura	Consultoria d'enginyeria i arquitectura	Estudi d'arquitectura	Promotora, projectista i constructora
	Mida	Microempresa	Mitjana	Mitjana	Mitjana
	Antiguitat en el sector AEC	20 anys	26 anys	40 anys	34 anys
	Anys d'experiència en modelat amb Revit	5	4	8	5
	Nombre de projectes modelats amb Revit	10	30	70	30
	Professió dels entrevistats	Enginyer/a d'edificació	Arquitecte	Enginyer/a d'edificació	Enginyer/a de camins
	Municipi	Sant Just Desvern, Barcelona	Parets del Vallès, Barcelona	Esplugues de Llobregat, Barcelona	Saragossa

Nota: ND: no disponible

Taula 16 Taula de dades dels casos d'estudi

6.2 Recollida de dades

Per a la recollida de la informació s'han tingut en compte els aspectes relatius a la metodologia d'investigació que es resumeixen a la Taula 17. Es pot observar quins aspectes s'estudien a cadascun dels casos, essent comuns en els tres primers casos i diferent el quart, pel fet de tenir un tret distintiu en el seu

sistema de gestió. En quant als agents participants en l'estudi s'observa que hi ha perfils professionals variats però una experiència en gestió de costos i coneixements en BIM en major o menor nivell, tal com es requeria en els criteris de selecció dels estudis de cas. De la documentació de la que es pot disposar només en l'estudi de cas 4 hi ha hagut dificultats de disposar de la informació d'un projecte, però la singularitat del cas per la utilització d'una metodologia específica i d'una eina pròpia de gestió han fet que tingui prou justificació com per ser seleccionat.

Dades a recollir	EC 1	EC 2	EC 3	EC 4
Què s'estudia?	Valoració segons criteris anàlisi Detecció de punts forts i febles	Valoració segons criteris anàlisi Detecció de punts forts i febles	Valoració segons criteris anàlisi Detecció de punts forts i febles	Anàlisi de la metodologia pròpia de l'empresa
Quins individus s'estudien?	Expert en la gestió de costos dins de l'empresa	Expert en la gestió de costos dins de l'empresa	Expert i director de la gestió de costos i membre de la Comissió BIM de l'empresa	Responsable dels processos Lean-BIM a l'empresa
Quin perfil professional té l'actor entrevistat?	Enginyer/a d'edificació	Arquitecte	Enginyer/a d'edificació	Enginyer de camins
Quin tipus d'informació es recollirà?	Documents, entrevistes, qüestionaris i observacions.	Documents, entrevistes, qüestionaris i observacions.	Documents, entrevistes, qüestionaris i observacions.	Documents, entrevistes i observacions.
Com es compila la informació?	Observacions, transcripció entrevistes i resultats qüestionaris.	Observacions, transcripció entrevistes i resultats qüestionaris.	Observacions, transcripció entrevistes i resultats qüestionaris.	Observacions i transcripció entrevistes.
Quines dificultats s'han trobat en l'accés a les dades?	Cap	No s'ha tingut accés a certa informació privada de l'empresa per garantir la seva confidencialitat.	Cap	No s'ha pogut disposar de la informació d'un projecte concret.
Com s'emmagatzema la informació?	Base de dades informàtica, transcripcions entrevistes, notes de camp.	Base de dades informàtica, transcripcions entrevistes, notes de camp.	Base de dades informàtica, transcripcions entrevistes, notes de camp.	Transcripcions entrevistes.

Taula 17 Taula de dades metodològiques dels casos d'estudi

A la Figura 27 es mostren de forma resumida les tècniques utilitzades en cada cas d'estudi, quines són comunes i quines dades addicionals s'han analitzat en cada cas, tal com s'ha definit al capítol 5.

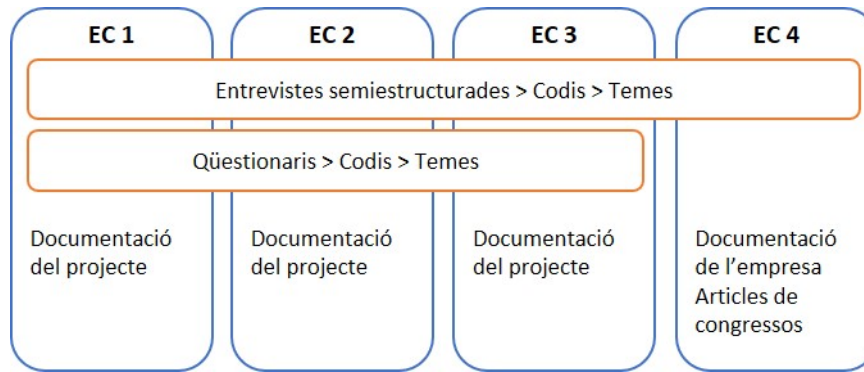


Figura 27 Esquema tècniques d'investigació dels casos d'estudi

6.3 Dades a analitzar

Les dades que s'obtenen del qüestionari realitzat en els casos d'estudi són de dos tipus, tal com s'han definit prèviament al capítol de metodologia:

- Dades numèriques de valoració de temps emprat en cada acció per un costat i valoració de la qualitat visual i descriptiva de els dades del model 3D i dels seus elements constructius. Aquestes han estat descrites a l'apartat 5.3.6.
- Dades descriptives dels coneixements i habilitats requerides per a la realització de cada acció i dels punts forts i dificultats detectades també en cada acció, tal com s'ha descrit a l'apartat 5.3.6.

La informació que s'obté de les entrevistes i de la consulta de documentació escrita i visual, es codifica i agrupa en alguna de les següents categories: qualitat de les dades, temps, nivell de modelat 3D, software, coneixements, habilitats i rols dels professionals, tal com s'ha definit a l'apartat 5.3.8.

6.4 Estudi de cas 1: habitatge unifamiliar a Molins de Rei

Aquest projecte és el primer cas d'estudi seleccionat, principalment per la tipologia del projecte que la fa molt comuna en el sector i per la tipologia d'empresa, doncs és la microempresa la tipologia més nombrosa al territori. Per a la obtenció de les dades el participant en la investigació és la Sra. Cristina Sitjà i Pi, enginyera d'edificació, ajudant de la direcció d'execució de l'obra i responsable de la gestió econòmica a l'empresa i al projecte. En paral·lel s'ha fet la recollida de dades relatives a la valoració dels processos, eines i habilitats amb un qüestionari on-line ("googleforms") i s'ha tingut accés a la documentació gràfica i econòmica del projecte.

6.4.1 Justificació de la selecció d'aquest cas d'estudi

El projecte de la casa unifamiliar de Brufau Cusó Estudi d'Arquitectura s'ha seleccionat per diferents motius que a continuació s'exposen:

- a) Col·laboració amb l'estudi:

L'estreta col·laboració amb Brufau Cusó Estudi d'Arquitectura, tant en l'àmbit professional com en l'àmbit docent a la Universitat, afavoreix la obtenció de les dades necessàries del projecte per a fer l'anàlisi.

b) Projecte realitzat amb el software Revit:

Aquest fet fa que el projecte pugui ser analitzat, doncs és requisit indispensable per a la aplicació de la tècnica d'investigació.

c) Software TCQ:

La utilització del software TCQ per a l'extracció dels amidaments i pressupostos és important per ser un dels softwares que es volia analitzar en aquesta tesi i per ser un dels més utilitzats en el territori, després de l'Excel i del Presto, com s'ha indicat a la Figura 17.

d) Microempresa:

El fet que l'estudi Brufau Cusó sigui una microempresa és important, perquè és la mida d'empresa més nombrosa en el sector i el resultat del seu anàlisi pot servir de referència a moltes altres empreses anàlogues.

e) Dimensió del projecte:

El projecte té una superfície de 280 m² i aquest fet, el fa diferenciar-se dels altres casos d'estudi que s'han seleccionat i, per tant, fer més variada la selecció final. Això també permet ser comparat amb altres projectes similars.

6.4.2 Descripció del projecte

El projecte és un habitatge unifamiliar aïllat situat al carrer Estefanía de Recasens 10, a Molins de Rei (Barcelona) en una zona residencial del municipi. A la imatge de la Figura 28 es mostra la situació del projecte i a la Figura 29 es pot observar el plànol d'emplaçament del projecte realitzat amb el software Revit.

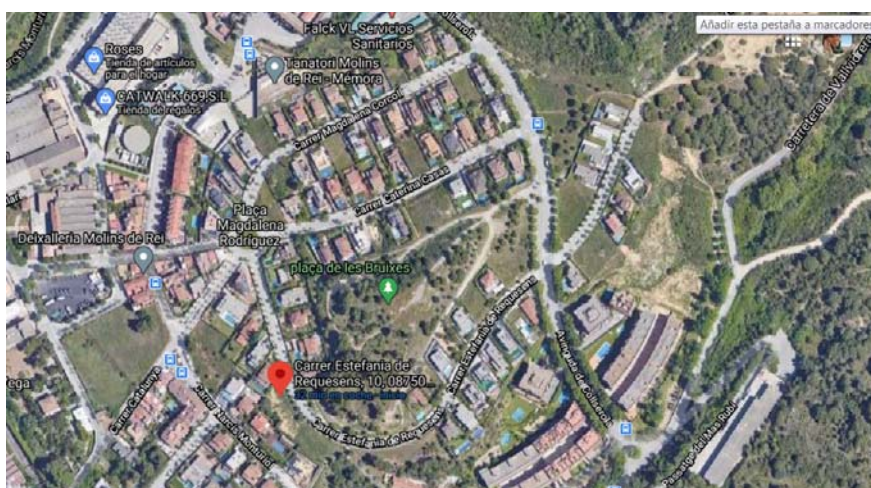


Figura 28 Imatge de la situació de l'habitatge

Font: Google Maps

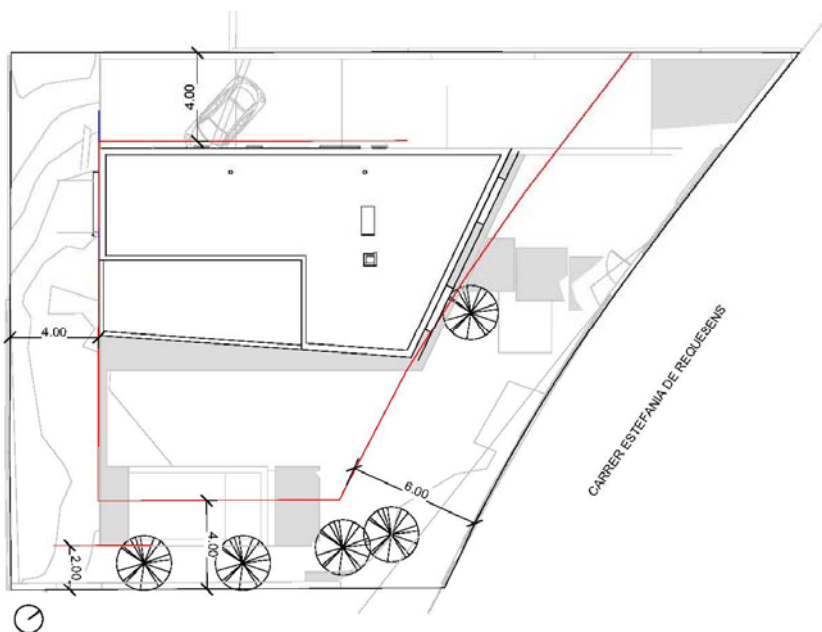


Figura 29 Plànol emplaçament projecte habitatge unifamiliar

Font: documentació del projecte de Brufau Cusó Estudi d'Arquitectura

Aquest habitatge té una superfície construïda de 280,55 m² i consta de tres plantes: planta soterrani, planta baixa i planta primera. La superfície del solar on està emplaçat és de 652 m². A la Figura 30 i Figura 31 es poden veure els plànols de planta baixa i de la secció longitudinal, obtinguts amb el software Revit.

El projecte es va iniciar el mes juliol de l'any 2019 i va finalitzar el mes d'octubre de l'any 2020.

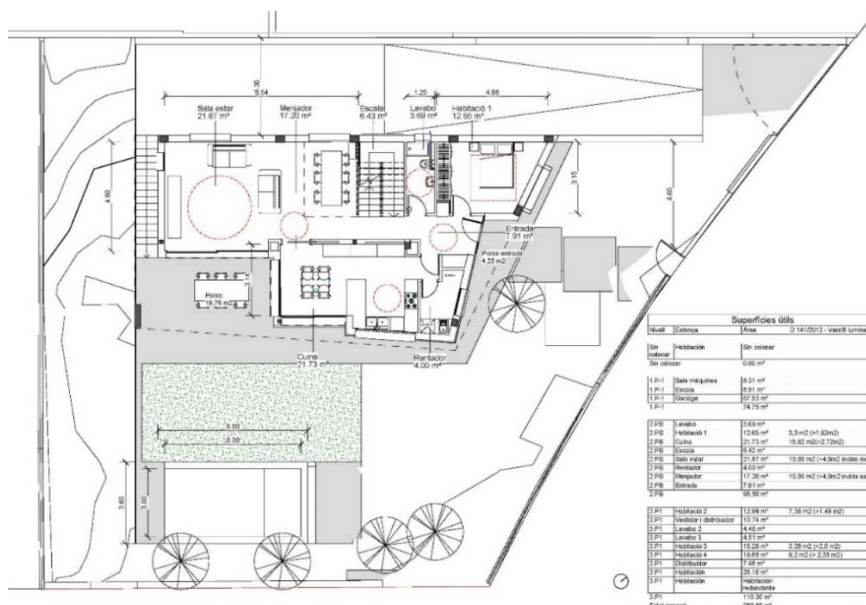


Figura 30 Plànol planta baixa habitatge unifamiliar

Font: documentació del projecte de Brufau Cusó Estudi d'Arquitectura

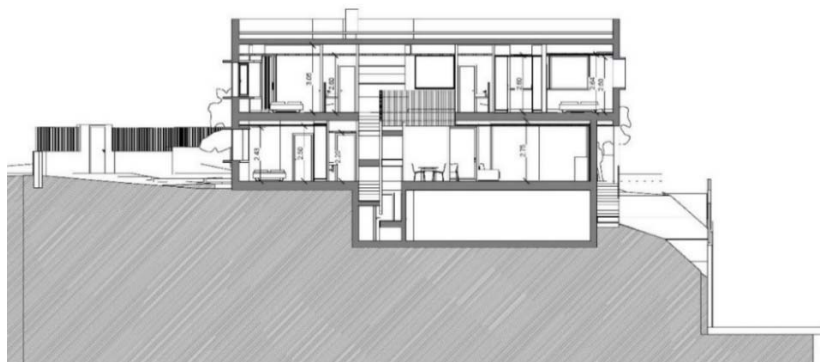


Figura 31 Plànol secció longitudinal habitatge unifamiliar

Font: documentació del projecte de Brufau Cusó Estudi d'Arquitectura

A la Figura 32 i Figura 33 es poden veure una perspectiva i un render del projecte realitzats amb el software Revit.



Figura 32 Perspectiva habitatge unifamiliar

Font: documentació del projecte de Brufau Cusó Estudi d'Arquitectura



Figura 33 Render habitatge unifamiliar

Font: documentació del projecte de Brufau Cusó Estudi d'Arquitectura

El PEM del projecte és de 533.207 €. A la Figura 34 es pot veure una imatge de l'estructura del pressupost realitzat amb el software TCQ (versió 5.5).

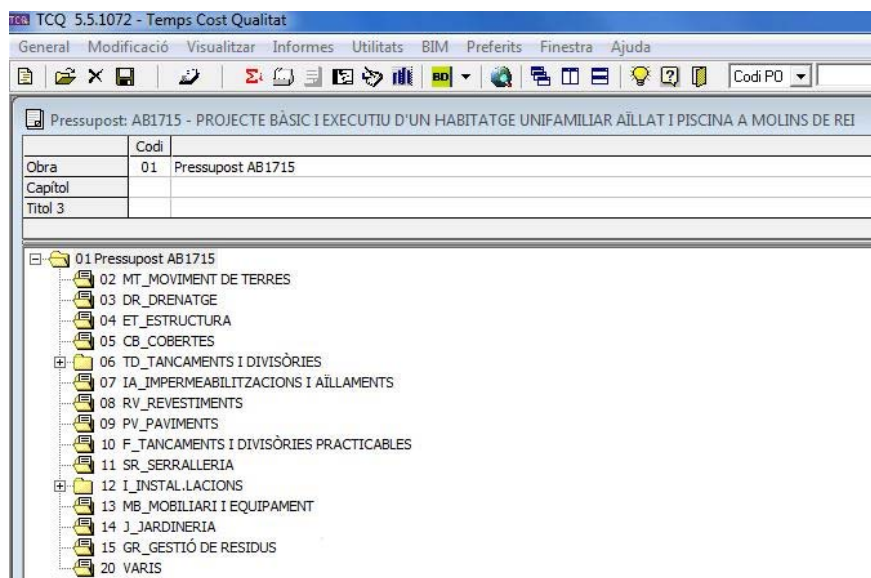


Figura 34 Estructura del pressupost EC1

Font: documentació del projecte de Brufau Cusó Estudi d'Arquitectura

6.4.3 Descripció de l'empresa

L'empresa Brufau Cusó Estudi d'Arquitectura (Brufau Cusó, 2021) està situada a Sant Just Desvern (Barcelona) i té 7 treballadors, incloent els dos socis fundadors Albert Brufau i Albert Cusó.

L'empresa té una experiència de 20 anys en el sector de la construcció en l'àmbit del Disseny de Projectes i Direcció d'obres. Durant aquests anys han obtingut reconeixements per les obres realitzades, com un premi FAD d'Arquitectura, dos premis FAD d'Opinió i un premi de Biennal d'Arquitectura i Urbanisme, entre d'altres.

A l'empresa realitzen projectes amb metodologia BIM des de fa 5 anys i han elaborat 10 projectes BIM, dels quals 2 han inclòs la tecnologia 5D per a l'elaboració dels pressupostos.

6.4.4 Procés de realització i gestió del projecte

Per a la realització del projecte, s'ha utilitzat el software Revit (versió 2019) per al seu modelat. Aquest modelat l'han realitzat dues persones de l'empresa, juntament amb dos responsables de la gestió de costos. Els perfils professionals d'aquestes persones són: arquitectes i arquitectes tècnics per l'equip de disseny i els mateixos perfils per l'equip de gestió de costos. Les reunions es van realitzar de forma presencial entre els diferents equips i de forma virtual puntualment entre l'empresa i els agents externs i clients.

El nivell de desenvolupament del projecte amb el software Revit és de LOD 400. El model 3D es divideix en dues disciplines, la d'arquitectura i la d'estructura. No s'ha realitzat el model de les

instal·lacions (MEP), doncs aquest es sol·licitarà a una empresa externa especialitzada en instal·lacions. L'arxiu de Revit es desa al servidor de l'empresa i s'actualitza de forma automàtica cada 15 minuts.

L'equip de disseny i l'equip de gestió de costos s'han reunit un dia a la setmana, tant en les fases inicials de disseny com en les posteriors fases de revisió del model abans de tenir la versió definitiva del projecte. La durada de les reunions va ser de dues hores. Les reunions van ser algunes presencials i altres a distància amb videotrucada i compartició de la informació.

Per a la coordinació de les dades del model 3D s'utilitza el software Revit i per a la revisió de col·lisions s'utilitza el software Navisworks, amb l'arxiu IFC de Revit. Aquest procés es realitza en la fase de disseny del projecte.

A la Figura 35 es mostren els passos que realitza el gestor de costos per a la extracció dels amidaments i pressupostos. A una primera fase del procés, el gestor de costos genera en el software TCQ l'esquelet del pressupost, amb els capítols, els subcapítols i les partides d'obra definides. Una vegada s'ha realitzat el projecte amb el software Revit per part de l'equip de disseny, el gestor de costos revisa el contingut dels elements modelats a través de les taules de quantificació de Revit. Un cop validades, entra a la segona fase, on es realitza l'exportació, des de Revit, de l'arxiu IFC del projecte i aquest s'obre amb el software TCQ on se li assignen les partides corresponents.

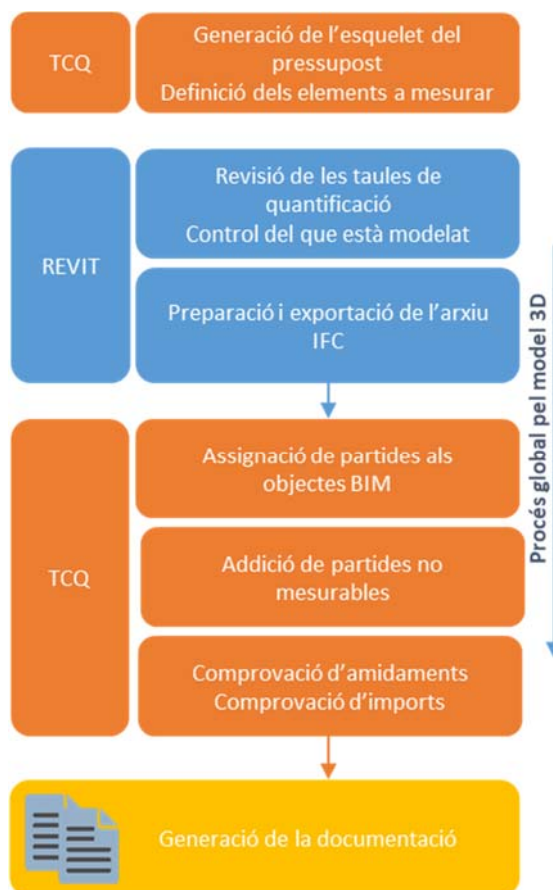


Figura 35 Esquema del procés de gestió amb TCQ i arxiu IFC

La tercera fase, l'extracció de les dades, es realitza amb el software TCQ des de l'arxiu IFC de Revit del projecte. En aquest software s'afegeixen les partides dels elements que no s'han modelat perquè no són mesurables o perquè tenen una descripció molt específica.

6.4.5 Recollida de dades del qüestionari

A la Taula 18 es poden observar la recollida de dades de l'estudi de cas, a través del qüestionari.

FASE	ACCIÓ / PROCÉS	VALORACIÓ			OBSERVACIÓ		
		CRITERIS					
		T	Qv	Qd	Habilitats i coneixements	Punts forts	Dificultats
F1	A1	4	2	3	Coneixement programari i organització i gestió de dades	Facilitat de muntatge de la informació	Sistema rígid, dificultat per introduir paràmetres nous
	A2	4	3	3	Coneixement del programari i coneixement dels sistemes constructius	Agilitat	Dificultat en assignar l'amidament
F2	A3	4	3	2	Coneixement del programari	Facilitat de generació de la documentació	Cal més coneixement i formació del software
F3	A4	4	2	2	Coneixement del programari	Facilitat de sincronització amb altres programes	Cal més coneixement del programari
	A5	3	3	3	Habilitats en organització de dades i coneixement del programari	Facilitat	Cal més formació
	A6	2	2	4	Habilitats en organització i comprovació de dades	Agilitat, un cop revisat	Cal assegurar molt bé que la documentació s'extreu correctament i sovint cal invertir molt temps en la revisió per evitar errors

Taula 18 Taula de resultat de dades EC1

6.4.6 Resultats dels codis

Els resultats que s'obtenen de les diferents fonts (entrevistes semi-estructurades, documentació del projecte i qüestionaris) s'han codificat i agrupat en categories, indicades en negreta:

- Correcta visualització; punt fort; satisfacció del gestor de costos → **Qualitat visualització.**
- Punt clau; orientació al modelador; objectiu del procés; falta de dades; amidaments parcials → **Qualitat descripció dades.**
- Factor secundari; inversió important; amidament parcial → **Temps.**

- Estandarització dels elements constructius; falta d'informació en el model 3D → **Nivell de modelat 3D.**
- Falta de formació en software; insatisfacció del GC; falta d'integració d'eines → **Software.**
- Coneixements de construcció; adaptabilitat noves tecnologies; gestió de dades; habilitats comunicatives; entorns de col·laboració → **Coneixements, habilitats i rols.**

6.4.7 Conclusions del cas d'estudi

Les conclusions a les quals s'arriba després de l'anàlisi d'aquest estudi de cas s'exposen a continuació:

- a. La qualitat de les dades està per sobre del temps invertit en el procés o l'agilitat del programa.

De la taula de resultats del qüestionari es desprèn que el criteri de temps emprat per a la realització de les diferents accions augmenta a mesura que avança el procés. A les fases 1 i 2 el temps està valorat amb 4 i a les accions 5 i 6 de la fase 3, el temps es valora amb 3 i 2 respectivament. Així es pot apreciar que s'inverteix més temps en les fases finals per una necessària revisió de les dades.

En relació a la qualitat de les dades, tant visuals com descriptives, la valoració general és mitja en les accions de la primera i la segona fase. A l'acció 4, a la fase 3, és on hi ha una puntuació inferior, això mostra que la extracció de les dades econòmiques des del model a través del software de gestió no satisfan els requisits mínims de qualitat per part de l'usuari. En canvi, al finalitzar el procés, la valoració de la qualitat de les dades de la documentació final és notable. En aquest sentit, es pot concloure que la utilització del software TCQ, que és el que més domina l'usuari, li dona un resultat de dades més fiable i amb una inversió de temps menor, en aquesta fase final del procés. També cal tenir en compte que és cabdal fer la revisió completa de la documentació generada perquè no s'hagi perdut cap informació o hagi alguna errada.

- b. La satisfacció de l'usuari va directament lligada al nivell de coneixement del programa.

A les entrevistes i al qüestionari es detecta una insatisfacció de l'usuari lligat a una manca de coneixement en el procediment d'extracció de dades 5D del model 3D. En canvi, es valora positivament la qualitat de les dades obtingudes a la documentació final, quan l'usuari utilitza o aplica les funcionalitats que domina de la eina TCQ.

- c. Els coneixements de construcció són cabdals en el procés junt amb el domini de les eines.

Els coneixements de construcció són un punt clau per obtenir uns resultats de qualitat en el procés. Si es compara la importància d'aquest coneixement amb el de les eines de modelat i de gestió, es conclou que sense ambdós coneixements no es pot obtenir un bon resultat.

- d. La dificultat més nomenada és la manca de coneixement del programa

Es conclou que, deixant a un costat les dificultats del mateix programa per realitzar certes funcions, així com la rigidesa per la definició d'algun paràmetre o a l'hora d'assignar algun

amidament concret, la dificultat o barrera més gran és la falta de coneixement de l'eina. Per tant, es considera que hi ha una falta de formació en eines i procediments BIM.

- e. L'habilitat de l'usuari en la gestió de dades és cabdal per realitzar el procés amb eficiència i qualitat.

L'habilitat més valorada extretes tant del qüestionari com de les entrevistes són la organització de la informació i la correcta gestió de les dades. En un nivell inferior es troben l'adaptabilitat a les noves tecnologies i la destresa en l'ús d'aquestes. En relació a les habilitats comunicatives, cal destacar l'habilitat d'escoltar als altres.

6.5 Estudi de cas 2: nau productiva a Tànger

Aquest projecte és el segon cas d'estudi seleccionat. Per a la obtenció de les dades el participant seleccionat per a la investigació és el Sr. Eduard Pérez, arquitecte, amb el rol de BIM manager, i en paral·lel s'ha fet la recollida de dades relatives a la valoració dels processos, eines i habilitats amb un qüestionari on-line a "Google Forms". En aquest cas s'ha tingut accés a part de la documentació gràfica i de pressupost del projecte. Hi ha informació del projecte que no es mostra en aquesta publicació per garantir la confidencialitat del mateix.

6.5.1 Justificació de la selecció d'aquest cas d'estudi

El projecte de la nau productiva a Tànger realitzat per l'empresa Nadico s'ha seleccionat per diferents motius, que a continuació s'esmenten:

- a) Projecte realitzat amb el software Revit:

Aquest fet fa que el projecte pugui ser analitzat, doncs és requisit indispensable per a la aplicació de la tècnica d'investigació.

- b) Software Presto:

La utilització del software Presto per a l'extracció dels amidaments i pressupostos és important per ser un dels softwares que es volia analitzar en aquesta tesi i per ser dels més utilitzats en el nostre territori després de l'Excel, com s'ha indicat a la Figura 17.

- c) Tipus d'empresa:

El fet que Nadico sigui una empresa consultora en l'àmbit de l'arquitectura i de l'enginyeria la fa interessant per poder tenir un cas diferent de la resta i perquè el resultat del seu anàlisi pugui de referència a moltes altres empreses de la mateixa categoria.

- d) Ús de l'edifici:

El projecte seleccionat és de ús industrial. Aquest aspecte el fan diferenciar-se dels altres casos d'estudi que s'han seleccionat i permet ser comparat amb altres projectes similars.

6.5.2 Descripció del projecte

El projecte d'aquest estudi de cas és una nau productiva del sector de l'automòbil ubicada a Tànger (Marroc). La superfície de l'edificació és de 15.000 m² i està situat en un entorn interurbà, a les afores de la ciutat de Tànger. A les imatges de la Figura 36 i Figura 37 es poden veure el plànol d'implantació i una perspectiva aèria de l'edifici, realitzats amb el software Revit.



Figura 36 Plànol implantació projecte nau

Font: documentació del projecte de Nadico



Figura 37 Perspectiva aèria projecte nau

Font: documentació del projecte de Nadico

A la taula de la Figura 38 es poden observar els quadres de superfícies útils dels diferents espais de la nau industrial, definits segons l'ús de l'habitació o "room" al modelar amb el software Revit.

Room	Area	Room	Area	Room	Area	Room	Area
Assembly 1 - 2	3.757,57 m ²	Meeting Room	27,58 m ²	Balcony Passage	44,65 m ²	Office 2	240,17 m ²
Assembly 3	1.591,95 m ²	Meeting Room	27,57 m ²	Balcony Passage	88,99 m ²	Office Archive	31,89 m ²
Canteen	293,45 m ²	Mens Room	15,65 m ²	Cleaner	2,26 m ²	Prayer Room	16,28 m ²
Cleaner Vehicle	6,87 m ²	Mens Room	13,28 m ²	Compressed air	152,81 m ²	Prayer Room	16,01 m ²
Cleaning Room	3,67 m ²	Mens Room	9,73 m ²	Corridor 01	17,45 m ²	Server Room	34,15 m ²
Corridor	69,76 m ²	Noise Test	34,03 m ²	Corridor 02	26,49 m ²	Sprinkler Station	66,22 m ²
Corridor	9,82 m ²	Production Archive	19,24 m ²	Corridor 03	50,66 m ²	Staff Locker Room Ladies	119,86 m ²
Corridor	42,16 m ²	Production Indirect	52,30 m ²	HR Storage	17,73 m ²	Staff Locker Room Men	86,98 m ²
Corridor	42,11 m ²	Production Magazin	47,39 m ²	Ladies Room	15,94 m ²	Staircase	17,83 m ²
Doctors Room 1	15,83 m ²	Production Support	264,84 m ²	Ladies Room	7,96 m ²	Staircase	15,51 m ²
Doctors Room 2	15,36 m ²	Production Support	7,45 m ²	Ladies Room	11,09 m ²	Staircase	35,04 m ²
Empty Room	144,35 m ²	Sluice	35,13 m ²	Logistics-Office	183,36 m ²	Staircase	18,51 m ²
Generator Room	13,78 m ²	Sluice	33,24 m ²	Low voltage compensation	78,99 m ²	Staircase	8,89 m ²
Handicapped lavatory	5,79 m ²	Staff Locker Room Ladies	155,58 m ²	M&E Extension	492,25 m ²	Switch Room	5,83 m ²
Indirect Production	67,51 m ²	Staff Locker Room Men	85,54 m ²	Meeting Room	16,77 m ²	Switch-IT	14,85 m ²
Kitchen	36,27 m ²	Staircase	18,36 m ²	Meeting Room	15,40 m ²	Switch-IT	13,64 m ²
Laboratory	143,62 m ²	Staircase	7,10 m ²	Meeting Room	17,97 m ²	Tee Kitchen	11,08 m ²
Laboratory APE	64,99 m ²	Staircase	8,94 m ²	Meeting Room	16,57 m ²	Training Room	115,55 m ²
Ladies Room	15,96 m ²	Staircase	14,29 m ²	Mens Room	15,64 m ²	ups-IT	12,16 m ²
Ladies Room	14,30 m ²	Staircase	39,25 m ²	Mens Room	8,40 m ²		
Ladies Room	7,54 m ²	Switch Room	9,50 m ²	Mens Room	11,93 m ²		
Lobby	64,87 m ²	Tee kitchen	9,63 m ²	Office	50,53 m ²		
Logistics	1.995,22 m ²	Test-Lab Office	74,21 m ²	Office	104,47 m ²		
M&E	163,02 m ²	Transformer 1 Room	12,30 m ²	Office	13,52 m ²		
M&E	6,43 m ²	Transformer 2 Room	12,29 m ²	Office	17,35 m ²		
Measurement	68,41 m ²	Transformer 3 Room	12,43 m ²	Office	13,10 m ²		
Medium Voltage Room	15,83 m ²	Transformer 4 Room	12,48 m ²	Office 1	131,09 m ²		
		Visitors Locker Room	11,65 m ²				
		1F	9.747,43 m²			2F	2.503,82 m²
						TOTAL	12.251,25 m²

Figura 38 Quadre de superfícies útils projecte nau

Font: elaboració pròpia basada en documentació del projecte de Nadico

El projecte de la nau es va iniciar al setembre de 2019 i va finalitzar a l'octubre de 2020. Durant aquest període es va realitzar l'Estudi de viabilitat, l'Avantprojecte, el Projecte Bàsic i el Projecte Executiu.

El PEM de la nau industrial és de 11M €, dels quals, 7M € corresponen a la part d'obra civil i 4M € a la part d'instal·lacions. A la imatge de la Figura 39 es pot veure l'estructura de capítols del pressupost de la nau industrial, realitzat amb el software Presto, corresponent al pressupost de l'obra civil. En aquest cas d'estudi no es mostra l'import detallat de cada capítol, per qüestions de confidencialitat.



PROJECT NUM.: 19-6440
16 november de 2020

ESTIMATE SUMMARY

CONSTRUCTION OF A NEW INDUSTRIAL PLANT

TAC 2 - Plot 11
TANGER-MOROCCO

CODE	CODE	AMOUNT	%
00	PRELIMINAR WORKS-SITE EQUIPMENT	0,00	0,00
01	EARTH WORKS (PLATFORMS).....	0,00	0,00
02	EARTH WORKS (FOUNDATIONS)	0,00	0,00
03	FOUNDATIONS.....	0,00	0,00
04	STRUCTURE.....	0,00	0,00
05	SEWAGE AND DRAINAGE	0,00	0,00
06	ROOFING.....	0,00	0,00
07	WALLS AND DIVISIONS.....	0,00	0,00
08	PAVING.....	0,00	0,00
09	FACADES.....	0,00	0,00
10	PAINTING AND CEILINGS.....	0,00	0,00
11	EXTERIOR CARPENTRY	0,00	0,00
12	INTERIOR CARPENTRY.....	0,00	0,00
13	DOORS-STAIRS AND RAILINGS-METAL WORKS.....	0,00	0,00
14	SANITARY AND EQUIPMENT.....	0,00	0,00
16	URBANIZATION AND GARDENING.....	0,00	0,00
17	VARIOUS.....	0,00	0,00
18	CONTROL AND QUALITY.....	0,00	0,00
19	HEALTH AND SAFETY.....	0,00	0,00
ESTIMATE OF MATERIAL EXECUTION		0,00	

This estimate is: CERO EUROS
- THIS EXCLUDES I.V.A.

TANGER-MOROCCO, 16 november 2020.

El Proyectista

NADICO INDUSTRIAL MANAGEMENT, SL

NADICO INDUSTRIAL MANAGEMENT, S.L.
C/ Xaloc, 1, Planta 2a, porta 4 (Edifici CNV) - P.I. Can Volart - 08150 Parets del Valès (Barcelona). Tel. 935 623 989
C:\Users\moritz\Desktop\201119_6440 KOSTAL-KOMORZ-Ejecutivo COMPLETO.Presto

0

Figura 39 Estructura del pressupost EC2

Font: documentació del projecte de Nadico

6.5.3 Descripció de l'empresa

L'empresa Nadico (Grup Nadico, 2021) té el seu origen al 1995 a Caldes de Montbui com a petita empresa d'enginyeria, arquitectura i consultoria. Al llarg dels anys va anar creixent i obrint diferents delegacions per donar servei a diferents zones. Actualment té cinc delegacions i estan situades a Paret del Vallès, a Madrid, a Sevilla, a Girona i a Tànger (Marroc). Les oficines de la delegació de Paret del Vallès es troben a l'edifici CNV del carrer Xaloc al Polígon Industrial Can Volart.

L'empresa desenvolupa activitats dins de l'àrea de l'enginyeria i l'arquitectura. Estan especialitzats en projectes d'obres i instal·lacions en els àmbits industrial, comercial, residencial, esportiu i d'edificació civil.

L'equip professional de l'empresa està format per enginyers, arquitectes, enginyers tècnics, arquitectes tècnics, projectistes, delineants i personal d'administració.

A l'empresa realitzen projectes amb metodologia BIM des de fa 4 anys i han elaborat 30 projectes BIM (en els que han utilitzat el software Revit). La fase d'implementació de BIM a l'empresa encara està en procés. La majoria de treballadors utilitzen el software Autocad per al modelat dels projectes. En menor mesura s'utilitza el software Revit i encara es menor el nombre d'usuaris del software Archicad. L'empresa té l'objectiu d'utilitzar Revit en tots els seus projectes en un futur immediat.

El departament d'obres i d'instal·lacions de l'empresa disposa de professionals especialitzats en BIM. Aquest equip està format per 13 treballadors amb perfils professionals variats (arquitectes, arquitectes tècnics, enginyers i delineants), dels quals 10 són del departament d'obres i 3 del departament d'instal·lacions.

En relació a la gestió de costos, els professionals utilitzen les taules de quantificació de Revit i els softwares Excel i Presto. L'objectiu de l'empresa és seguir utilitzant Presto i també hi ha la intenció d'utilitzar l'aplicació Cost-it de Revit en un futur immediat.

6.5.4 Procés de realització i gestió del projecte

Per a la realització del projecte, s'ha utilitzat el software Revit (versió 2019) per al seu modelat. El modelat del projecte l'han realitzat sis membres del departament d'obres i instal·lacions especialitzats en BIM, dels quals, tres són responsables de la gestió de costos també. Els perfils professionals són arquitectes, enginyers i arquitectes tècnics.

El nivell de desenvolupament genèric del projecte amb el software Revit és de LOD 350. El model 3D es divideix en tres disciplines, la d'arquitectura, la d'estructura i la d'instal·lacions. Al ser projectes grans, i per tant, models també grans, l'àmbit de la urbanització del projecte l'han separat de la resta per facilitar el disseny i la gestió del mateix. Així hi ha quatre models centrals que són federats i la coordinació de les dades entre els quatre i la visualització del conjunt es realitza amb el software Revit. Per a una coordinació de dades complementaria, on no sigui necessari editar els models, per a una visualització del conjunt també i per al control de les col·lisions o detecció d'interferències entre els diferents elements constructius, s'utilitza el software Navisworks.

L'equip de disseny i l'equip de gestió de costos s'han reunit quinzenalment tant en les fases inicials de disseny com en les posteriors fases de revisió del model abans de tenir la versió definitiva del projecte. La durada de les reunions va ser de dues hores. Les reunions eren majoritàriament presencials entre els

professionals de la mateixa empresa i a distància amb videotrucada i compartició de la informació amb el client i amb altres agents externs de l'empresa. Les reunions entre membres del mateix equip van ser setmanals i de duració variada.

La base de dades de la qual es disposa l'empresa o el departament per fer el model 3D són plantilles en el software Revit. Disposen de famílies d'elements constructius que han anat dissenyant al llarg d'aquests anys i en funció de les necessitats que han trobat en els diferents projectes realitzats.

Per a la elaboració del pressupost i dels amidaments, primer es prepara l'esquelet del pressupost, amb les partides d'obra definides i un cop s'ha realitzat el modelat d'una part del projecte, es fa una revisió del model a través de l'ordre de Revit de "taules de quantificació". Un cop revisades, es fa una exportació a un format TXT que es podrà obrir amb el software Excel. Des d'aquest arxiu XLS es treballa posteriorment amb el software Presto on s'indiquen els codis de muntatge de cadascuna de les partides d'obra i es revisa la descripció d'aquestes. A la Figura 40 es pot veure l'esquema dels passos que es realitzen, que en aquest cas necessiten fer dues exportacions de fitxers, fet que redueix l'agilitat del procés i facilita la possible pèrdua d'informació en les exportacions.

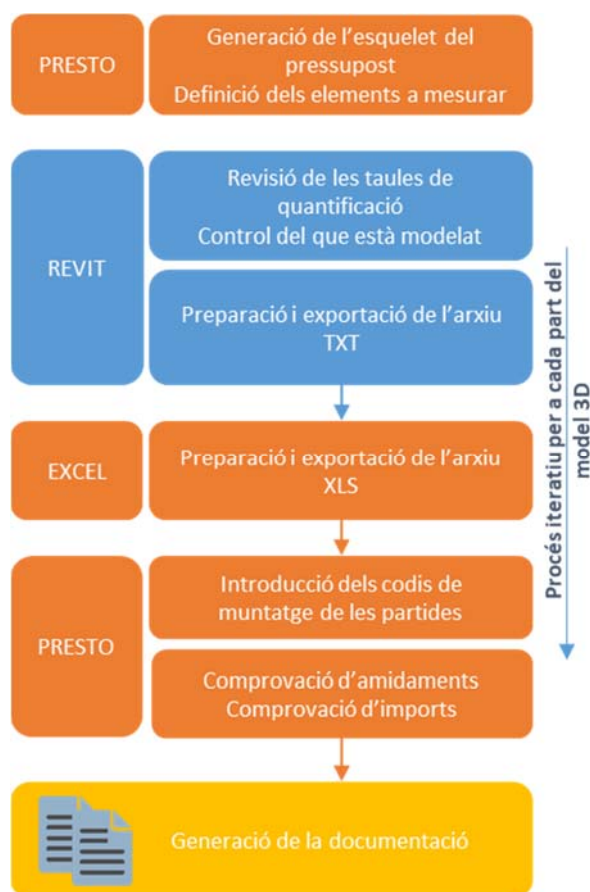


Figura 40 Esquema del procés de gestió amb EXCEL i PRESTO

La transmissió de la informació des del model 3D al software de gestió de costos es realitza per parts, per capítols o per partides concretes, depenent del cas. No s'espera a tenir tot el projecte modelat, per tant, el procés és iteratiu per a cada part del model 3D.

El responsable de la elaboració del pressupost a vegades revisa la informació que li arriba amb el del model 3D, una vegada obre l'arxiu XLS a Presto, i ho fa amb major o menor intensitat, depenent del tipus de partida o capítol i també depenent del nivell de precisió i experiència del professional que ha realitzat el modelat. En general, valida les dades directament sense revisar els plànols o la informació del model, perquè el responsable de modelar i gestionar les dades obtingudes a les taules de quantificació ha fet el model 3D seguint criteris constructius rigorosos i ha revisat les dades a les taules.

Des del model 3D s'utilitzen vistes de control específiques per verificar que cada grup d'elements estan ben classificats, seguint els criteris d'agrupació que l'empresa té establerts. Això serveix tant per revisar que el model estigui complet com per exportar i detectar col·lisions.

6.5.5 Recollida de dades qüestionari

A la Taula 19 es poden observar la recollida de dades de l'estudi de cas, a través del qüestionari.

FASE	ACCIÓ / PROCÉS	VALORACIÓ			OBSERVACIÓ		
		CRITERIS					
		T	Qv	Qd	Habilitats i coneixements	Punts forts	Dificultats
F1	A1	4	3	3	Coneixements en software i construcció	Rapidesa (si el modelat ha estat el correcte, si el delineant-projectista té coneixements en construcció)	Rectificació de treballs (si el modelador no té prou coneixements de construcció) En aquest cas, només un dels modeladors no tenia tantes nocions constructives.
	A2	4	3	3	Coneixements en software i construcció Habilitats en organització de dades	Rapidesa (si el modelat ha estat el correcte, si el delineant-projectista té coneixements en construcció)	Necessitat de més coneixements de software
F2	A3	5	3	3	Coneixements dels softwares	Rapidesa	Cap
F3	A4	4	2	2	Coneixements dels softwares	Rapidesa	Cap
	A5	2	3	3	Coneixements en software i construcció Habilitats en organització de dades	La qualitat serà millor quan estigui implementat a un nivell més alt	Actualment cal revisar més les dades
	A6	2	4	4	Habilitats en organització de dades	Rapidesa en la obtenció de la documentació, un cop revisada	Cal revisar la documentació minuciosament

Taula 19 Taula de resultats de dades EC2

6.5.6 Resultats dels codis

A continuació es mostren els codis que s'han extret de les diferents fonts d'informació agrupats en les diferents categories:

- Punt fort; bona visualització; satisfacció del gestor de costos → **Qualitat visualització.**
- Objectiu del procés; model 3D ben construït/modelat; satisfacció del gestor de costos → **Qualitat descripció dades.**
- Factor secundari; condicionat al nivell de modelat; rapidesa; revisió del model necessari → **Temps.**
- Estandarització dels elements constructius punt fort; falta de rigor en el modelat; falta informació en el model 3D; revisió del model 3D → **Nivell de modelat 3D.**
- Falta de pràctica i formació; mala transmissió de la informació → **Software.**
- Modelador orientat a amidaments; coneixements de construcció i eines; gestor amb coneixements de modelat; habilitats comunicatives; adaptabilitat noves eines; gestió de dades; entorn de col·laboració → **Coneixements, habilitats i rols.**

6.5.7 Conclusions del cas d'estudi

Les conclusions a les quals s'arriba després de l'anàlisi d'aquest estudi de cas s'exposen a continuació:

- a. Un model 3D ben estructurat i modelat afavoreix la millora de la qualitat de les dades resultants.

De la taula de resultats del qüestionari es conclou que el criteri de temps emprat per a la realització de les diferents accions va augmentant al llarg del procés. A l'inici les accions són de ràpida execució, condicionades, això sí, a la elaboració amb rigor del model 3D. A la fase inicial el temps de les accions es valora en 4, a la fase 2 es valora amb el màxim, amb un 5, donat que és un procés automàtic, i a la fase 3, les darreres accions es valoren amb un 2.

La qualitat de visualització i descripció de les dades és adequat en les primeres accions valorades i arriben a notables quan s'obté la documentació final.

Si el model 3D està ben ordenat i modelat augmenta tant la rapidesa en els processos com la qualitat de les dades resultants.

- b. La satisfacció de l'usuari es relaciona amb el nivell de qualitat de les dades.

L'aspecte que més s'ha anomenat és elaborar el model 3D amb rigor, fet que facilita o condiona la qualitat dels resultats. A les entrevistes i al qüestionari es detecta una preocupació de l'usuari per aconseguir una documentació de qualitat.

El factor temps no ha estat tant anomenat com a factor important en el procés.

- c. Els coneixements de construcció són cabdals en el procés.

El factor que més s'ha comentat en les entrevistes, com a punt clau en el procés, és la importància en el coneixement de construcció per part del professional que elabora el model 3D. En aquest sentit es parla de la necessitat o condició indispensable que el modelador hagi de ser projectista.

En relació a les eines o programaris es comenta que no són una dificultat en sí mateixes, sinó que el problema són els professionals que no han modelat de la forma correcta. Es valora més el coneixement de construcció que no de les eines.

- d. Les habilitats comunicatives de l'usuari afavoreixen l'eficiència del procés.

Les habilitats comunicatives, com l'habilitat de comunicar i presentar la informació de manera clara i ordenada i l'habilitat d'escoltar als altres, faciliten que en el procés s'evitin les transmissions d'informació incomplertes o una transmissió de la informació amb errades, fets que obliguen a repetir els processos varies vegades.

- e. El requisit o condició de la elaboració de projectes amb BIM afavoreix la implementació de BIM a l'empresa.

En aquest cas d'estudi el client va demanar que el projecte es realitzés amb BIM i aquest fet afavoreix a la implementació de BIM a l'empresa.

- f. Formació en modelat i en construcció.

En les entrevistes i qüestionaris s'ha mostrat que els modeladors tenen nocions bàsiques de construcció i els gestors experts en amidaments els complementen i orienten. De la mateixa manera, els gestors de costos no dominen encara al 100% les eines de modelat. Per aconseguir un encaix perfecte i fer encara més eficient el procés, es conclou que cal més formació de construcció per als modeladors i més formació en modelat per als gestors, per tal que estiguessin equilibrats i no hagin de complementar-se com ara fan.

6.6 Estudi de cas 3: edificis d'habitatges plurifamiliars a Esplugues de Llobregat

Aquest projecte és un cas d'estudi seleccionat principalment per l'empresa que el dissenya, l'estudi d'arquitectura Batlle i Roig, per ser un dels estudis d'arquitectura capdavanters en projectes dissenyats amb BIM en el nostre territori. Per a la obtenció de les dades s'han realitzat entrevistes semi-estructurades a l'expert de la gestió de costos i membre de la Comissió BIM de l'empresa, el Sr. Marc Torrella, enginyer d'edificació. També s'ha tingut accés a la documentació del projecte i s'han recollit respostes de qüestionaris.

6.6.1 Justificació de la selecció d'aquest cas d'estudi

L'empresa i el seu projecte dels edificis d'habitatges plurifamiliars de l'estudi d'arquitectura Batlle i Roig s'han seleccionat pels motius que a continuació s'exposen:

- a) Estudi d'arquitectura capdavanter en projectes BIM:

L'empresa té 40 anys d'experiència en el sector AEC com a projectista en obres d'edificació, de paisatge i d'interiorisme, i la incorporació de la metodologia BIM en els

seus projectes, es ve realitzant des de fa 8 anys. És una de les empreses capdavanteres i referents en el disseny de projectes amb metodologia BIM en el territori espanyol.

b) Projecte realitzat amb el software Revit:

Aquest fet fa que el projecte pugui ser analitzat, doncs és requisit indispensable per a la aplicació de la tècnica d'investigació.

c) Software Presto:

La utilització del software Presto per a l'extracció dels amidaments i pressupostos és important per ser un dels softwares que es volia analitzar en aquesta tesi.

d) Tipus de projecte:

El projecte és de l'àmbit de l'habitatge plurifamiliar, fet que el fa representatiu d'un tipus de construcció molt habitual en el sector i permet ser comparat amb altres projectes similars.

6.6.2 Descripció del projecte

El projecte és un conjunt de cinc edificis d'habitatges plurifamiliars situats al barri de Finestrelles, al municipi d'Esplugues de Llobregat (Barcelona). A la Figura 41 i a la Figura 42 es poden observar el plànol emplaçament del conjunt residencial i el plànol de la planta primera del bloc A, respectivament, realitzats amb el software Revit.



Figura 41 Plànol emplaçament projecte Finestrelles

Font: documentació del projecte de l'estudi Batlle i Roig

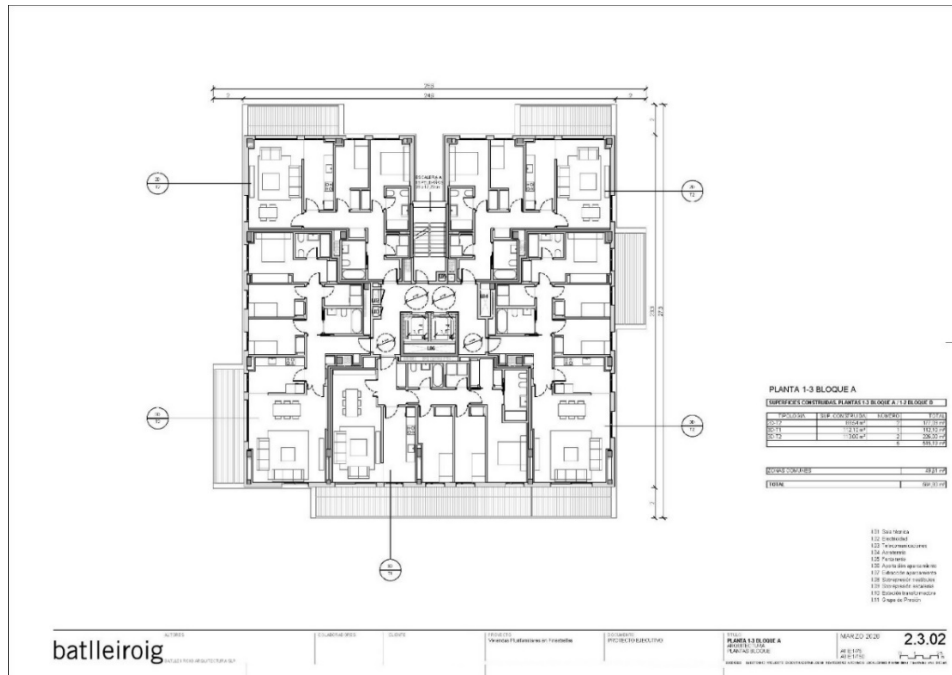


Figura 42 Plànol planta 1 bloc A

Font: documentació del projecte de l'estudi Batlle i Roig

Aquests 5 edificis es diferencien en dues tipologies, tres blocs tipus A, que tenen 9 plantes sobre rasant i dos blocs tipus B que tenen 8 plantes sobre rasant, com es pot observar a les imatges de la Figura 43 i Figura 44.



Figura 43 Plànol secció projecte Finestrelles

Font: documentació del projecte de l'estudi Batlle i Roig.



Figura 44 Render projecte Finestrelles

Font: documentació del projecte de l'estudi Batlle i Roig.

La superfície construïda del bloc tipus A és de 4.310 m² i la del bloc tipus B és de 3.916 m². El total de la superfície construïda de la promoció és de 34.553 m² (dels quals 20.961 m² són sobre rasant).

El projecte es va realitzar en quasi tres anys, des de l'Avantprojecte que es va iniciar al juny de l'any 2018 i fins al Projecte Executiu, que es va finalitzar al març de 2021.

El PEM del projecte és de 28.813.446€ i la obra es realitzarà en dues fases, per això el pressupost s'ha dividit també en dues parts, com s'observa a la Figura 45 i a la Figura 46.

RESUMEN DE PRESUPUESTO**VIVIENDAS PLURIFAMILIARES EN FINESTRELLES_FASE 1**

CAPITULO	RESUMEN	IMPORTE	%
00	NOTA DE PROYECTO.....	0,00	0,00
01	DEMOLICIONES.....	7.585,48	0,04
02	MOVIMIENTO DE TIERRAS.....	1.989.631,79	9,10
03	CIMENTACIÓN.....	2.419.173,72	11,60
04	SANEAMIENTO ENTERRADO.....	35.225,20	0,17
	SANEAMIENTO ENTERRADO		
05	ESTRUCTURA.....	2.686.881,28	12,88
06	ALBAÑILERIA.....	1.975.770,96	9,47
06C	CUBIERTAS.....	503.636,34	2,41
06FT	FALSOS TECHOS.....	398.054,18	1,81
07	PAVIMENTOS.....	921.488,76	4,42
08	REVESTIMIENTOS.....	863.341,96	4,14
09	IMPERMEABILIZACIONES.....	61.852,06	0,30
10	AISLAMIENTOS.....	162.068,57	0,78
11	CARPINTERIA DE MADERA.....	608.000,63	2,91
12	CARPINTERIA EXTERIOR Y CERRAJERIA.....	1.205.526,34	5,78
13	FONTANERIA.....	501.417,72	2,40
14	ELECTRICIDAD Y TELECOMUNICACIONES.....	1.082.845,45	5,19
	ELECTRICIDAD Y TELECOMUNICACIONES		
15	CLIMATIZACIÓN.....	1.433.747,30	6,87
	CLIMATIZACIÓN		
15C	CALEFACCION.....	607.871,51	2,81
	CALEFACCION		
17A	ASCENSORES.....	169.800,00	0,81
17PC	PCI.....	128.297,78	0,62
	PCI		
17VG	VENTILACION GARAJE Y ZZOC.....	203.134,54	0,97
17VV	VENTILACION VIVIENDAS.....	475.301,88	2,28
	VENTILACION VIVIENDAS		
19	VIDRIO.....	342.986,07	1,64
20	PINTURA.....	179.588,25	0,86
21	VARIOS.....	1.210.383,89	5,80
22	URBANIZACIÓN.....	640.333,50	3,07
23	CONTROL DE CALIDAD Y ENSAYOS.....	154.646,86	0,74
24	SEGURIDAD Y SALUD.....	192.089,64	0,92
	PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	20.858.754,32	

Asciede el presupuesto a la expresada cantidad de VEINTE MILLONES OCHOCIENTOS CINCUENTA Y OCHO MIL SETECIENTOS CINCUENTA Y CUATRO con TREINTA Y DOS CÉNTIMOS

, 30 de enero 2020.

Figura 45 Pressupost fase 1 projecte Finestrelles
 Font: documentació del projecte de l'estudi Batlle i Roig.

RESUMEN DE PRESUPUESTO**VIVIENDAS PLURIFAMILIARES EN FINESTRELLES FASE 2**

CAPITULO	RESUMEN	IMPORTE	%
01	DEMOLICIONES	5.947,20	0,07
02	MOVIMIENTO DE TIERRAS	30.737,34	0,35
04	SANEAMIENTO ENTERRADO	37.709,39	0,43
	SANEAMIENTO ENTERRADO		
05	ESTRUCTURA	912.301,37	10,46
06	ALBAÑILERIA	1.162.143,33	13,33
06C	CUBIERTAS	145.984,53	1,67
06FT	FALSOS TECHOS	257.854,75	2,96
07	PAVIMENTOS	534.874,41	6,14
08	REVESTIMIENTOS	398.699,71	4,57
10	AISLAMIENTOS	107.764,38	1,24
09	IMPERMEABILIZACIONES	2.169,44	0,02
11	CARPINTERIA DE MADERA	424.830,52	4,87
12	CARPINTERIA EXTERIOR Y CERRAJERIA	608.757,30	6,98
13	FONTANERIA	345.612,72	3,96
14	ELECTRICIDAD Y TELECOMUNICACIONES	526.901,19	6,04
15	CLIMATIZACIÓN	1.007.554,22	11,56
	CLIMATIZACIÓN		
15C	CALEFACCION	447.839,99	5,14
17A	ASCENSORES	117.200,00	1,34
17PC	PCI	8.378,36	0,10
	PCI		
17VV	VENTILACION VIVIENDAS	306.947,44	3,52
	VENTILACION VIVIENDAS		
19	VIDRIO	193.585,08	2,22
20	PINTURA	64.113,87	0,74
21	VARIOS	816.315,82	9,36
22	URBANIZACION	77.705,23	0,89
23	CONTROL DE CALIDAD Y ENSAYOS	79.850,18	0,92
24	SEGURIDAD Y SALUD	96.044,82	1,10
	PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	8.717.822,59	

Asciende el presupuesto a la expresada cantidad de OCHO MILLONES SETECIENTOS DIECISIETE MIL OCHOCIENTOS VEINTIDOS con CINCUENTA Y NUEVE CÉNTIMOS

, 30 de enero 2020.

Figura 46 Pressupost fase 2 projecte Finestrelles

Font: documentació del projecte de l'estudi Batlle i Roig.

6.6.3 Descripció de l'empresa

L'estudi d'arquitectura Batlle i Roig (Batlle i Roig Arquitectura, 2021) està situada a Esplugues de Llobregat (Barcelona) i es va fundar a l'any 1981 pels seus socis fundadors Joan Roig i Enric Batlle,

arquitectes. L'empresa té una àmplia trajectòria en el sector AEC en obres d'edificació, de paisatge i de planejament urbà i ha rebut nombrosos reconeixements i premis nacionals i internacionals en aquests àmbits. Cal destacar la medalla que li atorga el Consell Superior dels Col·legis d'Arquitectes d'Espanya, reconeixent la qualitat i rigor professional de l'empresa i situant-la com a referent nacional (Consejo Superior de Arquitectos de España, 2017).

L'estudi va iniciar la implementació de la metodologia BIM en el disseny i gestió dels seus projectes a l'any 2011 i el nombre de projectes amb eines BIM han estat més de 70.

Actualment, l'empresa té 125 treballadors/es, dels/ de les quals 110 són Arquitectes i formen part dels equips de disseny de l'empresa i 9 són Enginyers/es d'Edificació responsables de la gestió de costos dels projectes. La resta són personal d'administració.

L'equip de disseny de l'estudi utilitza el software Revit i segueix els criteris de modelat definits en el document BEP de cada projecte. Per a la gestió econòmica, els gestors de costos utilitzen generalment el software TCQ, tot i que s'adapten a les necessitats de la promotora, com en aquest cas, on per requeriment de la mateixa utilitzen el software Presto. L'estudi té la intenció d'utilitzar TCQ de forma més generalitzada.

6.6.4 Procés de realització i gestió del projecte

El projecte s'ha dividit en dues disciplines principals per procedir al seu modelat: edificació i urbanització. Per a l'edificació s'ha utilitzat el software Revit (versió 2018) amb un LOD 300 per al Projecte Executiu i per a la urbanització s'ha utilitzat el software Autocad.

L'equip de disseny que ha participat en el projecte estava format per dues persones principalment i en alguns moments puntuals fins a 5 persones, totes elles amb perfil professional d'arquitecte.

El nombre de gestors de costos que han participat en el projecte són dos, participant com aportadors de informació en la fase de modelat i com responsables d'elaborar l'estat d'amidaments i el pressupost del projecte. Els perfils professionals d'aquestes dues persones són enginyers/es d'edificació i no participen en tasques de modelat.

Les reunions del gestor de costos amb equip de disseny (ED) han estat dues principals: una primera reunió on es defineixen les tipologies dels elements i detalls constructius i on s'estableixen els criteris de modelat, i una segona reunió en la on es realitza la revisió del model 3D. A part d'aquestes dues reunions principals, n'hi ha de secundàries, menys programades i més freqüents, facilitades per la compartició del lloc de treball dels diferents equips. informals, no programades.

El model 3D es divideix en varies parts, en BIM parcials, segons les disciplines: arquitectura, estructura i instal·lacions i a part, el model de coordinació. La disciplina d'arquitectura es divideix també en diversos models, en links, per no sobrecarregar els arxius. En aquest projecte, hi ha un vincle o "link" per cada tipus d'habitatge, per cada nucli d'escala i per cada nucli soterrani, sumant un total de 20 links, que seran els que es gestionaran en el model coordinació o model mare.

La coordinació de les dades es fa amb el model mare al software Revit i les col·lisions es revisen amb el software Navisworks per part de la propietat i amb Revit per part dels arquitectes de l'estudi.

L'arxiu central del projecte està localitzat al servidor de l'empresa i s'actualitza cada hora.

L'estudi utilitza biblioteques de famílies pròpies excepte en la família d'armaris, on utilitzen famílies de fabricants.

El software que s'ha utilitzat per a la realització de l'estat d'amidaments i pressupost en aquest projecte és el Presto (versió 2020).

Els gestors de costos generen les taules de planificació a Revit, partint d'unes plantilles base molt ben definides que l'estudi va generar al 2013 i que estan molt ben valorades pels tècnics, perquè els ajuda a incorporar els paràmetres, a filtrar, a extreure amidaments i a facilitar el control i la localització dels elements sense interferir amb altres funcions i/o aspectes del projecte. Aquestes taules de planificació i vistes del projecte a Revit són molt intuïtives i donen agilitat en el procés de cerca d'elements.

L'aportació del gestor de costos en la fase de modelat en quant a classificació i definició d'elements mitjançant les plantilles és molt important, com es veurà en el resultat de l'anàlisi.

Els gestors de costos utilitzen una base de dades de partides d'obra, pròpia de l'empresa i que es va actualitzant constantment.

A partir d'aquí, una vegada s'ha modelat part o tot el projecte, s'exporten les taules al software Excel (en format TXT), i en aquest entorn es filtra i s'ajusta el necessari, seguint un esquema de procés idèntic al de l'EC2 mostrat a la Figura 40. A continuació, es realitza una còpia de les dades que serà inserida al software Presto. Aquest procés es pot repetir varies vegades, perquè es fa per parts, no poden fer-ho de cop perquè no poden esperar a que el ED acabi el projecte definitivament per passar al bolcat, perquè sinó no tindrien temps de fer-ho per les dates de lliurament, que són molt ajustades. Els gestors de costos acaben la seva tasca casi al mateix temps que els ED. Com es veurà en el resultat de l'anàlisi, els gestors de costos tenen poc temps per revisar.

6.6.5 Recollida de dades del qüestionari

A la Taula 20 es poden observar la recollida de dades de l'estudi de cas, a través del qüestionari.

6.6.6 Resultats dels codis

Els resultats que s'obtenen de les diferents fonts (entrevistes semi-estructurades, documentació del projecte i qüestionaris) s'han codificat i agrupat en categories, indicades en negreta:

- Bona visualització → **Qualitat visualització.**
- Qualitat com a punt clau; protocol intern empresa; gestió àgil informació, informació centralitzada; nombre elevat de documents; satisfacció del gestor de costos amb la qualitat de les dades → **Qualitat descripció dades.**
- Factor secundari; agilitat consulta dades; treball intens en fases finals; falta de temps per repàs final → **Temps.**
- Experiència en projectes BIM; document BEP; aplicació de coherència constructiva → **Nivell de modelat 3D.**
- Complexitat fases inicials; elevat nombre de processos; modelat amb links → **Software.**

- Coneixements en construcció, eines, estructuració i classificació d'elements; coneixement del BEP; treball simultani entre gestor de costos i equip de disseny; habilitats comunicatives; concentració; adaptabilitat noves eines; gestió de dades → **Coneixements, habilitats i rols.**

FASE	ACCIÓ / PROCÉS	VALORACIÓ			OBSERVACIÓ		
		CRITERIS					
		T	Qv	Qd	Coneixements i habilitats	Punts forts	Dificultats
F1	A1	4	4	4	Coneixement del software Domini de l'estructuració dels elements modelats i dels paràmetres de classificació d'aquests	Protocol intern altament desenvolupat	Complexitat elevada per l'excés de links de modelat i dels processos que se'n deriven Impossibilitat de filtrar segons conveniència particular del projecte per modelar amb links
	A2	5	4	4	Coneixements en softwares de gestió	Aplicació d'un ordre constructiu coherent	Adaptació a l'estructura de pressupost donada per la promotora
F2	A3	5	3	3	Coneixements dels softwares	Rapidesa	Cap
F3	A4	4	3	3	Capacitat de concentració Coneixements en estructuració dels elements modelats i dels paràmetres de classificació utilitzats	El treball simultani entre modeladors i GC al llarg del procés	Nivell de treball molt alt Possibilitat d'errors humans donat al gran nombre de passos manuals Impossibilitat de revisió del model per les dates ajustades del lliurament
	A5	3	3	3	Coneixements en softwares i en construcció	Agilitat	Necessitat de més temps per revisions
	A6	4	3	3	Coneixements del softwares de gestió	Capacitat de generar molta informació centralitzada en cada document i en poc temps	Excés de documents a generar (a petició del promotor i per les característiques del projecte)

Taula 20 Taula de resultats de dades EC3

6.6.7 Conclusions del cas d'estudi

A continuació s'exposen les conclusions resultants de l'anàlisi de l'estudi de cas:

- El protocol intern és punt clau en el procés.

Dels resultats de l'anàlisi es determina que la disposició d'un protocol intern de gestió de dades relatives als elements constructius en el sistema informàtic de l'empresa és primordial per garantir la correcta realització de la gestió de les dades i la qualitat dels

resultats que al final del procés s'obtenen. La funcionalitat i l'agilitat d'aquest sistema genera satisfacció en el gestor de costos. En aquest cas l'empresa té una ampla experiència amb la metodologia BIM i això facilita que aquest protocol intern estigui en un procés de millora continua.

Relacionat amb aquest aspecte, també es desprèn com a punt clau, la correcta estructuració i classificació dels elements constructius.

b. Les revisions al final del procés són molt necessàries.

Dels resultats dels codis i de les valoracions en relació a l'agilitat en la realització de cadascuna de les accions, s'observa que en les accions inicials el procés és àgil, gràcies al protocol del que disposa l'empresa, però en l'acció 5 té la puntuació més baixa (3 sobre 5) i això evidencia que el procés esdevé més lent en aquesta fase perquè es fa necessària la revisió tant del model 3D com de la informació associada a aquest (veure Taula 20)

De la mateixa manera que el temps, la valoració de la qualitat de les dades i la seva visualització es valoren amb menys puntuació en les fases finals, pel mateix motiu, perquè la qualitat a la que s'arriba en aquesta fase final no és la idònia i s'ha de procedir a la revisió exhaustiva del model 3D i de la documentació. Fins i tot el procés de revisió resulta ser iteratiu, per possibles modificacions del projecte.

Aquestes revisions, per tant, són les dificultats més grans del procés, per la inversió de temps que requereixen i per l'esforç i capacitat de concentració que requereixen per part del GC. Tot i això, esdevenen primordials per garantir la qualitat dels resultats.

c. Coneixements en construcció i ordre constructiu lògic.

De l'anàlisi del cas s'observa la importància dels coneixements en construcció i en lògica constructiva sobretot, per a obtenir un resultat de més qualitat. Aquests coneixements es consideren molt més importants que els coneixements en softwares i són també un punt clau per aconseguir uns resultats de qualitat.

d. Treball simultani equip de disseny (ED) i gestor de costos (GC).

De l'anàlisi d'aquest cas s'observa que en aquesta empresa estan molt definides i clarament diferenciades les tasques de l'equip de modelat de les de l'equip de gestió de costos. De les entrevistes es desprèn la necessitat dels gestors de costos de treballar més conjuntament, de fer més reunions a nivell formatiu, amb l'equip de disseny, a les fases inicials per transmetre els requeriments de modelat per a una millora de l'extracció dels amidaments, i en tot el procés per millorar la qualitat de les dades resultants i evitar errades. També s'observa la possible necessitat d'un perfil més transversal, que tingui coneixements tant en construcció com en modelat, o si més no, com a mínim incrementar els coneixements de cadascun dels agents en l'altra disciplina per tal d'entendre millor què necessita l'altra part.

e. Habilitats comunicatives.

Amb l'observació i les entrevistes es desprèn que les habilitats comunicatives serien les més necessàries per al gestor de costos per tal de comunicar de forma clara la documentació del projecte.

En segon terme queden les habilitats relatives a la gestió de les dades i en tercer l'adaptabilitat a les noves tecnologies.

6.7 Estudi de cas 4: habitatge plurifamiliar del grup LOBE

Aquest estudi de cas s'ha seleccionat per ser una empresa singular en diferents aspectes, entre els quals està la forma de gestionar el procés constructiu a través d'una metodologia pròpia i utilitzant una eina digital desenvolupada a mida per permetre aquesta gestió. Aquest estudi de cas no disposa d'un projecte d'edificació concret.

Per a la obtenció de les dades s'ha realitzat una entrevista semi-estructurada amb el responsable de planificació i processos Lean-BIM de l'empresa, Salazar Santos Fonseca, enginyer de camins, i també s'ha tingut accés a la documentació de l'empresa, com vídeos, articles publicats en congressos i diaris digitals.

6.7.1 Justificació de la selecció d'aquest cas d'estudi

Aquest cas d'estudi s'ha seleccionat per diferents motius que a continuació s'exposen:

a) Aplicació pròpia per a la gestió:

L'empresa va desenvolupar un model de gestió propi, una aplicació que funciona amb el software Navisworks, que permet controlar els aspectes econòmics del projecte des de l'inici, inclús amb les primeres versions de l'avantprojecte. És interessant aquest aspecte per la singularitat de l'aplicació i per totes les avantatges que ofereix.

b) Gestió industrialitzada dels projectes:

L'empresa té de referent a la indústria de l'automoció i planteja una gestió industrialitzada dels seus projectes, basant-se en processos Lean i utilitzant les noves tecnologies. Aquest aspecte és destacable i decisiu en la tria perquè és un exemple representatiu de l'actual evolució del sector de la construcció. La industrialització és un tema clau a tenir en compte actualment per plantejar el futur⁵¹ i aquesta es veu molt afavorida amb la metodologia BIM, perquè tenir la capacitat de modelar els projectes facilita la industrialització dels mateixos.

c) Projectes modelats amb el software Revit:

Aquesta empresa compleix amb el requisit imprescindible per a ser seleccionat que és l'ús del software Revit per al modelat dels projectes.

d) Empresa projectista-promotora-constructora:

Aquesta empresa és diferent a la resta de casos d'estudi i això ajuda a tenir un ventall més ampli en els casos d'estudi. El grup LOBE és una empresa projectista-promotora-constructora, fet que facilita la implementació de BIM en els projectes des de les fases inicials de disseny fins a la fase de manteniment de l'edifici.

⁵¹ El Congrés European BIM Summit de Barcelona de l'any 2021 inclou tres temes principals, un dels quals és la industrialització del sector. <https://europeanbimsummit.com/>

e) Projectes d'habitatges plurifamiliars amb certificat "Passivhaus":

Els projectes que dissenyen i construeixen són principalment projectes d'edificació (habitatge plurifamiliar) i aquests disposen del certificat "Passivhaus"⁵², fet que els dona un plus de qualitat, un valor afegit al producte.

6.7.2 Descripció de l'empresa

L'empresa LOBE (Grupo Lobe, 2021) té 30 anys d'experiència en el sector de la construcció. Es va iniciar com empresa constructora i després va incorporar el disseny dels projectes i la seva comercialització. La primera seu es va establir a Saragossa i posteriorment se'n van crear dues més, a Madrid i a València.

L'empresa actualment s'encarrega del disseny, la construcció i la comercialització dels projectes de construcció, els quals són principalment edificis d'habitatges plurifamiliars. Des de l'any 2018 alguns dels habitatges construïts ja disposen del segell "Passivhaus" (26 habitatges) i el volum d'aquests va incrementant fins tenir una previsió de 789 habitatges en fase de projecte per l'any 2021. Aquest segell dona un valor afegit a l'habitatge, al producte de l'empresa.

L'empresa ha promogut una transformació a nivell digital basat en la filosofia Lean i la metodologia BIM. Així ha consolidat processos que es repeteixen de projecte a projecte i de obra a obra, permetent una estandardització dels mateixos. Aquesta afavoreix l'augment de la productivitat i aquesta al seu torn, fa créixer la competitivitat de l'empresa en el sector (Grupo Lobe, 2016).

Durant els anys 2016 a 2018 l'empresa va promoure el projecte GLOBE per a la virtualització i optimització de processos industrialitzats en el sector. En aquest projecte van participar la mateixa empresa grup LOBE i un soci tecnològic, HIBERUS Tecnologia, per al desenvolupament de l'aplicació HUBE. El Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial⁵³ (CDTI) reconeix el caràcter d'investigació, desenvolupament i d'innovació d'aquest projecte GLOBE.

Aquesta transformació digital permet implementar a l'empresa diferents aspectes com: el concepte de valor del producte, la innovació com a estratègia organitzativa, el producte digital i el seu entorn de col·laboració, la contractació basada en l'estratègia relacional i la gestió del cost del projecte des de diferents punts de vista: cost planificat, cost contractat i cost executat. Aquest darrer punt és el que interessa més en aquesta investigació.

6.7.3 Descripció de la metodologia GLOBE i l'aplicació HUBE

La metodologia GLOBE utilitza la indústria de l'automoció com a referent i proposa una gestió industrialitzada dels projectes immobiliaris, a través de la incorporació de les noves tecnologies i de la

⁵² La casa passiva, "passivhaus" o "passive house Standard", és la certificació que acredita que la construcció de l'habitatge s'ha realitzat seguint els requisits de gran aïllament tèrmic, control d'infiltracions d'aigua i de control de qualitat de l'aire, arribant a un estalvi energètic del 70% respecte a un habitatge de construcció tradicional. El primer habitatge amb aquestes propietats es va construir a Alemanya al 1990.

https://web.archive.org/web/20070927014406/http://www.passivhaustagung.de/Kran/First_Passive_House_Kranichstein_en.html

⁵³ El "Centro para el desarrollo Tecnológico Industrial" és una entitat pública creada al 1977 per a la promoció de la innovació i el desenvolupament tecnològic, que depèn del Ministeri d'Economia, Indústria i Competitivitat d'Espanya. <https://www.cdti.es>

aplicació de la filosofia Lean i dels usos BIM en els projectes. És una aposta per a la innovació en els seus projectes i processos de construcció (Santos Fonseca, 2018b).

Segons l'article "*Proyecto de fabricación: Lean-BIM desde el estudio de viabilidad hasta el acta de replanteo*" publicat per Salazar Santos Fonseca, l'empresa selecciona una sèrie de pràctiques empresarials del sector de la indústria de l'automoció i les aplica al sector de la construcció, com per exemple:

- la innovació com estratègia organitzacional.
- la definició del producte de forma digital i l'evolució d'aquest des del disseny inicial fins a la post-venta.
- l'entorn de col·laboració de serveis i subministres.
- l'estandardització de processos.
- la industrialització de processos.
- la visió del procés productiu basat en un flux de consum de recursos.

A nivell tecnològic, és interessant veure que la barrera o l'inconvenient que es trobaven, i aquest està citat en els dos articles, era la complexa interoperabilitat entre els diferents softwares comercials de gestió amb els que s'havia pensat treballar. Així va ser com, una vegada van veure que cap d'ells cobria de forma satisfactòria la gestió global del projecte, van considerar necessari fer el desenvolupament de l'aplicació HUBE.

La metodologia GLOBE es fonamenta en tres pilars:

- un sistema de codificació que relaciona les activitats, els mètodes i els recursos. La eina HUBE es la que gestiona aquests tres nivells de codificació.
- un model BIM.
- uns processos dissenyats amb filosofia Lean que generen un flux de treball continu i complementari sense duplicitat de tasques, entre d'altres aspectes.

La eina HUBE facilita l'intercanvi de dades entre els processos Lean i el model 3D de BIM per a dur a terme els projectes, com es pot observar a la Figura 47. Aquest flux d'informació àgil i transparent permet una millora en la comunicació entre els diferents agents que intervenen.

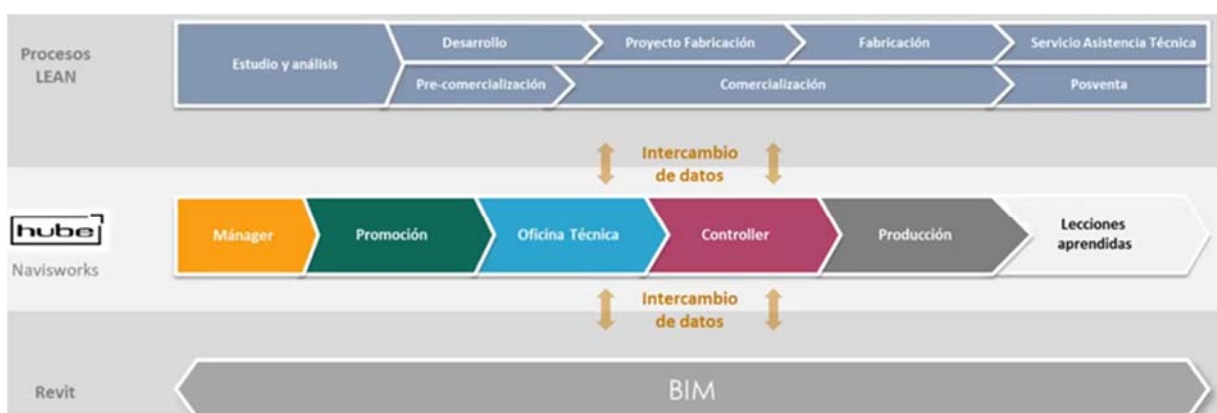


Figura 47 Relació entre els processos Lean, la eina HUBE i el model BIM

Font: Imatge cedida per grup LOBE

Aquesta eina disposa de diferents mòduls que es relacionen els uns amb els altres i de forma circular, així la base de dades es retro alimenta i va creixent de projecte a projecte. La informació creada per primera vegada d'una manera teòrica a la fase més inicial del procés va evolucionant a mesura que el projecte avança i finalment aquesta informació és més ajustada a la realitat (Santos Fonseca, 2018a). Així aquesta informació fa créixer la base de dades i podrà ser utilitzada en posteriors projectes.

La metodologia GLOBE té un esquema similar al que segueixen els casos més comuns de gestió de productes immobiliaris, tot i que incorpora un flux de processos optimitzat. Les fases són:

- Estudi i Anàlisi.
- Projecte de Fabricació.
- Fabricació.
- Comercialització.

A continuació es comenten breument les dues primeres fases, perquè són els que estan més relacionades amb els aspectes que tracta aquesta tesi.

A la fase d'Estudi i Anàlisi els processos que es duen a terme són:

- Estudi de Mercat.
- Planificació global de processos.
- Definició del valor del producte.
- Disseny volumètric.
- Estudi de viabilitat.
- Opció de compra.
- Pre-comercialització.
- Adquisició del terreny.

L'article destaca, dins del procés de Definició del valor del producte, punts molt interessants com el baix consum energètic, la bellesa arquitectònica, la estandardització, la industrialització i la personalització.

El procés de Disseny volumètric és el més interessant per aquesta investigació perquè es la etapa en la que es planteja la definició de l'Avantprojecte en un entorn BIM on el model està desenvolupat de tal manera que els seus elements tenen una codificació pròpia amb la qual es pot disposar de la quantificació dels recursos humans i materials necessaris per a la fabricació del producte. És un model senzill, que no serveix per a la fase de fabricació però del que s'obté un cost que servirà de referent tant per a l'estudi de viabilitat com per al desenvolupament del projecte de fabricació.

Prèviament a l'inici de l'elaboració d'un model, es defineix una biblioteca de famílies de tipus d'elements amb una codificació referida al mètode constructiu associat i que prèviament s'ha testat a HUBE per tal que al ser incorporat al model, després es pugui seleccionar i torni correctament la quantitat segons la seva unitat d'amidament quan estigui fet servir per l'eina HUBE a cadascun dels seus mòduls.

L'estructura de dades de HUBE parteix de l'estructura tradicional, on es vinculen uns recursos amb unes notes clau o unitats d'obra per definir el cost unitari del mateix, i hi afegeix la vinculació de les activitats necessàries per realitzar aquelles unitats d'obra, com es pot observar a la Figura 48.

Quan es realitza el projecte, les notes clau o unitats d'obra s'alimenten de la base de dades i es va produint la zonificació i la quantificació de la unitat d'obra.

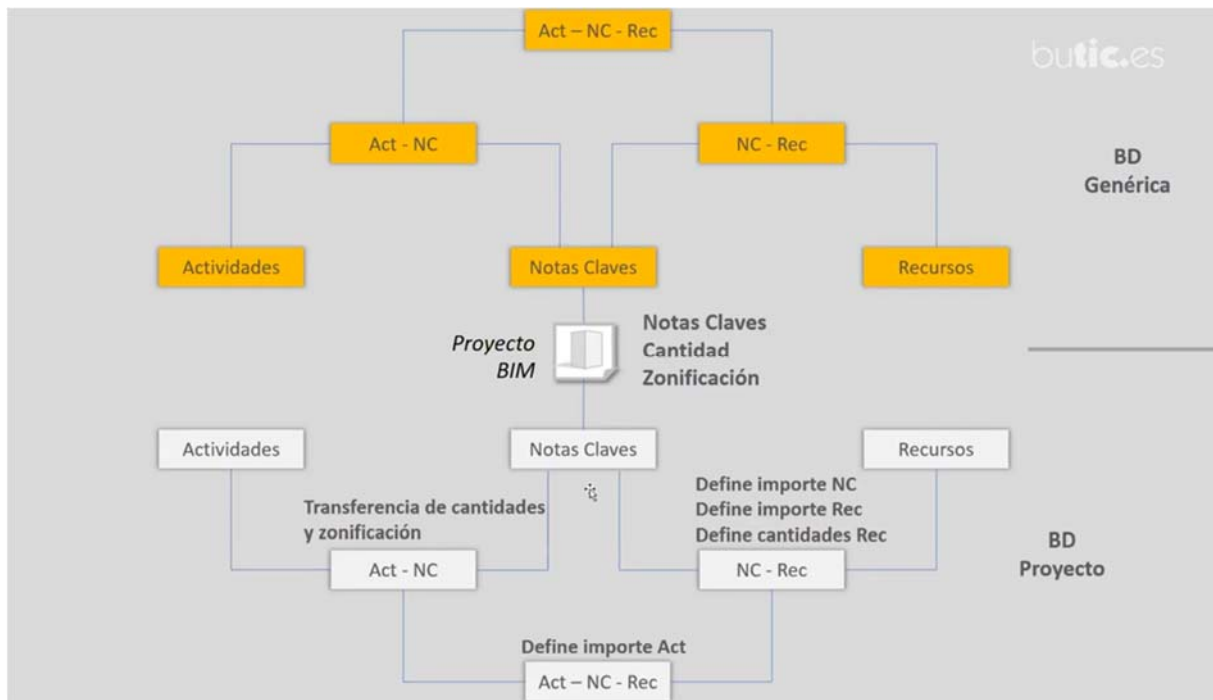


Figura 48 Esquema de l'estructura de dades

Font: Imatge cedida per grup LOBE

És molt interessant el Projecte de Promoció, realitzat amb software Revit i gestionat amb HUBE dins del software Navisworks, perquè ja dona una valoració del projecte de venda i del projecte bàsic, i la seva realització és molt ràpida. A la Figura 49 es poden observar els processos previs i posteriors a la realització d'aquest Projecte de Promoció.

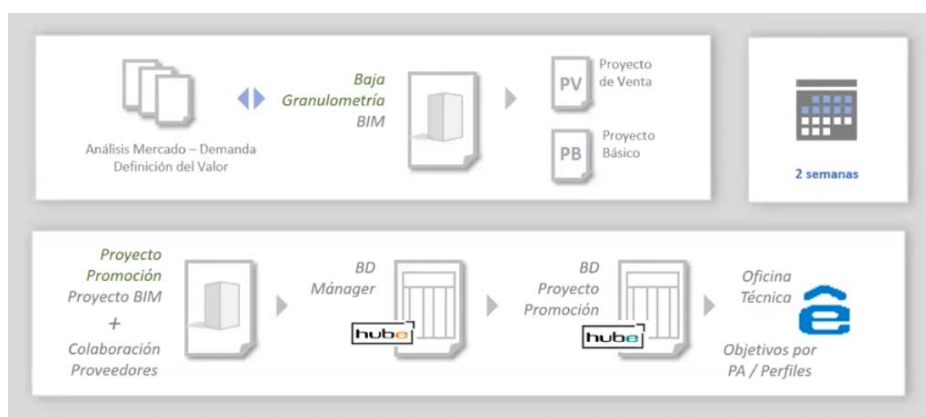


Figura 49 Processos Projecte Promoció

Font: Imatge cedida per grup LOBE

El Projecte de Promoció es realitza amb un nivell de baixa granulometria, o el que és el mateix, amb un nombre d'elements o objectes molt inferior que el Projecte d'Execució. En el Projecte de Promoció és interessant l'existència de "motxilles" per a la vinculació de elements constructius o d'instal·lacions no modelats, a la unitat d'habitatge o unitat d'espai. Per exemple, hi ha motxilles de

fontaneria que es vinculen a l'habitatge sense haver de modelar la instal·lació completa. A la Figura 50 es pot observar una imatge de l'edifici d'habitatges visualitzat amb Navisworks i al costat l'esquema de pressupost corresponent, amb la eina HUBE.

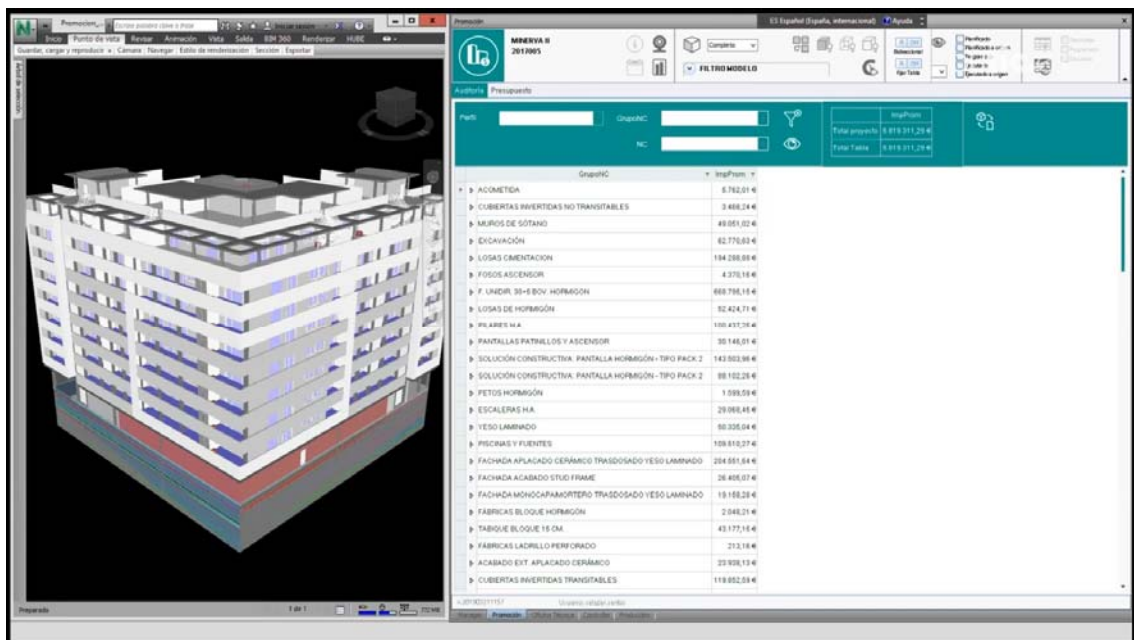


Figura 50 Imatge Projecte Promoció

Font: Imatge cedida per grup LOBE

A la fase de Projecte de Fabricació (Santos Fonseca, 2018b) els processos que es duen a terme són els següents:

- Definició del Plec de Prescripcions.
- Projecte Bàsic.
- Pre-contractació.
- Projectes d'Àrea.
- Projecte Executiu.
- Auditoria del model.
- Generació de la base de dades del projecte.
- Auditoria de la base de dades del projecte.
- Planificació.
- Contractació.

En el desenvolupament del model BIM s'apliquen conceptes de gestió integrada de projectes com són, per exemple, el desenvolupament simultani de les diferents disciplines i la forma de treball "Obeya Room" o "Big Room"⁵⁴. Aquest darrer aspecte és fàcil de dur a terme perquè el grup LOBE inclou els

⁵⁴ "Obeya Room" o "Big Room" és un format de treball transdisciplinari que s'aplica en la gestió de projectes Lean Project Delivery Systems (LPDS) que consisteix en una reunió en un mateix espai dels diferents agents que intervien en el projecte, amb l'objectiu d'arribar a uns

diferents agents, des dels modeladors, fins als responsables de fabricació i comercialització, entre d'altres.

Dels processos de la fase de Projecte de fabricació és interessant el que succeeix després de fer l'Auditoria del model, moment en que es genera una versió estàtica del pressupost, on les dades queden congelades. A partir d'aquesta fase se li afegeix el factor temps per a quantificar recursos i es determina el pressupost base de contractació.

6.7.4 Recollida de dades entrevista

Amb l'objectiu d'obtenir els factors clau d'èxit de l'empresa i la resolució de dubtes, es va fer una entrevista semi-estructurada al responsable de planificació i processos Lean-BIM del grup LOBE, Salazar Santos Fonseca, Arquitecte.

a) Quins són els factors d'èxit de l'empresa?

L'èxit de LOBE es basa en tres aspectes principalment:

- *Per un costat, és cabdal la base de dades que tenim. Els anys d'experiència com a empresa constructora ens ha facilitat la generació d'aquesta informació que nodreix la base de dades de l'aplicació HUBE.*
- *L'empresa agrupa els diferents agents de la construcció i això afavoreix aspectes relatius al treball en col·laboració i a aspectes de contractació. Per exemple, el projectista té a qui contractar.*
- *Els projectes d'edificació tenen el segell Passivhaus. Aquest distintiu comporta complir amb tres principis bàsics: assegurar una hermeticitat, un bon aïllament i un aire interior de qualitat, suficientment ventilat. Aquest aspecte dona un valor afegit al producte resultant.*

b) Quina diferència hi ha entre el projecte de promoció i el projecte bàsic?

El sistema de treball de LOBE genera tres arxius-projecte:

- *Projecte de promoció.*
- *Projecte bàsic.*
- *Projecte d'execució.*

Els tres arxius es realitzen amb el software Revit per al modelat i després aquests arxius s'exporten a Navisworks, on s'utilitza l'aplicació HUBE que sincronitza els elements modelats.

Es realitzen en paral·lel entre tres i quatre versions del projecte de promoció i es triguen dues o tres setmanes màxim per a cada versió. Durant el procés es fan reunions setmanals i es van observant els resultats de cadascuna de les versions. El projecte de promoció utilitza la base de dades de HUBE on hi ha definits uns 30.000 objectes.

acords en quant a costos permisos, per exemple, en les fases inicials de definició del projecte, per tal de validar el model de negoci (Pons Achell, 2014).

La diferència principal entre el projecte bàsic i el de promoció es que en el bàsic s'inclouen definicions d'elements constructius d'instal·lacions de ventilació, per tal de complir amb la normativa de cara a obtenir la llicència d'obres municipal.

c) Com és el procés? Com s'utilitza l'aplicació HUBE?

Una vegada es realitza el model en Revit, es realitza l'exportació a Navisworks i es sincronitzen els 30.000 elements. Aquests inclouen 2.000 activitats, 18.000 recursos i 10.000 unitats. Aquesta exportació queda congelada. Hi ha una transferència dels elements de Revit al llenguatge de la base de dades de HUBE.

Cada objecte disposa d'un codi i d'una nota clau. El codi de l'objecte es sincronitza amb la base de dades, amb els recursos i les activitats, que configuren la unitat d'obra. L'objecte queda vinculat amb els seus recursos i activitats. En funció del format de unitat de mesura que es defineixi la unitat d'obra, quedaran definits els amidaments.

Després de la sincronització, la eina HUBE té pantalles de gestió per fer les accions que calgui. A la hora de treure informació de quantitats, no es mesura res, tot surt de forma automàtica.

d) Quins agents intervenen en el projecte?

Per a la redacció i gestió del projecte és necessari cobrir els següents càrrecs:

- Gerent de la promoció.
- Director de projectes.
- Responsable de pressupostos.
- Màrqueting.

El gerent de la promoció dona d'alta la ubicació del solar fins que es desenvolupa el producte. En paral·lel es fa l'estudi de mercat per veure quin producte seria ideal. Amb això comença el projecte de promoció. Es dona resposta a què es pot fer i a quin cost. La direcció general dona conformitat i es comença a fer el projecte de promoció.

La persona que modela pot ser tant del departament de pressupostos (arquitectes i enginyers d'edificació) com pot ser de l'equip de projectistes del projecte d'execució (arquitectes).

e) Com s'estructura el model?

El projecte de promoció (i el bàsic i el d'execució), en comptes de dividir-se en les diferents disciplines com es fa en un projecte tradicional, s'organitza en diferents línies de producció:

- Xassís.
- Nuclis.
- Envolupant.
- Coordinació arquitectura interior.
- Urbanització.
- Implantació (costos indirectes).

En el projecte tot pivota al voltant de la base de dades estructurada i el seu històric per contrastar.

f) Quin seguiment es fa al llarg del projecte?

Es realitzen reunions setmanals molt pautades, amb dies setmanals fixes, per fer el seguiment de les diferents fases de tots els projectes i ho fan les tres delegacions a la vegada. Fan dues reunions setmanals pel seguiment dels projectes de promoció, una reunió setmanal pel seguiment dels projectes d'execució, dues reunions setmanals pel seguiment de les obres, i una reunió setmanal pel seguiment de la planificació.

g) Quines característiques específiques tenen alguns dels elements constructius?

En general, hi ha una estandardització de recursos, com per exemple els tancaments interiors que són de Pladur i les façanes que són panells prefabricats. Ells no treballen amb fàbrica.

Utilitzem "motxilles", que són agrupacions d'elements constructius que no es modelen però es vinculen a altres conceptes modelats com són els diferents espais de l'habitatge. Així per exemple, hi ha la motxilla per a tota la instal·lació de fontaneria i sanejament en un habitatge tipus.

Els acabats com els paviments es solen posar, no són motxilles.

Les fusteries també es modelen i la que es grafia és la que es farà.

La capa de pintura no es modela, la tenim en compte per rendiment, perquè els objectes multicapa els donaven problemes i van optar per no utilitzar-los. Ells modelen murs com murs senzills.

En el projecte d'execució sí que posem un "velo" per a la pintura, per exemple.

També modelem per altres despeses, per exemple, tenim motxilles de lloguer de bombes, de sou de cap d'obra, etc.

h) Quin avantatge té el cap d'obra?

El cap d'obra quan rep el pressupost té marge de beneficis si els preus són generosos i contracta per sota o juga amb el rendiment i les minves del material. Entre el preu contractat i el projecte real el cap d'obra té marge en la optimització del recurs.

i) Quines incidències es produeixen?

Normalment es produeixen tres incidències:

- *Les errades del projecte.*
- *La mala execució a l'obra.*
- *Les desviacions per fets fortuïts.*

L'objectiu de l'empresa LOBE en relació a les incidències que es poden produir en el procés constructiu és que no es generin errades del projecte i tampoc una mala execució a l'obra. Només es permeten tenir errades que no poden preveure, errades per fets fortuïts.

L'empresa considera clau la correcta planificació i un flux de recursos humans gradual, tant en l'inici com en el final de l'obra.

L'objectiu de l'empresa LOBE en el procés constructiu és la bona qualitat en l'execució.

6.7.5 Resultats dels codis

A continuació s'exposen els codis resultants de l'anàlisi de les diferents fonts d'informació, agrupats en les diferents categories:

- Excelent visualització; satisfacció GC; fases del projecte; planificació correcta → **Qualitat visualització.**
- Factor èxit empresa; base de dades complertes i actualitzades; sistema transparent; amidament indiscutible; accés infinitat d'informació; estandarització de recursos → **Qualitat descripció dades.**
- Rapidesa elaboració projectes; resultat automàtic amidaments; accés immediat a la informació → **Temps.**
- Estandarització de sistemes constructius; base de dades pròpia punt fort → **Nivell de modelat 3D.**
- Eina pròpia de l'empresa punt clau; falta millora amabilitat sistema → **Software.**
- Perfil transversal; Entorn de col·laboració; gestor de producció; projectista multidisciplinari; solucions constructives i cost; presa de decisions; motivació personal → **Coneixements, habilitats i rols.**

6.7.6 Conclusions del cas d'estudi

Les conclusions a les quals s'arriba després de l'anàlisi d'aquest estudi de cas s'exposen a continuació:

- a. Una base de dades complerta i actualitzada garanteix l'èxit del procés.

Els aspectes més citats són la qualitat de les dades que té el sistema HUBE i la quantitat d'informació que conté. Disposar d'una base de dades complerta i en constant revisió i actualització és un dels factors clau d'èxit de l'empresa. Aquest fet possibilita tenir accés a un volum d'informació que no es coneixia en la gestió tradicional. Tanmateix cal destacar la transparència del sistema que afavoreix una evident i inqüestionable transmissió de la informació.

La qualitat de visualització i descripció de les dades en cada fase és notable gràcies a les eines que disposa. Cal destacar la possibilitat de seleccionar i localitzar visualment els elements constructius en el model 3D i consultar la seva quantificació que s'obté de forma automàtica.

El model 3D està realitzat des de l'inici amb uns elements ja codificats i ben definits, gràcies a la base de dades, fet que assegura un resultat final de la gestió econòmica del mateix amb un nivell de fiabilitat molt elevat.

El fet de disposar d'aquesta base de dades i d'aquesta aplicació fan que el factor temps es vegi afavorit en molts aspectes, com la immediatesa en la consulta de dades i la rapidesa en la redacció dels projectes, en relació als que es realitzen seguint processos tradicionals.

- b. La estandardització dels sistemes constructius i la seva industrialització present i futur de la construcció amb BIM.

Un aspecte que també s'ha comentat molt és la estandardització dels sistemes constructius i la industrialització dels processos. El fet de basar-se en la indústria automobilística ha suposat un canvi de la organització cap a la millora de la productivitat. Una valoració interessant és que el canvi tecnològic ha estat una transformació menor que la que s'ha produït en l'estructura de l'empresa.

Aquesta estandardització i la industrialització dels sistemes constructius són aspectes que faciliten la implementació de BIM en les empreses. Aquest estudi de cas és un exemple.

En relació al model 3D és interessant la frase que comenta l'entrevistat: "projectar com es construeix per construir com es projecta"

L'empresa s'està plantejant entrar en la definició de solucions artesanals, gràcies al fet de disposar de les eines amb perspectives d'anàlisi potents.

- c. Perfil transversal.

De la informació recollida a les entrevistes i publicacions és interessant la conclusió a la que s'arriba en quant als coneixements i habilitats que ha de tenir un futur perfil. Es parla d'un perfil transversal, un projectista multidisciplinari que conegui tant les eines de modelat i la metodologia BIM com les solucions constructives, el cost associat i la industrialització. Així aquest perfil està preparat per prendre decisions a nivell de solucions constructives respecte al valor definit pel projecte. La persona que modela tant pot ser del departament de pressupostos amb un perfil d'enginyer tècnic, com de l'equip de projectistes amb perfil professional arquitecte o enginyer.

També és interessant que es conclou que el perfil ha de ser un gestor de producció, com ho seria en una empresa del sector automobilístic. I un altre aspecte a tenir en compte és que ha de ser un bon gestor de dades.

- d. La motivació personal és clau per a la implementació de la metodologia.

De l'anàlisi de la documentació i les entrevistes es conclou que la motivació de les persones per a fer el canvi de metodologia és molt important.

L'entorn de col·laboració que es genera quan s'aplica la metodologia GLOBE afavoreix la integració dels diferents professionals en el que es treballa i afavoreix aquesta motivació personal.

La facilitat en l'ús de les noves eines i en la realització dels nous processos amb la metodologia GLOBE van afavorir una adaptació més satisfactòria. Només es reconeix que la eina encara no és prou amable.

6.8 Resultats de l'anàlisi dels estudis de cas

Els resultats de l'anàlisi de cadascun dels estudis de cas es posen en comú en aquest apartat i es mostren els resultats en taules de recollida de dades comunes. Posteriorment s'analitzen els codis i s'obtenen unes conclusions globals de l'aplicació de la metodologia de l'estudi de cas d'aquesta tesi.

Els gestors de costos dels casos d'estudi EC1, EC2 i EC3 que van respondre als qüestionaris, per una part, van fer la valoració numèrica dels criteris d'anàlisi: temps, qualitat de visualització i qualitat descriptiva de les dades al realitzar cadascuna de les accions del procés, i per altra part, van anotar, d'una manera descriptiva i sense limitació en el nombre de termes, les observacions dels restants criteris d'anàlisi: punts forts, dificultats, habilitats i coneixements, tal com s'ha explicat en apartats anteriors.

A continuació es mostren els resultats dels qüestionaris dels tres estudis de cas de forma conjunta, però en dues parts, en dues taules separades, per facilitar la comprensió i la comparativa entre els resultats de cadascun dels estudis de cas. A la Taula 21 es mostren les valoracions dels criteris de temps (rapidesa) i de visualització i qualitat de descripció de les dades i a la Taula 22 s'exposen els comentaris recollits en quant a coneixements, habilitats, punts forts i dificultats detectades en cada acció.

Fase	Acció	Valoració dels criteris (rang de 1 a 5)								
		Rapidesa			Visualització			Qualitat		
		EC1	EC2	EC3	EC1	EC2	EC3	EC1	EC2	EC3
F 1	A1	4	4	4	2	3	4	3	3	4
	A2	4	4	5	3	3	4	3	3	4
F 2	A3	4	5	5	3	3	3	2	3	3
F 3	A4	4	4	4	2	2	3	2	2	3
	A5	3	2	3	3	3	3	3	3	3
	A6	2	2	4	2	4	3	4	4	3
Mitjana de cada criteri	Per EC	3,50	3,50	4,17	2,50	3,00	3,33	2,83	3,00	3,33
	Total	3,72			2,94			3,06		

Glossari:

F 1: anàlisi de les dades del model 3D

F 2: vinculació dades 5D al model

F 3: extracció de dades 5D

A1: revisió de les taules de planificació i del model 3D

A2: generació de l'estructura del pressupost

A3: vinculació notes clau

A4: tramesa de dades

A5: verificació de dades 5D

A6: generació de la documentació

Taula 21 Resultats del qüestionari (part 1)

Fase	Acció	Estudi de cas	Observació qualitativa - criteris d'anàlisi		
			Coneixements i habilitats	Punts forts	Dificultats
F1	A1	EC1	Coneixement programari i organització i gestió de dades	Facilitat de muntatge de la informació	Sistema rígid, dificultat per introduir paràmetres nous
		EC2	Coneixements en software i construcció	Rapidesa (si el modelat ha estat el correcte, si el delineant-projectista té coneixements en construcció)	Rectificació de treballs (si el modelador no té prou coneixements de construcció) En aquest cas, només un dels modeladors no tenia tantes nocions constructives.
		EC3	Coneixement del software Domini de l'estructuració dels elements modelats i dels paràmetres de classificació d'aquests	Protocol intern altament desenvolupat	Complexitat elevada per l'excés de nombre de links de modelat i dels processos que se'n deriven Impossibilitat de filtrar segons conveniència particular del projecte per modelar amb links
	A2	EC1	Coneixement del programari i coneixement dels sistemes constructius	Agilitat	Dificultat en assignar l'amidament
		EC2	Coneixements en software i construcció Habilitats en organització de dades	Rapidesa (si el modelat ha estat el correcte, si el delineant-projectista té coneixements en construcció)	Necessitat de més coneixements de software
		EC3	Coneixements en softwares de gestió	Aplicació d'un ordre constructiu coherent	Adaptació a l'estructura de pressupost donada per la promotora
F2	A3	EC1	Coneixement del programari	Facilitat de generació de la documentació	Cal més coneixement i formació del software
		EC2	Coneixements dels softwares	Rapidesa	Cap
		EC3	Coneixements dels softwares	Rapidesa	Cap
F3	A4	EC1	Coneixement del programari	Facilitat de sincronització amb altres programes	Cal més coneixement del programari
		EC2	Coneixements dels softwares	Rapidesa	Cap
		EC3	Capacitat de concentració Coneixements en estructuració dels elements modelats i dels paràmetres de classificació utilitzats	El treball simultani entre modeladors i GC al llarg del procés	Nivell de treball molt alt Possibilitat d'errors humans donat al gran nombre de passos manuals Impossibilitat de revisió del model per les dates ajustades del lliurament
	A5	EC1	Habilitats en organització de dades i coneixement del programari	Facilitat	Cal més formació
		EC2	Coneixements en software i construcció Habilitats en organització de dades	La qualitat serà millor quan estigui implementat a un nivell més alt	Actualment cal revisar més les dades
		EC3	Coneixements en softwares i en construcció	Agilitat	Necessitat de més temps per revisions
	A6	EC1	Habilitats en organització i comprovació de dades	Agilitat	Cal assegurar molt bé que la documentació s'extreu correctament i sovint cal invertir molt temps en la revisió per evitar errors
		EC2	Habilitats en organització de dades	Rapidesa en la obtenció de la documentació, un cop revisada	Cal revisar la documentació minuciosament
		EC3	Coneixements del softwares de gestió	Capacitat de generar molta informació centralitzada en cada document i en poc temps	Excés de nombre de documents a generar (a petició del promotor i per les característiques del projecte)

Glossari:

F1: anàlisi dades model 3D

A1: revisió taules planificació i model 3D

A4: tramesa de dades

F2: vinculació dades 5D

A2: generació estructura pressupost

A5: verificació de dades 5D

F3: extracció dades 5D

A3: vinculació / notes clau

A6: generació documentació

Taula 22 Resultats del qüestionari (part 2)

En relació al criteri del temps, a la Taula 21 s'observa que, en general per als tres EC, la valoració de la rapidesa en les quatre primeres accions és notable i aquesta es redueix significativament en les dues últimes, indicant així que aquests darrers processos són lents, per la inversió de temps que cal fer per al repàs de les dades de la documentació final.

En relació a la qualitat de la visualització del projecte i les seves dades, s'observa que el EC3 és el que disposa d'una puntuació màxima a la fase 1 i això es dona pel seu alt nivell d'experiència en projectar amb eines BIM i per disposar de les plantilles pròpies per a l'ús del gestor de costos amb el que es realitza de manera més àgil la gestió dels amidaments del projecte. Aquest aspecte és un punt de partida clau, tenint en compte la importància que tenen les dades del model 3D en les fases inicials per obtenir millors resultats al final del procés. En els altres casos, la valoració de la qualitat de la visualització i de la descripció de les dades és baixa en les primeres accions i arriben a màximes puntuacions en la darrera fase. Això és causa que el model 3D no conté tota la informació a les fases inicials, sobretot en el EC1. A l'acció de tramesa de dades, la puntuació és la més baixa per als EC1 i EC2, mostrant així els problemes de interoperabilitat i de pèrdua de dades.

Comparant els tres criteris analitzats i les mitjanes de les seves valoracions, s'observa que el temps és el que té la mitjana més gran, de 3,72 sobre 5. En canvi, les de la visualització i de la descripció de les dades són inferiors, tenen una mitjana de 2,94 i 3,06 sobre 5, respectivament. En aquest sentit, es fa evident que, tot i que els aspectes de qualitat de les dades sobretot, i de visualització del projecte, són els més importants per al GC, segons s'ha després d'aquesta investigació, aquests dos aspectes, en els casos d'aplicació reals, han estat valorats 0,6 punts per sota del factor temps. Cal doncs, millorar aquests aspectes, que són els més importants per al GC, tant per ser l'objectiu del procés com per generar satisfacció en els mateixos.

Atenent a les desviacions de les mitjanes, el factor temps té la desviació mitjana més gran, un 0,97, la qualitat de la descripció de les dades un 0,39 i la qualitat de la visualització de les dades té el valor més petit, amb un 0,20. El valor elevat de les desviacions en el factor temps es dona a la més gran variabilitat en les valoracions d'aquest aspecte al llarg de cada fase del procés, sent algunes de les accions valorades, molt àgils i altres molt lentes. Els altres aspectes han obtingut valoracions bastant uniformes al llarg del procés.

Els resultats obtinguts de les diferents fonts i tècniques aplicades en aquesta investigació, que són les transcripcions de les entrevistes semi-estructurades, la revisió documental del projecte i els resultats dels qüestionaris, sobretot la segona part d'aquests, mostrats a la Taula 22, es codifiquen i s'agrupen en categories tal com s'ha explicat i mostrat de forma individual en els apartats anteriors. A la Taula 23 es poden observar els codis obtinguts a tots els estudis de cas i les categories en les que s'han agrupat, aquestes indicades en negreta.

Una vegada codificada la informació, els resultats dels quatre estudis de cas es posen en comú i els codis o termes es visualitzen i vinculen mitjançant la elaboració d'un mapa de conceptes, que després es comenta i contrasta amb els responsables de la gestió de costos de cada empresa i projecte.

Estudi de cas	Codis i categories
EC1	<p>Correcta visualització; punt fort; satisfacció del gestor de costos → Visualització</p> <p>Punt clau; orientació al modelador; objectiu del procés; falta de dades; amidaments parcials → Qualitat dades</p> <p>Factor secundari; inversió important; amidament parcial → Temps</p> <p>Estandarització dels elements constructius; falta d'informació en el model 3D → Nivell de modelat 3D</p> <p>Falta de formació en software; insatisfacció del GC; falta d'integració d'eines → Software</p> <p>Coneixements de construcció; adaptabilitat noves tecnologies; gestió de dades; habilitats comunicatives; entorns de col·laboració → Coneixements, habilitats i rols</p>
EC2	<p>Punt fort; bona visualització; satisfacció del gestor de costos → Visualització</p> <p>Objectiu del procés; model 3D ben construït/modelat; satisfacció del gestor de costos → Qualitat dades</p> <p>Factor secundari; condicionat al nivell de modelat; rapidesa; revisió del model necessari → Temps</p> <p>Estandarització dels elements constructius punt fort; falta de rigor en el modelat; falta informació en el model 3D; revisió del model 3D → Nivell de modelat 3D</p> <p>Falta de pràctica i formació; mala transmissió de la informació → Software</p> <p>Modelador orientat a amidaments; coneixements de construcció i eines; gestor amb coneixements de modelat; habilitats comunicatives; adaptabilitat noves eines; gestió de dades; entorn de col·laboració → Coneixements, habilitats i rols</p>
EC3	<p>Bona visualització → Visualització</p> <p>Qualitat com a punt clau; protocol intern empresa; gestió àgil informació, informació centralitzada; nombre elevat de documents; satisfacció del GC amb la qualitat de les dades → Qualitat dades</p> <p>Factor secundari; agilitat consulta dades; treball intens en fases finals; falta de temps per repàs final → Temps</p> <p>Experiència en projectes BIM; document BEP; aplicació de coherència constructiva → Nivell de modelat 3D</p> <p>Complexitat fases inicials; elevat nombre de processos; modelat amb links → Software</p> <p>Coneixements en construcció, eines, estructuració i classificació d'elements; coneixement del BEP; treball simultani entre GC i equip de disseny; habilitats comunicatives; concentració; adaptabilitat noves eines; gestió de dades → Coneixements, habilitats i rols</p>
EC4	<p>Excelent visualització; satisfacció GC; fases del projecte; planificació correcta → Visualització</p> <p>Factor èxit empresa; base de dades complertes i actualitzades; sistema transparent; amidament indiscutible; accés infinitat d'informació; estandarització de recursos → Qualitat dades</p> <p>Rapidesa elaboració projectes; resultat automàtic amidaments; accés immediat a la informació → Temps</p> <p>Estandarització de sistemes constructius; base de dades pròpia punt fort → Nivell de modelat 3D</p> <p>Eina pròpia de l'empresa punt clau; falta millora amabilitat sistema → Software</p> <p>Perfil transversal; Entorn de col·laboració; gestor de producció; projectista multidisciplinari; solucions constructives i cost; presa de decisions; motivació personal → Coneixements, habilitats i rols</p>

Taula 23 Resultats dels codis i categories

En paral·lel, s'han comptabilitzat el nombre de vegades que s'ha citat cada codi i categoria per observar el percentatge de les categories citades respecte el total, com es pot veure a la Figura 51. En aquesta s'observa que els temes més anomenats han estat aquells relatius a la qualitat de les dades (25%) i després el temps emprat en els processos (22,50%). Els aspectes relacionats amb el software, la visualització del projecte i el nivell de modelat han quedat amb el mateix percentatge de citació. En cap cas s'observa que hagi un dels cinc aspectes que hagi destacat amb gran diferència per sobre o per sota de la rest. Es pot dir doncs, que els cinc temes tenen una importància bastant similar.

A la Taula 24 es poden observar en quins aspectes han estat mencionats els codis, dins de la categoria, per tal de mostrar si han estat comentaris positius, negatius, si son factors secundaris o claus en el procés, etc. En aquesta taula les columnes donen informació de quins aspectes s'han citat i en quin percentatge, dins de la mateixa categoria, i les files mostren les categories on ha aparegut un aspecte concret.

És interessant observar que tot i que la categoria de nivell de modelat 3D del projecte ha estat citat moltes vegades com a inconvenient (55%) aquest ha estat nomenat també sovint com a punt clau i com a factor que dona qualitat al projecte i també satisfacció al gestor de costos.

Es pot observar també que la categoria software és la que es cita més vegades com a dificultat i també vinculada amb la formació, en el sentit de que és necessari incrementar-la, essent per tant, un aspecte també negatiu.

En quant als aspectes, és interessant veure que sorgeixen clarament dos punts claus que son la qualitat de les dades i el nivell de modelat 3D del projecte. La visualització apareix no com a punt clau però sí com a punt fort i també generant satisfacció en el gestor de costos. En quant a les dificultats ,aquestes es troben en el software principalment, en el nivell de modelat en segon lloc i en el temps en darrera posició. En quant a satisfacció, aquesta va lligada a la visualització i al temps, en la mateixa mesura i a la qualitat de les dades en segona posició.

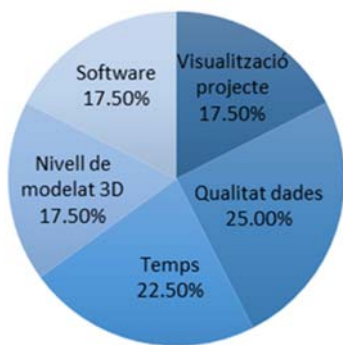


Figura 51 Percentatge de categories citades

Aspecte	% aspectes citats de cada categoria				
	Visualització	Qualitat dades	Temps	Nivell de modelat 3D	Software
Qualitat	28%	30%		15%	
Punt clau		40%		15%	
Punt fort	28%				
Factor secundari			35%		
Satisfacció GC	44%	30%	45%	15%	
Dificultats			20%	55%	70%
Formació					30%

Taula 24 Percentatge d'aspectes citats

CAPÍTOL 7. CONCLUSIONS

7.1 Introducció

En aquest capítol s'exposen les conclusions de la investigació realitzada, que, en una primera part s'exposen de forma agrupada per temàtiques, on es fa referència als resultats de l'anàlisi dels estudis de cas, i en una segona part es mostra la conclusió final de la investigació junt amb el disseny d'una tècnica d'implementació de la gestió econòmica amb BIM. En el darrer apartat d'aquest capítol es presenten les futures línies d'investigació que s'han detectat al realitzar aquesta investigació.

7.2 Conclusions per temes

A continuació s'exposen les conclusions dels resultats obtinguts en l'aplicació del mètode de l'estudi de cas, classificades per les categories de codificació consegüents: dades del projecte, visualització del projecte, temps, nivell de modelat, softwares i coneixements i habilitats.

7.2.1 Dades del projecte

La correcta descripció dels elements constructius, les seves dimensions i l'adequada codificació i classificació, és el tema més comentat en els quatre estudis de cas analitzats (veure Figura 51) i sempre amb aspectes positius, en primer lloc, com a aspecte clau de l'èxit del procés i, en segon lloc, com objectiu de qualitat en el resultat final, fet que genera satisfacció en el gestor de costos (veure Taula 24). Aquest aspecte està relacionat amb el segon punt clau que es desprèn de la revisió de la literatura on s'esmentava que el model 3D ha de contenir la màxima informació possible (veure apartat 5.3.1).

La valoració mitjana de la qualitat de les dades en els projectes analitzats és de 3,06 sobre 5 (veure Taula 24), mostrant així un valor que, necessàriament ha de millorar en el futur, per ser el factor clau en el procés. Les valoracions mitjanes de la qualitat de les dades en els projectes de les tres primeres empreses és variat, sent la més gran la de l'estudi de cas nº3 (EC3), essent de 3,3 punts sobre 5, la que té més experiència en projectes BIM i la que disposa d'unes plantilles específiques d'amidament. La puntuació intermèdia és la de l'estudi de cas nº2 (EC2) amb una valoració inferior, de 3 punts sobre 5, i la menor valoració és la de l'estudi de cas nº1 (EC1), amb 2,83 punts sobre 5, perquè tenen menys experiència en BIM i una base de dades en procés de compilació.

D'aquest aspecte on s'ha observat una valoració no notable de la qualitat de les dades, es conclou que hi ha una necessitat de millorar aquest aspecte del projecte, podent-ho fer perfeccionant les bases de dades i la estandardització, per un costat, i promovent la formació en aquests aspectes, per un altre.

En la investigació ja s'ha mostrat que l'estudi de cas nº4 (EC4) és el que disposa d'una base de dades més completa, incloent el preu de licitació de cada element constructiu del model 3D. Aquest fet és possible pel tipus d'empresa, doncs és la mateixa empresa la que és promotora, constructora i també projectista. Aquest aspecte li dona avantatge sobre les altres, en el nivell d'implementació de BIM 5D, doncs inclou totes les fases i els agents que intervenen en el procés constructiu. Les altres tres empreses analitzades, al realitzar només la part de disseny i de gestió econòmica, no poden implementar al 100% el BIM 5D, només poden gestionar les dades d'amidaments reals, afegint en fases posteriors els preus reals licitats i sense vincular-los al model 3D.

La tipologia de l'empresa resulta ser un aspecte determinant en la facilitat de la implementació de BIM i aquest és un resultat interessant i novell que ha sorgit d'aquesta investigació. Així com a la revisió de la literatura es desprèn que un aspecte determinant de l'empresa era la seva dimensió i conclouia que

les empreses grans tenien més facilitats per a implementar BIM que les petites empreses o les microempreses (Czmoch i Pekala, 2014), en aquesta investigació es desprèn que la tipologia de l'empresa és un altre aspecte a tenir en consideració.

7.2.2 Visualització del projecte

La millora de la visualització del projecte gracies a l'ús de la metodologia i les eines BIM és el tercer aspecte més anomenat, com s'ha vist a la Figura 51, generant satisfacció en el gestor de costos per facilitar la localització dels elements constructius en el model 3D. S'afegeix el fet, ja després de la revisió de la literatura (Lee, Tsong i Khamidi, 2016), que aquest aspecte millora la qualitat del projecte i es un punt fort de la metodologia BIM.

Tot i que la visualització del projecte és un aspecte molt citat per tots els entrevistats, la seva valoració a cadascun dels projectes és baixa, amb una mitjana de 2,94 punts sobre 5 (Taula 21). Això es dona per la falta de modelat d'alguns elements constructius que han de ser inclosos manualment a la documentació final i per la complexitat en la gestió de diferents arxius que es vinculen amb l'arxiu mare o arxiu de coordinació.

La conclusió que es desprèn és la necessitat de millorar la qualitat de la informació de partida, ja sigui amb l'augment de la participació del gestor de costos a les fases inicials com amb la promoció de formació en eines de modelat i de gestió.

7.2.3 Temps

El temps que s'inverteix o l'agilitat en els processos és el segon aspecte més citat en els quatre estudis de cas analitzats (Figura 51). Tots els agents entrevistats valoren la rapidesa com a aspecte menys important que la qualitat de les dades resultants i això confirma la tercera proposició d'aquesta investigació (apartat 5.3.1) que esmentava que el nivell de satisfacció del gestor de costos augmenta pel factor qualitat més que pel factor temps invertit. Tot i això, els gestors de costos han valorat el temps emprat en el seu projecte amb un valor de mitjana 3,72 punts sobre 5 (Taula 21). Aquesta investigació mostra un acord en els quatre estudis de cas en que els processos amb BIM guanyen agilitat sobretot en les fases inicials. Per a les darreres fases de revisió i extracció de la informació econòmica, la quantitat de temps augmenta si el model 3D no s'ha realitzat amb detall o si no s'ha estructurat correctament. La inversió de temps a la fase final és necessària i no sempre es pot disposar d'ella, per tenir dates de lliuraments molt ajustats i estar treballant quasi al mateix moment que l'equip de disseny amb els darrers canvis del projecte.

L'anàlisi del temps evidencia la primera proposició d'aquesta recerca (apartat 5.3.1) que exposava que la participació del gestor de costos a la fase inicial del projecte arquitectònic, aportant dades al model 3D, afavoreix l'extracció de dades fiable, ben definida i estructurada. Així, s'ha pogut observar que l'eficiència i la rapidesa del procés està directament relacionada amb el fet de tenir una correcta estructuració i codificació dels elements des de les etapes inicials, on la participació del gestor de costos és essencial.

7.2.4 Nivell de modelat

La precisió en el modelat i la estructuració adequada, seguint uns criteris de construcció lògics, s'ha mencionat tantes vegades en l'anàlisi realitzat com altres aspectes com la visualització del projecte i les eines utilitzades. Però a diferència d'aquests, el nivell de modelat es considerat pels quatre estudis de cas com un aspecte clau en l'èxit del procés de la gestió econòmica del projecte, aportant més qualitat i generant satisfacció en el gestor de costos.

Aquest aspecte presenta, per altra banda, moltes dificultats, molts comentaris negatius, perquè encara no s'ha arribat al nivell òptim de que el modelat es faci amb rigor i es modela tal com s'ha de construir el projecte. També es fa evident que és molt important que el model 3D contingui la màxima informació possible, tal com s'havia després de la revisió de la literatura (Olsen i Taylor, 2017).

La conclusió que se'n deriva d'aquest aspecte és la necessitat de donar més formació en coneixements de modelat i també de construcció per tal de modelar tal com es construeix i de fer participar al gestor de costos en les fases inicials, confirmant-se la primera proposició d'aquesta investigació esmentada anteriorment.

7.2.5 Softwares

Els softwares que s'utilitzen per al modelat del projecte, per a la coordinació i la detecció de col·lisions entre diferents models, i els softwares de gestió econòmica, es citen com aspectes més negatius que positius, principalment per la quantitat de passos a realitzar durant tot el procés de gestió del projecte, entre uns softwares i altres, amb la consegüent pèrdua de dades i, per tant, d'informació. Així es requereix un esforç de concentració extra per part del gestor de costos i un domini en la gestió de dades per no cometre errors humans. Aquesta interoperabilitat hauria de millorar per tal que siguin les eines les que ajudin en el procés, tal com també s'havia observat de la revisió de la literatura.

Per altra banda, es detecten diferents nivells de coneixements de les eines a cada estudi de cas analitzat, sent el EC1 el que necessita més formació en aquest sentit i en l'altre extrem el EC4, que disposa d'una eina dissenyada a mida amb la que s'eviten problemes d'interoperabilitat, tot i que es reconeix que el software encara pot millorar en quant a amabilitat per a l'usuari i està en procés de millora.

En aquest sentit, la principal conclusió a la que s'arriba en aquest àmbit és que cal una millora de la usabilitat de les eines i una promoció en la formació en aquestes i que el fet de disposar de una eina de gestió pròpia pot assegurar l'èxit de la implementació del procés, donat que les eines actuals no ho permeten.

7.2.6 Coneixements, habilitats i rols

De l'estudi realitzat s'extreu la necessitat d'un perfil transversal que tingui coneixements en construcció i en eines de modelat i de gestió amb BIM per tal que pugui prendre decisions en quant a cost i a solucions constructives tant a les fases inicials com a les finals, aconseguint obtenir una estimació del cost complerta i amb dades fiables. Actualment a les empreses estan molt diferenciats els rols dels membres dels equips de disseny i dels equips de gestió de costos, sent els dos molt estancs i requerint més comunicació entre ells per intentar fer més eficient el procés.

Aquests dos coneixements, en construcció i en eines BIM, es consideren clau en els quatre estudis de cas analitzats. Dins dels coneixements en construcció cal destacar l'aplicació d'una lògica en la suma dels elements que conformen una solució constructiva, la estructuració correcta dels elements i la seva adequada classificació i codificació.

Aquest resultat confirma la primera proposició de la investigació relacionada amb la importància del treball del gestor de costos a les fases inicials i revela la necessitat d'aquest perfil interdisciplinari per millorar dels resultats de la estimació de costos del projecte.

En quant al coneixement de les eines, es detecta una falta de formació en els softwares de gestió i de modelat en el EC1, fet que crea insatisfacció en el gestor de costos. En el EC2 i en el EC3 el nivell de coneixement de les eines de gestió és superior que en el primer, i es detecta falta de pràctica en les eines de modelat, perquè és l'equip de disseny el que domina i utilitza més aquesta eina. En el EC4 es va fer una gran inversió en l'empresa en formació BIM i en programar la eina de gestió Hube, arribant a un nivell de satisfacció de coneixements de softwares correcte per part del gestor de costos.

En relació als resultats relatius a les habilitats, l'estudi conclou que les més valorades pel gestor de costos són les relatives a saber gestionar dades per tal que el procés sigui més eficient i de millor qualitat. També sorgeix la necessitat de saber treballar en entorns de col·laboració i disposar d'habilitats comunicatives i de lideratge d'equips que seran cada vegada més interdisciplinaris. Aquest aspecte va sorgir també de la revisió de la literatura (Mayouf, Gerges i Cox, 2019) i confirma la segona proposició de la investigació que exposava que les noves habilitats requerides pel gestor de costos fan augmentar la implicació dels diferents agents en el projecte i la qualitat de les dades resultants del mateix. A l'EC3 es detecta una necessitat de comunicació més freqüent entre els equips de disseny i de gestió de costos, per facilitar la transmissió de coneixement dels gestor de costos als modeladors i dels requisits per al modelat que facilitin la elaboració de l'estat d'amidaments del projecte.

Un aspecte que ha sorgit en els EC2 i EC4 és el de la motivació personal, que pot ser promoguda pels mateixos gerents de l'empresa o a través de l'exigència dels clients d'incloure requisits BIM en els seus projectes (realitzar els seus projectes amb eines i metodologia BIM).

7.3 Conclusions de la tesi

Els aspectes més significatius que resulten d'aquesta investigació estan relacionats amb les dades, les tipologies d'empreses i les habilitats i coneixements de les persones.

La recerca realitzada confirma que hi ha una forta relació entre l'èxit de l'aplicació dels últims softwares d'anàlisi de costos en projectes constructius i el disposar d'una base de dades i d'uns recursos humans a les empreses.

Tenir una bona base de dades a l'hora de modelar el projecte arquitectònic i que el model 3D contingui la informació necessària per a la gestió econòmica del mateix permetrà obtenir un resultat de l'estimació de costos, de l'estat d'amidaments i del pressupost, de més qualitat, i en conseqüència portarà a un augment de la satisfacció del professional responsable de la gestió de costos.

Els graus d'implementació de BIM 5D obtinguts en aquesta investigació són variats i s'ha constatat que depenen de dos factors principalment: un és la tipologia d'empresa i l'altre la base de dades de què disposen. S'ha observat com en el cas de la microempresa projectista (EC1) la implementació encara és incipient per la base de dades utilitzada que està encara en procés de compilació i també per la falta de

formació dels professionals. En canvi, a l'altre extrem, la mitjana empresa promotora constructora i també projectista (EC4) disposa de la base de dades i eina pròpies, aspecte que els facilita arribar a un nivell alt en quant a la qualitat dels resultats.

En relació a les persones, és interessant la necessitat que sorgeix d'incloure un nou rol per a la gestió de costos: un perfil transversal que tingui coneixements de construcció, de modelat i de ús de les eines 3D i 5D, en la mateixa mesura, per tal que els diferents processos de gestió econòmic del projecte siguin més eficients i el resultat tingui una qualitat més elevada. És important doncs reforçar aquest aspecte amb la promoció de formació en els dos àmbits i combinats. Les habilitats que ha de tenir aquest nou perfil que sorgeix d'aquest estudi són les relacionades amb la gestió de les dades i la comunicació.

Així s'ha pogut extreure una fotografia de com està la implementació de BIM a Espanya, observant que la microempresa necessita més formació i pràctica en projectes BIM i una base de dades que li faciliti el procés, que les empreses mitjanes unes van més avançades que altres, depenent de la tipologia d'empresa, com s'ha dit abans, essent més fàcil la implementació de BIM 5D a les empreses projectistes i promotores constructores, perquè tenen a tots els agents implicats en les diferents fases del procés constructiu.

Per altra banda, es conclou que les eines que actualment hi ha al mercat no cobreixen al 100% les necessitats dels usuaris i professionals de la gestió econòmica dels projectes arquitectònics i que tenir una eina pròpia de gestió és, a dia d'avui, el sistema més eficient per a l'empresa.

En el futur cal destacar la importància de la estandardització dels elements constructius per facilitar la gestió de les dades del projecte arquitectònic i també la industrialització del sector, fet que facilita l'ús de BIM.

7.4 Disseny d'una tècnica

A la Figura 52, es mostra una imatge de la proposta d'una tècnica per a la implementació de la gestió econòmica amb BIM, basada en els resultats de la investigació realitzada.

Aquesta tècnica proposa la participació del gestor de costos a la fase inicial, amb l'equip de disseny, o en el seu defecte, un perfil transversal que tingui alts nivells de coneixements en modelat i en construcció, tal com s'ha conclòs en aquesta investigació.

La tècnica planteja tres fases, una prèvia, o fase 0, on es necessita tenir una base de dades adaptada a l'empresa i actualitzada per al projecte. En la fase 1 es modela amb Revit el projecte i en paral·lel es prepara l'esquelet del pressupost. El modelat amb Revit ha de realitzar-se amb la codificació i categorització de la base de dades de l'empresa i amb un nivell de desenvolupament adequat a obtenir l'estimació de costos del projecte. En una fase 2, es realitza el modelat amb Revit amb un nivell de desenvolupament superior, amb l'objectiu de ser utilitzat per a l'extracció dels amidaments i pressupostos.

En ambdós casos, caldrà fer una aportació de dades manual de les partides no mesurables.

Amb aquesta tècnica, la obtenció de resultats serà de millor qualitat que amb altres tècniques, i el control de les dades del model, dels seus elements i la seva codificació i categorització, serà realitzat pel gestor de costos, des de la fase 0.

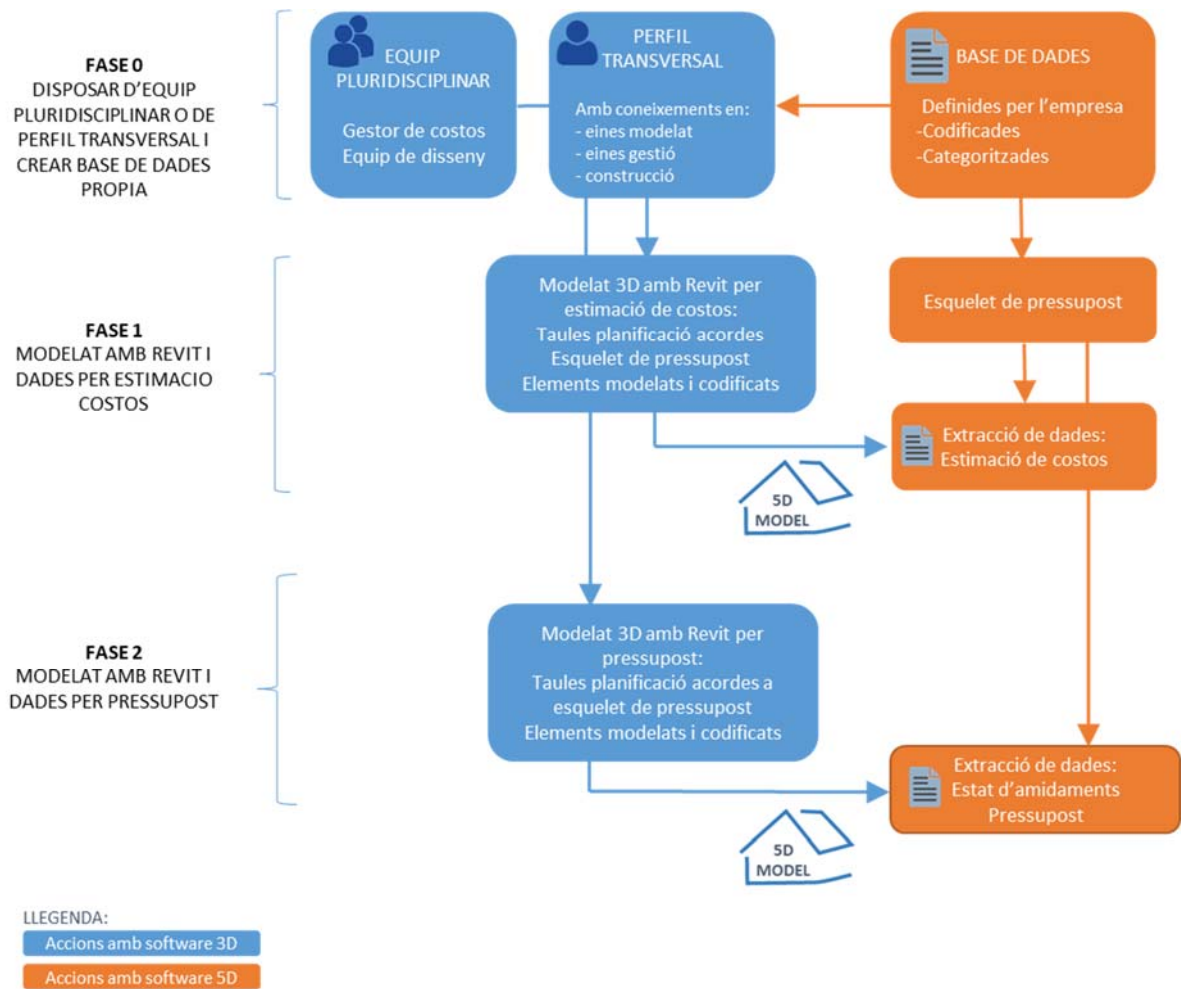


Figura 52 Tècnica d'implementació de la gestió econòmica amb BIM

En aquest sentit, el gestor de costos ha de tenir habilitat en la gestió de dades, tant per a la creació de noves partides i edició de les existents com per a la correcta codificació dels elements, tant a les bases de dades de les eines de modelat com en les de gestió econòmica. Una altra habilitat destacada i requerida és la de lideratge d'equips, per tal de coordinar equips de disseny i equips de gestió econòmica de forma eficient.

En conclusió, el fet d'aconseguir millores qualitatives en els resultats de la documentació econòmica del projecte acompanyades d'un estalvi substancial de temps en les revisions d'aquests documents, faran augmentar la satisfacció del gestor de costos.

7.5 Futures línies d'investigació

A continuació s'exposen les futures línies d'investigació que s'han detectat durant el procés de recerca realitzat i que l'autora considera interessants.

7.5.1 Aplicació de la tècnica

A partir del resultat obtingut en aquesta tesi i de la tècnica de implementació de la gestió econòmica del projecte amb BIM presentada, seria interessant donar continuïtat a aquesta investigació i procedir a realitzar una prova en una empresa i projecte, ja sigui real o pilot, per tal d'analitzar-la i validar-la. Per a l'aplicació es seleccionaria una empresa que disposi d'equip de disseny i d'equip de gestió i que tinguin experiència en projectes amb BIM. L'anàlisi de la implementació permetria detectar aspectes a millorar i modificar en els diferents processos.

7.5.2 Les plataformes de treball virtuals

Les empreses de softwares de gestió de costos ofereixen cada vegada més noves plataformes de treball en col·laboració, nous espais de treball i de compartició de la informació en el núvol. El fet que el treball en col·laboració sigui primordial en BIM, fa que sigui interessant analitzar l'aplicació i ús d'aquestes plataformes. Com s'ha comentat a l'apartat 3.5.4, l'empresa RIB Software, per exemple, ofereix la plataforma de treball al núvol iTWO amb la integració de la intel·ligència artificial. A través d'un anàlisi mitjançant enquestes a un nombre elevat d'empreses del sector, es podria obtenir un resultat d'avantatges i inconvenients que seria interessant a tenir en compte en el futur per a la millora de la implementació de BIM en les empreses.

7.5.3 Altres softwares de gestió de costos

Aquesta investigació tenia en un inici l'objectiu de treballar en l'anàlisi de tres softwares: Presto, TCQ i Arquímedes, per ser els més utilitzats en el nostre territori (veure Figura 17). El fet que no es trobessin projectes realitzats amb el software Arquímedes de CYPE va fer que aquest no s'analitzés. Aquest software és dels més utilitzats després del TCQ i del Presto, i seria interessant introduir-lo en alguna investigació futura.

També seria interessant analitzar l'extensió Medit que ofereix el software Revit per als amidaments i pressupostos, i el software GestMidePlan de l'empresa Arktec (CYPE, 2015), tot i que el seu ús estigui per sota dels anteriorment esmentats.

D'altra banda, cal considerar que les investigacions relacionades amb softwares tenen una circumstància que pot resultar desfavorable en cert aspecte i és la possible obsolescència que pot experimentar, donat que els softwares estan en continua revisió i actualització. Però tanmateix cal destacar que aquestes investigacions són les que ajuden a detectar els punts forts i les barreres d'aquestes eines digitals i contribuir a la seva millora futura.

7.5.4 La gestió en el sector de la prefabricació

Aquesta investigació ha permès verificar que la prefabricació en el sector AEC és un camí interessant i eficient per treballar en entorns BIM, tal com s'ha vist amb els resultats de l'anàlisi de l'estudi de cas 4. Serà interessant analitzar casos d'empreses de construcció industrialitzada o de cases prefabricades. En una primera fase d'aquesta investigació, es va parlar amb una empresa puntera en construcció prefabricada per ser analitzada, però no complia amb el requisit de treballar amb el software de modelat 3D Revit. Serà interessant analitzar i verificar si aquest tipus d'empreses tenen més

avantatges o facilitats en la implementació de la metodologia BIM i identificar mitjançant un estudi de cas i d'entrevistes als responsables de la gestió dels projectes quins punts forts i quines dificultats es troben en els processos.

7.5.5 La codificació i la estandardització dels elements arquitectònics

Amb les conclusions que es deriven de l'anàlisi realitzat, un dels punts clau és la codificació i estandardització dels elements arquitectònics en la base de dades per al modelat del projecte. Seria interessant analitzar amb detall quins sistemes de codificació de dades faciliten la implementació de la metodologia BIM. Es podria realitzar una enquesta a un elevat nombre d'experts en gestió econòmica per valorar-ne l'ús i la seva estructuració, per tal de trobar els punts forts per a posteriors actualitzacions i usos.

CAPÍTOL 8. BIBLIOGRAFIA

- Aibinu, A. i Venkatesh, S. (2014) «Status of BIM Adoption and the BIM Experience of Cost Consultants in Australia», *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 140(3). doi: 10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.0000193.
- Amat Salas, O., Rodrigo de Larrucea, J. i Rocafort Nicolau, A. (2017) *Com fer recerca. Treball de final de grau, tesi de màster, tesi doctoral i altres projectes de recerca*. Editat per O. Amat Salas. Barcelona: PROFIT Editorial. ISBN: 8416904677
- Aranda-Mena, G. *et al.* (2008) «Building Information Modelling demystified: does it make business sense to adopt BIM?», en *International Conference on Information Technology in Construction*. Santiago, Chile.
- Ashworth, A., Hogg, K. i Higgs, C. (2013) «Willis's Practice and Procedure for the Quantity Surveyor». Chichester: John Wiley & Sons, Ltd.
- Autodesk (2012) *BIM and Cost Estimating*. Autodesk. Disponible a: https://images.autodesk.com/apac_grtrchina_main/files/aec_customer_story_en_v9.pdf (Accedit: 30 setembre 2021).
- Autodesk (2021a) *Software AutoCAD*. Disponible a: <https://www.autodesk.es/products/autocad/overview> (Accedit: 29 agost 2021).
- Autodesk (2021b) *Software Revit*. Disponible a: <https://www.autodesk.es/products/revit/> (Accedit: 2 abril 2021).
- Bach, M. (2017) *Software 5D BIM, leanbimconstruction.com*. Disponible a: <http://leanbimconstruction.com/tag/5dbim> (Accedit: 10 març 2018).
- Baldrich Aragó, A. *et al.* (2021) «Quantity surveying and BIM 5D. Its implementation and analysis based on a case study approach in Spain», *Journal of Building Engineering*, 44, p. 103234. doi: 10.1016/J.JOBE.2021.103234.
- Barco Moreno, D. (2018) *Guía para implementar y gestionar proyectos BIM: diario de un BIM manager*. David Barco. ISBN: 9781728923921
- Batlle i Roig Arquitectura (2021) *Batlle i Roig*. Disponible a: <http://www.batlleiroig.com/> (Accedit: 2 febrer 2021).
- BIM Academy (2017) *¿Qué es BIM? - Bim Academy*. Disponible a: <http://bimacademy.es/que-es-bim/> (Accedit: 6 maig 2018).
- BIM Community (2018) *BuildingSMART International has always believed that BIM is the right answer to lead the digital change in the AEC sector, 11/05/2018*. Disponible a: <https://www.bimcommunity.com/news/load/809/buildingsmart-international-has-always-belived-that->

- bim-is-the-right-answer-to-lead-the-digital-change-in-the-aec-sector (Accedit: 10 juny 2018).
- BIMForum (2019) *Level of Development Specification*. Disponible a: <https://bimforum.org/lod/> (Accedit: 2 juny 2019).
- Boletín Oficial del Estado (2018) *RD 1515/2018 de 28 de diciembre Creación Comisión Interministerial*. Disponible a: <https://www.boe.es/boe/dias/2019/02/02/pdfs/BOE-A-2019-1368.pdf> (Accedit: 9 novembre 2019).
- Bonache Pérez, J. (1999) «El estudio de casos como estrategia de construcción teórica. Características, críticas y defensas», *Cuadernos de economía y de dirección de la empresa*, p. 123-140. doi: ISSN 1138-5758.
- Boon, J. i Prigg, C. (2012) «Evolution of Quantity Surveying Practice in the Use of BIM-the New Zealand Experience», *International Congress on Construction Management Research*, p. 98-112. ISBN: 978-2-9813355-1-7
- Brufau Cusó (2021) *Brufau Cusó Estudi d'Arquitectura*. Disponible a: <http://bcestudi.cat/> (Accedit: 17 març 2021).
- Bryde, D., Broquetas, M. i Volm, J. M. (2013) «The project benefits of Building Information Modelling (BIM)», *International Journal of Project Management*, 31, p. 971-980.
- BuildingSMART Finland (2012) *Common BIM Requirements 2012 | buildingSMART Finland*. Disponible a: <https://buildingsmart.fi/en/common-bim-requirements-2012/> (Accedit: 4 setembre 2021).
- BuildingSMART Spanish Chapter (2014a) «Guía de usuarios BIM. 02-Modelado del estado actual», *Building Smart*, p. 39.
- BuildingSMART Spanish Chapter (2014b) «Guía de usuarios BIM. 07-Mediciones en BIM», *Building Smart*, p. 37.
- BuildingSMART Spanish Chapter (2017) *¿Qué es BIM? - BuildingSMART Spanish Chapter*. Disponible a: <https://www.buildingsmart.es/bim/qué-es/> (Accedit: 6 maig 2018).
- BuildingSMART Spanish Chapter (2021) «Introducción EN ISO 19650».
- Choi, J., Kim, H. i Kim, I. (2015) «Open BIM-based quantity take-off system for schematic estimation of building frame in early design stage», *Journal of Computational Design and Engineering*, 2, p. 16-25. doi: 10.1016/j.jcde.2014.11.002.
- Clarivate (2021) *Web of Science*. Disponible a: <https://access.clarivate.com/> (Accedit: 11 octubre 2021).

- Coloma Picó, E. (2011) *Tecnología BIM per al disseny arquitectònic, TDX (Tesis Doctorals en Xarxa)*. Universitat Politècnica de Catalunya.
- Comisión es.BIM (2017) «Definición de Roles en procesos BIM», *es.BIM*, p. 95.
- Comisión es.BIM (2018) «Guía de Uso de Modelos para Gestión de Costes».
- Comisión es.BIM (2019) «Observatorio de licitaciones - 6º Informe».
- Comisión es.BIM (2021) *Observatorio de Licitaciones - 13º informe, es.BIM*. Disponible a: <https://cbim.mitma.es/observatorio/informes-trimestrales-del-observatorio> (Accedit: 8 juny 2021).
- Comisión Interministerial para la incorporación de la metodología BIM (2021) *Comisión Interministerial BIM, 26/01/2021*. Disponible a: <https://cbim.mitma.es/> (Accedit: 28 agost 2021).
- Consejo Superior de Arquitectos de España (2017) *Medallas CSCAE, Premios*. Disponible a: <https://www.cscae.com/index.php/conoce-cscae/area-cultural/todas-las-noticias42/4597-entregadas-las-medallas-del-consejo-superior-de-colegios-de-arquitectos-de-espana-y-el-premio-de-arquitectura-espanola-internacional-2017> (Accedit: 9 agost 2021).
- Costa Jutglar, G. (2017) *Integration of building product data with BIM modelling: a semantic-based product catalogue and rule checking system, TDX (Tesis Doctorals en Xarxa)*. Universitat Ramon Llull.
- CYPE (2015) *Software para arquitectura, ingeniería y construcción, Ingenieros S.A.* Disponible a: <http://arktec.com/ES/Inicio/Inicio.aspx> (Accedit: 26 octubre 2021).
- CYPE Ingenieros, S. A. (2021) *Arquímedes. Mediciones, presupuestos, certificaciones y pliegos de condiciones*. Disponible a: <http://arquimedes.cype.es/> (Accedit: 16 setembre 2021).
- Czmoch, I. i Pekala, A. (2014) «Traditional Design versus BIM Based Design», *Procedia Engineering*. Editat per Elsevier, 91, p. 210-215. doi: 10.1016/j.proeng.2014.12.048.
- Dawson, P. (1997) «In at the deep end: conducting processual research on organisational change», *Scandinavian Journal of Management*, p. 389-405. doi: 10.1016/S0956-5221(97)00025-0.
- Diario Oficial de la Union Europea (2014) *Directiva 2014/24/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 26 de febrero de 2014*.
- Eastman, C. M. (2011) *BIM handbook : a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*. 2nd ed. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Ltd. ISBN: 9780470541371
- Eco, U. (2001) *Cómo se hace una tesis :técnicas y procedimientos de estudio, investigación y escritura, Biblioteca de educación*. Barcelona: Gedisa. ISBN: 8474328969

- Elsevier (2021) *Journal of Building Engineering, ScienceDirect Elsevier*. Disponible a: <https://www.sciencedirect.com/journal/journal-of-building-engineering> (Accedit: 11 octubre 2021).
- European BIM Summit (2015) *Manifest BIMCAT Barcelona*.
- European BIM Summit (2021) *European BIM Summit - Congreso Internacional BIM*. Disponible a: <https://europeanbimsummit.com/> (Accedit: 29 agost 2021).
- European Commission (2019) «European Construction Sector Observatory Building Information Modelling in the EU construction sector», (March), p. 22.
- Forgues, D. *et al.* (2012) «Rethinking the Cost Estimating Process through 5D BIM: A Case Study», en *Construction Research Congress 2012*. Reston, VA: American Society of Civil Engineers, p. 778-786. doi: 10.1061/9780784412329.079.
- Fuentes Giner, B. (2014) *Impacto de BIM en el proceso constructivo español*. Editat per LGV. Valencia: EUBIM. ISBN: 9788494259319
- Fuentes Ruiz, A. de (2015) *Arquímedes 2016: generador de precios. Conexiones BIM*. Madrid: Anaya Multimedia. ISBN: 9788441537217
- Fundación Laboral de la Construcción (2017) *Inicio | Entorno BIM*. Disponible a: <http://entornobim.org/> (Accedit: 6 maig 2018).
- Generalitat de Catalunya; Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya (2019) *Llibre blanc sobre la definició estratègica d'implementació del BIM a la Generalitat de Catalunya*. 1a ed. Barcelona. doi: B 21680-2018.
- Generalitat de Catalunya (2016) *Acord del Govern pel qual es crea la Comissió interdepartamental per a la implantació d'una metodologia de treball virtual en tres dimensions Building Information Modelling (BIM) a l'obra pública i a les obres d'edificació promogudes per l'Administració d, 24/05/2016*. Catalunya.
- Generalitat de Catalunya (2017a) «GUIA BIM GESTIÓ DE PROJECTES I OBRES».
- Generalitat de Catalunya (2017b) «MANUAL BIM GESTIÓ DE PROJECTES I OBRES».
- Generalitat de Catalunya (2018) *Acord per aplicar la metodologia BIM*.
- González Fernández, F. J. (2002) *Manual para una eficiente Dirección de Proyectos y Obras*. Editat per Fundación Confemetal. Madrid. ISBN: 84-95428-77-6
- Graphisoft (2021) *Software Archicad*. Disponible a: <https://graphisoft.com/es> (Accedit: 29 agost 2021).
- Grup Nadico (2021) *Grup Nadico*. Disponible a: <https://nadico.net/> (Accedit: 1 abril 2021).

- Grupo Lobe (2016) «memoria 2016».
- Grupo Lobe (2021) *Grupo Lobe*. Disponible a: <https://www.grupolobe.com/> (Accedit: 1 abril 2021).
- GuBIMCat (2016) *Práctica Integrada, interoperabilidad y uso del BIM en el sector de la construcción*. Barcelona.
- Icart Isern, M. T. *et al.* (2012) *Cómo elaborar y presentar un proyecto de investigación, una tesina y una tesis, Metodología*. Barcelona: Universitat de Barcelona: Publicacions i Edicions de la Universitat de Barcelona. doi: B-23-390-2012. ISBN: 9788447535989
- Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya (2017a) «Comissió Construïm el Futur Introducció de processos col·laboratius a la Construcció 88 passes cap el BIM», *Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya*, p. 125.
- Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya (2017b) *Qué es el BIM*. Disponible a: <https://itec.es/servicios/bim/> (Accedit: 6 maig 2018).
- Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya (2021a) *Historia de l'Institut de Tecnologia de la Construcció*. Disponible a: <https://itec.es/itec/historia/> (Accedit: 17 setembre 2021).
- Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya (2021b) *TCQ*. Disponible a: <https://itec.es/programas/tcq/> (Accedit: 17 març 2021).
- Instituto Nacional de Estadística (2017) *Instituto Nacional de Estadística*. Disponible a: <http://www.ine.es/dynt3/inebase/es/index.htm?padre=4312> (Accedit: 23 març 2018).
- Ismail, N. A. A. *et al.* (2016) «A Review of BIM Capabilities for Quantity Surveying Practice», *Web of Conferences*, 66. doi: 10.1051/00042.
- ISO (2021) *ISO - International Organization for Standardization*. Disponible a: <https://www.iso.org/home.html> (Accedit: 29 setembre 2021).
- Lee, X. S., Tsong, C. W. i Khamidi, M. F. (2016) «5D Building Information Modelling – A Practicability Review», *Web of Conferences*. doi: 10.1051/mateconf/20166600026.
- Lu, Q., Won, J. i Cheng, J. C. P. (2016) «A financial decision making framework for construction projects based on 5D Building Information Modeling (BIM)», *International Journal of Project Management*, 34(1), p. 3-21. doi: 10.1016/j.ijproman.2015.09.004.
- Macleamy, P. (2018) «The Promise of BIM», *BIMForum*. BIM Forum, p. 12.
- Martin, B. i Hanington, B. M. (2012) *Universal methods of design: 100 ways to research complex problems, develop innovative ideas, and design effective solutions*, *Choice Reviews Online*. Gloucester, Mass. : Rockport Publishers. doi: 10.5860/CHOICE.49-5403. ISBN: 9781592537563

- Mayouf, M., Gerges, M. i Cox, S. (2019) «5D BIM: an investigation into the integration of quantity surveyors within the BIM process», *Journal of Engineering, Design and Technology*, 17, p. 537-553. doi: 10.1108/JEDT-05-2018-0080.
- Ministerio de Economía (2021) *Cifras PYME*.
- Ministerio de Fomento (2017) *es.BIM | esBIM*. Disponible a: <http://www.esbim.es/es-bim/> (Accedit: 6 maig 2018).
- Ministerio de transportes movilidad y agenda urbana (2021) *Observatorio de Licitaciones Públicas BIM*. Disponible a: <https://cbim.mitma.es/observatorio-bim-en-espana/requisitos-bim-en-pleigos> (Accedit: 4 març 2021).
- Morea Núñez, J. M. i Zaragoza Angulo, J. M. (2015) *Guía práctica para la implantación de entornos BIM en despachos de arquitectura e ingeniería*. 3ª. Madrid: Fe d Erratas. ISBN: 9788415890324
- National Institute of Building Sciences (2021) *National BIM Standard*. Disponible a: <https://www.nationalbimstandard.org/> (Accedit: 12 octubre 2021).
- Navarro Ástor, E., Gil Gil, H. i Oliver Faubel, I. (2018) *La Gestión de proyectos con BIM y la arquitectura técnica*. Valencia: Editorial Académica Española. ISBN: 6202126779
- NBS National BIM Library (2019) *NBS BIM objects Standard*. Disponible a: <https://www.nationalbimlibrary.com/en/> (Accedit: 4 juny 2019).
- Observatorio Inmobiliario (2020) *Solo un 6,2% de las empresas del sector de la construcción invierten en innovación, 27/10/2020*. Disponible a: <https://observatorioinmobiliario.es/tecnologia-y-arquitectura/solo-un-62-de-las-empresas-del-sector-de-la-construcción-invierten-en-innovación/> (Accedit: 28 agost 2021).
- Oliver Faubel, I. (2016) *Integración de la metodología BIM en la programación curricular de los estudios de Grado en Arquitectura Técnica/Ingeniería de Edificación. Diseño de una propuesta*. Universitat Politècnica de València. doi: 10.4995/Thesis/10251/61294.
- Olsen, D. i Taylor, M. (2017) «Quantity Take-Off Using Building Information Modeling (BIM), and Its Limiting Factors», *Procedia Engineering*, p. 1098-1105. doi: 10.1016/j.proeng.2017.08.067.
- Pastor, X. *et al.* (2016) *¿Cómo elaborar un trabajo final de máster?* Universitat Oberta de Catalunya. ISBN: 9788491162704
- Pons Achell, J. F. (2014) «Introducción a Lean Construction», *Fundación laboral de la construcción*. Madrid: Fundacion Laboral de la Construcción, p. 74.
- Reyes Rodríguez, A. M., Candelario Garrido, A. i Cordero Torres, P. (2016) *BIM, diseño y gestión de la construcción*. Madrid: Anaya Multimedia. ISBN: 9788441538177

- RIB Software SE (2021) *RIB Software History*. Disponible a: <https://www.rib-software.com/group/ueber-rib/historie> (Accedit: 14 setembre 2021).
- RIB Spain (2021) *Presto*. Disponible a: <https://www.rib-software.es/presto.html> (Accedit: 17 març 2021).
- RICS (2019) *Future of the profession*.
- RICS (2021) *Quantity surveying*. Disponible a: <https://www.ricsfirms.com/glossary/quantity-surveying> (Accedit: 8 juliol 2021).
- Santamaría Gallardo, L. i Hernández Guadalupe, J. (2017) *Salto al BIM: estrategias BIM de calidad para empresas punteras del sector AEC*. 1ª. Madrid: JHGuadalupe. ISBN: 9788461795444
- Santos Fonseca, S. (2018a) «Gestión de la producción basada en el flujo de recursos para mejora de la productividad», en Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Zaragoza. Escuela Universitaria Politécnica de La Almunia (ed.) *Convencion de la Edificación*. Zaragoza.
- Santos Fonseca, S. (2018b) «Proyecto de fabricación: Lean-BIM desde el Estudio de Viabilidad hasta el Acta de Replanteo», en Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Zaragoza. Escuela Universitaria Politécnica de La Almunia (ed.) *Convencion de la Edificación*. Zaragoza.
- Sattineni, A. i Macdonald, J. A. (2014) «5D-BIM: A case study of an implementation strategy in the construction industry», *International Symposium on Automation and Robotics in Construction and Mining (ISARC 2014)*.
- Scopus (2021) *Scopus*. Disponible a: <https://www.scopus.com/> (Accedit: 11 octubre 2021).
- Smith, P. (2014) «BIM Implementation – Global Strategies», *Procedia Engineering*, 85, p. 482-492. doi: 10.1016/j.proeng.2014.10.575.
- Stake, R. E. (1994) *Handbook of qualitative research*. London: Sage Publications.
- Stanley, R. i Thurnell, D. (2014) «The benefits of, and barriers to, implementation of 5D BIM for quantity surveying in New Zealand», *Australasian Journal of Construction Economics and Building*, 14(1), p. 105-117.
- The American Institute of Architects (2007) «Integrated Project Delivery: a guide».
- The American Institute of Architects (2017) *AIA*. Disponible a: <https://www.aia.org/> (Accedit: 6 maig 2018).
- Von Übel, M. (2019) «Best 3D Architecture / BIM Software in 2019», *All3Dp.*, p. (<https://all3dp.com/1/best-3d-architecture-software>).
- US Department of Commerce (2019) *National Institute of Standards and Technology | NIST*.

Disponible a: <https://www.nist.gov/> (Accedit: 18 novembre 2019).

VOSviewer (2021) *VOSviewer - Visualizing scientific landscapes*. Disponible a:

<https://www.vosviewer.com/> (Accedit: 11 octubre 2021).

William, A. (2003) «Skills plus: Tuning the undergraduate construction curriculum.», en *CIB W()* *International Conference on Building Education and Research (BEAR)*.

Xu, J. (2017) «Research on Application of BIM 5D Technology in Central Grand Project», *Procedia Engineering*, 174, p. 600-610.

Yin, R. K. (1994) «Discovering the Future of the Case Study Method in Evaluation Research», *Evaluation Practice*, 15(3), p. 283-290.

Yin, R. K. (2009) «Case Study Research: Design and Methods», *The Canadian Journal of Action Research*. 4th ed, 14(1), p. 69-71.

Young, M. (2017) *Out of date working practices*, *The BIM Hub*. Disponible a:

<https://thebimhub.com/2017/03/15/out-date-working-practices/#.Ww-o20iFPIU> (Accedit: 30 maig 2018).

Zaker, M. (2019) «Doctoral Thesis: BIM implementation in architectural practices: towards advanced collaborative approaches based on digital technologies», *TDX (Tesis Doctorals en Xarxa)*, p. 185.